

 *Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



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

**ESTUDIO Y PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DE OPERACIÓN DEL
SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA MADERAS
MILPAS ALTAS, S.A.**

**Danilo Antonio Monterroso Lucas
Asesorado por Ing. Arturo García Sandoval**

Guatemala, febrero de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO Y PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DE
OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE
VAPOR DE LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS,
S.A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DANILO ANTONIO MONTERROSO LUCAS

ASESORADO POR ING. ARTURO GARCÍA SANDOVAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2004



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:

ESTUDIO Y PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha de 12 de abril de 2003

Danilo Antonio Monterroso Lucas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazmina Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Victor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Ing. Pedro Enrique Kubes Zaceck
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chavez Salazar
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

ACTO QUE DEDICO A

JESUCRISTO

MI SEÑOR Y SALVADOR

Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia (Proverbios 2:6)

MIS PADRES

DANTE DANILO MONTERROSO MORÁN
LIDIA ELIZABETH LUCAS ESPAÑA

Por su apoyo incondicional, sus consejos y su ayuda en todo momento, por su motivación en momentos de desánimo para seguir adelante en la meta de alcanzar este logro tan importante en mi vida, que Dios los bendiga.

MIS HERMANOS

RICARDO IVÁN
DANTE DANILO

MI ABUELO

JULIO VICTOR LUCAS

Gracias por estar conmigo en todo momento, sus oraciones y su ayuda han sido importantes para alcanzar este logro.

MI TIA

BLANCA ESTELA ESPAÑA DE ARREAGA

Por su preocupación y cariño demostrado hacia mi persona, que Dios la bendiga.

MI NOVIA

ADRIANA ANJANETT CONTRERAS S.

Por su apoyo y motivación.

MIS DEMÁS FAMILIARES

MIS AMIGOS

ESTUARDO GONZÁLEZ
PATRICIA GONZÁLEZ
NELLY GONZÁLEZ
LUSBY CHANG
JUAN FRANCISCO MEDINA

MIS COMPAÑEROS
Y AMIGOS

DAVID ARTURO CORTEZ
OSBERTO GIRÓN JAMAICA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
LISTA DE SÍMBOLOS	XII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVI
INTRODUCCIÓN	XVIII
1. GENERALIDADES	
1.1. Generalidades de la empresa Maderas Milpas Altas, S.A.	1
1.1.1. Reseña histórica de la empresa	1
1.1.2. Materias primas que se utilizan para la producción	2
1.1.3. Productos que se elaboran en la empresa	2
1.1.4. Planificación estratégica de la empresa	3
1.2. Descripción de las calderas pirotubulares	3
1.2.1. Introducción	3
1.2.2. Definición de las calderas pirotubulares	4
1.2.3. Tipos de calderas pirotubulares y breve descripción de cada una	5
1.3. Operación eficiente de las calderas pirotubulares	5
1.3.1. Fundamentos de la combustión	5
1.3.2. Eficiencia de las calderas	6
1.3.3. Parámetros que afectan la eficiencia de las calderas	8
1.4. Propiedades y aplicación del vapor	11
1.4.1. Componentes en sistemas de vapor y condensado	11
1.4.2. Oportunidades de conservación de energía en sistemas de vapor	12
1.4.3. Evaluación de los requerimientos de vapor	13
1.4.4. Medición del flujo de vapor y retorno del vapor condensado	13
1.4.5. Estimación del costo de vapor	14

1.4.6. Esquema resumido sobre los aspectos que incrementan la eficiencia en los sistemas de vapor	15
1.4.6.1. Generación de vapor	15
1.4.6.2. Distribución del vapor	15
1.4.6.3. Consumo del vapor	16
2. SITUACIÓN DE LA OPERACIÓN ACTUAL DE LAS CALDERAS EN LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS, S.A.	
2.1. Descripción técnica de las calderas con las que cuenta el sistema de vapor	17
2.1.1. Caldera pirotubular de vapor marca Amesteam	17
2.1.2. Caldera pirotubular de vapor marca Universal	18
2.2. Diagramas unifilares actuales del sistema de generación de vapor	19
2.3. Instrumentos de control, dispositivos de seguridad y equipos auxiliares	22
2.3.1. Descripción de los instrumentos de control con que cuenta el sistema de generación de vapor	22
2.3.1.1. Termómetro para medir la temperatura de agua de alimentación	22
2.3.1.2. Termómetro para medir la temperatura de los gases de la chimenea	22
2.3.1.3. Manómetro para medir la presión de trabajo	23
2.3.2. Descripción de los dispositivos de seguridad con que cuenta el sistema de generación de vapor	23
2.3.2.1. Indicador de nivel McDonell & Miller	23
2.3.2.2. Válvulas de seguridad	24
2.3.3. Descripción de los equipos auxiliares con que cuenta el sistema de generación de vapor	24
2.3.3.1. Ventilador de la caldera 1	24
2.3.3.2. Ventilador de la caldera 2	25
2.3.3.3. Bomba de agua de alimentación	26

2.4.	Descripción del sistema de condensado y tanque de agua de alimentación del sistema de generación de vapor	26
2.5.	Muestreo del comportamiento de las variables de operación de las calderas	27
2.5.1.	Temperatura de los gases de la chimenea	27
2.5.2.	Presión de trabajo	28
2.5.3.	Temperatura del agua de alimentación	29
2.5.4.	Consumo de combustible	30
2.6.	Tratamiento actual del agua de alimentación	31
2.6.1.	Descripción del sistema o forma de tratar el agua	32
2.6.2.	Descripción de los químicos utilizados	32
2.6.2.1.	Químico W-2105	32
2.6.2.2.	Químico W-2902	33
2.6.3.	Descripción de las purgas	33
2.6.3.1.	Introducción	33
2.6.3.2.	Descripción de las purgas actuales que se realizan en el sistema	34
2.6.4.	Consumos de agua actuales	35
2.7.	Costos actuales de operación	36
3.	UTILIZACIÓN DEL VAPOR EN LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS, S.A.	
3.1.	Introducción	37
3.2.	Descripción de los equipos que consumen vapor	37
3.2.1.	Horno secador 1 marca Hildebrand	38
3.2.2.	Hornos secadores 2, 3, 4, 5 marca Irvington Moore	39
3.3.	Capacidades, demandas y tiempos estimados de secado de la madera	41

4.	ESTUDIO Y PROPUESTA DE MEJORAS QUE AYUDARÁN A OPTIMIZAR LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS, S.A.	
4.1.	Mejoras a los diagramas unificares	43
4.1.1.	Mejoras al diagrama del sistema de vapor y retorno de vapor condensado	43
4.1.1.1.	Propuesta para mejorar el aislamiento térmico	45
4.1.1.1.1.	Materiales aislantes y sus propiedades	46
4.1.1.1.1.1.	Conductividad térmica	46
4.1.1.1.1.2.	Estructura	46
4.1.1.1.1.3.	Humedad	47
4.1.1.1.1.4.	Materiales aislantes más comunes en sistemas de vapor	47
4.1.1.1.2.	Espesor óptimo del aislamiento	48
4.1.1.1.3.	Propuesta del aislamiento térmico necesario a utilizar en el sistema de retorno del vapor condensado	49
4.1.2.	Mejoras al diagrama del sistema de agua de alimentación	49
4.1.3.	Explicación de las mejoras a los sistemas de agua de alimentación y vapor	51
4.1.3.1.	Sistema de agua de alimentación	51
4.1.3.2.	Sistema de vapor y retorno del vapor condensado	51
4.1.4.	Mejoras al diagrama del sistema de purga de agua	52
4.2.	Estudio del mejoramiento de los sistemas de control de las calderas	52
4.2.1.	Introducción	52

4.2.2. Instrumentos de control	53
4.3. Estudio de la implementación de equipos que ayuden a la recuperación de la energía calorífica	53
4.3.1. Economizadores	54
4.3.1.1. Tipos de tubos y sus aplicaciones	55
4.3.2. Precalentadores de aire	56
4.3.3. Recuperación del calor de la purga y retorno de vapor condensado	57
4.3.4. Sistema de tanque de evaporación instantánea	58
4.3.5. Evaluación sobre la propuesta de implementación de un equipo de recuperación de calor para el sistema	58
4.3.5.1. Bomba para circulación del agua por el economizador	61
4.3.5.2. Tanque de mayor capacidad para almacenar agua proveniente del economizador	61
4.4. Estudio de las mejoras para el tratamiento de agua de alimentación de las calderas	62
4.4.1. Introducción	62
4.4.2. Tratamiento de agua para calderas	63
4.4.2.1. Introducción	63
4.4.2.2. Tratamiento externo	63
4.4.2.2.1. Aereación	64
4.4.2.2.2. Clarificación	65
4.4.2.2.3. Deaeración	65
4.4.2.2.4. Filtración	66
4.4.2.2.5. Suavizamiento con fosfatos	66
4.4.2.3. Tratamiento interno	67
4.4.2.3.1. Problemas en las calderas de vapor y la solución más común	67
4.5. Propuesta de la compra de un suavizador de agua	71
4.6. Reactivación de la bomba dosificadora	72

4.7. Propuesta del cambio de bomba de agua de alimentación	73
4.8. Costos de inversión	74
5. DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DEL SISTEMA NEUMÁTICO-MECÁNICO DE ALIMENTACIÓN DE ASERRÍN COMO COMBUSTIBLE A LA CALDERA 2 MARCA UNIVERSAL	
5.1. Introducción	79
5.2. Justificación	79
5.3. Esquema y descripción de la procedencia del aserrín	81
5.3.1. Sistema de extracción del área de patios	81
5.4. Descripción del funcionamiento del sistema de alimentación del aserrín	82
5.5. Capacidad de los depósitos que alimentarán el aserrín al sistema	84
5.5.1. Depósito principal para aserrín	84
5.5.2. Depósito secundario para aserrín	85
5.6. Dimensiones del tornillo sin fin 1 encargado de alimentar el depósito secundario	86
5.7. Dimensiones del tornillo sin fin 2 encargado de alimentar el horno de la caldera 2	88
5.8. Sistema neumático encargado de mantener al aserrín en movimiento dentro del horno de la caldera	90
5.9. Costos del sistema de alimentación de aserrín	94
6. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR	
6.1. Inspecciones generales	99
6.2. Inspecciones del funcionamiento de los dispositivos de seguridad	100
6.3. Inspecciones del funcionamiento de los instrumentos de medición y control	101
6.4. Limpieza y revisión del lado de fuego	102

6.5. Limpieza de la cámara de agua	103
6.5.1. Tratamiento químico	103
6.5.2. Limpieza con agua a alta presión	104
6.6. Mantenimiento preventivo de los equipos auxiliares del sistema de vapor	104
6.6.1. Equipos para manejo de aire (ventiladores)	104
6.6.2. Equipos para manejo de agua	106
6.6.2.1. Bomba de agua de alimentación	106
6.6.2.2. Bomba dosificadora de químico	106
6.6.2.3. Suavizador	107
6.6.3. Mantenimiento preventivo del sistema de alimentación de aserrín	107
6.6.3.1. Tornillos sin fin	107
6.6.3.2. Sistema neumático	107
6.7. Costos de mantenimiento	108
6.8. Factibilidad del estudio	109
6.8.1. Beneficios o ahorros que generarán las mejoras propuestas	109
6.8.1. Cálculo del período de recuperación y rentabilidad de la inversión	114
6.8.2. Cálculo del valor actual neto	115
6.8.3. Cálculo de la tasa interna de retorno	117
CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Sistema de agua de alimentación	19
2	Sistema de vapor y retorno del vapor condensado	20
3	Sistema de purga de agua	21
4	Ventiladores de las calderas 1 y 2	25
5	Tanque de agua de alimentación y retorno del vapor condensado	26
6	Temperatura de los gases de chimenea de las calderas	28
7	Presión de trabajo de las calderas	29
8	Temperatura del agua de alimentación de las calderas	30
9	Diseño del múltiple de admisión de retorno de condensados propuesto para las mejoras del sistema	43
10	Rediseño propuesto del sistema de vapor y retorno del vapor condensado	44
11	Rediseño propuesto del sistema de agua de alimentación	50
12	Diseño del economizador	59
13	Esquema del sistema de succión de aserrín	82
14	Diseño del depósito principal del sistema de alimentación de aserrín	85
15	Diseño del depósito secundario para aserrín	86
16	Diseño del tornillo sin fin 1	88
17	Diseño del tornillo sin fin 2	89
18	Dimensiones de las aspas del ventilador (<i>blower</i>)	91
19	Diseño del sistema neumático	92

20	Plano del sistema de alimentación de aserrín	93
21	Formato de inspección del funcionamiento de las válvulas de seguridad	100

TABLAS

I	Registro de datos de la temperatura de gases de chimenea en grados centígrados	27
II	Registro de datos de la presión de trabajo en psi	28
III	Registro de datos de la temperatura del agua de alimentación en grados centígrados	29
IV	Consumos de combustible mensuales en el área de calderas	30
V	Análisis fisicoquímico del agua cruda	31
VI	Análisis del agua de calderas	31
VII	Consumos diarios de agua cruda	35
VIII	Costos de operación del sistema de generación de vapor actuales	36
IX	Capacidades por horno y tiempos de secado según la especie y el espesor	
X	Espesor recomendado (pulg) por TIMA-ETI para el aislamiento de fibra de vidrio	45
XI	Espesor propuesto para el aislamiento térmico	49
XII	Costos de fabricación e instalación del economizador	60
XIII	Guía para la calidad de agua en calderas	63
XIV	Dosis más usuales de los coagulantes en el pretratamiento del agua	65
XV	Sulfatos más utilizados	67

XVI	Características recomendadas del agua para calderas a baja presión	70
XVII	Cálculo del costo de inversión para el rediseño de la tubería de vapor y retorno del vapor condensado	74
XVIII	Cálculo del costo de inversión del múltiple de admisión del Retorno del vapor condensado	75
XIX	Cálculo del costo de inversión del aislamiento térmico para La tubería del sistema de vapor y retorno del vapor condensado	75
XX	Cálculo del costo de inversión del suavizador de agua	76
XXI	Cálculo del costo de inversión de la bomba dosificadora	76
XXII	Cálculo del costo de inversión de la bomba de agua de alimentación	77
XXIII	Cálculo del costo total de la inversión para las mejoras propuestas	77
XXIV	Cálculo del costo de inversión del tornillo sin fin 1	94
XXV	Cálculo del costo de inversión del tornillo sin fin 2	95
XXVI	Cálculo del costo de inversión del depósito secundario	96
XXVII	Cálculo del costo de inversión del sistema neumático	97
XXVIII	Resumen de los costos de inversión del sistema de alimentación de aserrín	98
XXIX	Lubricación de los motores de los ventiladores de las calderas	105
XXX	Lubricación del motor de la bomba de agua de alimentación	106
XXXI	Cálculo de los costos mensuales del mantenimiento preventivo del sistema de generación de vapor	108
XXXII	Resumen de los costos totales de la inversión	109
XXXIII	Costos actuales de operación mensuales	111
XXXIV	Costos de operación del sistema de aserrín	112
XXXV	Ahorro mensual por la implementación del suavizador	112
XXXVI	Ahorro mensual por el cambio de la bomba de agua de alimentación	112
XXXVII	Ahorro por retornar condensado al tanque de agua de Alimentación y colocación de aislamiento térmico	113



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

XXXVIII	Ahorro por la implementación del sistema de alimentación de aserrín	113
XXXIX	Cuadro comparativo de costos de operación	114
XL	Cálculo de la depreciación anual del proyecto	116
XLI	Cálculo del valor actual neto del proyecto	116
XLII	Cálculo del valor actual neto a una tasa del 11%	117



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

LISTA DE SÍMBOLOS

Kpa	Kilo pascal
ppm	Partes por millón
psi	Libra por pulgada cuadrada
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto

GLOSARIO

Btu	Es la cantidad de energía térmica necesaria para elevar de 63 a 64 grados Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.
Calor latente	Es la energía para cambiar de fase una sustancia.
Calor sensible	Es la energía necesaria para elevar la temperatura del líquido o vapor sin que exista cambio de fase.
Capacidad calorífica	Representa la cantidad de energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una sustancia en energía que puede ser proporcionada mediante la transferencia de calor en ciertos procesos específicos
Condensado	Es el líquido formado cuando el vapor se enfría (condensa).
Presión absoluta	Es la fuerza real por unidad de área que ejerce el vapor en las paredes del recipiente que lo contiene.
Presión manométrica	Es la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica, la cual es leída directamente a través de un manómetro a presión.
Punto de ebullición	Es la temperatura a la cual el agua empieza a ebullicir a una presión dada.

- Vapor** Es agua en su fase de vapor. Para su generación es necesario suministrar energía para elevar el agua a su temperatura de ebullición y luego convertirla en vapor, o sea que en la producción del vapor de agua saturado, la absorción de energía térmica por cada libra de agua, se efectúa en dos etapas: (1) Adición de la energía del líquido, (2) adición de la energía de vaporización.
- Vapor húmedo** Al llevar el vapor de la caldera al punto de utilización se condensa a lo largo de las tuberías. Este enfriamiento, por pequeño que sea, al actuar sobre un vapor saturado, causa una condensación, la cual se manifiesta corrientemente en forma de niebla, que es arrastrada por el vapor.
- Vapor instantáneo** Es el vapor que se genera cuando el condensado en condiciones de saturación y a una alta presión, se expande súbitamente a una presión más baja.
- Vapor saturado** Es aquél que está en equilibrio con su fase líquida a una determinada presión y temperatura.
- Vapor sobrecalentado** Es aquél que se encuentra a una temperatura mayor que la de saturación a una presión determinada.

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación trata sobre el estudio para el mejoramiento del sistema de generación de vapor de la empresa Maderas Milpas Altas, S.A., dicha empresa se dedica a la producción de muebles para exportación.

La primera parte del mismo son generalidades acerca de las calderas de vapor, conceptos básicos utilizados en la producción del vapor y conceptos acerca de todos los parámetros que afectan la eficiencia de operación de una caldera.

Seguidamente se presenta un panorama general de la situación actual del sistema de generación de vapor de la empresa, diagramas de los sistemas, datos estadísticos de la medición de las variables de operación y especificaciones técnicas de todos los equipos que conforman el sistema. Además, se hace énfasis en los equipos que consumen el vapor y la forma en que lo utilizan.

Más adelante se encuentran las propuestas que se presentan para el mejoramiento de la eficiencia de operación del sistema, abarcando instalaciones, equipos y tratamiento de agua. En esta sección del cuerpo del trabajo se propone un sistema mecánico-neumático el cual se encargará de alimentar automáticamente aserrín a una de las calderas, detallando equipos y funcionamiento del sistema.

La parte final del trabajo trata sobre el mantenimiento preventivo propuesto para el sistema y el estudio de factibilidad del proyecto.

OBJETIVOS

◆ GENERAL

Mejorar el Sistema de generación de vapor, para hacer más eficiente la operación de las calderas, con la finalidad de minimizar costos de operación en la empresa Maderas Milpas Altas, S.A.

◆ ESPECÍFICOS

1. Tener un panorama amplio y certero de la situación actual del sistema de producción de vapor, su diseño, operación y costos relacionados con el tratamiento, mantenimiento y funcionamiento del mismo.
2. Obtener a través del estudio realizado un sistema mejorado que producirá vapor de acuerdo a la calidad requerida por los equipos que lo consumen, minimizando costos de operación y mantenimiento.
3. Investigar a fondo todo lo relacionado con los parámetros que afecta de forma directa e indirectamente la eficiencia de las calderas, para tener así una fuente amplia y confiable de aplicación para el siguiente estudio.

4. Determinar el diseño del sistema, así como los equipos e instrumentos de control que ayudarían a optimizar el funcionamiento de los generadores de vapor, el sistema de agua de alimentación, el sistema e distribución de vapor, los sistemas o equipos que consumen el vapor, la dosificación y relación de combustión, los retornos de condensados, disminuyendo con esto los costos de operación (consumo de combustible, agua, químicos, etc.) y ayudando a minimizar el nivel de contaminación producido.
5. Determinar los equipos necesarios que eviten pérdidas de energía calorífica, aumentando así la temperatura de agua de alimentación, disminuyendo por ende el consumo de combustible.
6. Diseñar un sistema mecánico-neumático que alimente aserrín como combustible al horno de la caldera 2, marca Universal.
7. Implementar un programa de mantenimiento que ayude a optimizar el funcionamiento del sistema, concienciando a la vez al personal encargado de operar las calderas del beneficio al que esto conlleva.

INTRODUCCIÓN

Maderas Milpas Altas, S.A. actualmente se dedica a la producción de muebles de alta calidad, los cuales exporta a Estados Unidos y Europa. Dicha empresa, cuenta con una planta de producción muy completa, posee maquinaria con tecnología adecuada para producir muebles de acuerdo a las exigencias del mercado internacional. Cuenta con varios departamentos de trabajo, uno de ellos es el aserradero el cual le permite iniciar su proceso de fabricación a partir de la troza, realizando en el mismo el corte primario convirtiendo la troza en tabla dimensionada, la cual es trasladada hacia el proceso de secado en los hornos.

La empresa actualmente cuenta con cinco hornos, cada uno con capacidad de 70 m³ aproximadamente, los cuales se encargan de extraer la humedad que contiene la madera. Siendo estos los únicos equipos que utilizan vapor como medio de calentamiento dentro de la empresa, los mismos aprovisionan la madera a un porcentaje de humedad adecuado a la planta para empezar el proceso de corte secundario, lijado, ensamble, pintado, acabado y empaque.

La producción de vapor es de vital importancia para la empresa, ya que de ella depende que se produzcan o no los muebles con calidad dependiendo de la humedad con que la madera entre al proceso.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

El presente trabajo de investigación tiene el propósito de hacer un estudio de todos los parámetros, variables de proceso, métodos, equipos y sistemas de control que conforman las calderas para la producción de vapor en la empresa, a fin de mejorar y optimizar la eficiencia de operación del mismo, minimizando así los costos en consumo de combustible, evitando pérdidas de energía calorífica, pudiendo así elevar la productividad del sistema de vapor con que cuenta la empresa y considerando el impacto ambiental positivo que llevará consigo el desarrollo del mismo.

1. GENERALIDADES

1.1 Generalidades de la empresa Maderas Milpas Altas, S.A.

1.1.1 Reseña histórica de la empresa

Hablar de la historia de Maderas Milpas Altas, S.A., es hoy por hoy una historia de esfuerzo y dedicación.

La empresa perteneció inicialmente en el año de 1985 a Cementos Progreso, y luego de un lamentable incendio en 1988, fue adquirida por Jorge Springmuhl y Richard Gittings, quienes expandieron la fabricación de relojes, ventanas decorativas, chimeneros, muebles para hoteles, y muebles de uso doméstico, principalmente de exportación hacia clientes importantes de Estados Unidos y Centro América. Dada la excelencia alcanzada, la empresa se hace acreedora en 1991 al premio ~~%~~Mejor Exportador+, según su especialidad, el cual fue otorgado por la Cámara de Industria de Guatemala.

En 1992, giró su visión de exportador, hacia la producción de puertas para gabinetes de cocina y de baño, frentes de gaveta y productos relacionados con esta línea. En estas distintas etapas, Maderas Milpas Altas, S.A. utilizó en la elaboración de sus productos maderas alternativas como la Castilla, Pino y Palo Blanco, las que ayudan a proteger los bosques tropicales y el medio ambiente, al mismo tiempo que dichas maderas, han encontrado gran aceptación en Estados Unidos.

Por el esfuerzo y dedicación lograda en septiembre de 1997, la Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, le otorgó a Maderas Milpas Altas, S.A., el premio como ~~%~~Mejor exportador del sector de maderas y productos forestales+, período 96-97.

En junio de 1999, recibió el premio **GUATHELMALLAN+** (Tierra de Bosques), otorgado por el Instituto Nacional de Bosques INAB, como **Mejor exportador del período 97-98+**. Dichos premios, le concedieron a la empresa a nivel nacional e internacional un mayor prestigio.

Los productos de Maderas Milpas Altas, S.A., han alcanzado el calificativo de **Productos de Alta Calidad+** en el mercado de Estados Unidos, siendo su principal meta, el expandir sus productos en el mercado americano y proyectarse al mercado Europeo, innovando y manteniendo altos estándares de calidad.

1.1.2 Materias primas que se utiliza para la producción

Como se ha mencionado, la empresa se dedica netamente a la producción de muebles, por ende utiliza en su mayor porcentaje como materia prima la madera. Las especies de madera más comúnmente usadas en la producción de muebles de la empresa son: Palo Blanco, Hule o Castilla y Pino.

Dicha madera proviene del interior de la república y es comprada en trozas, para ser procesadas primeramente en el aserradero. La especie de Palo blanco y Hule son traídas de los departamento de Quetzaltenango y Mazatenango, el pino es traído de Sacatepéquez y Chimaltenango.

1.1.3 Productos que se elaboran en la empresa

La empresa Maderas Milpas Altas, S.A. se dedica a producir una variedad de muebles, elaborados con altos estándares de calidad, teniendo la oportunidad de competir en el difícil mercado estadounidense.

Los modelos que se fabrican más usualmente son: armarios, libreros, baúles, consolas, puentes, mesas, gabeteros, camas, marcos de espejos y chimeneros, los cuales son exportados en un 99% a Estados Unidos, y en raras ocasiones a Centroamérica.

1.1.4 Planificación estratégica de la empresa

Misión: innovar continuamente las técnicas y procesos de fabricación y diseños de los productos, así como mejorar continuamente la eficiencia, productividad y calidad.

Visión: Producir muebles de alta calidad para satisfacer la demanda internacional.

1.2 Descripción de las calderas pirotubulares

1.2.1 Introducción

Una caldera consiste esencialmente de un recipiente que contiene agua que se transforma en vapor por la aplicación de calor. Para llevar a la práctica esta función básica, los diseñadores han concebido innumerables configuraciones y variaciones de esencialmente dos tipos generales de calderas: pirotubulares (tubos de fuego) y acuotubulares (tubos de agua).

En cada caso, sin embargo, la función de la caldera es transferir el calor de los gases de combustión al agua alimentada para llevarla al punto de ebullición a una presión de operación determinada.

1.2.2 Definición de las calderas pirotubulares

En este tipo de calderas los gases de combustión calientes se hacen pasar a través de una serie de tubos. Los tubos están sumergidos en el agua de la caldera y actúan como el medio de transferencia de calor. Las calderas pirotubulares se clasifican generalmente como calderas de concha, ya que el agua y el vapor están contenidos dentro de una coraza que aloja los elementos que producen el vapor.

El límite superior práctico de la presión de operación de calderas pirotubulares estándar es de 250 libras por pulgada cuadrada (psi). Esto obedece primordialmente a consideraciones estructurales; específicamente, la fuerza en la dirección longitudinal resultante de la presión del vapor generado es proporcional al producto de la presión y el diámetro de la concha. Más allá de cierto punto no es económicamente viable aumentar el tamaño y el espesor de las planchas extremas, lo cual implica la limitación de presión indicada juntamente con una capacidad máxima alrededor de 25,000 libras de vapor por hora (aproximadamente 750 hp de caldera). Es más común hallar calderas de tubos de fuego con capacidades de 15,000 libras por hora o menos.

Las calderas pirotubulares son normalmente de construcción simple y fuerte y son relativamente baratas. Otra ventaja es su flexibilidad de adaptarse rápidamente a cambios de carga, aunque son un tanto lentas en alcanzar la presión de operación a partir de un arranque en frío debido a su gran contenido de agua.

1.2.3 Tipos de calderas pirotubulares y breve descripción de cada una

Existen dos configuraciones generales de calderas pirotubulares. La caldera tubular de retorno horizontal consiste en una concha (tambor) con tubos de flujo de gas que se extienden a lo largo de ella a través del espacio de agua. El cilindro va suspendido de una armazón de acero dentro de una cámara de ladrillo la cual forma un horno.

El segundo tipo, que se conoce como el tipo escocés, es una caldera de horno integrado. Estas calderas son esencialmente completas; el horno, que tiene forma cilíndrica, está en el centro de la caldera y los tubos de fuego se extienden al lado y encima de él.

1.3 Operación eficiente de las calderas pirotubulares

1.3.1 Fundamentos de la combustión

La combustión o quemado de los combustibles más comunes, o sea aquellos que consisten principalmente en carbono e hidrógeno (tales como el aceite combustible, el gas, el carbón y la madera) implica la reacción de carbono y el hidrógeno con el oxígeno para producir dióxido de carbono y vapor de agua, y la consecuente liberación de la energía química de enlace en forma de luz y calor. Las reacciones químicas que tienen lugar se indican a continuación

C (carbono del combustible) + CO_2 (dióxido de carbono) \rightarrow O_2 (oxígeno del aire) + calor y luz

$2H_2$ (hidrógeno del combustible) + O_2 (oxígeno del aire) \rightarrow $2H_2O$ (vapor de agua) + calor y luz

La combustión del carbono y el hidrógeno, solamente con oxígeno, produce teóricamente un gas de escape que consiste únicamente en dióxido de carbono y vapor de agua, los cuales son productos inocuos de la combustión. Desafortunadamente, para los sistemas de combustión reales, la combustión compleja de los combustibles alimentados, más las características no ideales del proceso de combustión en sí pueden dar por resultado otros productos sólidos y gaseosos. Algunos de estos productos son el resultado de una combustión incompleta y son importantes desde el punto de vista de la eficiencia, ya que representan una pérdida del calor disponible que se escapa por la chimenea de la caldera. Una cierta cantidad de estos productos han sido identificados como severos contaminantes del ambiente.

La concentración de oxígeno en los gases de la chimenea es una indicación directa de la cantidad de exceso del aire. La concentración porcentual de oxígeno en los gases de la chimenea se denomina normalmente como exceso de oxígeno, exceso de O_2 o sencillamente O_2 de chimenea.

1.3.2 Eficiencia de las calderas

La eficiencia de una caldera se define como la razón entre el calor absorbido por el agua de alimentación al convertirse en vapor en la caldera y la energía total disponible del combustible suministrado. Es decir, la eficiencia es una medida del aprovechamiento del combustible por la caldera al generar una determinada cantidad de vapor. No es económicamente factible la fabricación de una caldera que funcione con muy pocas pérdidas de calor o sin ellas y, por consiguiente, la eficiencia de una caldera siempre es menor del 100%. No obstante, algunas de las pérdidas de calor pueden reducirse al mínimo o eliminarse mediante prácticas apropiadas de operación y mantenimiento.

Las pérdidas de eficiencia de una caldera se originan en cinco factores

- El calor arrastrado en la chimenea por los gases calientes lo cual normalmente se conoce como pérdida en gases secos de chimenea.
- El calor latente de vapor de agua (humedad) presente en los gases calientes de chimenea, el cual resulta de la combustión del hidrógeno que contiene el combustible y de la humedad presente en el combustible y en el aire alimentados.
- Combustible no quemado y producto de combustión incompleta.
- El calor perdido por la caldera a través de su aislamiento. Esta pérdida se denomina generalmente pérdida por radiación.
- El calor que transporta la purga de la caldera.

Las mejoras en la eficiencia de una caldera son, principalmente, el resultado de reducciones de las pérdidas de energía térmica en los gases de chimenea y en el agua expelida. Los procedimientos que disminuyen el flujo de masa y el contenido de energía de estas corrientes benefician directamente la operación de la unidad.

La eficiencia total de una caldera se expresa frecuentemente como el 100% menos las pérdidas totales (porcentaje). La eficiencia máxima se obtiene cuando la combustión es completa y se reducen al mínimo las pérdidas de calor descritas anteriormente.

Se puede decir que la eficiencia de una caldera es la cantidad de energía necesaria para convertir el agua de alimentación en vapor, en relación a la cantidad de energía correspondiente al combustible utilizado.

1.3.3 Parámetros que afectan la eficiencia de las calderas

a) Nivel de exceso de aire

La eficiencia de una caldera depende en mucho del nivel real de exceso de aire. La operación con el nivel más bajo posible de exceso de aire reducirá al mínimo las pérdidas de eficiencia al disminuir la cantidad de aire innecesario que es calentado a la temperatura de chimenea y luego expulsado. La reducción asociada con la temperatura de los gases de chimenea y el consumo de potencia por ventiladores de tiro forzado y tiro inducido, constituyen beneficios adicionales. Reduciendo al mínimo el exceso de aire se reducen al mínimo las pérdidas en los gases secos de chimenea pues además de disminuir la cantidad de gases extraídos disminuye también su temperatura.

b) Régimen de fuego

Al variar el régimen de fuego (régimen de producción de vapor o porcentaje de carga) ocurren importantes cambios en las pérdidas de eficiencia de las calderas. Especialmente obvias son las pérdidas por radiación que aumentan al disminuir los regímenes de fuego y las pérdidas en los gases de chimenea secos que aumentan al decrecer esos regímenes.

c) Temperatura de los gases de la chimenea

Es obvio que la temperatura de los gases de combustión debe mantenerse al mínimo posible a fin de llevar al máximo la eficiencia de la caldera.

Las dos causas básicas de la alta temperatura de los gases de combustión son: insuficiente superficie para la transmisión de calor, y/o suciedad de estas superficies.

El área de transferencia de calor puede aumentarse mediante la instalación de un precalentador de aire o de un economizador, para precalentar el aire de combustión o el agua de alimentación, respectivamente. El tratamiento apropiado del agua de alimentación y la limpieza exterior de los tubos son factores que contribuyen a reducir al mínimo la suciedad en las superficies de transmisión de calor.

d) Temperatura de agua de alimentación

La eficiencia de la caldera aumenta con la elevación de la temperatura de agua de alimentación. Un incremento en la temperatura de agua de alimentación redundará en un aumento del rendimiento de aproximadamente el uno por ciento. La instalación de un economizador, es un medio eficaz para precalentar el agua de alimentación por recuperación del calor desperdiciado en los gases de la chimenea.

e) Temperatura del aire de combustión

La eficiencia de una caldera aumenta con el ascenso de la temperatura del aire de combustión. La instalación de un precalentador de aire es un medio eficaz para aumentar la temperatura del aire de combustión por recuperación del calor de desecho en los gases de la combustión.

f) Suciedad de las superficies de transmisión de calor

Los depósitos y la suciedad en las superficies exteriores de los tubos en una caldera acuotubular, o condiciones semejantes en las superficies internas de los tubos en una caldera pirotubular, inhiben la transmisión de calor de los productos de combustión al agua de la caldera y, por lo tanto, llevan a menores eficiencias. Los depósitos en el lado del agua que resultan del tratamiento inadecuado del agua de alimentación también impedirán la transmisión de calor y conducirán a eficiencias más bajas.

g) Purga

La purga de la caldera puede representar un desperdicio substancial de energía en forma de agua caliente que se desecha. La purga es un procedimiento común para eliminar las impurezas del agua de la caldera las cuales afectan la calidad del vapor y producen incrustaciones. La energía térmica que pierde la unidad generadora de vapor en el agua purgada y el condensado perdido o descargado en el sistema de vapor, pueden representar una cantidad de energía desperdiciada.

Una gran parte de la energía térmica de la purga puede recuperarse mediante una extracción continua del líquido purgado. Mediante este procedimiento el vapor instantáneo proveniente del agua de purga se regresa al agua de alimentación de la caldera y los intercambiadores de calor absorben la energía contenida en el agua de purga.

h) Presión del vapor

El reducir la presión del vapor no se considera generalmente como un método para mejorar la eficiencia, pero en las instalaciones de calderas en que sea práctica la reducción de la presión del vapor, esto puede ser un medio eficaz para ahorrar de 1 al 2% del costo del combustible.

i) Pérdidas de calor en el exterior de la caldera

Las pérdidas de calor por radiación y convección en el exterior de la caldera pueden causar una pérdida substancial de eficiencia en los diseños actuales de las calderas. Sin embargo, son pérdidas muy difíciles de reducir desde un punto de vista económico. Las pérdidas por convección y radiación en la envoltura de la caldera tienden a aumentar con la reducción de la carga y pueden alcanzar hasta un 7% para instalaciones pequeñas o unidades mayores que operan a cargas reducidas.

1.4 Propiedades y aplicación del vapor

1.4.1 Componentes en sistemas de vapor y condensado

Los componentes básicos de un sistema de generación de vapor son

- a. Caldera o generador de vapor: produce el vapor a la mayor presión requerida en el proceso.
- b. Línea de vapor: distribuye el vapor a los diferentes procesos que lo requieren.
- c. Válvulas reguladoras de vapor (de flujo y presión): las válvulas de flujo dosifican el flujo del vapor de acuerdo a los requerimientos, algunas partes del proceso requieren menor temperatura, en este caso se instalan válvulas reguladoras de presión con el objeto de reducir la presión del vapor.
- d. Trampas de vapor: se utilizan generalmente después del proceso requerido con el objeto de evacuar el condensado de vapor y el aire almacenado en las líneas de vapor.
- e. Retorno de vapor condensado: el condensado de vapor acumulado en la trampa es recirculado a la caldera con el propósito de aprovechar parte de su calor.
- f. Tanque de condensado: tanque recolector de las corrientes de condensado y en algunos casos también de agua fresca.
- g. Bomba de alimentación: transporta el agua de alimentación del tanque de condensado a la caldera.

- h. Bomba de condensado: algunas veces se utiliza una bomba para retornar el condensado de los procesos generalmente cuando los tramos de tubería son demasiado largos.

1.4.2 Oportunidades de conservación de energía en sistemas de vapor

A continuación se presenta una lista de oportunidades de conservación de energía en la mayoría de los sistemas de vapor.

- Evaluar la posibilidad de reducir la longitud de las tuberías de vapor mediante una redistribución adecuada de las unidades que consumen vapor, a fin de reducir las pérdidas de calor por radiación y convección, así como las pérdidas de presión por fricción.
- En el caso de líneas de vapor enterradas, evitar su paso a través de sectores sujetos a inundación o acumulación de agua.
- Dar mantenimiento continuo al aislamiento térmico de líneas de vapor y equipo.
- Considerar el aislamiento de las paredes y el techo de cualquier tanque caliente.
- Desconectar las tuberías que estén sin uso.
- Reparar las fugas de vapor.
- Evaluar los costos de un sistema de retorno de condensado, considerando los ahorros en combustible y los costos del tratamiento de agua.

1.4.3 Evaluación de los requerimientos de vapor

Existen varios métodos para determinar el consumo de vapor en un proceso:

- Evaluar la cantidad de vapor con base en tablas de consumo.
- Evaluar la cantidad de vapor con base en balances de energía.
- Evaluar la cantidad de vapor con base en mediciones directas obtenidas en el proceso.

1.4.4 Medición del flujo de vapor y retorno del vapor condensado

Para mantener el sistema de vapor a una eficiencia máxima es necesario determinar el flujo del vapor a través de la línea principal del sistema, la cual envía el vapor a los diferentes puntos de utilización.

Placa de orificio: este medidor no es más que un disco con un agujero de cierto diámetro en el centro el cual se puede sujetar entre bridas. El vapor del fluido a través del orificio aumenta su velocidad disminuyendo la presión. Este medidor no mide directamente el flujo, únicamente la presión, la cual se puede relacionar con el flujo ya que la caída de presión que experimenta el vapor o condensado es proporcional a éste. Los valores de presión antes y después del orificio proporcionan un valor instantáneo del flujo.

Venturi: consiste en un tubo que converge en un diámetro menor y luego diverge hacia el diámetro de la tubería. Los tubos venturi son adecuados para algunas situaciones especiales de flujo. Al igual que las placas de orificio, los tubos venturi son medidores inferenciales que no miden directamente el flujo, pero miden la caída de presión o presión diferencial, que es proporcional al valor del flujo.

Tubo pitot: es utilizado para medir el flujo en tuberías y ductos. Es ampliamente utilizado en la industria especialmente donde se necesita verificar el flujo. Es apropiado para medir flujos de gas y vapor en tuberías con diámetros mayores de 10 cm, especialmente donde los tubos venturi y placas de orificio son caros y provocan una elevada y permanente caída de presión.

1.4.5 Estimación del costo del vapor

El costo es un parámetro muy importante en un sistema de vapor, ya que éste refleja la eficiencia en función de su utilización. Este valor adquiere significado cuando se presenta en forma de índices de costos que lo relacionan con datos de producción, los cuales pueden elaborarse mensualmente e indicar de esta manera la eficiencia en su utilización respecto a otros meses de operación.

Para la determinación del costo del vapor hay que tomar en cuenta los siguientes parámetros

- Presión de vapor
- Eficiencia de la caldera
- Precio del combustible
- Temperatura del condensado

El cálculo del costo del vapor se efectúa con base en los datos anteriormente expuestos, aplicados a balances de energía, tomando como referencia la entalpía del vapor y la calidad de éste.

1.4.6 Esquema resumido sobre los aspectos que incrementan la eficiencia en los sistemas de vapor

La eficiencia de un sistema de vapor se puede mejorar si son atendidos cuidadosamente tres puntos: generación de vapor, distribución de vapor y consumo de vapor.

1.4.6.1 Generación de vapor

Básicamente la eficiencia de una caldera se mejorará aplicando las siguientes medidas

- Recuperación del condensado y aislamiento térmico de la línea de retorno.
- Precalentamiento del agua fresca de alimentación con calor residual.
- Tratamiento químico del agua de alimentación a la caldera.
- Regulación y control de flujos de purga del agua de la caldera.
- Reducción del exceso de aire.
- Precalentamiento del aire de combustión con calor residual.
- Precalentamiento y atomización adecuada del combustible.
- Aislamiento térmico del cuerpo de la caldera.
- Ajuste del quemador.
- Ajuste de los controles automáticos de la caldera.
- Regulación de la carga de operación de la caldera.

1.4.6.2 Distribución del vapor

Para reducir las pérdidas de calor a través de la línea de distribución de vapor es necesario

- En instalaciones nueva, diseñar la red de distribución, eligiendo los diámetros adecuados de tubería, determinando la localización y dimensiones apropiadas de los accesorios de tuberías y distribuyendo físicamente la red de acuerdo al criterio de longitud equivalente mínima.
- Aislar térmicamente las tuberías de vapor y los accesorios de tubería.
- Evitar fugas de vapor.

1.4.6.3 Consumo del vapor

Cada unidad de proceso deberá operar con eficiencia, siendo necesario revisar fundamentalmente los siguientes aspectos

- Diseño adecuado del equipo.
- Uso de presiones y temperaturas de vapor adecuadas.
- Aislamiento térmico de áreas del equipo en donde hayan considerables pérdidas de calor por radiación y convección.
- Reutilización del calor residual de flujos de gases de escape, a altas temperaturas, para precalentar aire y/o productos de proceso.
- Especificación de dimensionamiento y ubicación adecuada de las trampas de vapor.

2. SITUACIÓN DE LA OPERACIÓN ACTUAL DE LAS CALDERAS EN LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS, S.A.

2.1 Descripción técnica de las calderas con las que cuenta el sistema de vapor

2.1.1 Caldera pirotubular de vapor marca Amesteam

Los datos generales de la caldera de Marca Amesteam son los siguientes

Marca: Amesteam

Tipo: caldera pirotubular de tubos horizontales

Combustible: sólidos

Número de pasos: 3 pasos

Capacidad: 200 Hp

Presión máxima de trabajo: 100 psi

Largo: 14.30 metros

Ancho: 1.93 metros

Alto: 4.40 metros

Datos del horno

Forma geométrica: cilíndrico

Largo = 3.80 metros

Diámetro = 1.75 metros

Volumen del horno = 9.14 metros cúbicos

2.1.2 Caldera pirotubular de vapor marca Universal

Los datos generales de la caldera de Marca Universal, son los siguientes:

Marca: Universal

Tipo: caldera pirotubular de tubos horizontales

Combustible: sólidos

Número de pasos: 1 paso

Capacidad: 200 Hp

Presión máxima de trabajo: 100 psi

Número de serie: 9728

Modelo: S200CF

Largo: 9.66 metros

Ancho: 2.49 metros

Alto: 4.40 metros

Datos del horno

Forma Geométrica: Rectangular

Largo = 3.72 Metros

Ancho = 2.50 Metros

Alto = 2.77 Metros

Volumen del Horno = 25.76 Metros Cúbicos

2.2 Diagramas unifilares actuales del sistema de generación de vapor

En las figuras de la 1 a la 3 se presentan los diagramas unifilares más importantes del sistema de generación de vapor.

Figura 1. Sistema de agua de alimentación

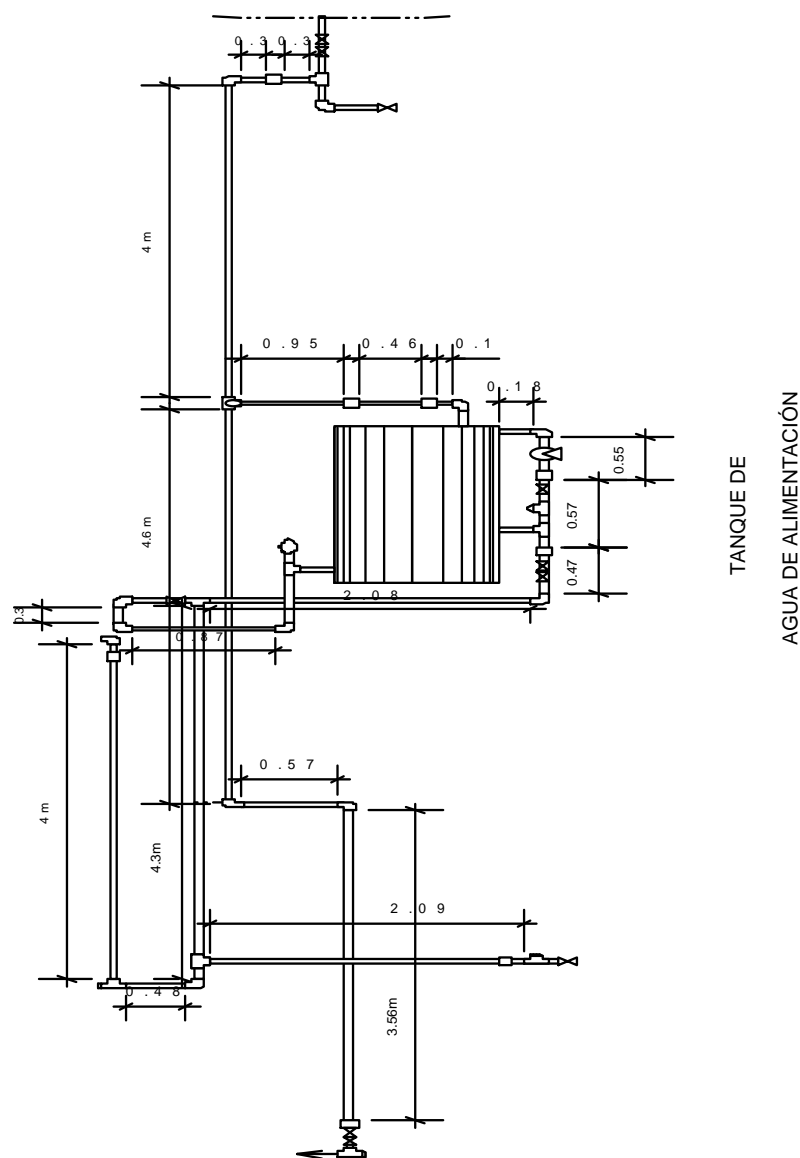
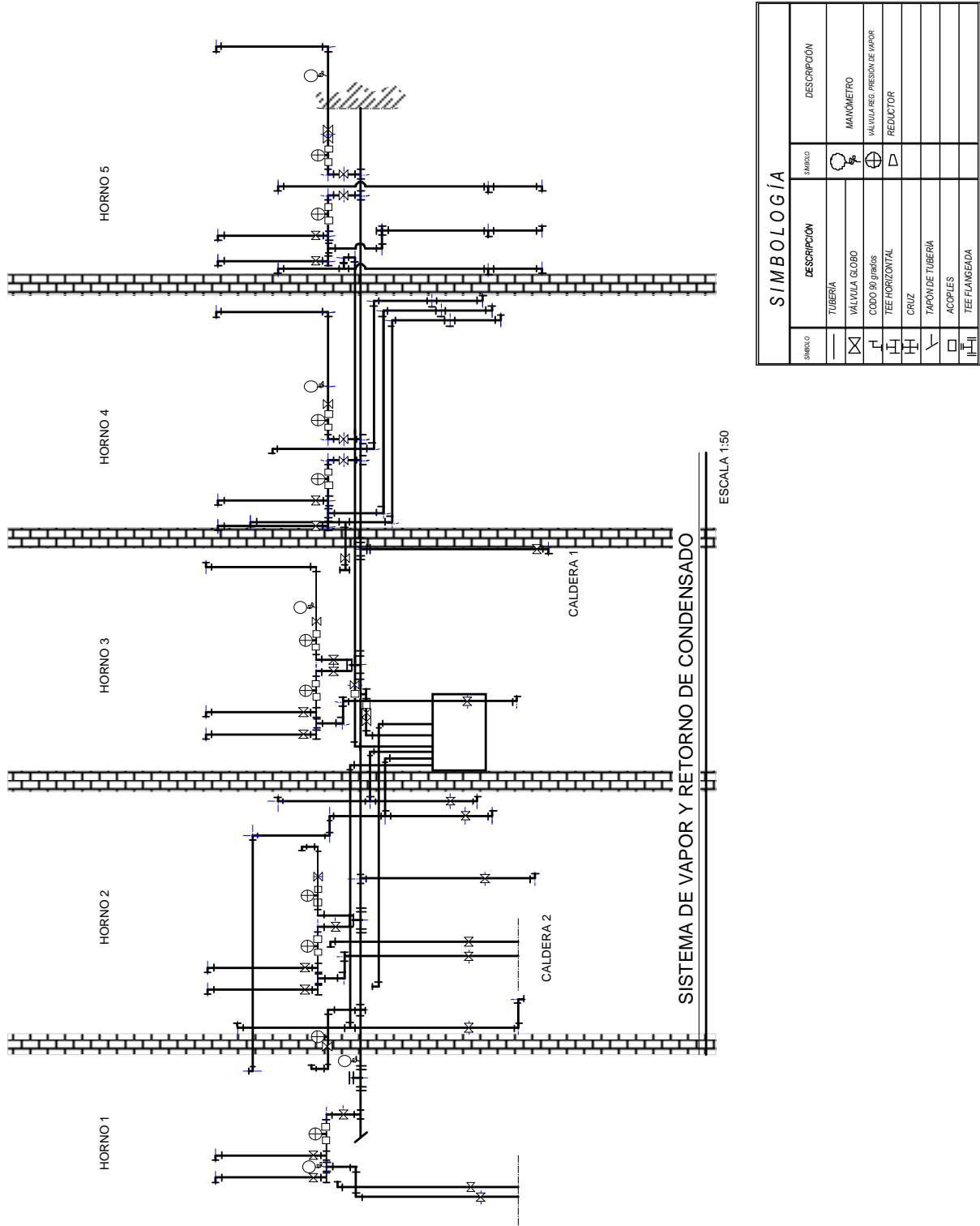
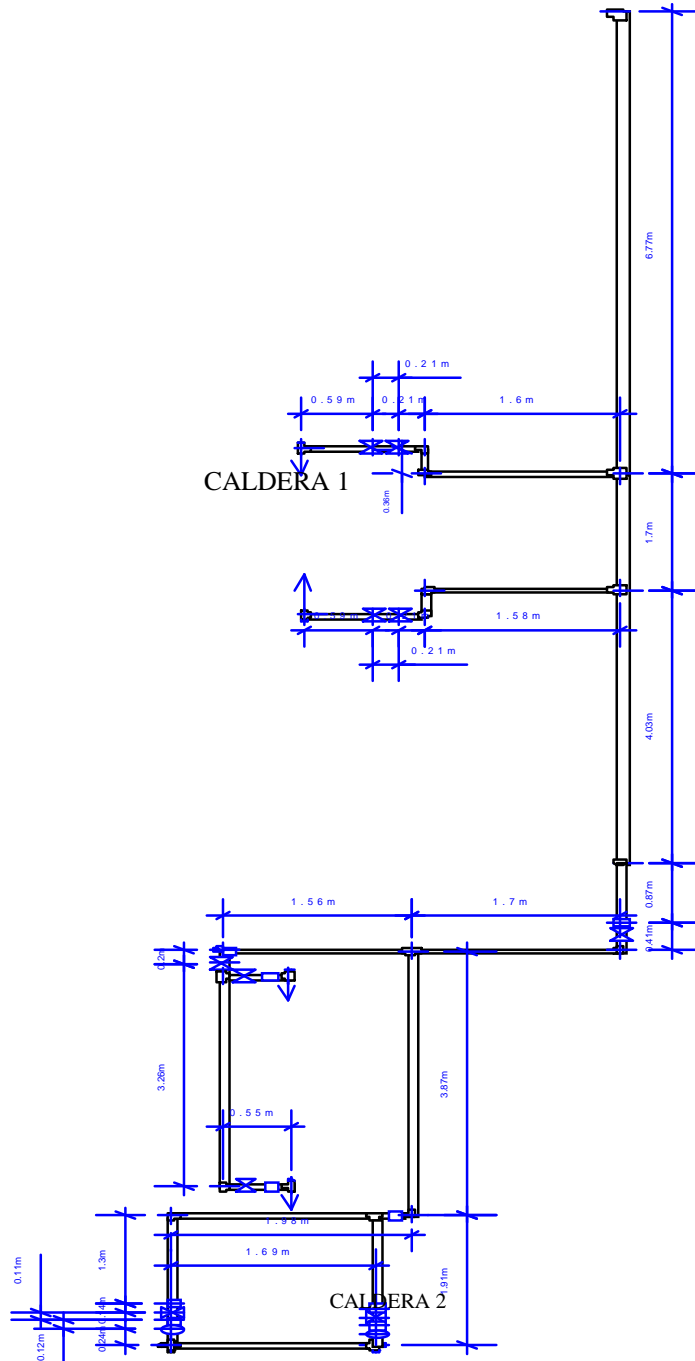


Figura 2. Sistema de vapor y retorno del vapor condensado



SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
—	TUBERÍA		
⊗	VALVULA GLOBO		MANOMETRO
⊕	CODO 90°		VALVULA REG. PRESION DE VAPOR
⊕	TEE HORIZONTAL		REDUCTOR
⊕	CRUZ		
⊕	TAPON DE TUBERIA		
⊕	ACOPLES		
⊕	TEE FLANGIADA		

Figura 3. Sistema de purga de agua



2.3 Instrumentos de control, dispositivos de seguridad y equipos auxiliares

2.3.1 Descripción de los instrumentos de control con que cuenta el sistema de generación de vapor

Las calderas de la empresa cuentan con los instrumentos de control generales que todo generador de vapor debe tener: termómetro para medir la temperatura del agua de alimentación, termómetro para medir la temperatura de los gases de chimenea, manómetro para medir la presión de trabajo.

2.3.1.1 Termómetro para medir la temperatura de agua de alimentación

El tanque de agua de alimentación y retorno de condensado, cuenta con un termómetro cuyas características son las siguientes:

Carátula de 3", caja y vástago de acero inoxidable 304, largo de vástago de 7", diámetro de vástago de ¼", carátula de vidrio plano, conexiones roscadas de ½", rango dual de 0-120 grados centígrados, precisión de +/- 1%.

2.3.1.2 Termómetro para medir la temperatura de los gases de la chimenea

Cada caldera cuenta con su propio termómetro, los cuales tienen las siguientes características: termómetro marca WIKA, modelo 30, carátula de 3", caja y vástago de acero inoxidable 304, largo de vástago de 6", diámetro de vástago de ¼", carátula de vidrio plano, conexiones roscadas de ½", rango dual de 65-400 grados centígrados (150 . 750 grados Fahrenheit), precisión de +/- 1%, mecanismo para recalibrar aguja.

2.3.1.3 Manómetro para medir la presión de trabajo

Caldera 1: La caldera marca Amesteam cuenta con un manómetro cuyas características son las siguientes: caratula de 7+ de diámetro, caja y vástago de acero inoxidable 304, largo de vástago 8 ‰ diámetro de vástago de 1/4+, carátula de vidrio plano, rango dual de 0 . 300 psi (0 . 2000 Kpa).

Caldera 2: La caldera marca Universal, cuenta con un manómetro cuyas características son las siguientes: carátula de 5+ de diámetro, caja y vástago de acero inoxidable 304, largo de vástago 7 ‰ diámetro de vástago de 1/4+, carátula de vidrio plano, rango dual de 0 . 200 psi (0 . 1400 Kpa).

2.3.2 Descripción de los dispositivos de seguridad con que cuenta el sistema de generación de vapor

2.3.2.1 Indicador de nivel McDonell & Miller

Este dispositivo de seguridad, juega un papel muy importante en la seguridad a tomar en cuenta en la operación de las calderas. Se ha estimado un alto porcentaje de explosiones de calderas por falta de agua, lo que ocasiona que la temperatura y presión dentro de la caldera se eleven a un máximo ocasionando que la caldera explote, es por ello que el control del nivel de agua de una caldera es de suma importancia.

El nivel de agua se podría chequear con un indicador común y corriente y monitorearlo visualmente, pero el ser humano tiende a fallar y a descuidarse. El dispositivo McDonell & Miller ha sido diseñado para controlar el nivel de agua activando y desactivando automáticamente la bomba de agua de alimentación según sea el caso de necesidad de agua o de exceso de agua.

Además tiene la función de apagar el ventilador de la caldera cuando detecta un bajo nivel de agua de alimentación, con lo cual la misma dejará de funcionar, eliminando así cualquier riesgo de explosión.

Cada caldera cuenta con un dispositivo que maneja un rango de operación de funcionamiento de 0 a 250 psig.

2.3.2.2 Válvulas de seguridad

Cada caldera cuenta con dos válvulas de seguridad, que cuyo objetivo es liberar la presión, en caso de que ésta sobrepase un nivel extra al de trabajo. Dichas válvulas tienen las siguientes características: válvulas de seguridad marca Spence cuerpo de bronce, asiento de metal, resorte de acero inoxidable, conexiones roscadas de 1 ½+NPT tipo macho a la entrada y 2+NPT tipo hembra a la salida. Diseñada para dispararse a una presión de ajuste de 125 psi, capacidades para descargar 5,592 lb/h de vapor a la presión de ajuste. Presión máxima de operación 250 psig y una temperatura de 60 a 406 grados Fahrenheit.

2.3.3 Descripción de los equipos auxiliares con que cuenta el sistema de generación de vapor

2.3.3.1 Ventilador de la caldera 1

Motor

Potencia: 7.5 Hp

Voltaje: 220 volts

Amperaje: 21.71 amperios

Frecuencia: 60 hertz

Velocidad: 1700 rpm

2.3.3.2 Ventilador de la caldera 2

Motor

Potencia: 20 Hp

Voltaje: 208/220/440 volts

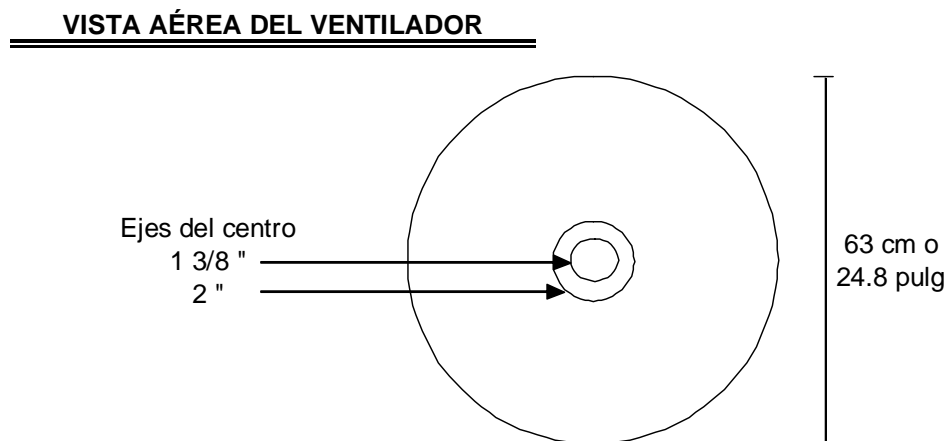
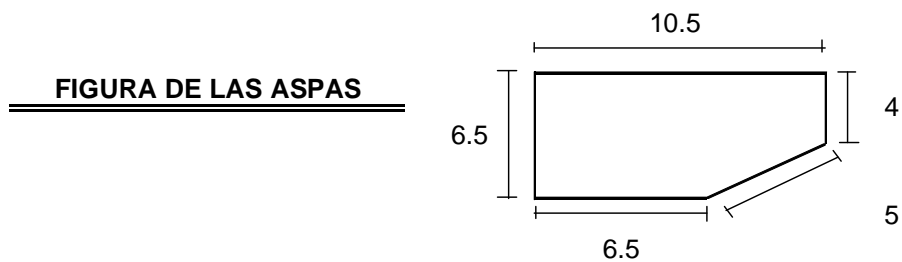
Amperaje: 60 amperios

Frecuencia: 60 hertz

Velocidad: 1770 rpm

Figura 4. Ventiladores de las calderas 1 y 2

LAS ASPAS SON DE TIPO RECTO, CON UN ESPESOR DE 1/4 " EN TOTAL SON 8 ASPAS Y SUS MEDIDAS EN PULGADAS SON:



2.3.3.3 Bomba de agua de alimentación

La bomba con la que cuenta actualmente el sistema de agua de alimentación, es una bomba centrífuga con los siguientes datos del motor

Motor

Potencia: 10 Hp

Voltaje: 220 volts

Amperaje: 30 amperios

Frecuencia: 60 hertz

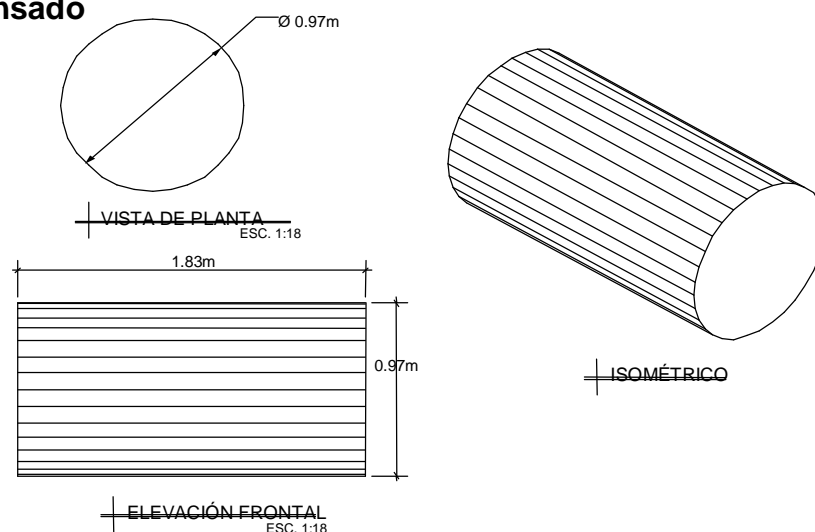
Velocidad: 1350 rpm

Número de fases: 3 fases

2.6 Descripción del sistema de condensado y tanque de agua de alimentación del sistema de generación de vapor

El sistema de retorno de vapor condensado cuenta principalmente con un tanque, el cual se encarga de suministrar agua a las calderas, la figura 5, detalla las dimensiones del mismo.

Figura 5. Tanque de agua de alimentación y retorno de vapor condensado



El tanque de agua de alimentación tiene las siguientes medidas

Forma geométrica = cilíndrica

Largo = 1.82 metros

Diámetro = 0.97 metros

Capacidad del tanque = 1.35 metros cúbicos

El material del cual está fabricado el tanque es: lámina negra de 1/8 % de espesor.

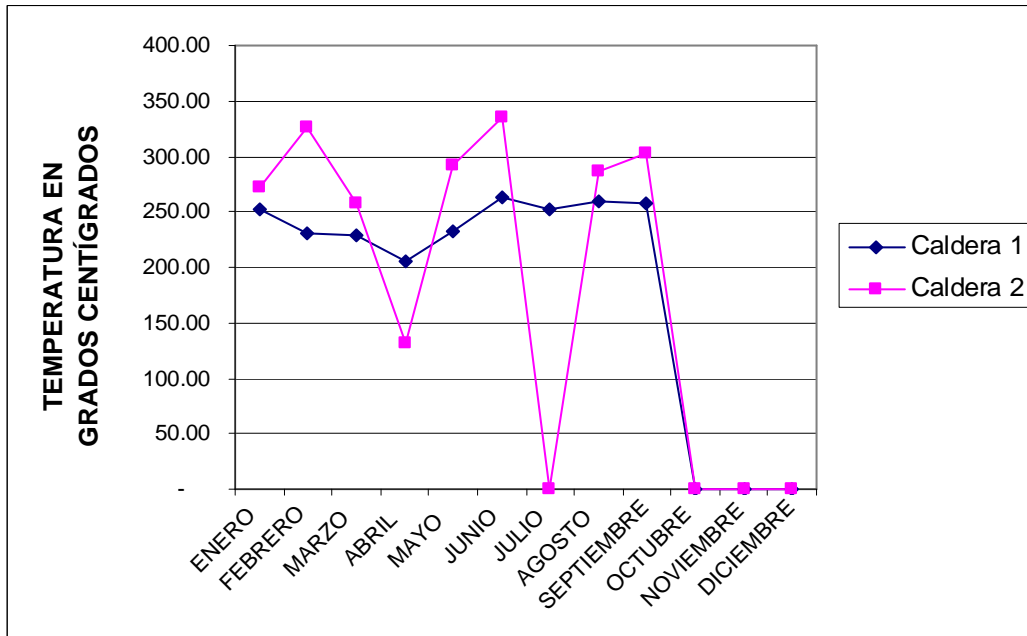
2.5 Muestreo del comportamiento de las variables de operación de las calderas

2.5.1 Temperatura de los gases de la chimenea

Tabla I. Registro de datos de la temperatura de gases de chimenea en grados centígrados

AÑO 2003		
HORA	Caldera 1	Caldera 2
ENERO	251.77	271.72
FEBRERO	230.77	325.98
MARZO	228.50	257.82
ABRIL	205.67	131.14
MAYO	231.73	291.64
JUNIO	263.74	334.44
JULIO	252.34	-
AGOSTO	258.89	286.77
SEPTIEMBRE	257.26	303.38
OCTUBRE	-	-
NOVIEMBRE	-	-
DICIEMBRE	-	-

Figura 6. Temperatura de los gases de la chimenea de las calderas

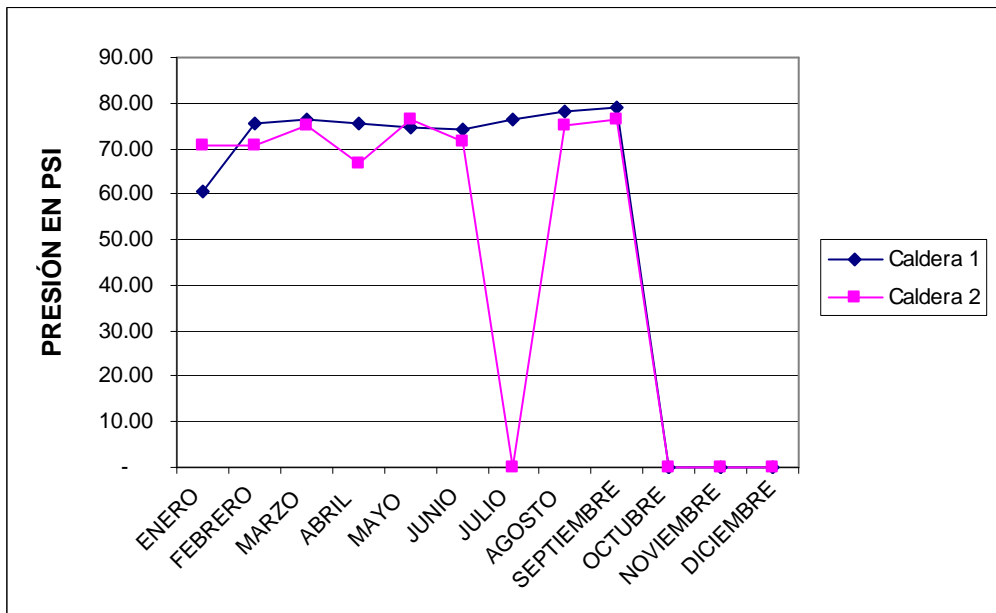


2.5.2 Presión de trabajo

Tabla II. Registro de datos de la presión de trabajo en psi

AÑO 2003		
MES	Caldera 1	Caldera 2
ENERO	60.42	70.86
FEBRERO	75.37	70.58
MARZO	76.59	74.89
ABRIL	75.61	66.52
MAYO	74.66	76.43
JUNIO	74.37	71.51
JULIO	76.18	-
AGOSTO	78.09	75.09
SEPTIEMBRE	79.23	76.29
OCTUBRE	-	-
NOVIEMBRE	-	-
DICIEMBRE	-	-

Figura 7. Presión de trabajo de las calderas

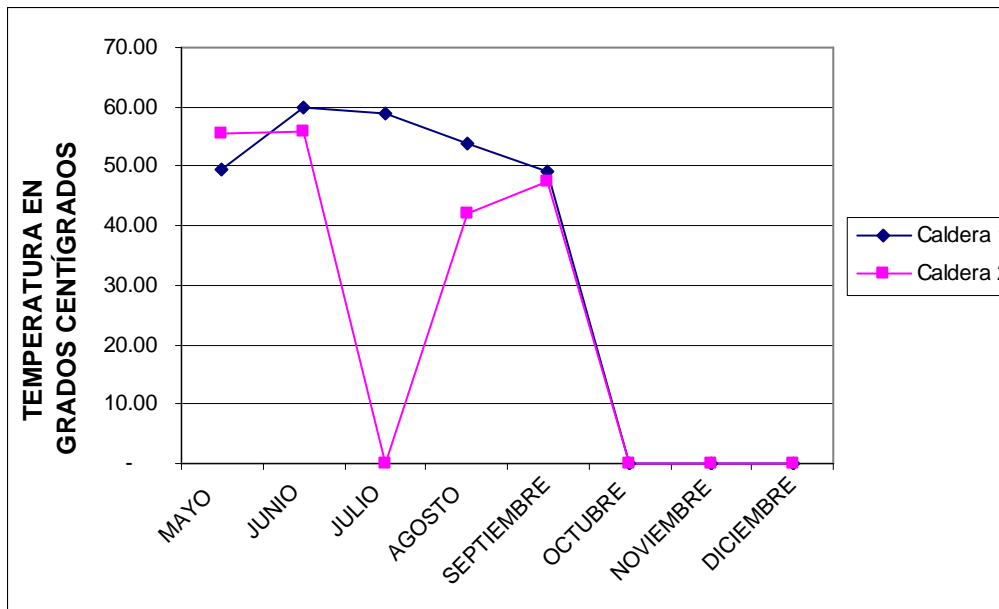


2.5.3 Temperatura del agua de alimentación

Tabla III. Registro de datos de la temperatura del agua de alimentación en grados centígrados

AÑO 2003		
HORA	Caldera 1	Caldera 2
ENERO	-	-
FEBRERO	-	-
MARZO	-	-
ABRIL	-	-
MAYO	49.44	55.56
JUNIO	59.86	55.73
JULIO	58.75	-
AGOSTO	53.70	42.23
SEPTIEMBRE	49.00	47.51
OCTUBRE	-	-
NOVIEMBRE	-	-
DICIEMBRE	-	-

Figura 8. Temperatura del agua de alimentación de las calderas



2.5.4 Consumo de combustible

Tabla IV. Consumos de combustible mensuales en el área de calderas

MES	Consumo de leña verde (m3)	Costo de la leña verde (m3)	Consumo de la leña seca (m3)	Costo de la leña seca (m3)	Costo total al mes
Febrero	97.23	Q50.58	52.66	Q174.96	Q14,131.29
Marzo	97.88	Q50.58	66.65	Q174.96	Q16,611.85
Abril	44.14	Q50.58	45.83	Q174.96	Q10,251.02
Mayo	165.24	Q50.58	69.11	Q174.96	Q20,449.32
Junio	124.51	Q50.58	60.14	Q174.96	Q16,819.81
Julio	151.60	Q50.58	51.94	Q174.96	Q16,755.35
Agosto	65.21	Q50.58	64.95	Q174.96	Q14,661.97
Septiembre	64.22	Q50.58	55.46	Q174.96	Q12,951.53
PROMEDIOS	101.25		58.34		Q15,329.02

2.6 Tratamiento actual del agua de alimentación

En las tablas V y VI, se muestran los análisis fisicoquímicos del agua cruda, agua de calderas y agua de alimentación, detallándose las características más importantes.

Tabla V. Análisis fisicoquímico del agua cruda

	Agua cruda	Datos estándar
Alcalinidad parcial (CaCO ₃)	0	300-700
Alcalinidad total (CaCO ₃)	70	400-900
Alcalinidad OH (CaCO ₃)	0	200-800
Total de sólidos disueltos	100	Max 2,500
Cloruros (Cl)	10	Max 200
Dureza total (CaCO ₃)	60	0
pH	7	10.5-11.5
Sílice (SiO ₂)		0.54 - Alc. OH
Hierro (Fe Total)		
Sulfito (como SO ₃)		20-40
Fosfato (como PO ₄)		30-60
Fosfanato		
Aminas		
Quelante		
Ciclos de concentración		

Tabla VI. Análisis del agua de calderas

	Datos			Datos estándar
	Caldera 1	Caldera 2	Agua de alimentación	
Alcalinidad parcial (CaCO ₃)	700	500	0	300-700
Alcalinidad total (CaCO ₃)	900	700	40	400-900
Alcalinidad OH (CaCO ₃)	500	300	0	200-800
Total de sólidos disueltos	2200	1900	90	Max 2,500
Cloruros (Cl)	40	30	8	Max 200
Dureza total (CaCO ₃)	0	0	30	0
pH	11	10.5	7	10.5-11.5
Sílice (SiO ₂)				0.54 - Alc. OH
Hierro (Fe Total)				
Sulfito (como SO ₃)	40	50		20-40
Fosfato (como PO ₄)	60	80		30-60
Fosfanato				
Aminas				
Quelante				
Ciclos de concentración	5	3.75		

2.6.1 Descripción del sistema o forma de tratar el agua

Actualmente se está tratando el agua de las calderas utilizando dos químicos, los cuales se detallarán más adelante. Se vierte una cantidad específica de cada uno de los químicos todas las mañanas después de realizadas las purgas. Estos químicos son depositados en el tanque de agua de alimentación, en el cual se mezclan con el agua cruda y el poco condensado que retorna del sistema de vapor, luego el sistema se encarga de alimentar dicha el tratada hacia las calderas.

2.6.2 Descripción de los químicos utilizados

2.6.2.1 Químico W-2105

W-2105 es un producto en polvo diseñado para ser utilizado como anti-incrustante y anti-corrosivo en calderas de vapor con presiones media y baja (450-50 psi) que son alimentadas con agua dura o semidura (10 . 250 ppm). Posee efectivos inhibidores de incrustación y acondicionadores de lodo que mantienen las superficies libres de incrustación. El calcio y el magnesio que forman la dureza del agua son precipitados como un lodo no adherible, el cual es removido de la caldera por la purga. Contiene secuestrantes de oxígeno los cuales previenen la corrosión por picadura causada por el oxígeno sobre la superficie del metal, prolongando así la vida útil del equipo.

Ventajas: este químico es un excelente tratamiento a base de fosfatos con dispersantes, lo cual lo hace un producto adecuado para diferentes tipos de agua, no necesita secuestrantes de oxígeno o antiespumantes.

Características físico-químicas:

Apariencia:	polvo cristalino fris
pH al 1%:	7.70 +/- 0.5

2.6.2.2 Químico W-2902

W-2902 es un efectivo desincrustante en operación formulado a base de compuestos orgánicos poliméricos, el cual trabaja como un dispersante de las incrustaciones adheridas a la superficie de los tubos de los intercambiadores de calor, como condensadores, evaporativos, calderas y sistemas de enfriamiento, los cuales contienen cobre, aluminio, hierro galvanizado, acero, etc. Además, es un efectivo desincrustante en operación para equipos que contengan incrustaciones a base de CaCO_3 , MgSiO_3 , $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Características físico-químicas:

Apariencia:	líquido transparente de color ámbar
Peso específico:	1.02 +/- 0.05
pH:	12.6 +/- 0.6

2.6.3 Descripción de las purgas

2.6.3.1 Introducción

El tratamiento de agua es un aspecto importante de la operación de una caldera, que puede afectar la eficiencia o causar daños a la planta si no se atiende adecuadamente. El agua de alimentación de una caldera contiene impurezas en solución o en suspensión. Estas impurezas se concentran en el agua, puesto que el vapor generado es esencialmente puro. Un tratamiento interno apropiado remueve total o parcialmente las incrustaciones en forma de sales de calcio y magnesio de la solución. Si estos sólidos suspendidos llegan a concentrarse más allá de ciertos límites, se formará un depósito o incrustación en las superficies de calentamiento de la caldera, lo que retardará la transferencia de calor y aumentará la temperatura de los tubos metálicos.

La concentración de sólidos suspendidos y disueltos en el agua de caldera se controla por la remoción de agua con alto contenido de sólidos y su reemplazo con agua de alimentación con bajo contenido de sólidos. Este proceso que se conoce con el nombre de purga puede ser intermitente, en el fondo de la caldera o continuo. La purga de fondo o purga de lodos es necesaria para remover cualquier lodo acumulado en la parte más baja del sistema de la caldera. La purga continua es tomada en el punto más alto de la concentración de sólidos, generalmente de la parte superior del domo de separación de vapor o del cuerpo de la caldera.

La purga intermitente de fondo puede ser suficiente si el agua de alimentación es excepcionalmente pura, como en el caso de mantener un alto porcentaje de condensado retroalimentado, o agua de alimentación previamente evaporada. La purga intermitente se realiza manualmente y, por ende, puede ocasionar amplias fluctuaciones en los patrones de purga. Se prefiere la aplicación de purgas cortas y frecuentes, en oposición a purgas de larga duración e infrecuentes, debido a que son menores las pérdidas del agua tratada y las pérdidas de energía como calor sensible en el agua desperdiciada. Los ahorros de combustible que utiliza esta técnica depende de los patrones existentes de purga intermitente.

2.6.3.2 Descripción de las purgas actuales que se realizan en el sistema

De acuerdo al tratamiento de agua utilizado actualmente y en base a las recomendaciones del proveedor de los químicos, 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 primer turno del día, a las 7:00 a.m., para luego aplicar la dosis de químico diaria.

El procedimiento para purgar es el siguiente: abrir las llaves ubicadas debajo de la caldera por un tiempo máximo de 10 segundos, luego se vuelven a cerrar. Esto con el fin de mantener el nivel de Sólidos . disueltos en un máximo de 2500 ppm

2.6.4 Consumos de agua actuales

Tabla VII. Consumos diarios de agua cruda

FECHA	CONSUMO M3 DIARIO	CONSUMO GALONES DIARIO
12-Jun	6.00	1,585.20
13-Jun	7.40	1,955.10
14-Jun	7.20	1,902.25
15-Jun	7.90	2,087.18
16-Jun	6.90	1,822.98
17-Jun	9.10	2,404.22
18-Jun	9.30	2,457.07
19-Jun	12.40	3,276.09
20-Jun	12.50	3,302.51
21-Jun	10.20	2,694.85
22-Jun	12.00	3,170.41
23-Jun	11.20	2,959.05
24-Jun	13.70	3,619.55
25-Jun	14.20	3,751.65
26-Jun	13.50	3,566.71
27-Jun	12.90	3,408.19
28-Jun	10.10	2,668.43
29-Jun	11.10	2,932.63
30-Jun	11.20	2,959.05
1-Jul	7.60	2,007.93
2-Jul	7.70	2,034.35
3-Jul	8.40	2,219.29
4-Jul	8.30	2,192.87
5-Jul	11.30	2,985.47
6-Jul	11.30	2,985.47
PROMEDIO DIARIO		2,677.94

2.7 Costos actuales de operación

Tabla VIII. **Costos actuales de operación del sistema de generación de vapor**

MES	Mano de obra	Químico	Combustible	Electricidad	Mantenimiento	TOTALES
Febrero	Q5,104.00	Q2,922.63	Q13,403.03	Q7,016.28	Q312.35	Q28,445.94
Marzo	Q5,104.00	Q2,996.15	Q15,908.06	Q7,734.72	Q425.65	Q31,742.92
Abril	Q5,678.20	Q2,937.10	Q10,251.02	Q7,250.99	Q612.32	Q26,117.31
Mayo	Q5,327.30	Q3,035.01	Q20,449.32	Q7,268.42	Q395.62	Q36,080.05
Junio	Q5,104.00	Q3,607.57	Q16,819.81	Q7,850.52	Q412.35	Q33,381.90
Julio	Q10,359.53	Q3,705.48	Q16,755.35	Q6,735.50	Q420.36	Q37,555.85
Agosto	Q5,135.90	Q2,447.58	Q14,661.27	Q6,297.84	Q514.36	Q28,542.60
Septiembre	Q5,295.40	Q2,937.10	Q12,951.53	Q7,097.22	Q398.00	Q28,281.25
Promedio del mes	Q5,888.54	Q3,073.58	Q15,149.92	Q7,156.43	Q436.38	Q31,268.48

3. UTILIZACIÓN DEL VAPOR EN LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS, S.A.

3.1 Introducción

Como se ha mencionado la empresa Maderas Milpas Altas, S.A., es productora neta de muebles, por consiguiente su principal materia prima es la madera. La madera contiene las siguientes humedades cuando llega en forma de troza al aserradero

Pino = 80 . 95 % de humedad

Palo Blanco = 80 . 95 % de humedad

Hule = 45 % de humedad

Si la madera entra al proceso con un nivel inadecuado de humedad, dificulta el pegado de la cola, con lo cual atrasa el proceso, tomando en cuenta las reparaciones.

Por consiguiente la madera debe ser secada, hasta alcanzar una humedad de 6 . 8% , para esto debe ser preprocesada en hornos de secado, los cuales son alimentados con vapor proveniente de las calderas, es aquí donde la producción de vapor juega un papel importante en la fabricación de los muebles.

3.2 Descripción de los equipos que consumen el vapor

La empresa Maderas Milpas Altas cuenta actualmente con 5 hornos secadores de maderas, estos hornos son los que consumen el 100% del vapor generado por las calderas.

La descripción general del funcionamiento de los hornos es la siguiente: cada horno posee un graficador, el cual lee la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo del interior de los hornos a través de unos sensores ubicados dentro de los hornos. Los graficadores se encargan de mantener controladas las temperaturas, cuando disminuyen ambas temperaturas, envían una señal neumática a las válvulas reguladoras de vapor y spray (agua rociada), para abrir o cerrar el flujo de ambos fluidos, con lo cual mantienen reguladas las temperaturas de los hornos, estas válvulas se encuentra ubicadas cerca de la entrada de vapor y spray a los hornos.

3.2.1 Horno Secador 1 marca Hildebrand

Los datos generales del horno secador 1 son los siguientes

Marca: Hildebrand Holztechnik

Número de serie: 2-3004-85

Modelo: HD 78 MR

Largo: 12.00 metros

Ancho: 6.00 metros

Alto: 6.75 metros

Volumen o capacidad: 486.00 metros cúbicos

Datos de los equipos auxiliares

Panel de Control

Marca: Hildebrand

Tipo: HD 78MR

Modelo: E85-W-04-H-1

No. Serie: 2.3004.85

Voltaje: 220 Voltios

Amperaje: 46 Amperios

Frecuencia: 60 Hertz

Controlador

Marca: Irvington Moore

Modelo: 433320W-110

No. Serie: 90A0431

Voltaje: 120 Voltios

Chart: 5207 IM

Frecuencia: 60 Hertz

N. Sup: 20 psig

Medidor de Humedad

Marca: Delmhorst Inst. Co.

Model: RDX-1

No. Serie: 1681

Selector de Estaciones

Marca: Delmhorst Inst. Co.

Model: SS-3

No. Serie: 351

Datos de los motores eléctricos

El horno posee un total de cuatro motores, los cuales poseen la siguiente capacidad e información técnica:

Marca: Toshiba

Tipo: IK

Potencia: 3 Hp

Voltaje: 230/460 Voltios

Amperaje:

Frecuencia: 60 Hertz

Velocidad: 1150 rpm

3.2.2 Hornos secadores 2, 3, 4, 5 marca Irvington Moore

Los datos generales de los hornos secadores No. 2, 3, 4 y 5 son los siguientes

Marca: Irvington Moore

Modelo: D7496

Largo: 12.00 metros

Ancho: 6.00 metros

Alto: 6.75 metros

Volumen o capacidad: 486.00 metros cúbicos

Datos de los equipos auxiliares

Panel de control

Marca: Irvington Moore

Tipo:

Modelo:

No. Serie:

Voltaje: 220 Voltios

Amperaje: 46 Amperios

Frecuencia: 60 Hertz

Controlador

Marca: Irvington Moore

Modelo: 433320W-110

No. Serie:

Voltaje: 120 Voltios

Chart: 5207 IM

Frecuencia: 60 Hertz

N. Sup: 20 psig

Medidor de humedad

Marca: Delmhorst Inst. Co.

Model: RDX-1

No. Serie: 1681

Selector de estaciones

Marca: Delmhorst Inst. Co.

Model: SS-3

No. Serie: 351

Datos de los motores eléctricos

Los cuatro hornos poseen un total de cuatro motores cada uno, los cuales poseen la siguiente información técnica:

Potencia: 3 Hp

Voltaje: 220/380 Voltios

Amperaje: 16 Amperios

Frecuencia: 50-60 Hertz

Velocidad: 1150 rpm

Fases: 3 fases

3.3 Capacidades, demandas y tiempos estimados de secado de la madera

Las capacidades, demandas y tiempos estimados de secado de la madera según la especie y espesor del tablón, se detallan en la tabla IX.

Tabla IX. **Capacidades por horno y tiempos de secado según la especie y el espesor**

ESPECIE	ESPEJOR	TIEMPO ESTIMADO DE SECADO	CAPACIDAD POR HORNO
PINO	1 - 1 1/4 Pulg.	8 - 10 días	20,000 - 25,000 Pies tablares
PINO	1.5 - 2 Pulg.	12 - 15 días	35,000 Pies tablares
PALO BLANCO	1 - 1.5 Pulg.	8 -10 días	25,000 - 30,000 Pies tablares
HULE O CASTILLA	3/4 - 1.5 Pulg.	15 días	25,000 - 30,000 Pies tablares



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

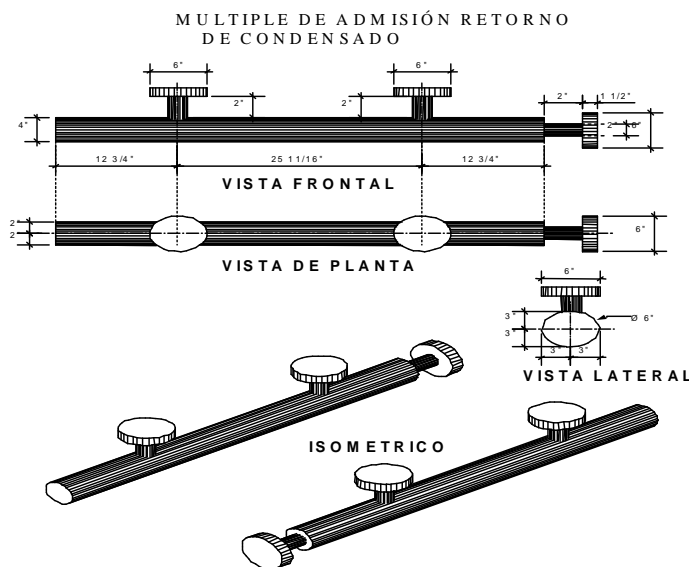
4. ESTUDIO Y PROPUESTA DE MEJORAS QUE AYUDARÁN A OPTIMIZAR LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR EN LA EMPRESA MADERAS MILPAS ALTAS, S.A.

4.1 Mejoras a los diagramas unifilares

4.1.1 Mejoras al diagrama del sistema de vapor y retorno del vapor condensado

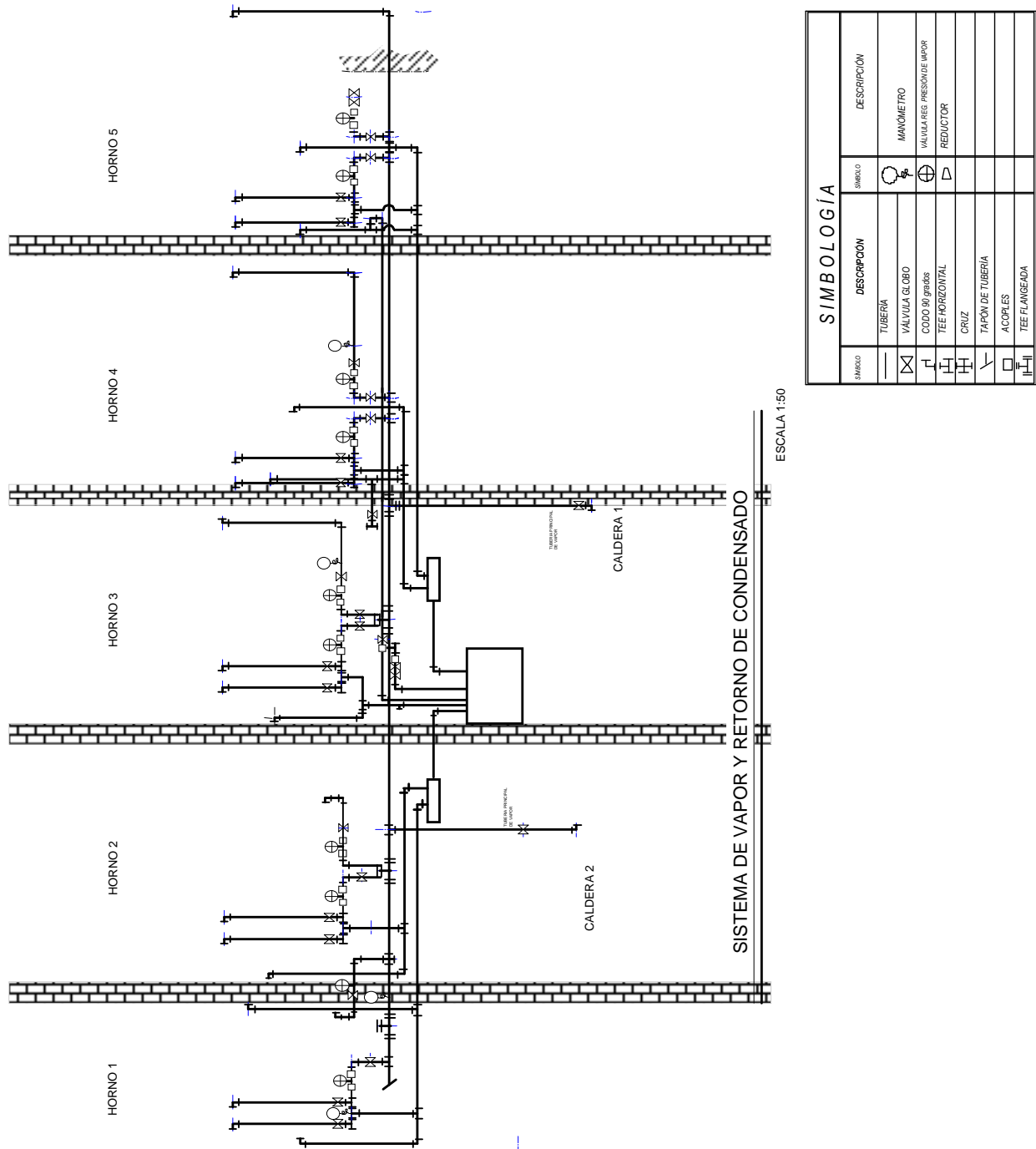
Dentro de las mejoras propuestas para el sistema de vapor y retorno de vapor condensado, se diseñó el múltiple de admisión, el cual ayudará a hacer más eficiente la operación del retorno de los condensados provenientes de los hornos, el diseño del mismo se presenta en la figura 9.

Figura 9. **Diseño del múltiple de admisión de retorno de condensados, propuesto para las mejoras del sistema**



Además del múltiple de admisión en la figura 10 se pueden observar las mejoras propuestas para este sistema.

Figura 10. Rediseño propuesto del sistema de vapor y retorno del vapor condensado



SIMBOLOGÍA		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERÍA	☉	MANOMETRO
⊗	VÁLVULA GLOBO	⊕	VÁLVULA REG. PRESIÓN DE VAPOR
⊔	CODO 90 grados	△	REDUCTOR
⊕	TEE HORIZONTAL		
⊕	CRUZ		
∨	TAPON DE TUBERÍA		
□	ACOPLES		
⊕	TEE FLANGERADA		

4.1.1.1 Propuesta para mejorar el aislamiento térmico

El aislamiento térmico tiene como función principal la conservación de energía mediante la utilización para este efecto de material aislante. Este material se utiliza para proveer resistencia al flujo de calor, reduciendo estas pérdidas en los elementos que integran el sistema de vapor, tales como calderas, tuberías, accesorios, tanques y marmitas.

Antes de aislar un sistema se deben resolver dos incógnitas: ¿Qué clase de aislamiento es necesario y en qué cantidad? Al instalar aislamiento se ahorran gastos de inversión porque de esta manera se reduce el tamaño y la capacidad del equipo de calentamiento.

El aislamiento térmico se utiliza para

- Mantener la temperatura en el sistema.
- Controlar la condensación en las tuberías de vapor.
- Protección del personal.

Para aislar un sistema adecuadamente se debe tomar en cuenta

- Costo del combustible
- Eficiencia de la caldera
- Temperatura de operación
- Localización
- Diámetro de la tubería
- Largo de la tubería

4.1.1.1.1 Materiales aislantes y sus propiedades

Existen tres maneras en las cuales el calor se transfiere a través de los materiales aislantes.

Conducción: es el calor transferido a través de un sólido, debido a un gradiente de temperatura, sin desplazamiento apreciable de partículas.

Convección: es el calor transferido por mezcla de una parte de fluido con otra. El movimiento de líquido o gas puede producirse por diferencia de densidades causadas por diferencia de temperatura, o bien producirse el movimiento por medios mecánicos.

Radiación: es la transmisión de calor en forma de energía radiante o en ondas de un cuerpo a otro a través de un espacio.

4.1.1.1.1.1 Conductividad Térmica

Una conductividad térmica baja es la propiedad que distingue a un aislante térmico. La conductividad térmica está definida como la razón de calor que fluye a través de la unidad de área de una sustancia bajo la influencia del gradiente de temperatura en la dirección perpendicular al área. Se expresa en Btu/Hr-pie²F (W/m²°C).

4.1.1.1.1.2 Estructura

Otra característica importante del aislante es la estructura (compactación). Los espacios o bolsas contenidos en el material aislante disminuyen el flujo de calor. Estos espacios o bolsas deben ser suficientemente pequeños para causar resistencia al flujo de aire, de esta manera solamente una pequeña cantidad de calor es transmitida por convección de un lado a otro de los espacios.

4.1.1.1.3 Humedad

El contenido de humedad en el aislante incrementa la transferencia de calor ya que el agua mezclada con el aislamiento tiene una conductividad térmica de aproximadamente 2 Btu/Hr-pie²°F y el aislante seco, una conductividad promedio de 0.3 Btu/Hr-pie²°F.

4.1.1.1.4 Materiales aislantes más comunes en sistemas de vapor

Los aislantes comúnmente utilizados en sistemas de vapor son: fibra de vidrio, silicato de calcio, uretano y asbesto.

El aislante más común es la fibra de vidrio, para bajas y medianas presiones en sistemas de vapor; es fácil de instalar y posee una moderada conductividad térmica, requiriendo mayor espesor para determinada resistencia a la transferencia de calor respecto a la espuma de uretano. La fibra de vidrio no es combustible y no tiene reactividad química. Este aislante es bueno hasta temperaturas de 900 °F (482 °C). El uretano es fácil de manejar, su costo de instalación es bajo, bastante liviano y resistente a la penetración de humedad, es adecuado utilizarlo para aislamiento en tanques y recipientes.

El tercer tipo de material comúnmente utilizado en sistemas de vapor es el silicato de calcio. Este aislante posee una mayor conductividad térmica requiriendo mayor espesor de aislamiento para determinada retención de calor. Tiene aplicación a temperaturas hasta de 1200 °F (642 °C), siendo este material utilizado en sistemas de vapor a alta presión.

4.1.1.1.2 Espesor óptimo del aislamiento

Anteriormente, el aislamiento era utilizado únicamente para proveer protección al personal de planta y prevenir la condensación y la congelación. Ahora la situación es diferente, ya que el costo del combustible y el equipo para generar el vapor y transportarlo es elevado. Debido a esta situación se ha definido el espesor óptimo de aislamiento ya que a medida que el espesor aumenta, los costos de las pérdidas de calor disminuyen, en tanto que los costos de aislamiento incrementan.

Tabla X. **Espesor recomendado (pulg) por TIMA-ETI para el aislamiento de fibra de vidrio**

Diámetro nominal de la tubería (pulg)	Temperatura de operación (grados Farenheit)					
	100 - 199	200 - 299	300 - 399	400 - 499	500 - 599	600 - 650
0.50	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.00
1.00	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.00
1.50	1.00	1.50	2.50	3.00	3.00	3.00
2.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
2.50	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.50
3.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.50
4.00	1.50	2.50	3.00	3.00	3.50	4.00
5.00	1.50	2.50	3.00	3.00	4.00	4.50
6.00	1.50	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00
8.00	1.50	3.00	3.00	3.50	4.50	5.00
10.00	1.50	3.00	3.00	4.00	4.50	5.50
12.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00	5.50
14.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00	5.50
16.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00
18.00	1.50	3.00	3.50	4.50	5.00	6.00
20.00	2.00	3.00	3.50	4.50	5.00	6.00
24.00	2.00	3.00	3.50	4.50	5.00	6.00
30.00	2.00	3.00	4.00	4.50	5.50	6.00
36.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	6.00
Superficie Plana	2.50	4.50	6.00	7.50	9.00	10.50

Fuente: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, **Ahorro de energía en sistemas de vapor, P. 83**

4.1.1.1.3 Propuesta del aislamiento térmico necesario a utilizar en el sistema de retorno del vapor condensado

a) Material propuesto

El material a utilizar como aislamiento de la tubería del sistema de generación de vapor y retorno de condensado propuesto es la fibra de vidrio, debido a que ésta es utilizada comúnmente para sistemas de vapor de bajas y medianas presiones, el sistema de la empresa trabaja a una presión máxima de 80 psi. Además, soporta temperaturas de hasta 482 grados Centígrados.

b) Espesor óptimo propuesto

Con base en la tabla X, se realizó la siguiente propuesta para el espesor óptimo del aislamiento térmico, de acuerdo a las condiciones de operación del sistema, la propuesta se encuentra en la tabla XI.

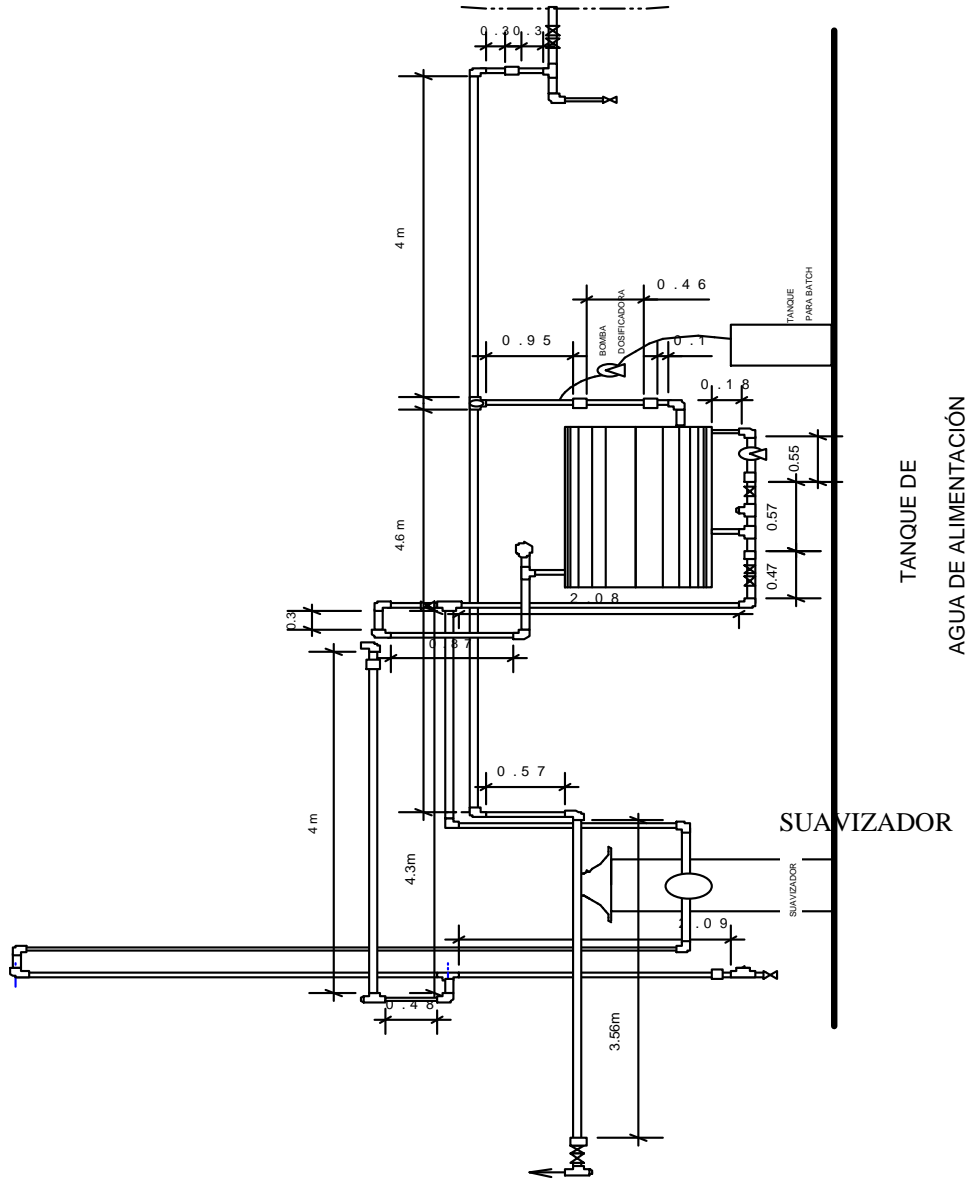
Tabla XI. **Espesor propuesto para el aislamiento térmico**

SISTEMA	UTILIZACIÓN DE LA TUBERÍA	RANGO TEMPERATURA EN GRADOS FARENHEIT	DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA EN PULGADAS	ESPESOR PROPUESTO DEL AISLAMIENTO EN PULGADAS
Retorno condensado	Retorno principal hornos	100 - 199	1	1
Retorno condensado	Retorno principal hornos	100 - 199	0.5	0.5
Retorno condensado	Tramo hacia múltiple de admisión	100 - 199	2	1
Retorno condensado	Tramo del múltiple de admisión al tanque	100 - 199	1.5	1
Retorno condensado	Múltiple de admisión	100 - 199	4	1.5

4.1.2 Mejoras al diagrama del sistema de agua de alimentación

Las mejoras propuestas para este sistema se pueden observar en la figura 11.

Figura 11. Rediseño propuesto del sistema de agua de alimentación



4.1.3 Explicación de las mejoras a los sistemas de agua de alimentación y vapor

4.1.3.1 Sistema de agua de alimentación

Las mejoras que se proponen a este sistema, son la implementación del suavizador y la reactivación de la bomba dosificadora de químico.

Como se puede observar solamente se añadió la tubería que conecta el tubo principal de agua cruda hacia el suavizador para luego unirse del suavizador hacia el tanque de retornos de condensado.

La bomba dosificadora se debe instalar a la par del tanque de retorno de condensados, acoplada a la tubería que alimenta agua a las dos calderas, dicho tratamiento se hará con el agua en circulación. Además, se propuso el cambio de bomba de agua de alimentación, para la instalación de la misma no habrá mejoras al sistema de tubería solamente será reemplazada en el mismo lugar la actual por la propuesta.

4.1.3.2 Sistema de vapor y retorno del vapor condensado

En este sistema la mejora propuesta es retornar todos los condensados hacia el tanque de agua de alimentación, ya que actualmente se están depositando en unos desagües, teniendo por ende muchas pérdidas de calor por desechar estos condensados, tomando en cuenta que es agua caliente y tratada químicamente. Como se puede observar en el plano mejorado se deben instalar los dos Múltiples de admisión para retornos de condensados, a los cuales llegarían los condensados de los hornos núm. 1 y 2, y núm. 4 y 5, respectivamente, eliminando toda la tubería que llevaban los condensados hacia los desagües e instalándola hacia los múltiples, para luego ser depositados en el tanque de agua de alimentación.

Los retornos de condensado del horno 3 serán depositados directamente en el tanque, no pasarán por ningún múltiple de admisión.

Con estas mejoras se considera elevar la temperatura del tanque de agua de alimentación de 15 a 20 grados Centígrados, disminuyendo por ende el consumo de combustible, ya que se necesitaría menor energía para evaporar el agua.

4.1.4 Mejoras al diagrama del sistema de purga de agua

En este Sistema no se propondrán mejoras al diagrama unifilar, debido a que se ha analizado y se ha definido que se encuentra en buenas condiciones para operación e incurrir en gastos por modificaciones de tubería no ayudaría mucho a mejorar la eficiencia del sistema.

4.2 Estudio del mejoramiento de los sistemas de control de las calderas

4.2.1 Introducción

Los instrumentos y los controles son esenciales para que una caldera funcione en forma segura, eficiente y confiable. Los controles van desde sistemas manuales sencillos, hasta sistemas automáticos ayudados por computador y por consiguiente, el tipo de sistema de control que se utilice en una caldera depende de las necesidades de toda la operación y de los costos involucrados.

4.2.2 Instrumentos de control

Todas las calderas de vapor deben estar dotadas de instrumentos que indique o registren las siguientes variables

- Presión de vapor
- Temperatura de vapor
- Nivel de agua
- Presión del agua de alimentación
- Tiro o presión del horno

Además de lo anterior, en las calderas que producen 10,000 libras de vapor/hora o más también se debe controlar

- El flujo de vapor
- El flujo de agua de alimentación
- El flujo de aire de combustión
- Los componentes del tiro o presiones
- La temperatura del agua de alimentación
- La temperatura de los gases de combustión
- El flujo de combustible (si es posible)
- Las presiones del combustible (si es pertinente)
- Las temperaturas del combustible (si es pertinente)

4.3 Estudio de la implementación de equipos que ayuden a la recuperación de la energía calorífica

En muchas calderas existen oportunidades potenciales para recuperar calor. Hay tres principales fuentes de pérdida de calor en un sistema de calderas

- Gases de chimenea
- Purga de condensado en la caldera
- Sistema de trampas de vapor

Los principales métodos en recuperación de calor en calderas industriales utilizan intercambiadores de calor instalados en la salida de la chimenea para recuperar algo del calor que de otra manera se perdería. Estos intercambiadores de calor se dividen en dos categorías: economizadores y precalentadores de aire. Los economizadores son usados para elevar la temperatura del agua de alimentación (agua fresca) que entra a la caldera, mientras que los precalentadores de aire son usados para precalentar el aire de combustión que alimenta al quemador.

4.3.1 Economizadores

Cuando el calor perdido en los gases de chimenea es recuperado para calentar líquidos, con el propósito de suministro doméstico de agua caliente, calentamiento de agua de alimentación en calderas de vapor, o para el uso de agua en sistema de calefacción, generalmente se usa un intercambiador de calor de superficies extendidas. Los tubos que contienen el líquido que ha de calentarse conectan en forma agrupada y llevan soldadas en el exterior aletas de metal con el propósito de aumentar el área de transferencia de la energía contenida en los gases. Este tipo de aplicación es comúnmente conocido como un economizador. Los tubos están a menudo conectados en serie, pero también pueden estar ordenados en serie y en paralelo para controlar la caída de presión del lado de líquido. La caída de presión del lado de aire es controlada por el espacio que existe entre los tubos y el número de filas de tubos dentro del ducto.

Los intercambiadores de tubos extendidos están disponibles en forma empacada en diversos tamaños o pueden ser fabricados de acuerdo a las especificaciones del cliente. El control de temperatura del líquido calentado se logra mediante un ducto de desviación el cual varía el flujo de los gases calientes que entran al intercambiador de calor. Los materiales para los tubos y las aletas son seleccionados para resistir la acción corrosiva de líquidos y/o gases de chimenea.

4.3.1.1 Tipo de tubos y sus aplicaciones

Tipo 1: los economizadores de tubos desnudos utilizan tubos de acero al Carbono de 2+ de diámetro externo que tienen un dobléz de 180 grados y que están soldados uno con otro en los extremos, configurando entre 8 y 12 pasos. La longitud y número de elementos son determinados por las condiciones de diseño. Este tipo es usualmente usado por calderas que queman carbón, gas, y aceite combustible. Es fácil mantenerlos limpios con sopladores de hollín para el lavado con agua se instalan dispositivos interiormente. Hay espacios de aproximadamente 16+ a 18+ para acceso, limpieza y observación (3 a 4 pies de alto).

Tipo 2: el economizador de tubos con aletas de hierro fundido tiene 2 pulgadas de diámetro externo, con superficies extendidas anulares de hierro fundido unidas a los tubos o, en algunos casos, con las aletas fundidas sobre los tubos. La unidad pesa más comparada con un economizador de tubos desnudos de acero al carbono, pero requiere menos espacio debido a haberse aumentado la superficie de calentamiento por pie de longitud de tubería. Los tubos de superficie extendida con aletas de hierro fundido son más resistentes a la corrosión que los tubos desnudos de acero al carbono y se utilizan generalmente con carbón combustible u otro tipo de combustible sólido. La unidad está dispuesta de tal manera que permite la ventilación del hollín o el lavado con agua.

Tipo 3: son economizadores con tubos de acero al carbono de 2+ de diámetro externo que tienen soldadas aletas de acero de $\frac{3}{4}$ de alto y 0.05 de espesor, espaciadas a razón de 2 $\frac{1}{2}$ aletas por pulgada cuando se trabaja con aceite combustible núm. 6 cuando se quema aceite combustible núm. 2 las aletas son normalmente de $\frac{3}{4}$ de alto y 0.06 de espesor separadas a razón de 4 aletas por pulgada.

Estas unidades son muy compactas y, en la mayoría de los casos, son vendidas completamente ensambladas; antes de ser retiradas de la fábrica son examinadas rigurosamente y certificadas de acuerdo a normas ASME. El aislamiento puede ser instalado en la fábrica. La unidad posee bridas de unión para las conexiones de entrada y salida de gas, y al lado del banco de tubos se dispone espacio para el soplador de hollín. Los ventiladores de hollín pueden también ser instalados por la fábrica.

Tipo 4: son economizadores con tubos de acero y aletas que tienen mucho parecido al tipo 3, excepto que las aletas tienen 0.060 pulgadas de espesor y están espaciadas a razón de 60 por pie o 5 por pulgada y son usadas solamente para gas, puesto que la mayor proximidad entre las aletas dificulta la limpieza de hollín con sopladores cuando se utilizan líquidos combustibles tales como aceites, etc.

4.3.2 Precalentadores de aire

Un precalentador de aire es un intercambiador de calor que transfiere energía de los gases de chimenea al aire de combustión alimentado. Generalmente se utiliza en plantas que tienen calderas que operan simultáneamente o que mantienen cargas bajas, particularmente en fines de semana, o durante las noches. Comúnmente se utilizan ductos de desviación y compuertas de aire para operaciones a baja carga, de tal manera que la temperatura del gas pueda ser mantenida arriba del punto de rocío.

Los dos tipos más comunes de precalentadores de aire son: regenerativos y no regenerativos, aunque los llamados calentadores de tubo de calor cobran cada vez más popularidad.

El tipo tubular consiste de un gran número de tubos (generalmente de 2 ó 2 1/2 pulgadas de diámetro externo) en el que el gas de chimenea fluye dentro de los tubos y el aire fluye en contracorriente en el exterior de los mismos.

El flujo de aire puede ser transversal lo cual hace que el intercambiador sea entre 3 y 4 pies más ancho. Este tipo es usado generalmente con combustibles sólidos.

4.3.3 Recuperación de calor de la purga y retorno de vapor condensado

Para reemplazar el vapor perdido y el condensado no recuperado debe alimentarse agua fresca a la caldera. Esta agua contiene sólidos que deben ser eliminados para prevenir que la caldera acumule incrustaciones. Para purgar una caldera se requiere únicamente descargar una pequeña cantidad de agua. La frecuencia de esta descarga o purga depende de la cantidad y concentración de sólidos en el agua fresca.

Los sistemas de recuperación de purga operan por transferencia de calor entre el líquido purgado y el agua de alimentación de entrada. Los ahorros dependen del régimen de purga y de las presiones de operación y son generalmente del 1 al 3%. Estos sistemas resultan prácticos únicamente en operaciones de purga continua. Los sistemas de retorno de condensado reducen la necesidad de calentar el agua en la caldera. Ahorros entre 12 y 15% justifican fácilmente estos sistemas.

4.3.4 Sistema de tanque de evaporación instantánea

En este sistema la purga es recibida en el tanque en donde se convierte en vapor debido a la menor presión existente, el vapor producido es entonces enviado al calentador de agua de alimentación para precalentar el agua fresca. El sistema puede recuperar hasta un 50% de la energía pérdida en la purga.

Un sistema un poco más complicado podría lograr un 25% más en la recuperación de energía de la purga. Este sistema utiliza un intercambiador de calor de concha y tubo conectado a la línea de descarga de purga del tanque de evaporación instantánea.

La temperatura de la purga que sale del tanque esta usualmente arriba de 220 °F. La característica adicional en este sistema es en el uso de energía contenido en la mezcla líquido-sólido que sale del tanque de evaporación instantánea para calentar el agua fresca conforme ésta fluye a través del intercambiador de calor.

4.3.5 Evaluación sobre la propuesta de implementación de un equipo de recuperación de calor para el sistema

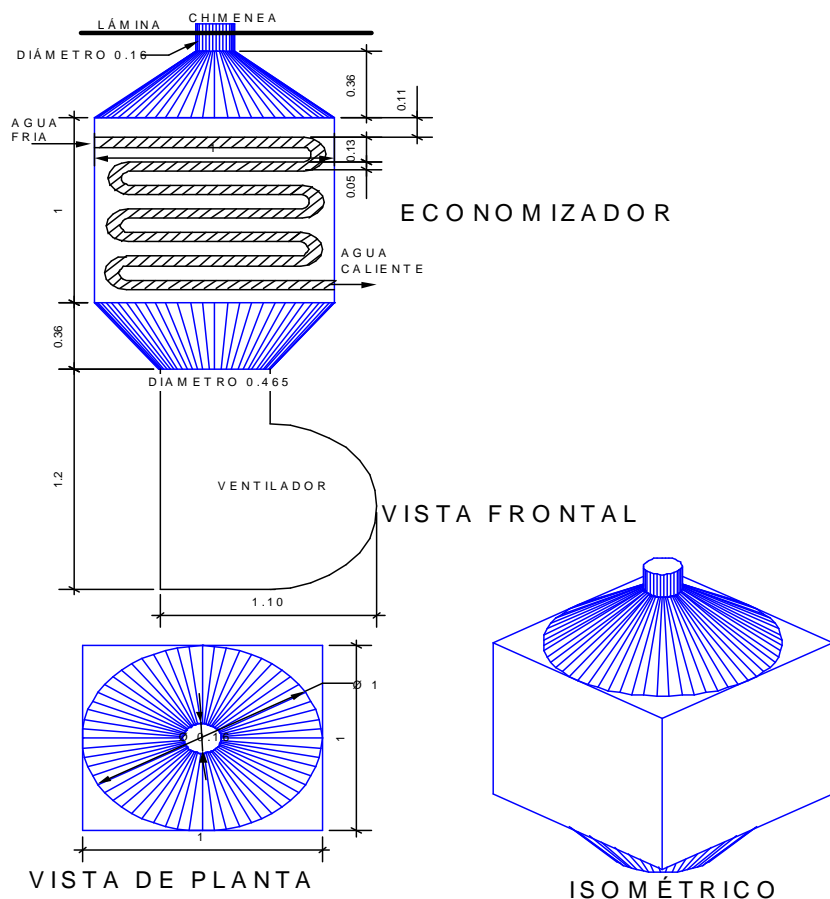
De acuerdo a las condiciones de operación del sistema de generación de vapor, y tomando en cuenta los siguientes aspectos, se podría instalar un equipo de recuperador de calor, esto si las instalaciones lo permiten, evitando así mayores costos en tener que modificar dicha infraestructura

- En la caldera 2 el promedio de la temperatura de gases de chimenea es de 275 grados Centígrados.
- El promedio de la temperatura del tanque de agua de alimentación es de 50 grados Centígrados.

Una alternativa que ayudaría en gran manera a mejorar ambas variables, es la instalación de un economizador, ya que con el mismo se transferiría el calor desperdiciado actualmente en los gases de chimenea, transfiriéndolo a través de este equipo hacia el agua de alimentación, dicho equipo deberá contar con las siguientes características técnicas: Economizador de tubos con aletas de hierro fundido, con dos pulgadas de diámetro externo, superficies extendidas anulares de hierro fundido unidas a los tubos.

Se propone este equipo debido a que es usado en su mayoría en calderas que utilizan combustibles sólidos a diferencia de los otros tipos de economizadores. El diseño del mismo se presenta en la figura 12.

Figura 12. **Diseño del economizador**



En la tabla XII se presentan los costos de fabricación e instalación del economizador.

Tabla XII. **Costos de fabricación e instalación del economizador**

MATERIALES				
Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total
Accesorios "U" de 2" de hierro negro	6	Unidades	Q75.00	Q450.00
Tubería de hierro negro de 2"	5.1	Metros	Q325.00	Q1,657.50
Aletas del serpentín				Q1,300.00
Lámina negra de 1/8"	1.5	Unidades	Q620.00	Q1,200.00
				Q4,607.50
MANO DE OBRA FABRICACIÓN				
Descripción de mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total	
Fabricación mano de obra calificada	160	Q20.47	Q3,275.20	
Fabricación ayudantes	160	Q13.36	Q2,137.60	
			Q5,412.80	
COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO			Q10,020.30	

El costo de inversión para la fabricación del economizador es bastante alto, esto sin tomar en cuenta el montaje. Además, de acuerdo a la situación actual del sistema de generación de vapor e instalaciones del área, será necesario instalar algunos equipos adicionales para que el economizador trabaje de forma óptima, estos equipo son los siguientes

4.3.5.1 Bomba para circulación del agua por el economizador

Debido a que la bomba de agua de alimentación arranca de forma intermitente y por períodos muy pequeños de tiempo, debido a que la demanda de agua por parte de las calderas es relativamente mínima, esto genera la necesidad de instalar una bomba adicional al sistema, encargada específicamente de circular el agua por el economizador, ya que si éste pasa mucho tiempo recibiendo el calor de los gases de chimenea sin estar circulando agua por el mismo, se comenzarán a dañar los tubos, volviéndose ineficiente la operación, elevando los costos de mantenimiento correctivo y reparación.

4.3.5.2 Tanque de mayor capacidad para almacenar agua proveniente del economizador

El tanque que actualmente tiene el sistema de retorno de condensado tiene un volumen de 1.35 metros cúbicos, y volviendo a mencionar los consumos de agua son pequeños teniendo movimiento el tanque entre la mitad y las $\frac{3}{4}$ partes del mismo. En el momento de que una bomba esté circulando agua a través del economizador, generaría un volumen bastante elevado a la par del volumen total del tanque actual, generando rebalse del mismo. Es por esto que sería necesario la instalación de un tanque con capacidad de acuerdo al consumo actual de agua, con el fin de evitar los rebalses.

La inversión se torna bastante elevada y el período de recuperación es muy grande, con lo cual se concluye que no sería una inversión rentable la instalación de un economizador para este sistema de generación de vapor.

Además, las condiciones actuales de la infraestructura del área de calderas no se prestan como óptimas para la instalación del mismo, generando una pequeña área de transferencia de calor en el economizador.

4.4 Estudio de las mejoras para el tratamiento de agua de alimentación de las calderas

4.4.1 Introducción

El agua es el líquido más usual para transferencia de calor, es visto de sus características de disponibilidad y de sus propiedades físicas comparados con compuestos análogos. Cada una de las aplicaciones demanda distintas características del agua con bases en el equipo que la utiliza y el uso económico de este fluido.

El agua se encuentra disponible en estado prácticamente puro por precipitación en áreas remotas. En general puede decirse que típicamente el agua cruda para la industria puede obtenerse con facilidad con 1,000 ppm de sólidos disueltos o menos, lo cual significa que se consigue con 99.9% de pureza o mayor pureza, pero para fines industriales, es una agua de mala calidad, ya que para la operación económica de sistemas ocurren situaciones tales como:

- Recirculación del agua
- Concentración por evaporación, además de que existen límites de operación críticos que requieren agua de alta pureza, ejemplo: en calderas de alta presión se utiliza agua de 70-100 ppm de sólidos totales disueltos, 0.010 ppm de hierro, 0.010 ppm de cobre, 0.000 ppm de dureza y alcalinidad.

De esta información precedente se concluye que para operar sistemas de transferencia de calor con agua es necesario procesar el agua para eliminar los materiales contaminantes, proporcionarle las características requeridas por el sistema (ph, alcalinidad, etc.) y controlar los distintos problemas que se presentan durante la operación del sistema (espuma, corrosión, incrustación, etc.)

A continuación se encuentra una guía para la calidad que debe tener el agua en calderas, dependiendo de la presión de trabajo a la que trabajen.

Tabla XIII. **Guía para la calidad de agua en calderas**

Presión de operación, psig	Hierro ppm	Cobre ppm	Dureza total ppm, CaCO ₃	SiO ₂ ppm	Alcalinidad total ppm CaCO ₃	Máx. conductividad específica micro-ohmio/cm ³	STD ppm
0 - 300	0.1	0.05	0.3	150	140-700	7000	700-3500
301-450	0.05	0.025	0.3	90	120-600	6000	600-3000
451-600	0.03	0.02	0.2	40	100-500	5000	500-2500
601-750	0.025	0.02	0.2	30	80-400	4000	400-2000
751-900	0.02	0.015	0.1	20	60-300	3000	300-1500
901-1000	0.02	0.015	0.05	8	50-200	2000	250-1250

Fuente: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, **Tratamiento de agua de calderas**, P. 5

4.4.2 Tratamientos de agua para calderas

4.4.2.1 Introducción

El acondicionamiento del agua para uso en generación de vapor se puede dividir en tratamiento externo (o pretratamiento) y tratamiento interno (dentro de la caldera).

El tratamiento externo se considera indispensable para sistemas de alta capacidad o de alta presión, considerándose en este caso que el tratamiento interno es un factor de seguridad operacional y administrador de aditivos especiales.

En cambio es un hecho que en calderas de baja capacidad, baja presión de operación y que son alimentadas con agua suave (20-50 ppm de dureza total) y baja alcalinidad, es posible que puedan ser operadas satisfactoriamente sin pretratamiento.

4.4.2.2 Tratamiento externo (pretratamiento)

A continuación se presenta una revisión general de los sistemas de pretratamiento más utilizadas actualmente.

- Aereación
- Clarificación
- Deaeración
- Filtración
- Suavizamiento con fosfatos
- Intercambio iónico.

4.4.2.2.1 Aereación

Esta operación es útil para pretratar agua con gases indeseables disueltos (H_2S , CO_2 , CH_4 , NH_3) que tienen efecto en el olor del agua y la corrosión. Además, permite oxidar los iones de hierro y manganeso que precipitan para ser removidos por filtración.

Los equipos utilizados son aparatos que permiten el mejor contacto del agua y el aire tales como las torres empacadas o bien cámaras de atomización del líquido con aire forzado con un ventilador.

4.4.2.2.2 Clarificación

La clarificación remueve la materia suspendida en el agua por previa coagulación y floculación .

Las partículas grandes se precipitan fácilmente en instalaciones adecuadas, pero las partículas de tamaño coloidal, 1 a 500 milimicrones, permanecerán en suspensión.

Por su parte los coagulantes y sus dosis más usuales en este pretratamiento son los siguientes

Tabla XIV. **Dosis más usuales de los coagulantes en el pretratamiento del agua**

NOMBRE (ppm)	FORMULA	PH DE OPERACIÓN	DOSIS
Sulfato de aluminio (Alum)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	5.5 . 7.5	30 . 100
Sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3$	7.5 . 10.5	20 . 60
Sulfato ferroso	$Fe SO_4$	7.5 . 10.5	20 - 60

Fuente: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, **Tratamiento de agua de calderas**, P.11

4.4.2.2.3 Deaeración

La deaeración es aplicada al agua de alimentación a las calderas para eliminar los gases disueltos en el agua tales como el oxígeno, dióxido de carbono y amoníaco, los cuales son corrosivos.

Se ha determinado que el oxígeno en el condensado es 5 a 10 veces más corrosivo que igual cantidad de dióxido de carbono, siendo también la temperatura de operación un factor importante ya que cualquiera de estos gases es de 2.5 veces más corrosivo a 200° F que en el mismo condensador a 140° F.

La solubilidad del dióxido de carbono en agua al nivel del mar es de 1700 ppm y la del oxígeno, en estas mismas condiciones de aproximadamente de 12 ppm.

Los gases disueltos son removidos mecánicamente por contacto directo con vapor para llevar el agua de la alimentación a temperatura de ebullición donde hay una eliminación cerca del 100%.

4.4.2.2.4 Filtración

La filtración remueve partículas suspendidas en el agua. Conviene pretratar el agua para desestabilizar y aglomerar las partículas finas y se utilizan los mismos productos coagulantes y polielectrolíticos mencionados en la clarificación (sales de aluminio y hierro). Son condiciones normales de operación de 2 a 6 gpm/pie² para servicio y de 6 a 10 pgm/pie² para el lavado.

4.4.2.2.5 Suavizamiento con fosfatos

Mediante este procedimiento las sales del calcio y de magnesio son químicamente precipitadas y removidas por el uso de fosfatos y soda cáustica. Las reacciones son llevadas en caliente (212° F) al equipo externo de la caldera, los precipitados son muy insolubles y producen agua de dureza cero.

La selección del sulfato usado depende del costo de P₂O₅ contenido y la alcalinidad inicial del agua. Los más usados se muestran en la tabla XV.

Tabla XV. **Sulfatos más utilizados**

Nombre	Formula	% P ₂ O ₅	Lb de CaCO ₃ Removida por Lb De fosfatos	Lb de NaOH en conjunto con el fosfato
Meta fosfato de sodio	NaPO ₃	69	1.45	0.05
Fosfato monosódico anhídrido	NaHPO ₄	58	1.22	0.67
Fosfato Disódico anhídrido	NaH ₂ PO ₄	48	1.01	0.28

Fuente: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, **Tratamiento de agua de calderas**, P. 13

4.4.2.3 Tratamiento interno

El tratamiento interno se refiere al tratamiento químico agregado al agua de calderas para controlar la corrosión, la incrustación y la contaminación del vapor.

Tal como se mencionó anteriormente, en calderas de alta presión y presión intermedia, el tratamiento interno es un factor de seguridad operacional después de pre-tratar el agua de alimentación a la caldera. En cambio para sistemas de baja presión (hasta 150 psig) es posible controlar el sistema de generación de vapor sólo con tratamiento interno.

4.4.2.3.1 Problemas en las calderas de vapor y la solución más común

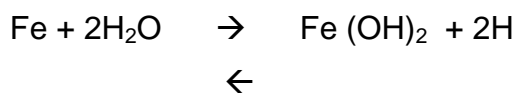
Los principales problemas en las calderas de vapor se pueden agrupar de la siguiente manera

- Corrosión y fragilización
- Incrustación y depósitos
- Contaminación del vapor

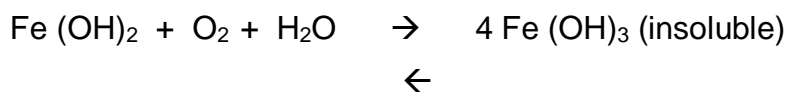
a) Corrosión y daños mecánicos en el sistema

La corrosión del generador de vapor y los equipos y accesorios de conducción y uso del vapor puede deberse a los contaminantes que originalmente trae el agua, a los generados en el pretratamiento o bien en el tratamiento interno. Dos factores importantes son los siguientes

El oxígeno: este gas puede venir disuelto en el agua de alimentación y es participe en reacciones con el metal en la siguiente secuencia:



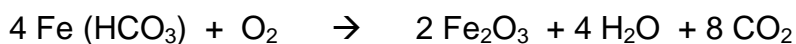
Si existe oxígeno, el equilibrio se pierde



El hidróxido férrico es insoluble, la reacción continuará hasta que todo el oxígeno sea consumido o el metal haya sido disuelto, lo que equivale a destrucción del equipo.

Los secuestrantes de oxígeno más comunes son el sulfato de sodio y la hidracina. Ambos productos se utilizan normalmente con catalizadores de cobalto que aceleran la reacción de 10 a 100 veces, completándose en segundos.

Dióxido de carbono: el CO₂ puede ingresar disuelto en el agua de calderas o bien generarse dentro del sistema generador con base en los iones bicarbonatos y carbonatos. Esta situación de destrucción del metal se torna devastadora cuando se combina el efecto del oxígeno y el dióxido de carbono según puede demostrarse a continuación:



donde puede verse que en presencia de oxígeno el resultado de la corrosión por CO₂ es más producción de CO₂, acelerando la reacción y volviendo perpetuo el proceso pH: el pH es una medida de la concentración de ácidos o bases en el agua. Este factor puede ser modificado por cada uno de los tratamientos expuestos pero en conclusión es de suma importancia, su valor en la caldera y en los demás componentes del sistema de vapor.

Otro factor que puede dañar la estructura del sistema generador es la fragilización del acero. Las causas pueden ser las siguientes

- Fuego del agua de caldera que permite que en un punto se escape el vapor, obteniéndose concentraciones localizadas de soda cáustica de 7.5 a 50.0%. Esta se conoce como fragilización cáustica.
- La caldera está sujeta a altas presiones y efectos corrosivos.

b) Incrustación y lodos

Las incrustaciones son depósitos adherentes formados sobre las superficies de productos que ingresan con el agua de relleno o bien son formados internamente por las condiciones de operación y los productos para el tratamiento interno. Ocasionan un sobrecalentamiento en las áreas de transferencia de calor por la disminución en su capacidad conductora.

Los principales formadores de depósitos son el carbonato de calcio, el hidróxido de magnesio, el sulfato de calcio y la sílica. Otros contaminantes de esta naturaleza son: cloruro de magnesio, sulfato de magnesio e hidróxido de calcio; y en menor escala óxido férrico y materia suspendida.

Otro aspecto importante con efecto en el proceso de incrustación es la concentración de sólidos totales disueltos (STD). Los tratamientos que combinan un sistema de pretratamiento (tratamiento externo) con un tratamiento interno son los más efectivos por los resultados que brindan y son usuales en sistemas de alta y media presión. En cambio, para sistemas de baja presión es posible el diseño de programas de control en los casos de aguas suaves y producciones de vapor no muy altas.

Tabla XVI. **Características recomendadas del agua para calderas a baja presión**

Dureza total	0.3 max
Hierro	0.1 max
Cobre	0.05 max
Sílice	125 a 150 max
Sólidos totales disueltos	700 a 3500 max
Alcalinidad total (AT)	140 a 700 max
Alcalinidad parcial	60% a 80% de AT
Alcalinidad hidróxida	200 . 450 ppm
Ciclos de concentración	8 a 12
pH	9.5 a 11.5
Sulfito de sodio	20 a 40 ppm
Fosfatos	30 a 60 ppm

Fuente: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, **Tratamiento de agua de calderas, P. 23**

4.5 Propuesta de la compra de un suavizador de agua

Con base en los siguientes datos de operación, se propone la compra del siguientes equipo

Consumo promedio de agua: 3,000 galones/día.

Dureza del agua: 60 ppm.

Descripción del sistema: la suavización del agua se realiza pasando el líquido a través de una resina cateónica la cual remueve todas las sales minerales de calcio y magnesio. Para que esta resina cumpla a cabalidad con su objetivo debe ser regenerada (retro-lavada) cada cierto tiempo con una solución saturada de sal, la cual reactiva el poder suavizante de la resina.

El equipo cuenta con una válvula automática con control de tiempo, para realizar los retro-lavados de limpieza del equipo. Esto garantiza el óptimo funcionamiento del equipo y la calidad del servicio. También incluye el tanque para la salmuera.

Características técnicas del equipo

Equipo: suavizador

Marca: Atlantic Filter

Flujo: 16 GPM

Dimensiones: 40 x 61 pulgadas

Diámetro de entrada: 1 pulgada

Pies de resina: 1.5

4.6 Reactivación de la bomba dosificadora

Actualmente el agua de alimentación de las calderas es tratada de una forma empírica y manual, diariamente los operadores de las calderas vierten una cantidad de los dos químicos que se utilizan en el tanque de agua de alimentación, dicha dosis se detalla a continuación

Químico W2902 (líquido) = 12 onzas / día

Químico W2105 (polvo) = 800 ml / día

La empresa cuenta con una bomba dosificadora de químico que trabaja a través de lotes con una frecuencia semanal de suministro, ayudando así a mantener un flujo continuo que alimente químico directamente al agua que se suministra a las calderas.

La bomba trabaja a través de un pistón, el cual se encarga de mantener un flujo adecuado de químico de acuerdo a las necesidades de tratamiento. Este pistón puede ser manipulado de dos formas, aumentando y disminuyendo su carrera con lo cual se aumenta o disminuye la cantidad de químico a suministrar respectivamente y la velocidad del movimiento o vaivén del pistón, aumentando o disminuyendo por ende la cantidad de químico a suministrar.

Para poder activar la bomba solamente se necesitará del siguiente equipo

- Bomba dosificadora de químico
- 2.5 metros de manguera
- Tonel plástico de 30 galones para realizar los lotes (batchs).

El procedimiento a seguir para elaborar los lotes (batches) es el siguiente

- Lavar adecuadamente el tonel plástico.
- Llenar de agua caliente del tanque de agua alimentación 1/3 de la capacidad total del tonel.
- Vertir 84 onzas (5.25 libras) del químico W2902 en el tonel con agua caliente y mezclarlo por un tiempo adecuado hasta que éste quede completamente diluido.
- Vertir 5,600 ml (5.6 litros) del químico W2105 en el tonel con agua caliente.
- Luego llenar con agua caliente el tonel hasta obtener un volumen aproximado de 20 galones.
- Cebiar la bomba (abrir la válvula de cheque para verificar su funcionamiento).
- Arrancar la bomba dosificadora.

4.7 Propuesta del cambio de bomba de agua de alimentación

Debido a que la bomba actual con que cuenta el sistema, además de tener varios daños y averías que hacen que su operación no sea eficiente, no es una bomba adecuada para el sistema de acuerdo a los requerimientos de operación que el sistema demanda, es por ello que se propone comprar la siguiente bomba

Tipo de bomba: bomba centrífuga

Diámetro de entrada y salida: 2 ½"

Temperatura de operación: 90-100 ° C

Presión de trabajo: 150 psi

Caudal: 30 gal/min

Potencia del motor: 10 Hp

4.8 Costos de inversión

En las tablas de la XVII a la XXIII se detallan los costos de todas las inversiones necesarias para la mejora del sistema de generación de vapor. El tipo de cambio al día es de 1US\$ = Q. 8.04

Tabla XVII. **Cálculo del costo de inversión para el rediseño de la tubería de vapor y retorno del vapor condensado**

MATERIALES Y ACCESORIOS				
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total	
Tubería de hierro negro cédula 40 de 2"	18.81	Q 51.78	Q	973.98
Tubería de hierro negro cédula 40 de 1"	23.84	Q 29.17	Q	695.41
Tubería de hierro negro cédula 40 de 1.5"	3.5	Q 43.92	Q	153.72
Codos de hierro negro de 1"	6	Q 10.00	Q	60.00
Te de hierro negro de 1"	9	Q 17.00	Q	153.00
Reducidores de hierro negro de 2 a 1"	4	Q 29.00	Q	116.00
Reducidores de hierro negro de 1 a 1/2"	5	Q 7.50	Q	37.50
Codos de hierro negro de 2"	4	Q 35.00	Q	140.00
			Q	2,329.61
MANO DE OBRA				
Descripción de mano de obra	Horas	Costa de la hora	Total	
Mecánico	40	Q 20.47	Q	818.80
Ayudante de mecánico	40	Q 13.36	Q	534.40
			Q	1,353.20

Tabla XVIII. Cálculo del costo de inversión del múltiple de admisión del retorno del vapor condensado

MATERIALES Y ACCESORIOS					
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total		
Electrodos de acero inoxidable	20	Q 2.23	Q	44.60	
Tubería de hierro negro cédula 40 de 4"	2.6	Q 153.16	Q	398.22	
Flanges de 2"	6	Q 90.24	Q	541.44	
Tubería de hierro negro cédula 40 de 2"	0.3	Q 51.78	Q	15.53	
			Q	999.79	
MANO DE OBRA					
Descripción de mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total		
Soldador	16	Q 20.47	Q	327.52	
			Q	327.52	

Tabla XIX. Cálculo del costo de inversión del aislamiento térmico para la tubería del sistema de vapor y retorno del vapor condensado

MATERIALES							
Descripción del aislamiento	Diámetro de tubería en pulgadas	Fluido	Cantidad de tubería en metros	Cantidad de tubería en pies	Cantidad de cañuelas	Costo unitario Q.	Costo total Q.
Cañuela de 1" x 1" x 3'	1	Condensado	35.31	115.99	39	Q 36.12	Q 1,408.68
Cañuela de 0.5" x 0.5" x 3'	0.5	Condensado	4.13	13.57	5	Q 20.19	Q 100.95
Cañuela de 2" x 1" x 3'	2	Condensado	19.17	62.97	22	Q 61.45	Q 1,351.90
Cañuela de 1.5" x 1" x 3'	1.5	Condensado	5.03	16.52	6	Q 43.35	Q 260.10
Cañuela de 4" x 1.5" x 3'	4	Condensado	2.6	8.54	3	Q 97.65	Q 292.95
							Q 3,414.58
MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN							
Descripción de la mano de obra	Número de horas	Costo de la hora	Total				
Ayudante de mecánico	36	Q 13.36	Q	480.96			
Ayudante de mecánico	36	Q 13.36	Q	480.96			
			Q	961.92			

Tabla XX. Cálculo del costo de inversión del suavizador de agua

COSTO DEL EQUIPO			
Descripción			Costo
Suavizador marca Atlantic Filter, 16 GPM, diámetro de entrada 1 pulgada, 40 x 61 pulgadas, 1.5 pies de resina			Q 7,532.73
MATERIALES Y ACCESORIOS			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería hierro negro 1"	9.2	Q 29.17	Q 268.36
Reducidor de 2 a 1/2"	2	Q 34.50	Q 69.00
Codos de 1"	3	Q 10.00	Q 30.00
			Q -
			Q 367.36
MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN			
Descripción de Mano de Obra	Número de horas	Costo de la hora	Total
Mécanico	12	Q 20.47	Q 245.64
Ayudante	12	Q 13.36	Q 160.32
			Q 405.96

Tabla XXI. Cálculo del costo de inversión de la bomba dosificadora

MATERIALES PARA INSTALACIÓN			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tonel para realizar los lotes (<i>batchs</i>)	1	Q 75.00	Q 75.00
			Q 75.00
MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN			
Descripción de mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total
Ayudante de mecánico	2	Q 13.36	Q 26.72
			Q 26.72

Tabla XXII. **Cálculo del costo de inversión de la bomba de agua de alimentación**

COSTO DEL EQUIPO			
Descripción			Costo
Bomba centrífuga, entrada de 2 pulgadas, salida de 2 pulgadas, presión de trabajo de 150 psi, caudal 30 galones/min			Q 11,000.00
MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN			
Descripción de mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total
Mecánico	16	Q 20.47	Q 327.52
Ayudante de mecánico	16	Q 13.36	Q 213.76
			Q 541.28

Tabla XXIII. **Cálculo del costo total de la inversión para las mejoras propuestas**

PROYECTO	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO	TOTAL
Rediseño del sistema de retorno condensado	Q 1,353.20	Q 2,329.61	Q -	Q 3,682.81
Aislamiento térmico de fibra de vidrio	Q 961.92	Q 3,414.56	Q -	Q 4,376.48
Suavizador	Q 405.96	Q 367.36	Q 7,532.73	Q 8,306.05
Reactivación de la bomba dosificadora	Q 26.72	Q 75.00	Q -	Q 101.72
Bomba de agua de alimentación	Q 541.28	Q -	Q 11,000.00	Q 11,541.28
Múltiple de admisión para retorno de condensados	Q 327.52	Q 999.79	Q -	Q 1,327.31
TOTALES	Q 3,616.60	Q 7,186.32	Q 18,532.73	Q 29,335.65



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5. DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DEL SISTEMA NEUMÁTICO-MECÁNICO DE ALIMENTACIÓN DE ASERRÍN COMO COMBUSTIBLE A LA CALDERA 2 MARCA UNIVERSAL

5.1 Introducción

Actualmente en la empresa maderas milpas altas, las calderas de vapor utilizan combustible sólido en un 100%. Este combustible se compone en dos tipos: el primero es leña verde o lepa, la cual es la cáscara por así decirlo de la troza, que es quitada en el proceso de aserrado, y la otra es la leña seca, la cual es el sobrante del proceso del departamento de corte basto, dicha leña ya ha sido procesada en los hornos y en el caso del hule tratada químicamente.

El valor agregado de la madera es bastante alto, si se vendiera se lograría recuperar buena parte del costo del secado y el tratamiento que se le da. Además, todo el proceso de alimentación del combustible a las calderas se realiza manualmente por los operarios, lo cual genera en un alto porcentaje una combustión ineficiente.

5.2 Justificación

El aserrín es obtenido de los procesos de aserradero, corte basto, maquinado y lijados, es transportado por un sistema de succión, el cual lo lleva hacia unos filtros o depósitos de aserrín, dicho aserrín es vendido.

Aunque se pudiera pensar que al vender el aserrín se están aprovechando todos los recursos o subproductos del proceso, hasta cierto

grado si se aprovechan, pero si se toman en cuenta los siguientes factores o condiciones, se observa que no se aprovechan optimamente o al máximo.

- El aserrín lo venden a un precio relativamente barato. Q. 14.95 el metro cúbico.
- Si se vendiera la leña seca o un porcentaje de la misma se obtendría un margen de utilidad mayor, ya que el metro cúbico de leña seca se vende a Q. 174.96, y el metro cúbico de leña verde se vende a Q. 50.58. Actualmente las calderas consumen un promedio mensual de 58.34 metros cúbicos de leña seca y 101.25 metros cúbicos de leña verde.
- Utilizando el aserrín como combustible, se aprovecharía el poder calorífico del mismo, aumentando la eficiencia de las calderas. Hay que tomar en cuenta que el aserrín es partícula, mientras que la madera en trozo es combustible, teniendo una ignición mucho más rápida el aserrín.
- Al utilizar un sistema automático se mejoraría la mezcla aire-combustible, con lo cual se optimizaría la combustión, aprovechando en un mayor porcentaje el combustible y además emanando menos contaminación al medio ambiente.

5.3 Esquema y descripción de la procedencia del aserrín

5.3.1 Sistema de extracción del área de patios

La empresa cuenta con un extenso número de departamentos de producción, como por ejemplo aserradero, corte basto, maquinado, ensamble, etc. Cada uno juega un papel importante para lograr un producto final de alta calidad y con las especificaciones necesarias para satisfacer al mercado.

Entre uno de estos departamentos se encuentra el de patios, cuyo trabajo es recibir el tablón aserrado proveniente del aserradero y transformarlo en madera seca cepillada, entregándola al departamento de corte basto para continuar la producción.

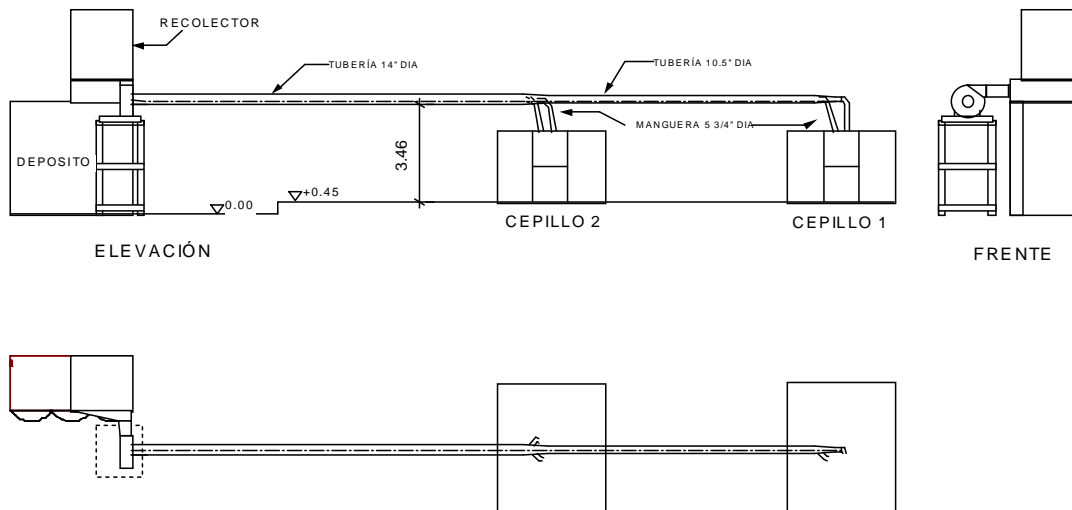
Básicamente cuenta con cuatro máquinas que tienen que ver con la transformación de la madera, las cuales son

Presurizadora: encargada de presurizar el químico a la madera de especie hule o castilla, para darle mayor vida útil y resistencia a la vez.

Cepillos rústicos: actualmente la empresa cuenta con dos cepillos rústicos, que se encargan de cepillar la madera por primera vez, disminuyendo en un buen porcentaje las astillas y asperezas de la madera proveniente del aserradero.

Despuntadora: se encarga de cortar los tablonés a medidas requeridas por el proceso en lo referente a longitud.

Figura 13. Esquema del sistema de succión de aserrín



El aserrín que se utilizará para alimentar a las calderas es el proveniente del área de patios, esto por la sencilla razón de que el silo o depósito de aserrín más cercano a las calderas es precisamente el del área de patios, con lo cual se reducen costos de tubería, motor de mayor capacidad al tener que trasladar el aserrín de más lejos, etc. Además, se puede ver que el aserrín proviene de dos máquinas que en este caso son los dos cepillos rústicos, que se encargarán de producir el aserrín necesario para alimentar a la caldera de vapor.

5.4 Descripción del funcionamiento del sistema de alimentación de aserrín

El sistema de alimentación de aserrín se encargará de suministrar automáticamente aserrín como combustible al horno de la caldera 2, trasladándolo desde el depósito que contiene aserrín extraído del sistema de succión de patios.

El sistema se compondrá de los siguientes equipos

- a) Depósito principal de aserrín.
- b) Tornillo sin fin que alimentará el aserrín del depósito principal hacia el depósito secundario.
- c) Depósito secundario de aserrín.
- d) Tornillo sin fin que alimentará el aserrín del tanque secundario hacia el horno de la caldera 2.
- e) Sistema neumático que evitará la acumulación de aserrín en el fondo del horno de la caldera 2.

Se utilizaron dos depósitos por la ubicación y colocación de las instalaciones actuales en la empresa, esto con el fin de evitar el paso de montacargas por el área.

El funcionamiento de los dos tornillos estará regulado por un presostato para vapor, el cual se encargará de encender y apagar ambos tornillos monitoreándolos de la siguiente forma

Arrancar	Presión menor o igual a 60 psi
Apagar	Presión mayor o igual a 85 psi

Estos valores se deben a que la presión promedio de trabajo de las calderas se mantiene entre estos rangos de presión.

Estos equipos serán controlados por el presostato, ya que no existe un consumo constante o promedio fijo de combustible en el sistema, esto se debe a que la empresa cuenta con cinco hornos de secado, entrando en operación los mismos de acuerdo a la demanda de madera, no teniendo por ende un número fijo de hornos operando y como resultado una demanda de vapor constante.

Por lo cual la alimentación de aserrín no se dejó continua, si no que va a estar monitoreada o regulada por este presostato que de acuerdo a las presiones de trabajo va a activar ambos tornillos para la alimentación del aserrín.

El sistema neumático que mantendrá en movimiento al aserrín acumulado en el fondo del horno, será controlado a través de dos temporizadores (*timers*) análogos los cuales se encargarán de encender a cada 30 minutos el sistema, por un tiempo de 5 minutos por lapso. Con esto se evitará la acumulación de aserrín en el fondo del horno, lo cual provocaría que se ahogará la llama, apagándose la caldera.

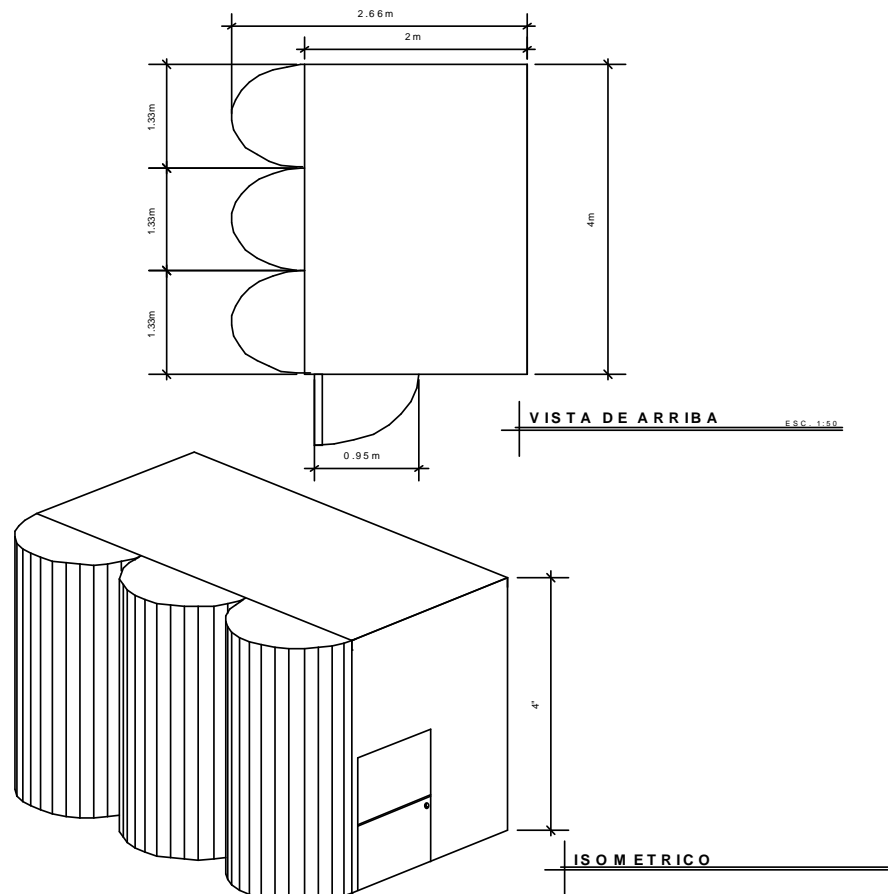
5.5 Capacidad de los depósitos que alimentarán el aserrín al sistema

En el sistema para alimentación de aserrín, se utilizarán depósitos que se utilizarán para mantener la carga de aserrín hacia los hornos, esto con el fin de evitar faltantes de combustible. Las dimensiones y especificaciones de los depósitos se indican en las siguientes figuras.

5.5.1 Depósito principal para aserrín

El depósito ya existe, el mismo está fabricado con lámina negra de 1/16+ de espesor, sus dimensiones y forma geométrica se muestran en la figura 14.

Figura 14. **Diseño del depósito principal del sistema de alimentación de aserrín**



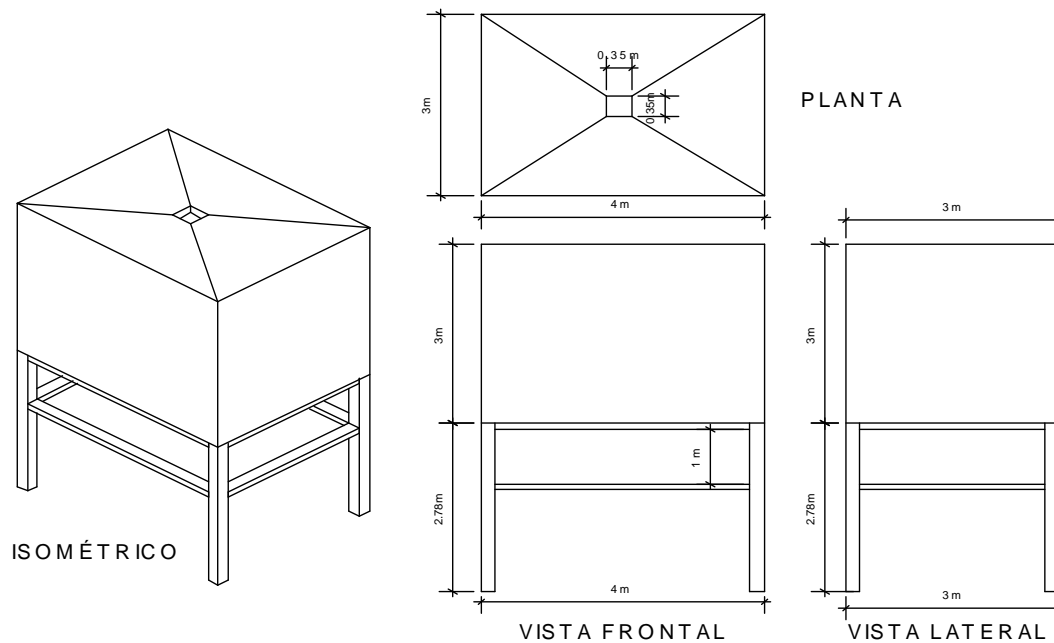
5.5.2 Depósito secundario para aserrín

Debido a las instalaciones actuales con que cuenta la empresa, para el diseño de este sistema automático, es necesario fabricar un depósito secundario de aserrín.

Este depósito, tendrá como finalidad alimentar el aserrín hacia el horno de la caldera, y será transportado a través de un tornillo sin fin o gusano cuyas dimensiones se mencionarán adelante.

El depósito será fabricado de lámina negra de espesor de 1/16+. Las dimensiones y figura de este depósito son las siguientes. La capacidad del mismo se diseñó de acuerdo a estimaciones del consumo promedio de combustible de las calderas, teniendo el mismo inconveniente de no contar con un valor promedio certero del consumo de las mismas.

Figura 15. Diseño del depósito secundario para aserrín



5.6 Dimensiones del tornillo sin fin 1 encargado de alimentar el depósito secundario

Para transportar el aserrín del tanque principal al tanque secundario, se utilizará un tornillo sin fin gusano, el cual tendrá una elevación de 23 grados con respecto a la horizontal, este tendrá una longitud de 19.5 metros y será movido por un motoreductor.

Como ya se mencionó será monitoreado por un presostato, que de acuerdo a la presión de trabajo requerida por el sistema activará el tornillo. No se entro en mucho detalle para el cálculo del paso, diámetro de las aspas, etc. Debido a que la demanda de combustible es variable se dimensionó el tornillo tomando como necesidad primordial el transporte del aserrín hacia el horno de la caldera 2.

A continuación se detallan las especificaciones técnicas de este equipo

a) Tornillo sin fin

Tornillo sin fin gusano elaborado en lámina de 1/16+, tubo de 2+, bases de aluminio y bronce, chumacera de 2+ y angular de 1/2+ x 3/16+. El largo del mismo es de 19.5 metros.

b) Motoreductor

Potencia: 3 Hp

Voltaje: 230/460 V

Amperaje: 2.06/1.03 A

Frecuencia: 60 Hertz

Velocidad: 1745 rpm

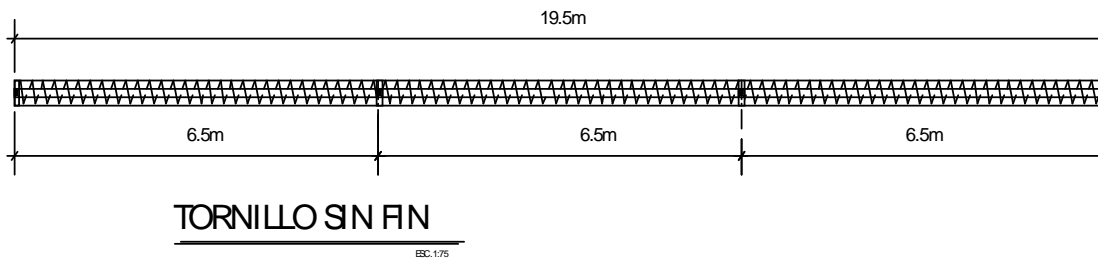
Número fases: 3

Gear ratio: 39.0

Output torque: 547

Final rpm: 45

Figura 16. **Diseño del tornillo sin fin 1**



5.7 Dimensiones del tornillo sin fin 2 encargado de alimentar el aserrín al horno de la caldera 2

Para transportar el aserrín del depósito secundario hacia el horno de la caldera 2, se utilizará un tornillo sin fin gusano, el cual tendrá una longitud de 9.5 metros ubicado a una altura de 3.5 metros aproximadamente del nivel del suelo, será movido por un motoreductor. Como ya se mencionó el tornillo que alimentará del depósito principal al secundario el aserrín, será monitoreado por el mismo presostato, que de acuerdo a la presión de trabajo requerida por el sistema activará el tornillo. No se entró en mucho detalle para el cálculo del paso, diámetro de las aspas, etc. Debido a que la demanda de combustible es variable se dimensionó el tornillo tomando como necesidad primordial el transporte del aserrín hacia el horno de la caldera 2.

A continuación se detallan las especificaciones técnicas de este equipo

a) Tornillo sin fin

Tornillo sin fin gusano elaborado en lámina de 1/16+, tubo de 2+, bases de aluminio y bronce, chumacera de 2+ y angular de 1/2+ x 3/16+. El largo del mismo es de 9.5 metros.

b) Motoreductor

Potencia: 3 Hp

Voltaje: 230/460 V

Amperaje: 2.06/1.03 A

Frecuencia: 60 Hertz

Velocidad: 1745 rpm

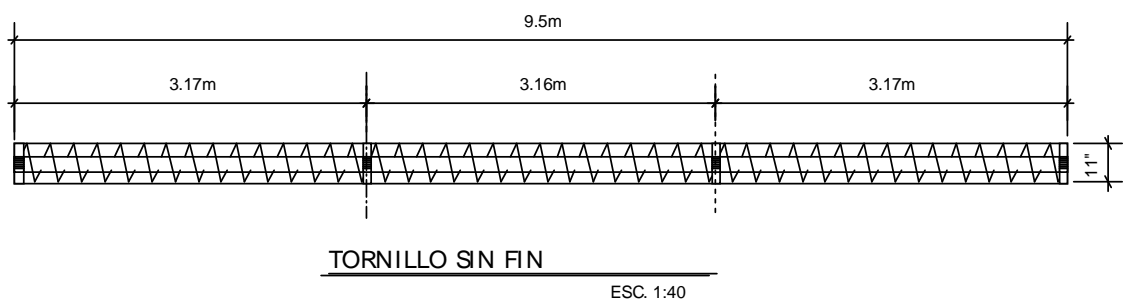
Número de fases: 3

Gear ratio: 39.0

Output torque: 547

Final rpm: 45

Figura 17. **Diseño del tornillo sin fin 2**



5.8 Sistema neumático encargado de mantener el aserrín en movimiento dentro del horno de la caldera

El sistema será movido a través de un ventilador (*blower*), el cual será monitoreado por dos temporizadores (*timer*), equipos que se encargarán de encender y apagar el ventilador de acuerdo a los siguientes tiempos: Encender cada 30 minutos por un lapso de 5 minutos.

La tubería que se utilizará será de hierro negro cédula 40, con un diámetro nominal de 1+. Se tendrán tres entradas de aire de cada lado del horno. Las dimensiones y datos técnicos de este sistema se muestran a continuación, además de las figuras 18 a la 20 se pueden observar los equipos que conforman el sistema.

Datos del motor

Potencia: 10 Hp

Voltaje: 220/440 V

Amperaje: 37 A

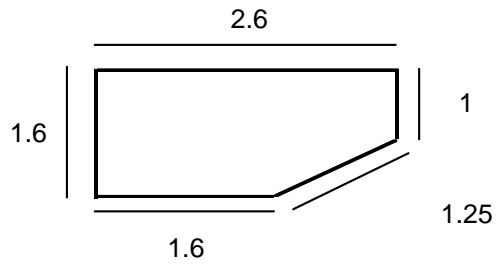
Frecuencia: 60 Hertz

Velocidad: 3450 rpm

Número de fases: 3

Figura 18. Dimensiones de las aspas del ventilador (*blower*)

Las aspas son de tipo recto, con un espesor de 1/16 " en total son 8 aspas y sus medidas en pulgadas son:



Vista aérea del ventilador

Eje del centro

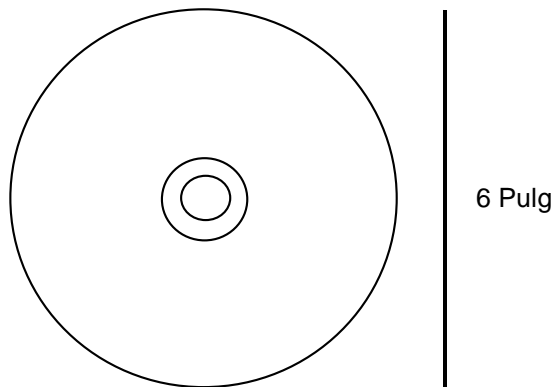


Figura 19. **Diseño del sistema neumático**

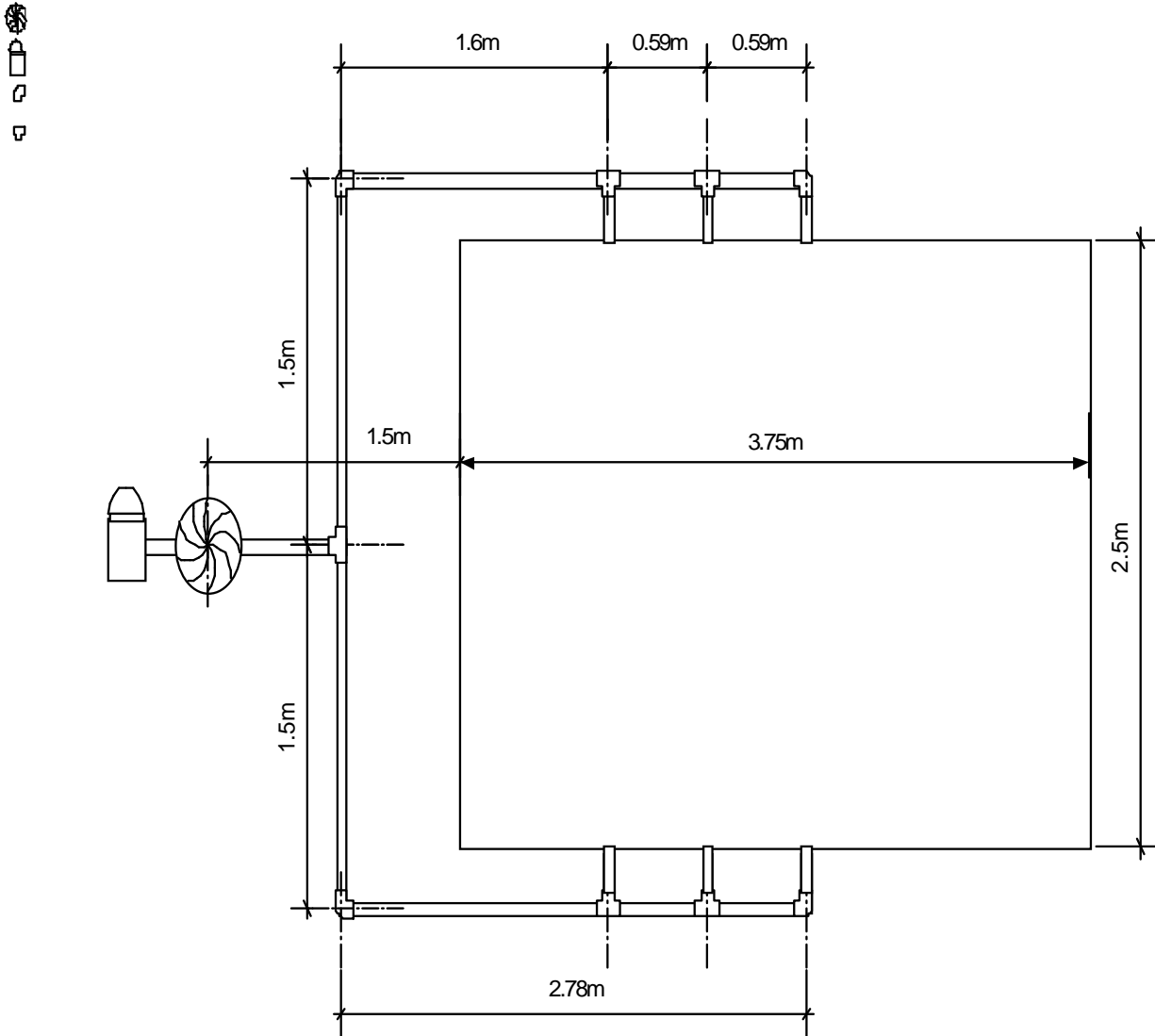
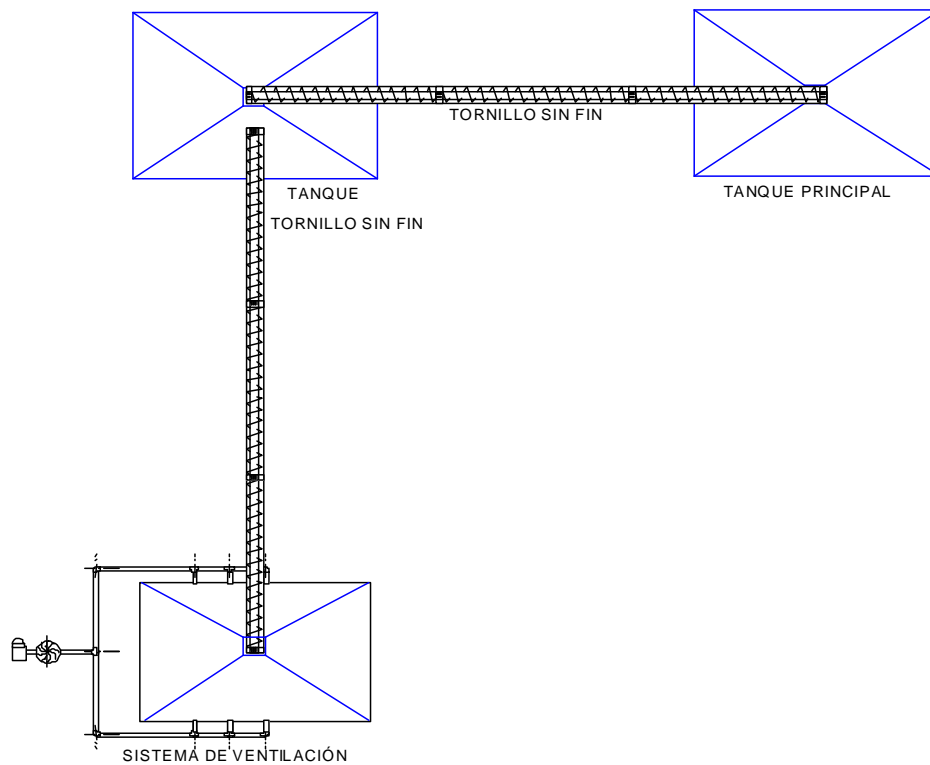


Figura 20. **Plano del sistema de alimentación de aserrín**

VISTA DE PLANTA



HORNO DE LA CALDERA 2

5.9 Costos del sistema de alimentación de aserrín

En las tablas de la XXIV a la XXVIII se dan a conocer los costos de inversión para la implementación del sistema neumático de alimentación de aserrín.

Tabla XXIV. **Cálculo del costo de inversión del tornillo sin fin 1**

COSTO DE LOS EQUIPOS			
Descripción		Costo	
19.5 Metros de gusano en lámina de 1/16", tubo de 2", bases de aluminio y bronce, chumacera de 2" y angular de 1/2" x 3/16"		Q	22,547.90
Motoreductor de 3 Hp		Q	5,200.00
Arrancador para motor de 3 Hp		Q	900.00
Flip on de 3x20 amperios		Q	252.00
		Q	28,899.90
MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN			
Descripción de la mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total
Soldador	32	Q 20.47	Q 655.04
Ayudante Soldador	32	Q 13.36	Q 427.52
Electricista	16	Q 25.32	Q 405.12
Ayudante Electricista	16	Q 14.56	Q 232.96
			Q 1,720.64

Tabla XXV. **Cálculo del costo de inversión del tornillo sin fin 2**

COSTO DE LOS EQUIPOS			
Descripción		Costo	
9.5 Metros de gusano en lámina de 1/16", tubo de 2", bases de aluminio y bronce, chumacera de 2" y angular de 1/2" x 3/16"		Q	10,439.36
Motoreductor de 3 Hp		Q	4,800.00
Arrancador para motor de 3 Hp		Q	900.00
Flip on de 3x20 amperios		Q	252.00
Presostato (controlará ambos tornillos)		Q	450.00
		Q	16,841.36
MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN			
Descripción de la mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total
Soldador	32	Q 20.47	Q 655.04
Ayudante Soldador	32	Q 13.36	Q 427.52
Electricista	16	Q 25.32	Q 405.12
Ayudante Electricista	16	Q 14.56	Q 232.96
		Q	1,720.64

Tabla XXVI. Cálculo del costo de inversión del depósito secundario

MATERIALES Y ACCESORIOS				
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total	
CUERPO DEL DEPÓSITO				
Lámina negra de 1/16	23	Q 245.32	Q	5,642.36
Electrodos punto café de 1/8	20	Q 6.29	Q	125.80
CIMENTACIÓN				
Cemento (quintal)	7	Q 39.00	Q	273.00
Arena (metro cúbico)	1	Q 145.00	Q	145.00
Piedrín (metro cúbico)	1	Q 75.00	Q	75.00
ESTRUCTURA				
Costaneras de 4x2x1/16	7	Q 75.00	Q	525.00
			Q	6,786.16
MANO DE OBRA PARA LA FABRICACIÓN				
Descripción de mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total	
Soldador	64	Q 20.47	Q	1,310.08
Ayudante	64	Q 13.36	Q	855.04
			Q	2,165.12
MANO DE OBRA PARA EL MONTAJE				
Descripción de Mano de Obra	No. Horas	Costo Hr/Hombre	Total	
Albañil	24	Q 20.47	Q	491.28
Ayudante	24	Q 13.36	Q	320.64
			Q	811.92

Tabla XXVII. Cálculo del costo de inversión del sistema neumático

COSTO DEL EQUIPO			
Descripción		Costo	
Ventilador de 6" de diámetro		Q	4,200.00
2 Temporizadores análogos de 24 horas, 4 funciones por hora (96 funciones en total, con batería soporte)		Q	1,200.00
Motor de 10 Hp		Q	4,725.00
Arrancador para motor de 10 Hp		Q	1,200.00
Flip on de 3x40 amperios		Q	378.00
		Q	11,703.00
MATERIALES Y ACCESORIOS			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería de hierro negro de 1"	10.76	Q 29.17	Q 313.87
Codos de hierro negro de 1"	4	Q 10.00	Q 40.00
Te de hierro negro de 1"	5	Q 17.00	Q 85.00
			Q 438.87
MANO DE OBRA PARA LA FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA			
Descripción de la mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total
Soldador	8	Q 20.47	Q 163.76
			Q 163.76
MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA			
Descripción de la mano de obra	Horas	Costo de la hora	Total
Soldador	24	Q 20.47	Q 491.28
Ayudante de soldador	24	Q 13.39	Q 321.36
Electricista	12	Q 25.32	Q 303.84
Ayudante de electricista	12	Q 14.52	Q 174.24
			Q 1,290.72

Tabla XXVIII. Resumen de los costos de inversión del sistema de alimentación de aserrín

PROYECTO	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO	TOTAL
Tornillo sin fin 1	Q 1,720.64	Q -	Q 28,899.90	Q 30,620.54
Tornillo sin fin 2	Q 1,720.64	Q -	Q 16,841.36	Q 18,562.00
Depósito secundario	Q 2,977.04	Q 6,786.16	Q -	Q 9,763.20
Sistema neumático	Q 1,454.48	Q 438.87	Q 11,703.00	Q 13,596.35
TOTALES	Q 7,872.80	Q 7,225.03	Q 57,444.26	Q 72,542.09

6. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

6.1 Inspecciones generales

Un programa de mantenimiento bien planteado, evita interrupciones necesarias o reparaciones costosas y aumenta la seguridad. Debe establecerse un plan para inspección junto con una lista de procedimientos y se recomienda que un registro diario de la caldera sea mantenido. Aunque una caldera tiene dispositivos eléctricos y mecánicos que la hacen automática o semi-automática en su operación, estos dispositivos requieren un mantenimiento sistemático y regular.

La vigilancia en reconocer ruidos irregulares, lecturas de los manómetros insólitos, goteo, etc., puede enterar al operador de condiciones de funcionamiento defectuoso y permitirle efectuar las correcciones pronto evitando así reparaciones extensas e interrupciones inesperadas. Todo escape de vapor, agua o combustible debe ser corregido tan pronto como se observen puesto que son caros, además de ser peligrosos.

Este tipo de inspecciones se deben de realizar frecuentemente con el fin de evitar que problemas sencillos se conviertan en dificultades difíciles de resolver. Entre algunas de las actividades de este tipo de inspección se pueden mencionar: recubrimiento del refractario, lecturas de los instrumentos de control, fugas en las tuberías de los diferentes sistemas del generador de vapor, fugas en las válvulas, cualquier escape de vapor, comportamiento de las variables de operación.

6.2 Inspecciones del funcionamiento de los dispositivos de seguridad

Como se mencionó en el capítulo 2, en la descripción de los dispositivos de seguridad de las calderas de la empresa, se cuenta básicamente con dos: las válvulas de seguridad y el indicador de nivel Mcdonell Miller.

Para el mantenimiento de las válvulas de seguridad deben realizarse una serie de inspecciones periódicas para cerciorarse que el funcionamiento de las válvulas es el adecuado, a continuación se presenta un formato de control, el cual servirá de guía para realizar la inspección de funcionamiento de las válvulas de seguridad.

Figura 21. **Formato de inspección del funcionamiento de las válvulas de seguridad**

Núm.	ACTIVIDAD A INSPECCIONAR	HORA DE INICIO	HORA FINAL	STATUS		OBSERVACIONES
				BUENO	MALO	
1	Levantar presión hasta el Setpoint programado					
2	Se abre a la presión de Setpoint programada			BUENO	MALO	
3	Se abre completamente sin excesivo gorgoteo preliminar			BUENO	MALO	
4	Permanece abierta hasta que la presión haya descendido una cantidad mínima			BUENO	MALO	
5	Se cierra herméticamente sin traqueteo (presión de reasentamiento)			BUENO	MALO	
6	Permanece herméticamente cerrada			BUENO	MALO	
7	Revisar si presenta alguna fuga			BUENO	MALO	
8	Verificar visualmente si existe alguna deformación			BUENO	MALO	

La inspección se realizará con una frecuencia mensual, se deberá llenar el formato adecuadamente y se deben anotar todo lo que el mismo requiere. La inspección la hará un trabajador del departamento de mantenimiento, acompañado por el ingeniero de mantenimiento preventivo para darle más seriedad a la actividad.

6.3 Inspecciones del funcionamiento de los instrumentos de medición y control

Como ya se mencionó, las calderas cuentan con dos tipos básicos de instrumentos de medición, termómetros y manómetros. Dichos instrumentos por su tiempo de operación y vida útil, suelen descalibrarse y cuando esto sucede, las lecturas de los mismos no son verídicas en su totalidad, generando una discordia en los datos que se leen en sus carátulas, pudiendo así tener consecuencias en las decisiones en la operación de las calderas y generación de vapor.

Es por esto que es de suma importancia mantener los instrumentos de control de una caldera en las mejores condiciones de operación y funcionamiento posibles. Para esto es recomendable realizar inspecciones periódicas verificando las lecturas de los instrumentos y de una forma básica poder determinar si los mismos están generando una lectura correcta de acuerdo a las condiciones de operación y según la experiencia sobre el proceso. Además, se recomienda realizar una calibración semestral de los mismos, evaluando realizarla en la empresa o ya sea contratar una empresa de servicios, dedicada a este tipo de actividad.

6.4 Limpieza y revisión del lado de fuego

El hollín y otras materias incombustibles son aisladores efectivos y si se acumulan eso resultará en una reducida transferencia de calor y en un aumento en el gasto de combustible. El hollín y otros depósitos pueden ser muy absorbentes y al atraer la humedad producen ácidos corrosivos que deterioran el metal del refractario.

La limpieza debe efectuarse en intervalos frecuentes regulares según la carga, tipo y calidad del combustible, temperatura interna de la caldera y eficiencia de combustión. El termómetro en la chimenea puede servir de guía a los intervalos de limpieza puesto que una acumulación de depósitos de hollín levantará la temperatura de los gases de combustión.

La limpieza se efectuará de la siguiente manera, se efectúa la limpieza de los tubos abriendo la puerta trasera y delantera. El escobillón para limpiarlos puede ser introducido por delante o por detrás. Debe sacarse todo el hollín o acumulaciones sueltas que haya en los tubos y también en el hogar y los cabezales de los tubos.

El deflector y la chimenea del respiradero se deben limpiar a intervalos regulares, por lo cual se recomienda que una empresa dedicada a mantenimiento de este tipo de equipos realice esta operación.

La superficie refractaria puede ser limpiada completamente antes de cualquier parada larga de la caldera.

6.5 Limpieza de la cámara de agua

6.5.1 Tratamiento químico

El tratamiento químico propuesto en el capítulo 4, ayudará a evitar la acumulación de minerales que forman costras que a su vez incrustarán los tubos de la caldera. Con un tratamiento eficiente se reduce el mantenimiento de limpieza mecánica a alta presión de la cámara de agua, reduciendo costos de operación y aumentando la eficiencia del sistema de generación de vapor.

Los objetivos del tratamiento del agua por lo común son

- Prevención de depósitos de incrustaciones o cieno que estorban la transferencia de calor y que pueden resultar en temperaturas excesivas en las partes metálicas y en paradas para reparaciones costosas.
- Eliminación de gases corrosivos en el agua de abastecimiento o en el agua que ya está en el sistema interno.
- Prevención de hendiduras entrecristalinas o un estado quebradizo del metal debido a la presencia de elementos cáusticos.
- Prevención de espumaje y la entrada de vapor llevado indebidamente por el agua caliente.

6.5.2 Limpieza mecánica con agua a alta presión

Esta limpieza deberá realizarse cada año, el procedimiento para la misma es el siguiente:

- Abrir las válvulas de purga de suelo para desalojar toda el agua que contenga la caldera.
- Una vez desalojada toda el agua, quitar todos los empaques de tortuga de la caldera.
- Revisar el estado de los empaques de tortuga, si hubiese alguno en mal estado, reemplazarlo de una vez.
- Seguidamente, con una bomba de agua de alta presión lavar todo el interior de la caldera por un tiempo aproximado de 30 a 45 minutos.
- Una vez lavada la tubería, reinstalar todos los empaques de tortuga en buen estado.
- Llegar el nivel de agua de la caldera lista para arrancar.

6.6 Mantenimiento preventivo de los equipos auxiliares del sistema de vapor

6.6.1 Equipos para manejo de aire (ventiladores)

Cada caldera cuenta con un motor cuya función es aspirar los gases hacia la chimenea. El mantenimiento que se recomienda realizar a los motores de los ventiladores, comprende las siguientes actividades

a) Lubricación del motor del ventilador

Cada motor cuenta con dos chumaceras, las cuales serán lubricadas como lo indica la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Lubricación de los motores de los ventiladores de las calderas**

Parte a lubricar	Tipo de lubricante	Clase de lubricante	Cantidad de lubricante	Frecuencia
Chumaceras	Grasa	Grasa 2	1 onza	Trimestral

b) Balanceo del ventilador

El balanceo del ventilador es un aspecto muy importante en el mantenimiento preventivo de un ventilador, ya que por el trabajo diario que estos realizan, y debido a las cargas a las que son sometidas y a la velocidad de rotación a la cual trabajan, sufren daños como desajustes y deformaciones, lo cual ocasiona un desbalanceo en los mismos, provocando efectos secundarios en todo el sistema, como por ejemplo: calentamiento, desgaste, daño a los cojinetes y eje, etc.

Es por esta razón que se propone como parte del mantenimiento preventivo de estos equipos realizar un balanceo dinámico con frecuencia de dieciocho meses, el cual será realizado por una empresa de servicio dedicada a este tipo de trabajo.

La frecuencia de realización de este mantenimiento será semestral, con el fin de no influir demasiado en el alza de los costos por mantenimiento preventivo y además es un tiempo considerable para tener el equipo en buenas condiciones de operación, alargando así la vida útil del equipo.

6.6.2 Equipos para manejo de agua

6.6.2.1 Bomba de agua de alimentación

El mantenimiento preventivo propuesto para este equipo es el siguiente

- a) Bomba: cambio de estopas, dicho cambio se realizará trimestralmente, esto con el fin de conservar el eje en las mejores condiciones posibles.
- b) Motor: lubricación de las chumaceras. En la tabla XXX, se especifica.

Tabla XXX. **Lubricación del motor de la bomba de agua de alimentación**

Parte a lubricar	Tipo de lubricante	Clase de lubricante	Cantidad de lubricante	Frecuencia
Chumaceras	Grasa	Grasa 2	1 onza	Trimestral

6.6.2.2 Bomba dosificadora de químico

Debido a que este equipo relativamente no es complejo el mantenimiento preventivo recomendado es el siguiente

- Limpieza del filtro con agua a presión, esto realizarlo con una frecuencia mensual y tendrá una duración aproximada de 30 minutos.
- Limpieza externa e interna de las mangueras que conduce el químico, se realizará cada 2 meses, teniendo una duración aproximada de 1 hora.

6.6.2.3 Suavizador

El mantenimiento propuesto para este equipo es un lavado trimestral con una regeneración (retro-lavada) , la cual consiste en una solución salina, que se encargará de conservar las propiedades de la resina cateónica, reactivando con esto el poder suavizante de dicha resina.

Para realizar este mantenimiento, se prepara la solución con un quintal de sal, utilizando el tanque para salmuera. Luego se activa la válvula automática con control de tiempo.

6.6.3 Mantenimiento preventivo del sistema de alimentación de aserrín

6.6.3.1 Tornillos sin fin

El mantenimiento preventivo sugerido para estos equipos, se basará únicamente en lubricación y se hará de la siguiente manera

a) Lubricación de chumaceras del gusano

Se hará con una frecuencia bimestral, utilizando grasa 2.

b) Lubricación del motor

Se hará con una frecuencia trimestral, utilizando grasa 2.

6.6.3.2 Sistema neumático

En este sistema se le dará mantenimiento al ventilador y al motor que da la potencia para el funcionamiento del mismo.

a) Ventilador

Al ventilador como ya se mencionó es muy importante darle un balanceo semestral, al igual que los ventiladores de las calderas, se propone como parte del mantenimiento preventivo de este equipo un balanceo cada año seis meses , el cual será realizado por una empresa de servicio dedicada a este tipo de trabajo.

b) Motor

El motor será lubricado con una frecuencia trimestral, y se debe utilizar grasa 2.

6.7 Costos de mantenimiento

En la tabla XXXI, se detallan los costos necesarios para el mantenimiento preventivo de todos los equipos que conforman el sistema de generación de vapor.

Tabla XXXI. Cálculo de los costos mensuales del mantenimiento preventivo del sistema de generación de vapor

Actividad	Mano de obra	Materiales	Costo mensual
Inspección del funcionamiento del dispositivo de seguridad	Q41.30	Q0.00	Q41.30
Inspección de exactitud de medición de los instrumentos	Q25.64	Q0.00	Q25.64
Calibración de instrumentos de medición	Q233.00	Q0.00	Q233.00
Limpieza y revisión del lado de fuego	Q75.71	Q0.00	Q75.71
Limpieza mecánica con agua a alta presión	Q106.88	Q0.00	Q106.88
Lubricación de los motores de los ventiladores	Q10.26	Q4.39	Q14.65
Balanceo de los ventiladores	Q70.00	Q0.00	Q70.00
Lubricación del motor de la bomba de agua	Q10.61	Q2.65	Q13.26
Cambio de estopas de la bomba	Q31.17	Q10.63	Q41.80
Regeneración del suavizador	Q35.63	Q25.00	Q60.63
Equipo del sistema de alimentación de aserrín			
Tornillos sin fin	Q28.17	Q42.25	Q70.42
Sistema de ventilación	Q33.86	Q50.79	Q84.65
COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO	Q702.23	Q135.71	Q837.94

6.8 Factibilidad del estudio

En la tabla XXXII se presenta un resumen de todos los costos de inversión para la mejora del sistema de generación de vapor.

Tabla XXXII. Resumen de los costos totales de la inversión

PROPUESTAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR				
PROYECTO	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO	TOTAL
Rediseño del sistema de retorno del vapor ondensado	Q 1,353.20	Q 2,329.61	Q -	Q 3,682.81
Aislamiento térmico de fibra de vidrio	Q 961.92	Q 3,414.56	Q -	Q 4,376.48
Suavizador	Q 405.96	Q 367.36	Q 7,532.73	Q 8,306.05
Reactivación de la bomba dosificadora	Q 26.72	Q 75.00	Q -	Q 101.72
Bomba de agua de alimentación	Q 541.28	Q -	Q 11,000.00	Q 11,541.28
Múltiple de admisión para retorno de condensados	Q 327.52	Q 999.79	Q -	Q 1,327.31
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ASERRÍN				
PROYECTO	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO	TOTAL
Tornillo sin fin 1	Q 1,720.64	Q -	Q 28,899.90	Q 30,620.54
Tornillo sin fin 2	Q 1,720.64	Q -	Q 16,841.36	Q 18,562.00
Depósito secundario	Q 2,977.04	Q 6,786.16	Q -	Q 9,763.20
Sistema neumático	Q 1,454.48	Q 438.87	Q 11,703.00	Q 13,596.35
TOTALES	Q 11,489.40	Q 14,411.35	Q 75,976.99	Q 101,877.74

6.8.1 Beneficios o ahorros que generarán las mejoras propuestas

a) Retornos de condensado hacia el tanque de agua de alimentación

Como ya se ha mostrado la temperatura promedio del tanque de agua de alimentación es de 50 grados centígrados, además, actualmente se están tirando los condensados hacia los desagües, teniendo con esto pérdidas de calor o se puede tomar en cuenta como una fuga continua.

Después de retornar todos los condensados de los hornos hacia el tanque de agua de alimentación se estiman los siguientes ahorros o beneficios:

- Elevar la temperatura del agua de alimentación de 15 a 20 Grados Centígrados.
- Al elevar la temperatura del agua de alimentación, se necesitará menos energía calorífica para evaporar el agua, por ende el consumo de combustible disminuiría aproximadamente en un 5%.
- Al proteger toda la tubería del retorno con aislamiento térmico, conservar el calor en el agua de retorno de condensado, permitiendo llevar dicho fluido a una temperatura más alta.

b) Cambio de la bomba de agua de alimentación

Actualmente la bomba de agua de alimentación ya no opera eficientemente, además cuenta con una fuga continua, la cual genera un caudal de 250 ml/min. Esta agua que se está fugando es agua ya tratada químicamente y agua que ya ha sido calentada por el poco condensado que regresa al tanque.

Se estima que con el cambio de bomba obviamente se evitaría esta fuga, obteniéndose los siguientes ahorros

- a) Consumo de químico en un 2%
- b) Consumo de combustible en un 2.5%

c) Instalación de un suavizador

Los químicos que tratan el agua de la caldera tienen que atacar la dureza y corrosión del agua cruda, se utiliza una cantidad relativa de químico para dicho fin.

Si se instalará un suavizador se ha estimado que se ahorraría un 10% de químico, ya que la dosificación del mismo disminuiría, teniendo como fin el contrarrestar la corrosión, dejándole el trabajo de tratamiento de dureza al suavizador.

d) Sistema automático de aserrín

El mayor beneficio palpable de la implementación de este sistema es el ahorro monetario en concepto de combustible, esto se debe a lo siguiente

- El costo del metro cúbico de madera en promedio entre la seca y la verde es de Q. 112.77 , mientras que el costo del metro cúbico de aserrín es de Q. 14.35, observando con esto que existe una gran diferencia de costos.
- El poder calorífico del aserrín es mayor, por ser partícula, esto disminuye el consumo de combustible y mejora la combustión.

Tabla XXXIII. **Costos actuales de operación mensuales**

	Mano de obra	Químico	Combustible	Electricidad	Mantenimiento	TOTALES
Promedio mes	Q5,888.54	Q3,073.58	Q15,149.92	Q7,156.43	Q436.38	Q31,268.48

Al implementar el sistema de aserrín se incrementaría el costo de electricidad por funcionamiento de los motores del sistema, en la tabla XXXIV se dan a conocer los costos.

Tabla XXXIV. **Costos de operación del sistema de aserrín**

	HP MOTOR	KW MOTOR	HORAS OPERACIÓN/DIA	COSTO KW/HR.	COSTO DIARIO	TOTAL DIAS DE OPERACIÓN AL MES	COSTO MENSUAL
Motor del ventilador	10	7.85	4	Q 0.71	Q 22.20	15	Q 333.07
Motor del tornillo 1	3	2.355	18	Q 0.71	Q 29.98	15	Q 449.65
Motor del tornillo 2	3	2.355	18	Q 0.71	Q 29.98	15	Q 449.65
TOTAL DEL MES							Q 1,232.37

De las tablas XXXV a la XXXIX se indican los ahorros que se obtendrían si se implementan los equipos propuestos.

Tabla XXXV. **Ahorro mensual por la implementación del suavizador**

AHORRO EN CONSUMO DE QUÍMICO		
Costo actual al mes de químico	Porcentaje de ahorro	Ahorro de la propuesta
Q 3,073.58	0.1	Q 307.36

Tabla XXXVI. **Ahorro mensual por el cambio de la bomba de agua de alimentación**

AHORRO EN CONSUMO DE QUÍMICO		
Costo actual al mes de químico	Porcentaje de ahorro	Ahorro de la propuesta
Q 3,073.58	0.02	Q 61.47

AHORRO EN CONSUMO DE COMBUSTIBLE		
Costo actual al mes de combustible	Porcentaje de ahorro	Ahorro de la propuesta
Q 15,149.92	0.025	Q 378.75

Tabla XXXVII. **Ahorro por retornar condensados al tanque de agua de Alimentación y colocación de aislamiento térmico**

AHORRO EN CONSUMO DE COMBUSTIBLE		
Costo actual al mes de químico	Porcentaje de ahorro	Ahorro de la propuesta
Q 15,149.92	0.07	Q 1,060.49

Tabla XXXVIII. **Ahorro por la implementación del sistema de alimentación de aserrín**

Combustible	Consumo promedio mensual en M3	Costo M3	Costo del combustible mensual	Totales
Leña verde	101.25	Q 50.58	Q 5,121.41	Q 15,329.02
Leña seca	58.34	Q 174.96	Q 10,207.60	
Aserrín	135.66	Q 14.95	Q 2,028.07	Q 2,028.07
Ahorro mensual de combustible			Q 13,300.95	
Ahorro mensual de combustible de la caldera 2			Q 6,650.47	

Se tomó un ahorro de Q. 6,650.47 y no uno de Q. 13,300.95, debido a que el sistema de alimentación de aserrín funcionará solamente para operación de la caldera 2, y el tiempo promedio de operación por caldera es de 15 días por mes.

Tabla XXXIX. Cuadro comparativo de los costos de operación

	Mano de obra	Químico	Combustible	Electricidad	Mantenimiento	TOTALES
ACTUAL	Q 5,888.54	Q 3,073.58	Q 15,149.92	Q 7,156.43	Q 436.38	Q 31,704.85
PROPUESTO	Q 5,888.54	Q 2,704.75	Q 7,060.21	Q 8,388.80	Q 837.94	Q 24,880.24

AHORRO MENSUAL	Q 6,824.61
----------------	------------

AHORRO MENSUAL = Q. 6,824.61

AHORRO ANUAL = Q. 81,895.32

6.8.2 Cálculo del período de recuperación y rentabilidad de la inversión

a) Recuperación de la inversión

$$R.I. = \frac{\text{INVERSIÓN}}{\text{UTILIDADES NETAS}}$$

$$R.I. = \frac{Q. 101,877.74}{Q. 81,895.32} = 1.24 \text{ años}$$

b) Rentabilidad de la inversión

$$R.I. = \frac{\text{UTILIDAD NETA}}{\text{INVERSIÓN}}$$

$$R.I. = \frac{Q. 81,895.32}{Q. 101,877.74} * 100 = 80.39 \%$$

De los valores obtenidos en el cálculo del período de recuperación y de la rentabilidad de la inversión, se puede determinar que la inversión es rentable, sería una inversión relativamente considerable, pero el período de recuperación es de año y tres meses aproximadamente, y teniendo un porcentaje de rentabilidad del 80.39%, se refleja con estos resultados que la inversión es recuperable a corto plazo.

Normalmente para lo que es equipo y estructura metálica se considera una vida útil promedio de 10 años, y teniendo un período de recuperación de año y medio, se estaría teniendo un período de 8 años con 9 meses de ahorros y beneficios por la implementación de los equipos y sistemas propuestos, a esto se le debe de restar los costos de operación como mantenimiento preventivo, teniendo como resultado una utilidad o beneficio que sería percibida en este período de tiempo.

6.8.3 Cálculo del valor actual neto

El primer cálculo necesario para obtener el valor actual neto es la depreciación anual del proyecto, y poder determinar con esto como se va a depreciar la maquinaria, equipo e instalaciones en el transcurso de los 10 años de vida útil estimados.

Tabla XL. Cálculo de la depreciación anual del proyecto

PROPUESTAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR			
PROYECTO	COSTO	% Depreciación anual	DEPRECIACION ANUAL
Rediseño del sistema de retorno de vapor condensado	Q 3,682.81	5.00%	Q 184.14
Aislamiento térmico de fibra de vidrio	Q 4,376.50	5.00%	Q 218.83
Suavizador	Q 8,306.05	10.00%	Q 830.61
Reactivación de la bomba dosificadora	Q 101.72	5.00%	Q 5.09
Bomba de agua de alimentación	Q 11,541.28	10.00%	Q 1,154.13
Multiple de admisión para retorno de condensado	Q 1,327.31	5.00%	Q 66.37
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ASERRÍN			
PROYECTO	COSTO	% Dep. Anual	DEPRECIACION ANUAL
Tornillo sin fin 1	Q 30,620.54	10.00%	Q 3,062.05
Tornillo sin fin 2	Q 18,562.00	10.00%	Q 1,856.20
Depósito secundario	Q 9,763.20	5.00%	Q 488.16
Sistema neumático			
Instalación	Q 1,893.35	5.00%	Q 94.67
Equipo	Q 11,703.00	10.00%	Q 1,170.30
TOTAL PROYECTO	Q 101,877.76		Q 9,130.53

Tabla XLI. Cálculo del valor actual neto del proyecto

Año	Inversión	Tasa	Factor de utilización	Beneficio neto	VAN
0	Q 101,877.76		1	0	Q 101,877.76
1	-	0.09	0.9174	Q 15,955.14	Q 14,637.74
2	-	0.09	0.8417	Q 15,955.14	Q 13,429.12
3	-	0.09	0.7722	Q 15,955.14	Q 12,320.30
4	-	0.09	0.7084	Q 15,955.14	Q 11,303.02
5	-	0.09	0.6499	Q 15,955.14	Q 10,369.75
6	-	0.09	0.5963	Q 15,955.14	Q 9,513.53
7	-	0.09	0.5470	Q 15,955.14	Q 8,728.01
8	-	0.09	0.5019	Q 15,955.14	Q 8,007.35
9	-	0.09	0.4604	Q 15,955.14	Q 7,346.19
10	-	0.09	0.4224	Q 15,955.14	Q 6,739.62
				VAN	Q 516.88

Para el cálculo del VAN se utilizó una tasa del 9%, ya que esta es la tasa usual que utilizan los bancos para el financiamiento de este tipo de proyectos.

El valor obtenido del VAN es de Q. 516.88, debido a que es mayor o igual a cero el proyecto es considerado aceptable o factible. Esto además indica que la rentabilidad supera la tasa de actualización elegida en la evaluación.

6.8.4 Cálculo de la tasa interna de retorno

Para el cálculo de la tasa interna de retorno se deben conocer dos valores del VAN, uno positivo y otro negativo, para ambos valores se necesitan dos tasas de interés diferentes, como el valor del VAN del proyecto es positivo, se necesita calcular el valor negativo, para este fin se tomó una tasa de 11%, a continuación en la tabla XLII se muestran los datos que se generarían para esta tasa

Tabla XLII. Cálculo del valor actual neto a una tasa del 11%

Año	Inversión	Tasa	Factor de utilización	Beneficio neto	VAN
0	Q 101,877.76		1	0	Q 101,877.76
1	-	0.11	0.9009	Q 15,955.14	Q 14,374.00
2	-	0.11	0.8116	Q 15,955.14	Q 12,949.55
3	-	0.11	0.7312	Q 15,955.14	Q 11,666.26
4	-	0.11	0.6587	Q 15,955.14	Q 10,510.15
5	-	0.11	0.5935	Q 15,955.14	Q 9,468.60
6	-	0.11	0.5346	Q 15,955.14	Q 8,530.27
7	-	0.11	0.4817	Q 15,955.14	Q 7,684.93
8	-	0.11	0.4339	Q 15,955.14	Q 6,923.36
9	-	0.11	0.3909	Q 15,955.14	Q 6,237.26
10	-	0.11	0.3522	Q 15,955.14	Q 5,619.15
				VAN	Q (7,914.23)

Con estos datos se puede proceder a calcular la Tasa Interna de Retorno del Proyecto (TIR), para el cálculo de la misma utilizamos la siguiente fórmula

$$TIR = R + (R2 - R1) * ((VAN+) / (VAN+ + VAN-))$$

Donde:

R = Tasa inicial de descuento

R1 = Tasa de descuento que origina el VAN (+)

R2 = Tasa de descuento que origina el VAN (-)

VAN + = Valor actual neto positivo de fondos, con tasa de menor descuento

VAN - = Valor actual neto negativo de fondos, con tasa de mayor descuento

$$TIR = 9 + (11 - 9) * ((516.88) / (516.88 + 7,914.23))$$

$$TIR = 9.13 \%$$

Este resultado refleja que el retorno porcentual del proyecto en promedio es del 9.13 %, valor que se encuentra arriba del 9 % de requerimiento inicial, por lo cual se considera factible y aceptado.

CONCLUSIONES

1. Las pérdidas de eficiencia de un sistema de generación de vapor son originadas por el calor arrastrado en la chimenea por los gases calientes, el calor latente del vapor del agua presente en los gases de combustión, combustible no quemado, el calor perdido a través del aislamiento, incrustación en los tubos de la caldera y el calor que transporta la purga.
2. Al aumentar la temperatura del agua de alimentación, retornando adecuadamente todos los condensados al sistema de agua de alimentación, se disminuye el consumo de combustible necesario para elevar la temperatura del agua al punto de ebullición.
3. La implementación de equipos que recuperen el calor de los gases de chimenea y purgas, ayuda a mejorar la eficiencia de operación del sistema de generación de vapor, disminuyendo por ende los costos de operación.
4. Los instrumentos y equipos de medición y control de las variables de operación de las calderas y el control estricto y adecuado de las mismas, son de vital importancia para que el sistema de generación de vapor funcione en forma segura, eficiente y confiable.

5. El tratamiento del agua de los sistemas de generación de vapor es de gran importancia, primero porque protege y asegura una larga vida de la caldera, líneas de alimentación de vapor, líneas de retorno de condensado, evitando corrosión e incrustación; segundo, ayuda a producir vapor de mejor calidad; y tercero, optimiza la transferencia de calor por control de las impurezas las cuales producen incrustaciones aisladoras y elementos corrosivos.

6. Al mejorar la alimentación de combustible a la caldera y de hecho la relación de combustión, se aumentará la eficiencia de operación del sistema, disminuyendo con esto la cantidad de combustible no quemado que es arrastrado por los gases de chimenea.

7. El mantenimiento de todos los equipos e instalaciones del sistema de generación de vapor mantendrá en buenas condiciones de operación los equipos y alargará la vida útil de los mismos, además, el mantenimiento ha sido diseñado para prevenir pérdidas de eficiencia operacional.

RECOMENDACIONES

1. Seguir detalladamente el programa de mantenimiento para mantener el sistema en óptimas condiciones de operación, evitando con esto paros emergentes para realizar mantenimiento correctivo y además alargará la vida útil del mismo.
2. Tomar en cuenta las condiciones de la caldera para hacerle mantenimiento o limpieza con agua a alta presión a los tubos, verificando el grado de incrustación y corrosión si se presentará, esto con el fin de evaluar los resultados del tratamiento químico que se le está dando al agua de alimentación.
3. Las inspecciones generales se deben realizar concientemente, detectando fugas en los sistemas y equipos, así como las condiciones de funcionamiento de los mismos, haciendo las correcciones pertinentes para mantener la eficiencia de operación del sistema.
4. Llevar el registro y control estadístico de las variables de operación, ayudará a conocer el funcionamiento del sistema de generación de vapor, detectando a través de dicho control si existiera alguna variación o deficiencia en la operación del sistema.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5. Después del paro de una de las calderas, debe de llevarse el sistema a la presión de trabajo promedio de una forma gradual para evitar daños en los equipos y tuberías del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cleaver-Brooks. **Manual de mantenimiento y operación de calderas.** Estados Unidos: s.e. 1987. 94 pp.
2. Elonka/Robinson. **Operación de plantas industriales: preguntas y respuestas.** 1^a ed. México: Editorial McGraw-Hill. 1983. 675 pp.
3. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. **Ahorro de energía en sistemas de vapor.** Guatemala: s.e. 1989. 223 pp.
4. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. **Mejoramiento de la eficiencia de operación de calderas de vapor.** Guatemala: s.e. 1989. 153 pp.
5. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. **Tratamiento de agua de calderas.** Guatemala: s.e. 1989. 70 pp.
6. Robert W. Smeaton. **Motores eléctricos, selección, mantenimiento y reparación.** 2^a ed. (Tomo II). México: Editorial McGraw-Hill. 1993. 110 pp.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

BIBLIOGRAFÍA



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

1. Cleaver-Brooks. **Manual de mantenimiento y operación de calderas.** Estados Unidos. 1987. 94 pp.
2. Elonka/Robinson. **Operación de plantas industriales: preguntas y respuestas.** Editorial McGraw-Hill. 1983. 675 pp.
3. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. **Ahorro de energía en sistemas de vapor.** 1989. 223 pp.
4. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. **Mejoramiento de la eficiencia de operación de calderas de vapor.** 1989. 153 pp.
5. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. **Tratamiento de agua de calderas.** 1989. 70 pp.
6. Robert W. Smeaton. **Motores eléctricos, selección, mantenimiento y reparación.** 1995. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. Tomo II



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)