



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

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, EN LA
PLANTA DE EMPACADORA TOLEDO, S. A.**

Edgar Estuardo Miranda Juárez
Asesorado por el Ing. Jorge Luis Puertas Jerez

Guatemala, junio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE
VAPOR, EN LA PLANTA DE EMPACADORA TOLEDO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR ESTUARDO MIRANDA JUAREZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE LUIS PUERTAS JEREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Willy Alfredo Contreras Morales
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, EN LA
PLANTA DE EMPACADORA TOLEDO, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 09 de septiembre de 2009.



Edgar Estuardo Miranda Juárez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR EN LA PLANTA DE EMPACADORA TOLEDO, S.A.**, del estudiante **Edgar Estuardo Miranda Juarez** recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, slanted upwards to the right, overlapping the printed name below.



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, marzo de 2012 .

/behdei.

Guatemala, 01 de Marzo de 2012.

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director de Escuela de
Ingeniería Mecánica
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Campos:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he asesorado el trabajo de graduación titulado: "Rediseño y optimización del sistema de distribución de vapor en la planta de Empacadora Toledo, S. A." realizado por el estudiante Edgar Estuardo Miranda Juarez.

Tras las revisiones y modificaciones sugeridas por mi persona concluyo que se cumplen con los objetivos propuestos por el autor, por lo que está listo para su presentación y ser sometido a revisión por parte de la escuela de Ingeniería Mecánica.

Atentamente,



Ing. Jorge Luis Puertas Jerez
No. Colegiado 5763

Ingeniero Jorge Luis Puertas Jerez
Colegiado No. 5,763

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR EN LA PLANTA DE EMPACADORA TOLEDO, S. A., del estudiante Edgar Estuardo Miranda Juárez procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR




Guatemala, junio de 2012.

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, EN LA PLANTA DE EMPACADORA TOLEDO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Estuardo Miranda Juárez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, junio de 2012



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mi esposa e hijos

Analía, Martín y Rodrigo por ser la fuente de inspiración para finalizar este logro; gracias por estar conmigo apoyándome; este triunfo es nuestro.

Mis padres

Mario Miranda y Marta Juárez por todo su amor, apoyo, enseñanzas y consejos hasta el día de hoy. Por mostrarme el camino del bien y del éxito, por enseñarme a no rendirme y levantarse ante los problemas y las dificultades.

Mis hermanas

Violeta, Silvia, Lorena y Andrea por su amistad, apoyo y amor fraternal.

Mis amigos

Jorge Luis Puertas, Víctor Mejía, César Pineda, Danilo Marroquín, Rodrigo García, Mauricio Enríquez, Guillermo Mota, Saúl Martínez, Oscar Marroquín, William Valenzuela, Rudy Pérez, Héctor Pablo, Alex Caal, Erick Oliva y Benny Mazariegos por el esfuerzo y conocimientos compartidos y adquiridos.

AGRADECIMIENTOS A:

- Mi esposa e hijos** Analía, Martín y Rodrigo, por estar conmigo en todo momento, darme dirección, fuerza, inspiración para lograr este triunfo.
- Mis padres** Mario Miranda, Marta Juárez, por sus múltiples sacrificios, apoyo y amor incondicional que me brindaron, a ellos dedico este triunfo alcanzado.
- Mis hermanas** Violeta, Silvia, Lorena y Andrea, con cariño y aprecio, por su comprensión y apoyo, a lo largo de esta carrera.
- Ing. Jorge Luis Puertas Jerez** Por brindarme el apoyo técnico profesional de manera incondicional y por su valiosa amistad y asesoría al presente trabajo de graduación.
- Mis amigos** A los que aun me acompañan desde el inicio de la carrera, a los que hice en esta gloriosa casa de estudios y en la Empacadora Toledo. Sin ustedes no lo hubiese logrado; gracias por el esfuerzo y conocimientos compartidos y adquiridos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Localización geográfica de la empresa	1
1.2. Organigrama actual de la empresa	1
1.3. Descripción de la empresa	2
1.3.1. Historia	2
1.3.2. Visión.....	3
1.3.3. Misión	3
1.4. Departamento de conservación industrial	4
1.4.1. Misión y visión de CI.....	4
1.4.2. Atribuciones del departamento	5
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR.....	7
2.1. Principios termodinámicos de la generación de vapor	7
2.2. Ciclos de potencia	13
2.3. Aplicaciones del vapor en la industria	17

2.4.	Tipos de calderas.....	21
2.4.1.	Calderas pirotubulares	21
2.4.2.	Calderas acuatubulares	24
2.5.	Accesorios que conforman un sistema de generación de vapor	26
2.5.1.	Tuberías de distribución	26
2.5.2.	Aislamiento o insulación.....	26
2.5.3.	Tipos de válvulas (valvulería)	27
2.5.4.	Indicadores de variables	30
2.5.5.	Trampas para vapor	31
2.5.6.	Tuberías de retorno de condensado	35
2.5.7.	Tanque de condensado.....	35
3.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	37
3.1.	Calderas de generación de vapor	37
3.1.1.	Capacidad de generación.	40
3.1.2.	Operación.....	40
3.1.3.	Variables de control	40
3.1.4.	Mantenimiento.....	41
3.2.	Combustible	41
3.2.1.	Propiedades del combustible	41
3.2.2.	Importancia del aditivo para combustible	43
3.3.	Tratamiento del agua de alimentación	44
3.4.	Sistema de distribución de vapor	44
3.4.1.	Tubería.....	44
3.4.2.	Aislamientos.....	45
3.4.3.	Válvulas.....	45
3.4.4.	Trampas de retorno.....	46

3.4.5.	Mantenimiento del sistema de distribución de vapor	46
4.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.....	51
4.1.	Levantamiento de costos actuales	51
4.1.1.	Costos de consumo de combustible.....	51
4.1.2.	Costo del tratamiento químico del agua	53
4.1.3.	Costo del consumo eléctrico.....	54
4.2.	Elaboración de usuarios demandantes de vapor	58
4.3.	Auditoria del sistema de distribución de vapor	59
4.3.1.	Fugas	59
4.3.2.	Accesorios	60
4.3.3.	Diseño original.....	64
4.3.4.	Trampas de vapor	65
4.3.5.	Control de variables de la caldera	73
4.3.6.	Mantenimiento	74
5.	PROPUESTA PARA EL PLAN DE REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR	79
5.1.	Implementación del plan preventivo del sistema de distribución de vapor	79
5.1.1.	Planificación y ejecución de la línea rediseñada de vapor	79
5.1.2.	Diseño de los Manifolds de distribución de vapor.....	80
5.1.3.	Identificación de accesorios que contemplan el rediseño del sistema de distribución de vapor.....	86
5.1.4.	Identificación de las líneas de vapor de alta presión, vapor de baja presión y retorno de condensado.....	86

5.2. Propuesta del plan de rediseño del sistema de distribución de vapor	89
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA.....	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1. Organigrama de la empresa Empacadora Toledo, S.A.....	2
2. Primera Ley de Termodinámica	11
3. Segunda Ley de la Termodinámica.....	12
4. Diagrama T-S de un ciclo Rankine.....	15
5. Ciclo Rankine regenerativo	16
6. Ciclo Rankine recalentado	17
7. Aplicación de vapor en la industria.....	19
8. Vapor saturado para calentamiento	20
9. Vapor para uso doméstico	20
10. Caldera pirotubular.....	22
11. Caldera pirotubular de 2 pasos	23
12. Elementos de una caldera pirotubular.....	24
13. Diagrama de una caldera acuotubular	25
14. Funcionamiento de la trampa de vapor de balde invertido.....	32
15. Funcionamiento de la trampa de vapor termostática.....	33
16. Funcionamiento de la trampa termodinámica.....	34
17. Sistema ideal de generación y distribución de vapor	36
18. Ficha técnica de caldera de vapor HV-001	38
19. Ficha técnica del <i>Fuel Oil</i> seis que utiliza Empacadora Toledo, S.A.	42
20. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo diario Plan CVCMB003 para caldera de vapor CV-001 y CV-002.....	47
21. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo diario Plan HVCMB009, para horno de vapor HV-001	49

22. Pilas de cocción de cocina jamones	59
23. Fuga de vapor en tubería de vapor de horno Maurer HV-005	60
24. Accesorio núm. 1 al 8 de tabla de accesorios con falla	63
25. Extracto del plano CAD original del sistema de distribución de vapor de Empacadora Toledo, S.A	65
26. TB-001 y TB-002.....	66
27. Trampa de flotador mal instalada en horno Fessmann 1	67
28. Trampa de flotador mal instalada y carente de filtro en horno Fessmann	68
29. Diseño y selección de tuberías para bolsillos de drenaje	69
30. Tabla de selección de tuberías y trampas para bolsillos de drenaje.	69
31. Manifold principal sin accesibilidad para su revisión	70
32. Manifold principal sin accesibilidad para su revisión	71
33. Tuberías secundarias de distribución de vapor con bolsillos de drenajes mal instalado y diseñados	72
34. Falla de tubería de vapor por golpe de ariete	72
35. Pistola de ultrasonido.....	75
36. Pistola de ultrasonido.....	75
37. Cámara Termográfica Flir T200 e imágenes termográficas a sistemas de distribución de vapor.....	76
38. Diseño de Manifold para cocina jamones y cocina salchicha	85

TABLAS

I. Diferentes tipos de trampas y su clasificación.....	34
II. Tabla de historial de consumos de combustible de Empacadora Toledo, S. A.	52
III. Tabla de historial de consumo de químicos para el tratamiento del agua, para calderas de Empacadora Toledo, S.A.....	53

IV.	Tabla de consumo de combustible por centro de costos (formados, envasados y embutidos) de Empacadora Toledo, S.A ...	56
V.	Tabla de comportamiento de producción en relación al consumo de combustible	57
VI.	Tabla de equipos demandantes de vapor de Empacadora Toledo, S.A.....	58
VII.	Tabla de identificación de accesorios con mal funcionamiento	61
VIII.	Tabla de costo por diámetro de fuga en US\$ anuales.....	62
IX.	Formato de control de variables de las calderas de vapor CV-001 y CV-002.....	73
X.	Tabla de planificación y ejecución de la línea rediseñada de vapor.....	80
XI.	Tabla de capacidades de tuberías para vapor @ 125 psig y cédula 40 por diámetro de entrada	82
XII.	Tabla de velocidades del vapor de acuerdo a la designación de colores	83
XIII.	Tabla de cálculo de longitudes equivalentes por tipo de accesorio	84
XIV.	Tabla de longitud equivalente para accesorios para tubo de cédula 40	85
XV.	Tabla de señalización de tuberías según norma DIN 2403	87
XVI.	Guía de codificación de tuberías según el fluido a transportar	87
XVII.	Tabla de codificación de tuberías de alimentación de vapor y retorno de condensado de los equipos demandantes de vapor.....	88
XVIII.	Tabla de cálculo de materiales por fabricación de Manifold	90
XIX.	Tabla de cálculo de sistema de trampeo a modificar	91
XX.	Tabla de costos de señalización de tuberías de vapor y retorno de condensado del rediseño.....	92

GLOSARIO

Accesorio	Aquellos elementos que no forma parte de un sistema de una máquina, complementan y son necesarios para realizar algunas funciones.
Aislamiento térmico	Aquellos elementos que no forma parte de un sistema de una máquina, complementan y son necesarios para realizar algunas funciones.
Auditoria energética	Una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio.
Capacidad calorífica	Es la capacidad de un cuerpo de almacenar calor.
Caldera	Una máquina industrial que sirve para producir vapor, cuya presión se usa para mover una turbina u otras aplicaciones.
Combustible	Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor poco a poco.

Condensado	Vapor que vuelve a su estado líquido después de entregar su trabajo.
Diseño	Vapor que vuelve a su estado líquido después de entregar su trabajo.
Eficiencia térmica	En un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida desestimando las pérdidas de calor hacia el ambiente.
Fuel Oil	Es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada.
Filtros	Dispositivos que discriminan uno o varios elementos determinados de algo que fluye a través de él.
Ficha técnica	Documento en forma de sumario que contiene la descripción de las características de un objeto, material, proceso o programa de manera detallada.
Implementación	Es la realización de una aplicación, o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño, especificación o estándar.

Indicador	Instrumento que sirve para mostrar o indicar algo.
Manifolds	Elemento que asegura y mantiene la presión en un sistema de vapor o de gases de emisión de un motor de combustión interna.
Mantenimiento	Rutinas recurrentes necesarias para mantener unas instalaciones (planta, edificio, propiedades inmobiliarias, etc.) en las condiciones adecuadas para permitir su uso de forma eficiente, tal como está designado.
Operación	El método, acto, proceso o efecto de utilizar un dispositivo o sistema.
Planificación Potencia	Es el proceso metódico diseñado para obtener un objetivo determinado.
Potencia Planificación	Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.
Software de mantenimiento MÁXIMO	Sistema operativo para la gestión estratégica de activos y servicios de mantenimiento en Empacadora Toledo.

Termodinámica	Del griego θερμο-, <i>termo</i> , que significa «calor» y δύναμις, <i>dínamis</i> , que significa «fuerza» es la rama de la física que describe los estados de equilibrio a nivel macroscópico.
Termografía	Es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión, se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura.
Tubería	Es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos.
Trampa de vapor	Consiste en un dispositivo empleado en las redes de distribución de vapor para descargar agua condensada sin que se produzcan escapes de vapor.
Tratamiento químico	Este paso es usualmente combinado con procedimientos para remover sólidos como la filtración.

Ultrasonido

Es una onda acústica o sonora cuya frecuencia está por encima del espectro audible del oído humano (aproximadamente 20.000 Hz).

Vapor

Aquel gas que se puede condensar por presurización a temperatura constante o por enfriamiento a presión constante.

Válvula

Dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases, mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HACCP	Análisis de puntos críticos de control
Q	Calor
Ø	Diámetro
US\$	Dólares norteamericanos
E	Energía
S	Entropía
°C	Grados Celsius
°R	Grados Rankine
ΔU	Intercambio de trabajo
K	Kelvin
Kg / h	Kilogramo por hora
Kw / h	Kilowatt por hora
Mpa	Mega pascales
Ppm	Partes por millón
BHP	Potencia medida al freno
PSIg	Presión absoluta medida en libras por pulgada cuadrada
ASTM	Sociedad americana para pruebas y materiales
T	Temperatura
T/H	Tonelada por hora
TDS	Total de sólidos disueltos
W	Trabajo
VOSO	Ver, oír, sentir y oler

RESUMEN

En la industria en general, el vapor juega un papel fundamental debido a que existen diversas aplicaciones del mismo; por ejemplo, se puede utilizar en sistemas de cocción para la industria alimenticia, en sistemas de desinfección en hospitales y laboratorios o para sistemas de generación de energía eléctrica en plantas geotérmicas, entre otras.

La meta de lograr que el vapor que se genera se distribuya hacia los subsistemas con la mejor de las calidades posibles es un reto de grandes proporciones y utilidades a bajo costo de implementación. El presente trabajo de graduación trata sobre el rediseño de la red actual de distribución de vapor de Empacadora Toledo, S. A. este sistema si bien funcionó en condiciones aceptables cuando se contaba con las líneas bases de producción (formados de pollo y embutidos jamones en mayo de 1998)

Con la implementación de la línea de embutidos salchichas y la ampliación en un 50% de las líneas iniciales, el sistema de distribución de vapor actual se encuentra subdimensionado ocasionando caída de presión en las líneas principales de vapor, aumento de condensado en las líneas de operación de los equipos, fallas por humedad en mecanismos de trabajo (válvulas, reguladores, manómetros, etc) todo esto ha ocasionado baja eficiencia de los equipos de trabajo y ha ido disminuyendo la vida promedio del equipo generador de vapor (caldera)

En la metodología del presente trabajo de graduación, se utiliza la auditoria o inspección del sistema de distribución, encontrando que los problemas se representan en mala selección de válvulas para vapor, falta de aislamiento en lugares estratégicos, mal diseño de los tramos de tubería de distribución de vapor y falta de depósitos acumuladores de vapor (Manifold's) en áreas donde la demanda de vapor lo exige.

Con base a la aplicación de conceptos de termodinámica y con la ayuda de material suministrado por los mayores proveedores mundiales de accesorios y tuberías para vapor, se determina en base a criterio ingenieril y propio, el diseño y construcción de los Manifolds adecuados para las áreas donde se necesitan (Cocina de jamones y cocina de salchichas) cabe mencionar que actualmente no hay literatura o norma específica para el diseño de los Manifolds.

Por otro lado, se determina que el costo para la implementación del rediseño es de Q 19,632.00 con este valor se prevé que el ahorro se vea reflejado directamente en el consumo de combustible de la caldera, esto reduciría los arranques – paro de la caldera haciendo constante el funcionamiento de la misma.

Al final del reporte se concluye que el sistema debe rediseñarse en las áreas donde la demanda es mayor (mencionadas arriba) también debe crearse un indicador que relaciones el consumo de combustible versus la producción real, esto ayudará a que se justifique el aumento del consumo de bunker si y sólo si es directamente proporcional el aumento de las libras útiles a trasladar. Por otro lado, se determina que a raíz de la última administración de la gerencia de mantenimiento se crean planes completos de mantenimientos preventivos a

equipos y sistemas de distribución de vapor, ocasionando que el daño por falta de capacidad no impacte en la frecuencia de falla de los equipos.

Al final el costo de implementación es menor comparando con la oportunidad de mejora en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos y sistemas de distribución de vapor.

OBJETIVOS

General

Describir un sistema de generación de vapor y su distribución hacia los usuarios, detallando los elementos que utiliza un sistema ideal para su mejor desempeño.

Específicos

1. Determinar el consumo actual de combustible (bunker) y el costo de la libra de vapor/hora que produce las calderas de la empresa para la comparación con las mejoras aplicadas.
2. Proporcionar una amplia información de cómo funciona específicamente un sistema de vapor y los elementos que lo conforman además de resaltar la importancia de la función que desempeña el sistema de distribución de vapor.
3. Comprobar el ahorro y el mejor desempeño del sistema en base a la ingeniería aplicada en el rediseño del mismo.

INTRODUCCIÓN

En la industria alimenticia (y en cualquier otra industria) los sistemas de generación y distribución de vapor juegan un papel importante para el cumplimiento de normas internacionales de proceso, bioseguridad y eficiencia térmica. Por lo tanto es necesario contar con un sistema de generación en óptimas condiciones de operación y sobre todo, que el sistema de distribución de vapor esté diseñado de forma óptima y con probabilidad de expansión futura.

La pérdida de eficiencia en la entrega de vapor hacia los usuarios impacta directamente en el consumo de combustible (diesel, bunker, etc) producto del funcionamiento errático ya que trabaja más tiempo en fuego alto para alcanzar la presión de la línea, en el tratamiento químico de las calderas debido a que se incrementan las purgas de sólidos disueltos y de fondo; por último reduce la vida del equipo y de las redes de distribución.

El mal diseño en lugar de beneficiar al sistema de distribución por el contrario lo obstruye ya que se comporta como un usuario más del sistema que necesita de un mayor trabajo para poder operar. La selección de válvulas y trampas de vapor juegan un papel de importancia en este proyecto, si están sobre dimensionadas no cumplen su función y ocasionan pérdidas de condensado y disminuye la calidad de vapor, de estar subdimensionadas provocan una operación constante ya que el diseño del fabricante en cuanto al trabajo de la trampa es menor comparado con el trabajo real de la línea de distribución.

Este proyecto considera específicamente del rediseño del sistema actual de distribución de vapor de la planta procesadora de Empacadora Toledo; este sistema fue diseñado en su momento para satisfacer las necesidades de una línea de producción (embutidos jamones) actualmente se cuenta con las líneas de producción que utilizan vapor para su proceso (embutidos salchichas, embutidos chorizos y formados; éste último utiliza vapor para la limpieza de los hornos)

1. ANTECEDENTES GENERALES

Planta procesadora dedicada a la elaboración de alimentos cárnicos derivados del cerdo y el pollo. Cuenta con una diversidad de tipos de productos, encontrándose entre ellos las carnes ahumadas, empanizados de pollo y embutidos de cerdo y pollo (jamones y salchichas)

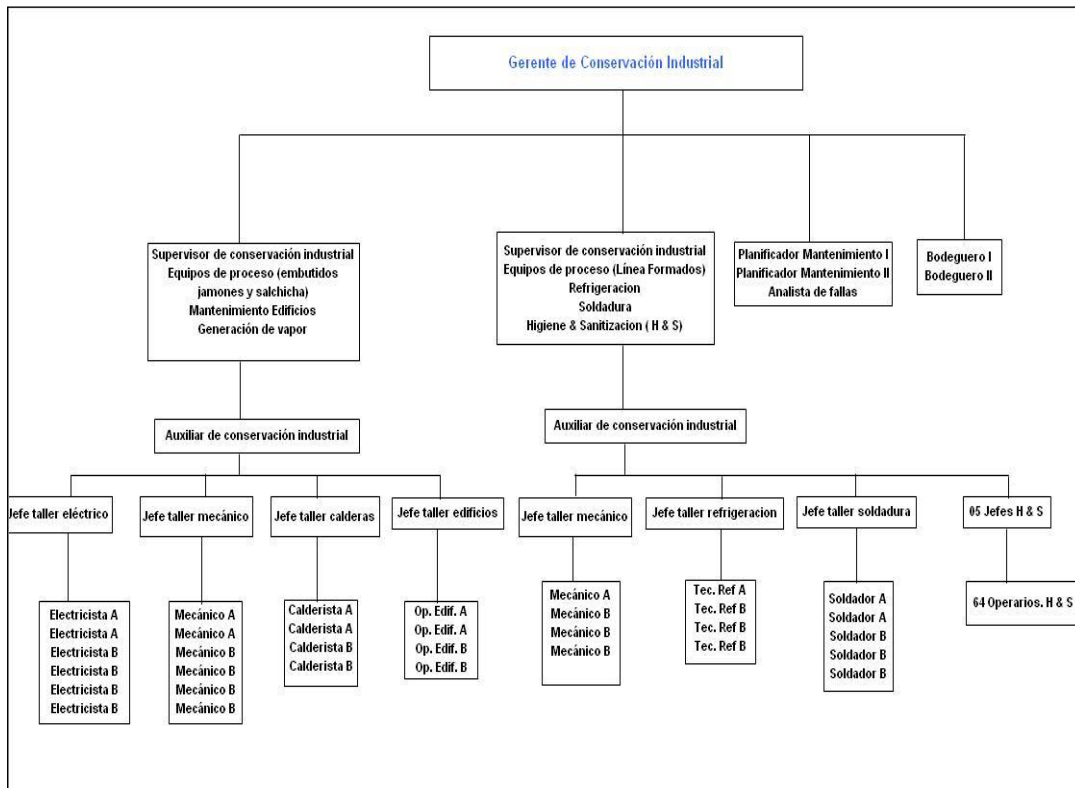
1.1. Localización geográfica de la empresa

Empacadora Toledo, S. A. se encuentra ubicada en el municipio de Amatitlan en la 1ra. avenida, 10 – 31 barrio Ingenio.

1.2. Organigrama actual de la empresa

La empresa consta de un organigrama basado en la siguiente línea de jerarquía: un director de procesamiento, gerentes acorde al área específica de la planta (conservación industrial, producción, administración, etc.) supervisores y auxiliares de supervisión en las áreas mencionadas y personal operativo de proceso. Para efectos de interés, en este trabajo de graduación se hace referencia al organigrama de conservación industrial.

Figura 1. Organigrama de la empresa Empacadora Toledo, S.A.



Fuente: elaboración propia.

1.3. Descripción de la empresa

Empresa perteneciente a la División Industrial Pecuaria de la Corporación Multi-Inversiones dedicada al ramo del procesamiento posterior.

1.3.1. Historia

Empacadora Toledo, S. A. inició operaciones en 1972 como una extensión de Avícola Villalobos en la calzada Aguilar Batres de la zona 12 de la ciudad de Guatemala; empresa líder en el rubro de productos cárnicos embutidos; con

equipo de última generación de tecnología de procesamiento, de origen europeo y norteamericano.

La planta cuenta con la certificación HCCP (Hazard Analysis of Critical Control Points) que garantiza la inocuidad (libre de contaminación) de todos los productos que se elaboran en la planta.

Actualmente, la conforman las siguientes líneas de producción: formados de pollo (empanizados de pollo), embutidos jamones (jamones finos y populares, piernas ahumadas y carnes preparadas) y embutidos salchichas (chorizos, longanizas y salchichas de cerdo y pollo). Toledo cubre el mercado centroamericano a excepción de Nicaragua y maquila productos para marcas reconocidas como Pollo Campero, Pollo Indio de El Salvador y Dominos Pizza, entre las más importante.

1.3.2. Visión

“Consolidarnos como la empresa modelo de alimentos procesados que garanticen el suministro de productos de las marcas líderes de DIP satisfaciendo las expectativas del cliente y alcanzando una alta rentabilidad para los accionistas”.

1.3.3. Misión

“Somos un equipo de trabajo multidisciplinario, competitivo, motivado y comprometido, que se desempeña en las áreas productivas y de apoyo de las plantas de procesamiento posterior de DIP. Nuestro propósito fundamental es satisfacer las expectativas de nuestros clientes e inversionistas con productos y

servicios de alta calidad. A través de nuestra eficiencia y mejora continua, apoyados en nuestros valores corporativos”.

1.4. Departamento de conservación industrial

Departamento encargado de garantizar la disponibilidad de los equipos con base a la programación de mantenimientos preventivos y correctivos programados; optimización del inventario de repuestos, monitoreos de condición VOSO y modificaciones en equipos en pro del mejoramiento del funcionamiento de proceso. Análisis de fallas y determinación de la solución adecuada en base a la ingeniería en sus diferentes ramas.

La herramienta más importante del departamento es la comunicación entre áreas y jefaturas por medio de reuniones diarias y/o semanales brindando el seguimiento respectivo a los trabajos programados. La herramienta en cuanto a la gestión del mantenimiento es el *Software Máximo*, por medio del cual se puede monitorear el avance y estado de los trabajos planificados.

1.4.1. Misión y visión de CI

Misión: somos un equipo de trabajo multidisciplinario, competitivo, motivado y comprometido que administra la Conservación Industrial de las áreas productivas.

También es de apoyo de las plantas de Procesamiento Industrial de Empacadora Toledo, S.A., para garantizar una alta disponibilidad de los activos, acorde a los objetivos de producción y calidad de la empresa.

Es necesario apoyarse en personal capacitado y proactivo y en un sistema de gestión de mantenimiento de clase mundial.

Nuestro propósito principal es optimizar los recursos de mantenimiento, para mejorar las utilidades de los accionistas, impulsar el desarrollo profesional y el bienestar económico de nuestros colaboradores y la protección integral del medio ambiente

Visión: consolidarnos como el Departamento de Conservación Industrial que, aplicando la tecnología, el recurso humano y la pro-actividad sea el modelo de efectividad de clase mundial de DIP.

1.4.2. Atribuciones del departamento

Realizar un plan de mantenimiento preventivo anual o mayor (semestral) con base a la criticidad de los equipos; planes de mantenimiento preventivo semanal o quincenal en las ramas mecánicas, eléctricas y/o refrigeración; coordinación de la logística de frentes de trabajo, creación de planes específicos de mantenimientos mayores a equipos de proceso, rutas de monitoreos de condición VOSO (ver, oír, sentir, oler), ultrasonido y termografía, análisis y optimización de un *stock* de repuestos para diferentes equipos y similares.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR

Aspectos propios de la ciencia y la ingeniería en los cuales se basa la mayor parte de los descubrimientos y aportes más importantes de este siglo.

2.1. Principios termodinámicos de la generación de vapor

La termodinámica es una rama tanto de la física como de la química. Los científicos que trabajan en estos campos han desarrollado los principios básicos que rigen el comportamiento físico y químico de la materia con respecto a la energía. Además, las relaciones básicas entre las propiedades de la materia que se ven alterada por las interacciones energéticas han evolucionado.

Por otro lado, para estudiar y diseñar sistemas energéticos, los ingenieros utilizan esta información básica como parte de la ingeniería. La termodinámica es una ciencia que comprende el estudio de las transformaciones energéticas y de las relaciones entre las propiedades físicas de las sustancias afectadas por dichas transformaciones.

Existen dos métodos para estudiar las propiedades termodinámicas de la materia. La termodinámica clásica implica estudios llevados a cabo sin recurrir a la naturaleza de las partículas individuales que constituyen una sustancia, ni a sus interacciones. Éste es un punto de vista microscópico de la materia, no requiere ninguna hipótesis sobre la estructura detallada de la materia a escala atómica.

El segundo método, denominado termodinámica estadística, se basa en el comportamiento estadístico de grandes grupos de partículas individuales este es un punto de vista microscópico de la materia.

Se postula que los valores de las propiedades microscópicas (tales como presión, temperatura y densidad entre otras) que se miden directamente o se derivan de otras reflejan simplemente alguna clase de promedio estadístico de un grupo enorme de partículas.

Cinco leyes o postulados son los que gobiernan el estudio de las transformaciones energéticas y la relación entre propiedades. Dos de ellas, las leyes primera y segunda, de forma directa o indirecta están relacionadas con la energía. Por tanto tienen una importancia fundamental en los estudios de ingeniería sobre las transformaciones y el uso de la energía. Los tres enunciados restantes (la ley cero, la tercera ley y el postulado de estado) están relacionados con las propiedades termodinámicas.

A continuación se realiza un breve repaso a las leyes de la termodinámica:

Ley cero de termodinámica: cuando dos sistemas están en equilibrio mutuo, comparten una determinada propiedad. Esta propiedad se puede medir, y se le puede asignar un valor numérico definido. Una consecuencia de ese hecho es el principio cero de la termodinámica, que afirma que si dos sistemas distintos están en equilibrio termodinámico con un tercero, también tienen que estar en equilibrio entre sí. Esta propiedad compartida en el equilibrio es la temperatura.

Si uno de estos sistemas se pone en contacto con un entorno infinito que se encuentra a una temperatura determinada, el sistema acabará alcanzando el

equilibrio termodinámico con su entorno, es decir, llegará a tener la misma temperatura que éste. En otras palabras, establece que si un sistema A está en equilibrio térmico con un sistema B, y este sistema B está en equilibrio térmico con otro sistema C, entonces los sistemas A y C están en equilibrio térmico; en pocas palabras, la energía de dos cuerpos se intercambia hasta que su temperatura sea igual a la ambiental.

Primera ley de la termodinámica: cuando un sistema cerrado (masa de control) se altera adiabáticamente, el trabajo neto asociado con el cambio de estado es el mismo para todos los procesos posibles entre los dos estados de equilibrios dados. El primer principio es una ley de conservación de la energía.

Afirma que, como la energía no puede crearse ni destruirse, la cantidad de energía transferida a un sistema en forma de calor más la cantidad de energía transferida en forma de trabajo sobre el sistema debe ser igual al aumento de la energía interna del sistema. El calor y el trabajo son mecanismos por los que los sistemas intercambian energía entre sí.

Este enunciado supone formalmente definido el concepto de trabajo termodinámico, y sabido que los sistemas termodinámicos sólo pueden interaccionar de tres formas diferentes (interacción material, interacción en forma de trabajo e interacción térmica).

En general, el trabajo es una magnitud física que no es una variable de estado del sistema, dado que depende del proceso seguido por dicho sistema. Este hecho experimental, por el contrario, muestra que para los sistemas cerrados adiabáticos, el trabajo no va a depender del proceso, sino tan solo de los estados inicial y final. En consecuencia, podrá ser identificado con la

variación de una nueva variable de estado de dichos sistemas, definida como energía.

Se define entonces la energía, E , como una variable de estado cuya variación en un proceso adiabático es el trabajo intercambiado por el sistema:

$$\Delta U = + W$$

Cuando el sistema cerrado evoluciona del estado inicial A al estado final B pero por un proceso no adiabático, la variación de la energía debe ser la misma, el trabajo intercambiado será diferente del trabajo adiabático anterior. La diferencia entre ambos trabajos debe haberse realizado por medio de interacción térmica. Se define entonces la cantidad de energía térmica intercambiada Q (calor) como:

$$Q = \Delta U - W$$

Esta definición suele identificarse con la ley de la conservación de la energía y, a su vez, identifica el calor como una transferencia de energía. Es por ello que la ley de la conservación de la energía se utilice, fundamentalmente por simplicidad, como uno de los enunciados de la primera ley de la termodinámica: la variación de energía de un sistema termodinámico cerrado es igual a la diferencia entre la cantidad de calor y la cantidad de trabajo intercambiados por el sistema con sus alrededores.

En su forma matemática más sencilla se puede escribir para cualquier sistema cerrado:

$$\Delta U = Q + W$$

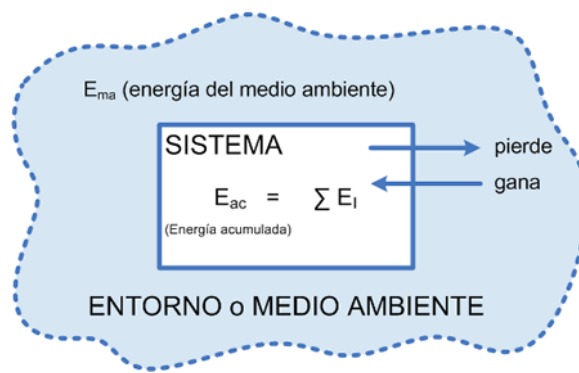
Donde:

ΔU es la variación de energía del sistema,

Q es el calor intercambiado por el sistema, y

W es el trabajo intercambiado por el sistema a sus alrededores.

Figura 2. **Primera Ley de Termodinámica**



Fuente: [//www.textoscientificos.com/quimica/termodinámica](http://www.textoscientificos.com/quimica/termodinamica). Consulta: 03 octubre 2009.

Segunda Ley de la Termodinámica: Aunque hay bastante enunciados alternativos de la segunda ley, los enunciados de Kelvin – Planck y de Clausius son probablemente los de uso más frecuente en cursos de termodinámica, para ingenieros.

Una razón es el hecho que los enunciados están muy ligados al comportamiento de los dispositivos reales de la ingeniería, tales como los motores térmicos, las máquinas frigoríficas, los acondicionadores de aire y las bombas de calor; los cuales se definen a continuación:

Enunciado de Kelvin – Planck: no es posible que un dispositivo que funcione cíclicamente reciba energía, mediante transferencia de calor sólo

desde una fuente térmica y entregue una cantidad equivalente de energía en forma de trabajo al entorno.

Enunciado de Clausius: es imposible que un dispositivo cíclico funcione de tal manera que, el único efecto sea transferir calor desde un cuerpo frío a otro a mayor temperatura.

En resumen, la segunda ley expresa, en una forma concisa que, "La cantidad de entropía de cualquier sistema aislado termodinámicamente tiende a incrementarse con el tiempo". Más sencillamente, cuando una parte de un sistema cerrado interacciona con otra parte, la energía tiende a dividirse por igual, hasta que el sistema alcanza un equilibrio térmico.

Figura 3. **Segunda Ley de la Termodinámica**

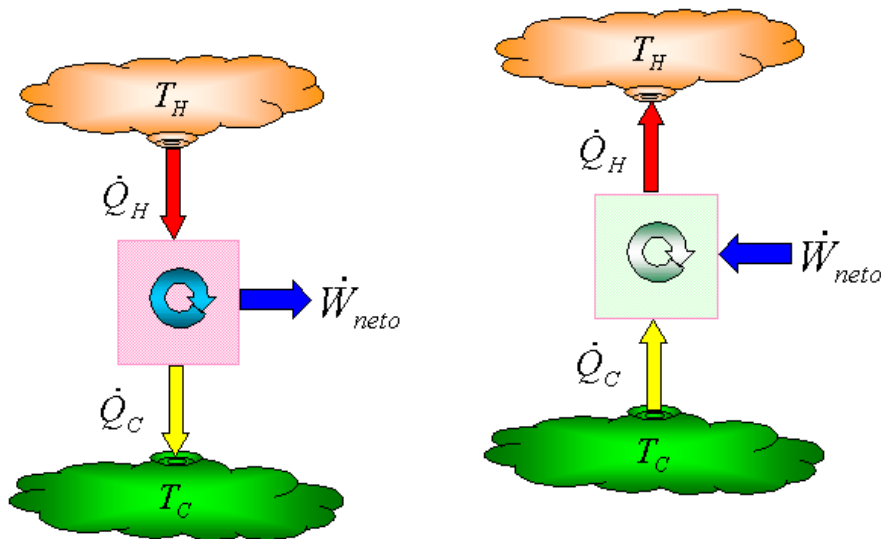


Fig. 1. Motor térmico.

Fig. 1. Refrigerador/ Bomba de calor.

Fuente: <http://alquimiayciencias.blogspot.com/un-mundo-sin-la-2-da-ley-de.html>. Consulta: 05 noviembre 2009.

Tercera ley de la termodinámica: está basada en la evidencia experimental establece que la variación de entropía en procesos isotérmicos en el cero absoluto de temperatura es cero. Un estudio más profundo ha llevado al enunciado siguiente: por convenio, la entropía de una sustancia pura cristalina se toma igual a cero en el cero absoluto de la temperatura, 0 K o 0°R. La tercera ley lleva también por si misma a la conclusión de que la entropía de las sustancias cristalinas a la temperatura del cero absoluto no es función de la presión. En conclusión:

- Al llegar al cero absoluto (0 K) cualquier proceso de un sistema se detiene
- Al llegar al 0 absoluto (0 K) la entropía alcanza un valor constante

2.2. Ciclos de potencia

Existen los ciclos de potencia de vapor, gas y refrigeración; para este trabajo los de interés son los ciclos de vapor que se describen a continuación:

El ciclo Rankine: es un ciclo de potencia que opera con vapor. Éste es producido en una caldera a alta presión luego es llevado a una turbina donde produce energía cinética, donde perderá presión. Su camino continúa al seguir hacia un condensador, donde el vapor remanente cambia al estado líquido. Posteriormente, es succionado por una bomba que aumentará la presión del fluido para ingresarlo nuevamente a la caldera.

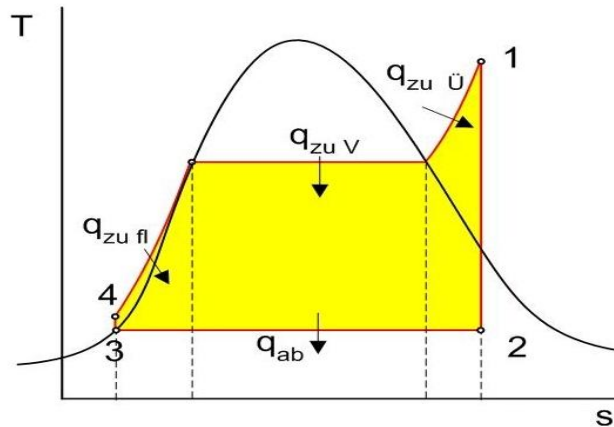
Existen algunas mejoras al ciclo, como por ejemplo agregar sobrecalentadores a la salida de la caldera que permitan obtener vapor sobrecalentado para que entre a la turbina y aumentar así el rendimiento del ciclo. El diagrama T-S de un ciclo de Rankine, mostrando el proceso no-ideal. Existen cuatro procesos distintos en el desarrollo del ciclo, los cuales van

cambiando el estado del fluido. Estos estados quedan definidos por los números del 1 al 4 en el diagrama T-S, los procesos que tenemos son los siguientes (suponiendo ciclo ideal con procesos internamente reversibles):

- Proceso 1-2: expansión isentrópica del fluido de trabajo en la turbina desde la presión de la caldera hasta la presión del condensador.
- Proceso 2-3: transmisión de calor desde el fluido de trabajo al refrigerante a presión constante en el condensador hasta el estado de líquido saturado.
- Proceso 3-4: compresión isentrópica en la bomba. En él se aumenta la presión del fluido mediante un compresor o bomba, al que se le aporta un determinado trabajo.
- Proceso 4-1: transmisión de calor hacia el fluido de trabajo a presión constante en la caldera.

En la realidad, los procesos no son internamente reversibles, se tiene distintas irreversibilidades y pérdidas, lo que se refleja en que los procesos no son isentrópicos, aunque se supone 1, 2 y 4 isentrópicos para conocer el rendimiento de la turbina y el compresor respectivamente.

Figura 4. Diagrama T-S de un ciclo Rankine

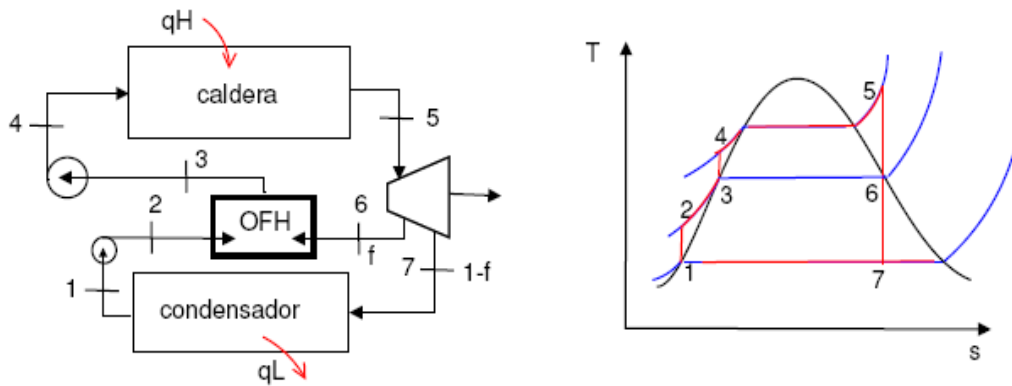


Fuente: <http://guerreroriosvictoradolfo.blogspot.com/2009/11/tema-de-exposicion.html>.
Consulta: 05 noviembre 2009.

Ciclo Rankine regenerativo: en esta variación se introduce un nuevo elemento al ciclo, un calentador abierto. Este elemento consiste en un intercambiador de calor por contacto directo, en el cual se mezclan dos corrientes de agua para dar una corriente de temperatura intermedia. De las dos corrientes que entran al calentador una proviene de una extracción de vapor de la turbina y la otra del condensador (sufre la expansión total). Como las presiones en el calentador han de ser iguales, se añade una bomba después del condensador para igualar la presión de la parte del vapor que ha sufrido la expansión completa a la de la extracción.

En esta variación del ciclo de Rankine, se encuentran ventajas respecto al ciclo simple como un aumento del rendimiento y una reducción del aporte de calor a la caldera. Pero por otro lado, encontrará inconvenientes como una reducción de la potencia de la turbina y un aumento de la complejidad de la instalación, ya que se añadirá a la instalación una bomba más y un mezclador de flujos.

Figura 5. **Ciclo Rankine regenerativo**

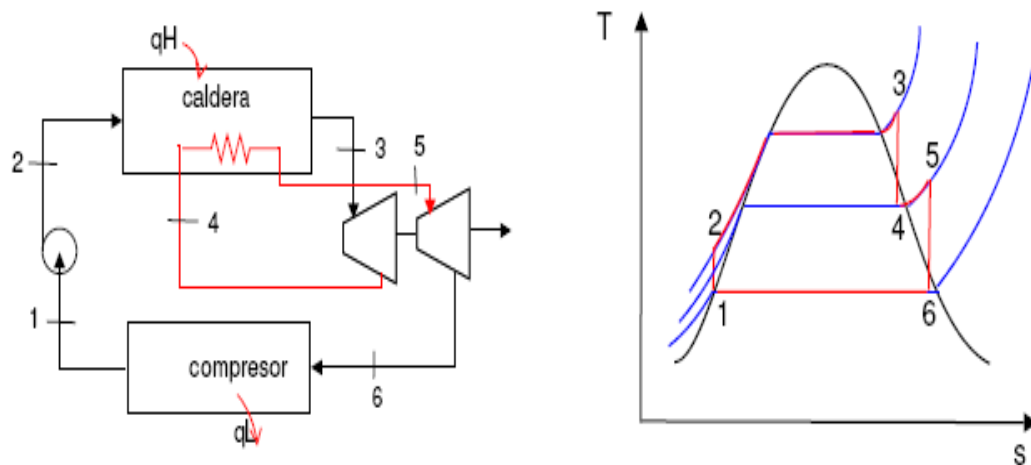


Fuente: [//www.monografias.com/trabajos7/rank/rank.html](http://www.monografias.com/trabajos7/rank/rank.html). Consulta: 05 noviembre 2010.

Ranking con recalentamiento: sí para aumentar la eficiencia del ciclo Rankine se recurre a la posibilidad de aumentar la presión durante la adición de calor, habrá un aumento en el contenido de humedad del vapor cuando éste se expanda en las últimas etapas de una turbina (5).

Para aprovechar el incremento en la eficiencia con presiones mayores y evitar la formación de humedad al final de la expansión, el vapor es extraído en su totalidad en una etapa de presión intermedia y recalentado en la caldera, hasta una temperatura media llevándolo posteriormente a una nueva expansión.

Figura 6. **Ciclo Rankine recalentado**



Fuente: [//www.monografias.com/trabajos7/rank/rank.html](http://www.monografias.com/trabajos7/rank/rank.html). Consulta: 05 noviembre 2009.

2.3. Aplicaciones de vapor en la industria

Existe una diversidad de aplicaciones en cuanto al vapor; las más utilizadas en Guatemala son para la generación de energía eléctrica, por medio de calderas de combustible (hidrocarburos y biomasa) y plantas geotérmicas. En la industria alimenticia (nuestro caso) se utiliza para la generación de vapor en hornos de cocción y secado de productos, marmitas, autoclaves y para la limpieza de algunos equipos de proceso. A continuación una breve reseña de las aplicaciones del vapor en la industria.

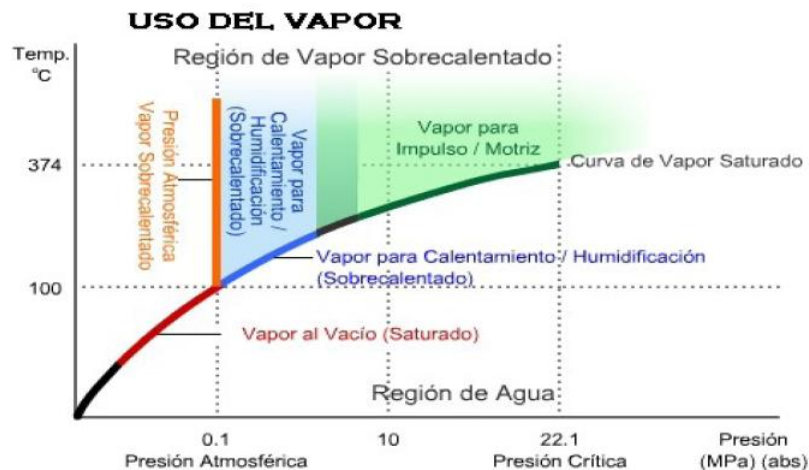
- Vapor de presión positiva: Este es el tipo de vapor más típicamente utilizado en plantas / fábricas, ampliamente utilizado para calentamiento y humidificación en equipos, tales como, intercambiadores de calor y evaporadores; es normalmente utilizado entre 0.1 - 5 Mpa (abs) y a una temperatura entre 110 - 250 °C.

- En muchos casos, el vapor es utilizado en el estado saturado, conocido como vapor saturado, porque la relación entre la presión y la temperatura es fija y es posible el calentamiento rápido por medio del calor latente. En la industria de procesamiento de alimentos, el vapor sobrecalentado es algunas veces utilizado como la fuente de calor para cocimiento y secado/deshidratado. El vapor sobrecalentado entre 200 - 800 °C a presión atmosférica, es particularmente fácil de manejar y es utilizado hoy en día en hornos de vapor para uso doméstico.
- Vapor al vacío: el uso de vapor a temperaturas por debajo de los 100 °C y a presión atmosférica, el cual es tradicionalmente usado como medio de calentamiento en el rango de temperaturas, para los cuales se utiliza agua caliente, el cual ha crecido rápidamente en años recientes.
- Cuando se utiliza vapor saturado de la misma manera que el vapor de presión positiva, la temperatura del vapor puede ser cambiada rápidamente ajustando la presión, por lo que es posible lograr una precisión en el control de la temperatura que no es posible con agua caliente. Sin embargo, una unidad de generación de vacío tiene que ser utilizada en conjunto con el equipo, ya que por el solo hecho de reducir la presión no provocará su caída por debajo de la presión atmosférica.
- Vapor para impulso / movimiento: este tipo de vapor es usado para propulsión (Como una fuerza motriz), en aplicaciones tales como: turbinas de vapor. Un ejemplo de ésta, que en el pasado habría sido familiar para la mayoría de las personas es la locomotora de vapor, pero en años recientes el uso de vapor como una fuerza motriz; en el entorno cercano se ha hecho bastante rara.

La turbina de vapor es un equipo esencial en una planta de energía termoeléctrica, en un esfuerzo para mejorar la eficiencia, para esto, se ha hecho avances hacia el uso de vapor cada vez con mayores presiones y temperaturas. Hay algunas plantas de energía termoeléctrica que usan 25 MPa (abs) y 610 °C de vapor sobrecalentado, lo que significa una presión de vapor supercrítica en sus turbinas.

Con el fin de prevenir daños a la turbina de vapor, causados por la entrada de condensado, el uso de vapor húmedo es evitado y en la mayoría de los casos se utiliza vapor sobrecalentado. En plantas nucleares, el uso de vapor con alta temperatura tiene que ser evitado, ya que podría causar problemas con los materiales utilizados en el equipo de la turbina, por lo que es utilizado típicamente vapor saturado a alta presión.

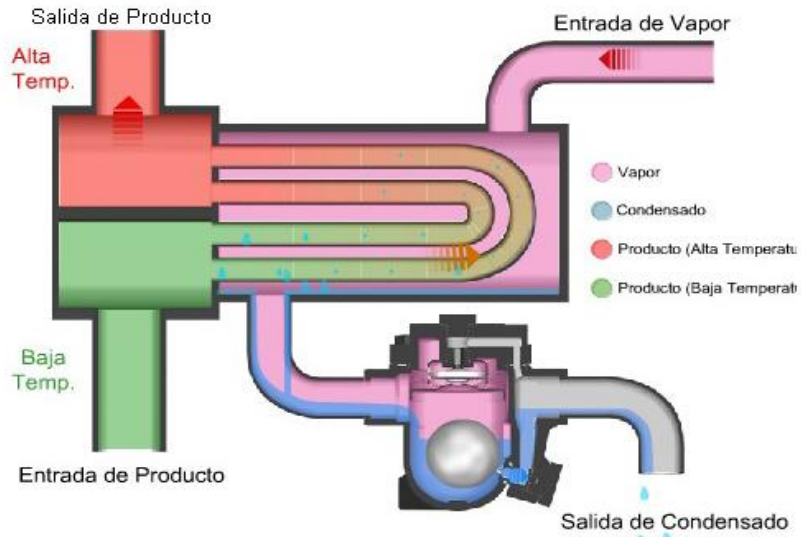
Figura 7. **Aplicación de vapor en la industria**



Fuente: <http://symonsen.com/pages/10/noti/16.html>. Consulta: 13 octubre 2009.

Figura 8. Vapor saturado para calentamiento

Vapor (Saturado) para Calentamiento / Humidificación: Intercambiador de Calor de Tubos y Coraza



Fuente: <http://symonsen.com/pages/10/noti/16.html>. Consulta: 13 octubre 2009.

Figura 9. Vapor para uso doméstico



Fuente: <http://symonsen.com/pages/10/noti/16.html>. Consulta: 13 octubre 2009.

2.4. Tipos de calderas

Las calderas, en sus vertientes de vapor y agua caliente, están ampliamente extendidas tanto para uso industrial como no industrial, encontrándose en cometidos tales como, generación de electricidad, procesos químicos, calefacción, agua caliente sanitaria, etc, estos ejemplos muestran la complejidad que puede tener una caldera y que haría muy extenso la descripción de los elementos que se integran en ellas.

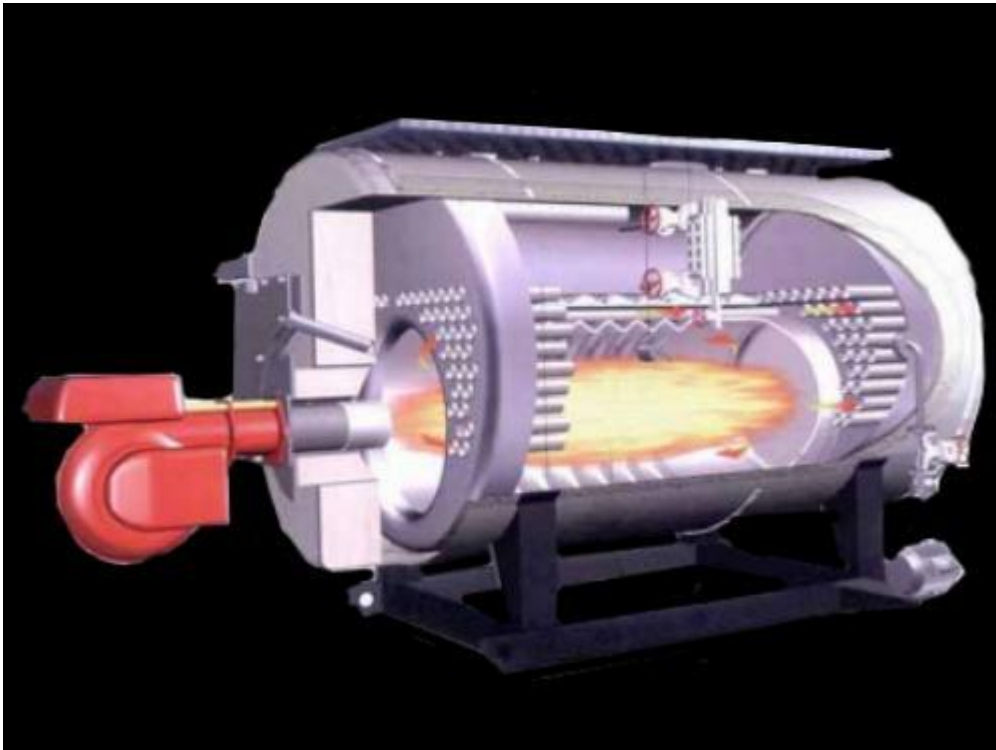
Las calderas se dividen en pirotubulares y acuotubulares en su calcificación principal. Por otro lado, las calderas también se clasifican por el tipo de combustible que utilizan para su generación de vapor. Entre estos combustibles están los líquidos derivados del petróleo (diesel, bunker C, etc) los gases (gas natural y gas licuado de petróleo GLP) así como los sólidos (carbón, leña y cáscara de café; mejor conocidos como biomasa) para este trabajo se centrará en las calderas pirotubulares que utilizan Bunker C, para su generación de vapor.

2.4.1. Calderas pirotubulares

Se denominan pirotubulares por ser los gases calientes procedentes de la combustión de un combustible, los que circulan por el interior de tubos cuyo exterior esta bañado por el agua de la caldera. El combustible se quema en un hogar, en donde tiene lugar la transmisión de calor por radiación. Los gases resultantes, se les hace circular a través de los tubos que constituyen el haz tubular de la caldera, y donde tiene lugar el intercambio de calor por conducción y convección. Según sea una o varias las veces que los gases pasan a través del haz tubular, se tienen las calderas de uno o de varios pasos.

En el caso de calderas de varios pasos, en cada uno de ellos, los humos solo atraviesan un determinado número de tubos, cosa que se logra mediante las denominadas cámaras de humos. Una vez realizado el intercambio térmico, los humos son expulsados al exterior a través de la chimenea.

Figura 10. **Caldera pirotubular**

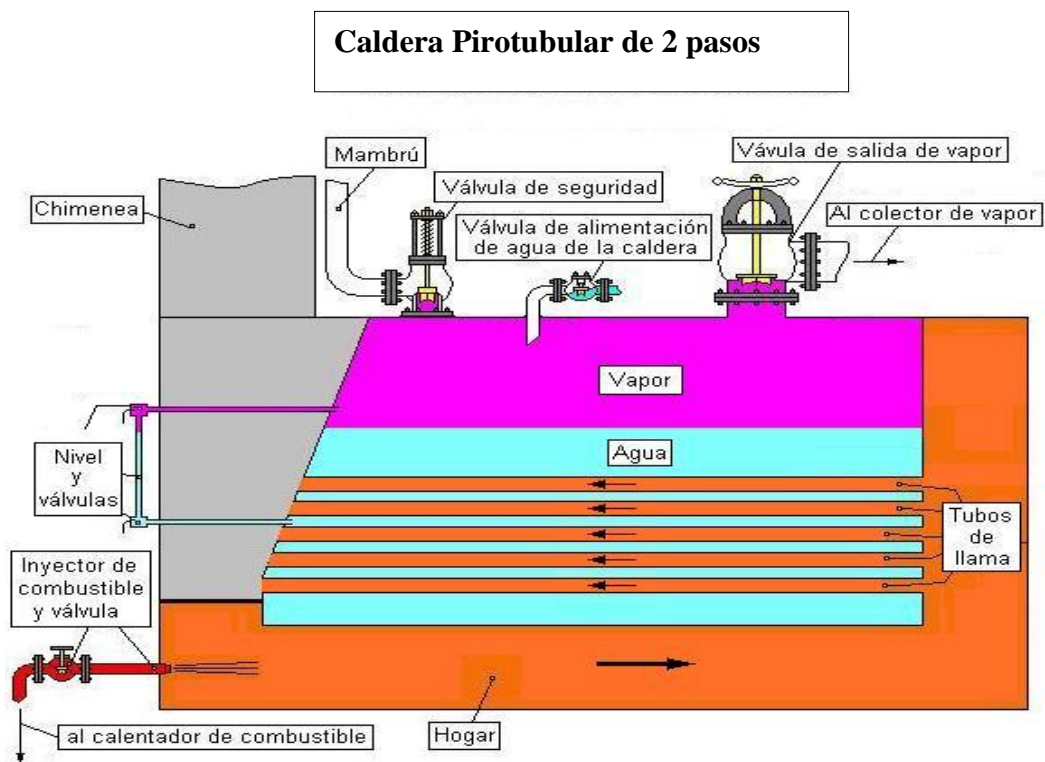


Fuente: http://grupos.emagister.com/debate/tipos_de_quemadores_para_calderaspirotubulares/1_044-13970. Consulta: 15 octubre 2009.

En el funcionamiento de la caldera pirotubular, los gases pasan por el interior de tubos sumergidos en el interior de una masa de agua, todo ello rodeado por un cuerpo o carcasa exterior. Los gases al atravesar los tubos ceden su calor sensible al agua que los rodea produciéndose la vaporización en las proximidades de los tubos, los gases puede recorrer varias veces la longitud de la caldera; tal como se muestra en la figura superior.

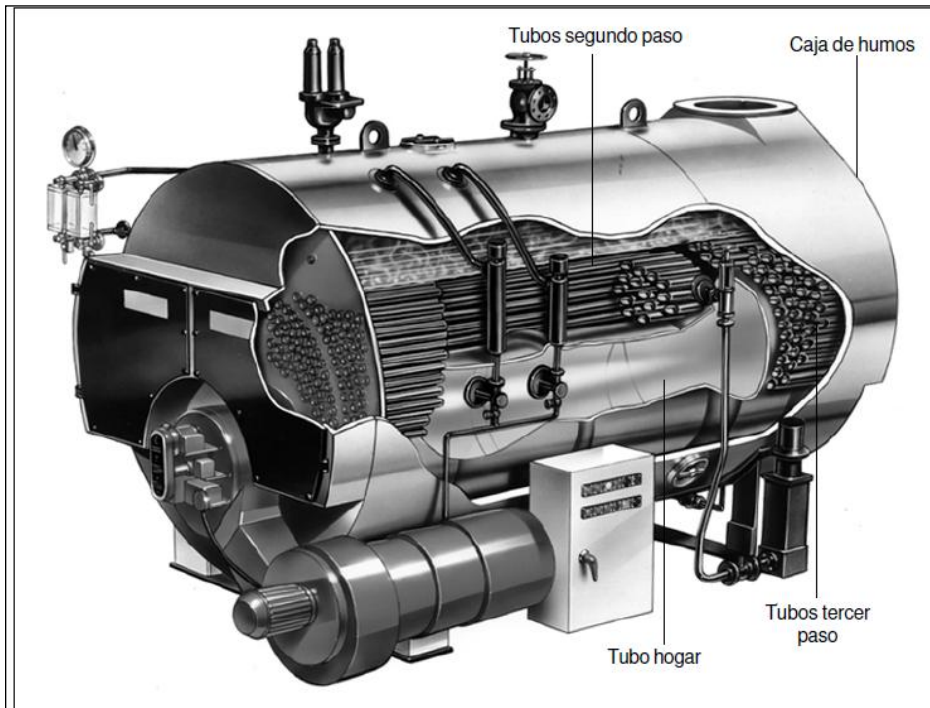
El diseño está limitado por la presión del vapor, ya que las presiones superiores a 25 bar obligarían a usar fuertes espesores de flanges o bridas. La producción de vapor alcanza como máximo 35 t/h.

Figura 11. **Caldera pirotubular de 2 pasos**



Fuente: Guía de vapor para la industria, CONAE 2002.

Figura 12. **Elementos de una caldera pirotubular**



Fuente: Spirax Sarco Calderas TR-GCM-04 CM Issue 2.

2.4.2. Calderas acuotubulares

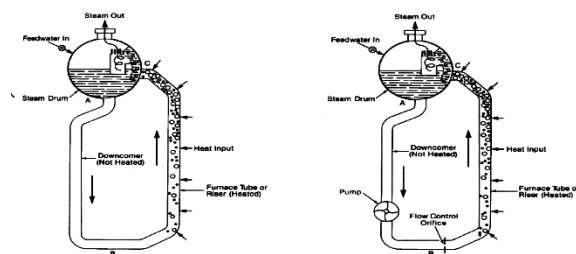
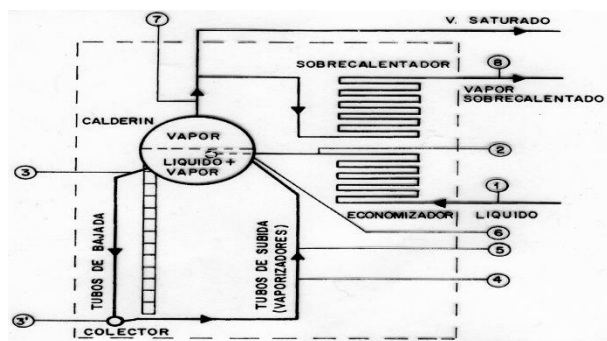
El fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente, y es atravesado por tubos, por los cuales circula gases a alta temperatura producto de un proceso de combustión, son utilizadas para altas presiones (arriba de 350 psi) de operación de vapor en la industria, generalmente se utilizan en la industria azucarera (ingenios) generación de electricidad en estaciones geotérmicas.

A continuación se describe el funcionamiento de una caldera acuotubular; el agua líquida entra al economizador (1), donde se calienta hasta una temperatura próxima a la de saturación (2), se introduce en el calderín y desciende por los tubos de riego (3-3') hasta el colector inferior, distribuyéndose

hacia los tubos vaporizadores, donde se forman las burbujas de vapor (4-5) que a su vez se separan en el calderín (6).

El vapor saturado (7) puede calentarse por encima de su temperatura de saturación en el sobre-calentador (8). La circulación del agua por los tubos de bajada (riegos) y de subida (vaporizadores) puede ser por convección natural, debido a la diferencia de densidades (izquierda), o forzada mediante una bomba (derecha) [2].

Figura 13. Diagrama de una caldera acuotubular



Fuente: <http://www.atmosferis.com/circulacion-natural-en-calderas.html>. Consulta: 15 octubre 2009.

2.5. Accesorios que conforman un sistema de generación de vapor

En el diseño e instalación de redes de distribución de vapor, los elementos principales que deben estar presentes son los siguientes: tuberías de distribución de vapor, aislamiento o insulación de las mismas, válvulas (operación de vapor), indicadores de variables (manómetros, termómetros, medidores de nivel, etc), trampas para vapor (retorno de condensado) tanque de condensado.

2.5.1. Tuberías de distribución

Son las encargadas del transporte del vapor, por ello, deben ser cuidadosamente diseñadas y cumplir todas las normas de seguridad establecidas en cuanto a su selección (espesor o cédula, material de fabricación, presiones máximas de operación)

Estas tienen la tarea de transportar el vapor a la misma presión de salida de la caldera al usuario más lejano de la misma, por lo tanto, no deben tener una caída de presión mayor a una unidad por debajo de la presión original; por ejemplo, si la presión de la línea fuese 120 psi, en el tramo más lejano la presión mínima medida antes del equipo a operar debiera ser de 119 psi. En el caso de ser sobredimensionadas, se comportarán como un usuario más para la caldera y de estar subdimensionadas ocasionarían fugas constante y accidentes, al personal y a las instalaciones.

2.5.2. Aislamiento o insulación

Es el método con el cual se trata de aislar térmicamente una superficie, reduciendo la transferencia de calor hacia o desde el ambiente, mediante el uso

de materiales aislantes o de baja conductividad térmica. En resumen, su función es mantener el calor alrededor de la tubería y evitar que el vapor que circule por la misma, se condense debido al diferencial de temperatura entre el vapor de tubería y el ambiente; estas se encuentran en diversas presentaciones, se puede mencionar caños o cañuelas de fibra de vidrio, fibra cerámica, etc.

Además, tiene una cobertura metálica que es la encargada de la protección mecánica y el desarme para el mantenimiento o reparación de los elementos aislados; estas protecciones pueden ser de acero galvanizado, acero inoxidable y aluminio.

2.5.3. Tipos de válvulas (valvulería)

Estos accesorios son los encargados de permitir o bloquear el paso del vapor hacia las tuberías o equipos dependiendo la aplicación.

Este es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases por medio de una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas pueden ser de varios tipos, según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. Las válvulas del movimiento lineal en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje, se clasifican como se especifica a continuación.

- Válvula de globo: Siendo de simple asiento, de doble asiento y de obturador equilibrado respectivamente.

- Válvula en ángulo: permite obtener un flujo de caudal regular sin excesivas turbulencias y es adecuada para disminuirla erosión cuando esta es considerable por las características del fluido o por la excesiva presión diferencial.
- Válvula de tres vías: este tipo de válvula se emplea generalmente para mezclar fluidos, o bien para derivar un flujo de entrada dos de salidas.
- Válvula de jaula: consiste en un obturador cilíndrico que desliza en una jaula con orificios adecuados a las características de caudal deseadas en la válvula.
- Válvula de compuerta: esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido.
- Válvula en Y: es adecuada como válvula de cierre y de control. Como válvula todo-nada se caracteriza por su baja pérdida de carga y como válvula de control presenta una gran capacidad de caudal.
- Válvula de Cuerpo Partido: es una modificación de la válvula de globo de simple asiento, tiene el cuerpo partido en dos partes, está presionando el asiento.
- Válvula reguladora de presión diferencial: el resorte unido a un vástago, es forzado contra un resalte del cuerpo cierra parcialmente el paso del fluido, obteniendo una presión menor a la de la entrada relacionada directamente con el coeficiente K del resorte.

- Válvula de compresión: funciona mediante el pinzamiento de dos o más elementos flexibles, por ejemplo, un tubo de goma.
- Válvula de obturador excéntrico rotativo: consiste en un obturador de superficie esférica que tiene un movimiento rotativo excéntrico y que está unido al eje de giro por uno o dos brazos flexibles.
- Válvula de obturador cilíndrico excéntrico: tiene un obturador cilíndrico excéntrico que asienta contra un cuerpo cilíndrico.
- Válvula de mariposa: el cuerpo está formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular.
- Válvula de bola: el cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de bola o esfera.
- Válvula de orificio ajustable: el obturador de esta válvula consiste en una camisa de forma cilíndrica que está perforada con dos orificios, uno de entrada y otro de salida, que gira mediante una palanca exterior accionada manualmente o por medio de un servomotor.
- Válvula de flujo axial. las válvulas de flujo axial consisten en un diagrama accionado neumáticamente que mueve un pistón, el cual a su vez comprime un fluido hidráulico contra un obturador formado por un material elastómero.

2.5.4. Indicadores de variables

Se refiere básicamente a la instrumentación para el control de las variables críticas de la caldera, con base al tipo de caldera (acuotubular o pirotubular) se implementan en el tablero de control del equipo. Son de suma importancia para el operador del equipo, ya que indica el comportamiento interno de la caldera, las variables de mayor importancia para el control de las calderas son las siguientes:

- Presión de vapor de salida: indica la presión que esta generando el equipo, ésta se visualiza mediante el manómetro instalado en el Manifold principal.
- Temperatura de chimenea: indica la temperatura a la cual están saliendo los gases de combustión de la caldera. Se visualizan por medio de un termómetro instalado en la chimenea del equipo.
- Nivel de sólidos disueltos TDS: indica las partes por millón de sólidos disueltos en la cámara de agua de la caldera. Se visualiza por medio de toma de muestras que establecen con base al historial, el número de veces que debe purgarse la caldera al día.
- Temperatura de combustible: indica la temperatura a la que ingresa el combustible a la boquilla de atomización para ser quemado en la proporción adecuada, este combustible debe entrar precalentado por encima de los 85°C, para garantizar una buena atomización.

- Presión del aire de atomización: indica la presión necesaria para la atomización del aire y combustible en la boquilla de combustión, si la presión no es la adecuada, se produce una mala combustión y pérdida de la eficiencia.
- Temperatura del agua (suministro y retorno): respecto al suministro de agua o ideal es contar con una toma de agua precalentada, para obtener una ganancia de tiempo en la generación del vapor. En cuanto al retorno garantiza que el condensado que retorna viene a una temperatura alta que de igual manera se une al agua de suministro, por medio de un tanque almacenador de condensado.

2.5.5. Trampas para vapor

Las trampas para vapor son empleadas para funciones que no son tan aparentes. Cuando el sistema de vapor se interrumpe o apaga, el aire ingresa en las tuberías para ocupar el espacio del vapor en compañía con el condensado generado; las trampas para vapor deben por tanto, desalojar ese aire en el momento de arranque de estos sistemas.

En resumen, las tres importantes funciones de las trampas para vapor son:

- Descargar condensado
- No permitir escape de vapor
- Ser capaces de desalojar aire y gases

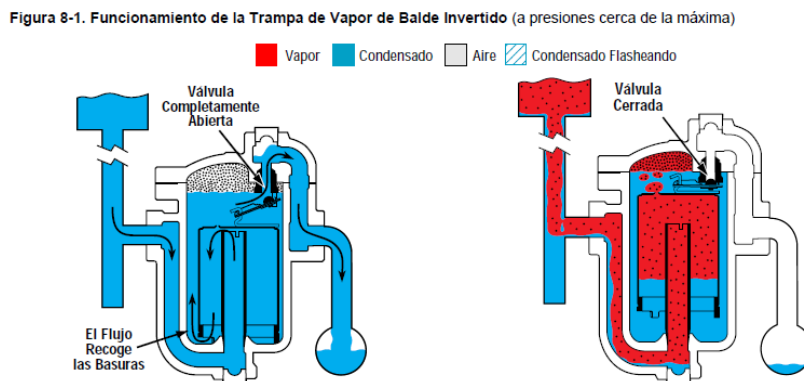
Existen varios tipos de trampas para vapor, no todas ellas son capaces de cumplir correctamente las funciones antes mencionadas. Dichas trampas se pueden clasificar en tres principales categorías:

- Mecánicas
- Termostáticas
- Termodinámicas

Las trampas mecánicas trabajan con el principio de diferencia entre la densidad del vapor y la del condensado. Por ejemplo, un flotador que se eleva a la medida del nivel del condensado, se incrementa y acciona una válvula, pero que en presencia del vapor la mantiene cerrada.

Las trampas mecánicas no pueden permitir el venteo de aire o de gases no condensables, puede incorporarse un elemento térmico en algunas versiones. Estos elementos son versiones miniaturas de las trampas termostáticas.

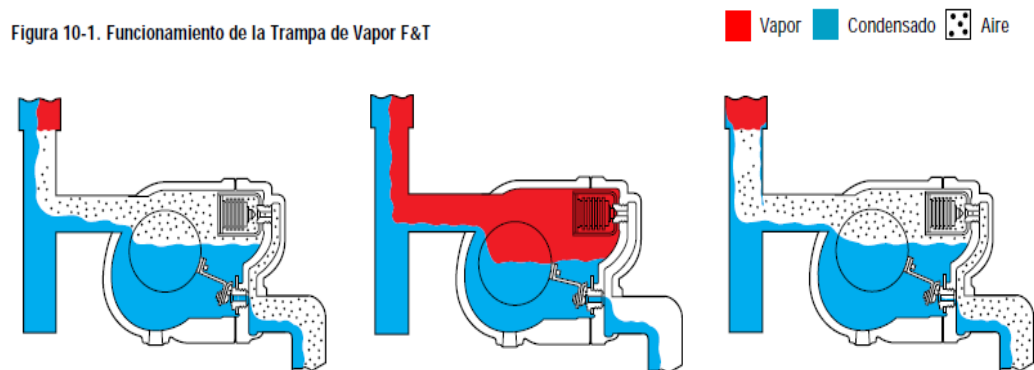
Figura 14. **Funcionamiento de la trampa de vapor de balde invertido**



Fuente: *Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.*

Las trampas termostáticas operan por la percepción de la temperatura del condensado. Cuando la temperatura cae a un específico valor por debajo de la temperatura del vapor, la trampa termostática abrirá para liberar el condensado.

Figura 15. **Funcionamiento de la trampa de vapor termostática**



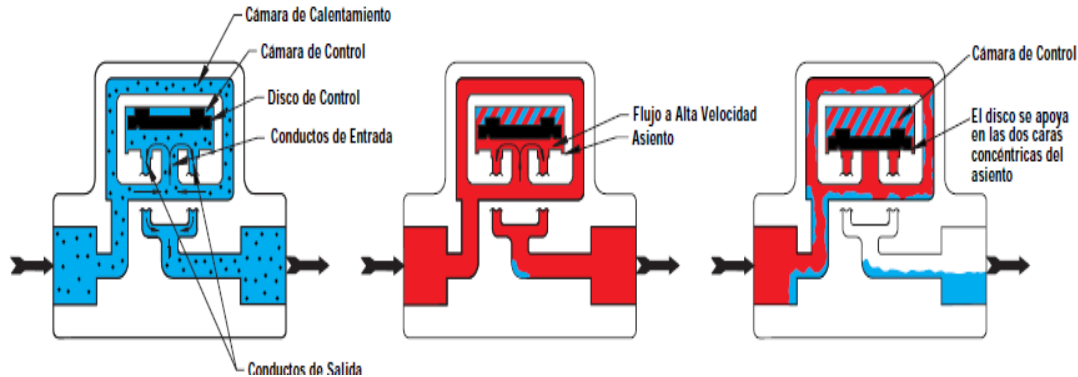
Fuente: *Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.*

La tercera categoría es la trampa termodinámica, la cual opera con la diferencia entre el flujo del vapor sobre una superficie, comparada con el flujo del condensado sobre la misma superficie.

El vapor o el gas fluyendo sobre la superficie crean un área de baja presión. Este fenómeno es empleado para mover la válvula hacia el asiento y cerrar su paso.

Figura 16. **Funcionamiento de la trampa termodinámica**

Figura 11-1. Diseño y Funcionamiento de las Trampas de Disco Controlado ■ Vapor ■ Condensado ••• Aire Mezcla de Vapor y Condensado



Fuente: *Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.*

A continuación, se presentan los diferentes tipos de trampas para vapor dentro de las tres principales categorías ya mencionadas.

Tabla I. **Diferentes tipos de trampas y su clasificación**

Cómo Varios Tipos de Trampas de Vapor Satisfacen Requisitos Específicos de Operación						
Código	Característica	Balde Invertido	F&T	Disco	Termostático	Controlador Diferencial
A	Modo de Operación	(1) Intermitente	Continuo	Intermitente	(2) Intermitente	Continuo
B	Ahorro de Energía (Tiempo en Servicio)	Excelente	Buena	Deficiente	Adecuada	(3) Excelente
C	Resistencia al Desgaste	Excelente	Buena	Deficiente	Adecuada	Excelente
D	Resistencia a la Corrosión	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente
E	Resistencia al Impacto Hidráulico	Excelente	Deficiente	Excelente	(4) Deficiente	Excelente
F	Venteo de aire y CO ₂ a la temperatura del vapor	Sí	No	No	No	Sí
G	Capacidad para Ventear Aire a Presiones Muy Bajas (0,02 bar)	Deficiente	Excelente	(5) NR	Buena	Excelente
H	Capacidad para Manejar Cargas de Aire al Arranque	Adecuada	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
I	Funcionamiento al Existir Contrapresión	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
J	Resistencia a Daños por Congelamiento	Buena	Deficiente	Buena	Buena	Buena
K	Capacidad para Purgar el Sistema	Excelente	Adecuada	Excelente	Buena	Excelente
L	Desempeño con Cargas Muy Ligeras	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
M	Respuesta a Formación Rápida de Condensado	Inmediata	Inmediata	Retardada	Retardada	Inmediata
N	Capacidad para Lidar con Suciedad	Excelente	Deficiente	Deficiente	Adecuada	Excelente
O	Tamaño Relativo	(7) Grande	Grande	Pequeño	Pequeño	Grande
P	Capacidad para Manejar Vapor Flash (Espontáneo)	Adecuada	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Excelente
Q	Falla Mecánica (Abierta - Cerrada)	Abierta	Cerrada	(8) Abierta	(9)	Abierta

1. El drenado de condensado es continuo, la descarga es intermitente.
2. Puede ser continuo con cargas bajas.
3. Excelente, si se utiliza vapor secundario.
4. Buena, para trampas bimetalicas y de wafer.
5. No se recomienda para operaciones a baja presión.
6. No se recomiendan trampas de hierro fundido.
7. Mediano, para trampas soldables de acero inoxidable.
8. Pueden fallar cerradas, debido a suciedad.
9. Pueden fallar abiertas o cerradas, dependiendo del diseño de los fuelles.

Fuente: *Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.*

2.5.6. Tuberías de retorno de condensado

Estas juegan un papel importante en el proceso de generación de vapor, debido a que son las encargadas de transportar el condensado (residuo de vapor condensado) de los equipos o de las líneas de distribución hacia el tanque de condensado.

Estas tuberías deben estar correctamente diseñadas para evitar golpes de ariete y evitar contrapresiones en las mismas. Actualmente, existen tablas de selección de tuberías con base a las presiones de operación de las calderas y la temperatura de recuperación del condensado recomendados por los fabricantes de las calderas, válvulas, trampas de condensado.

2.5.7. Tanque de condensado

En él se almacena el condensado proveniente de todos los usuarios del sistema de distribución de vapor y de las trampas de condensado de las líneas principales y secundarias. Debe estar insulado o aislado para evitar la pérdida de la temperatura del agua capturada; este debe contar con una línea de presión atmosférica, para evitar sobrepresión interna que pueda ocasionar una explosión interna o en las tuberías de condensado; además de un visor de nivel de líquidos, una línea de vapor hacia un intercambiador de calor (serpentin interno) para mantener el tanque a una temperatura idónea.

Figura 17. Sistema ideal de generación y distribución de vapor

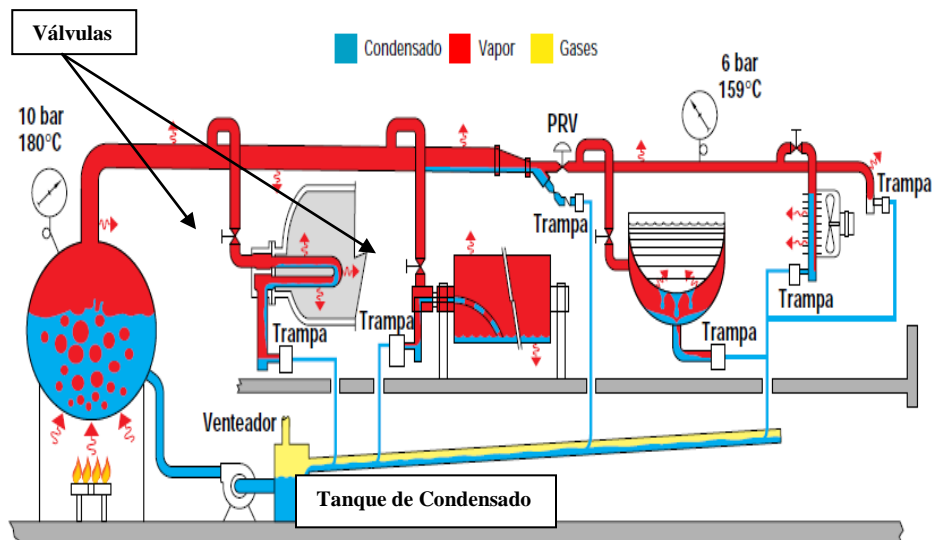


Figura 5-4. Nótese que la radiación de calor del sistema de tuberías causa la formación de condensado y, por lo tanto se requiere de trampas de vapor a los niveles bajos del sistema, o delante de las válvulas de control. En los intercambiadores de calor las trampas llevan a cabo la importante tarea de remover el condensado antes de que se convierta en un impedimento a la transferencia de calor. Condensado caliente se regresa, a través de las trampas, a la caldera para ser reusado.

Fuente: Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook

En la figura anterior, se pueden apreciar todos los elementos que conforman un sistema ideal de vapor, el diseño de esta figura es equivalente al que actualmente se utiliza en Empacadora Toledo, S. A. y en él se pueden apreciar desde la caldera generadora de vapor, termómetros, manómetros, válvulas, trampas de condensado, líneas de retronó de condensado, tanque de condensado y bombas de condensado. Con esto podemos visualizar de mejor forma las diversas aplicaciones del suministro de vapor a lo largo de su distribución; ya que los usuarios (equipos) no utilizan el vapor de la misma forma.


3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

A continuación se describe las cualidades de los activos de la empresa, empleados en el suministro, distribución y operación en cuanto a vapor se refiere.


3.1. Calderas de generación de vapor

Actualmente, la empacadora Toledo cuenta con dos unidades de generación de vapor de marca York Shipley de 200 y 250 BHP con los siguientes códigos internos de equipos, CV – 001 y CV – 002 respectivamente. Con una capacidad total de 450 BHP para suministrar. Estos equipos operan alternadamente en períodos de seis meses, a continuación se presentan las fichas técnicas de los dos equipos.

Figura 18. Ficha técnica de caldera de vapor HV-001

Empacadora Toledo S.A.		Planta Guatemala	
FICHA TECNICA		Equipo <input checked="" type="checkbox"/>	Infraestruc. <input type="checkbox"/>
		Código	
Departamento: Servicios Generales		Fecha: 31/05/2005	
Nombre Caldera # 1 Descripción Vapor Tipo Piro tubular Modelo SPHV-200-6 2000175 # de serie 98-20702 H12836 Marca York shipley Desing Año de fabricación 1998 Comprado nuevo o usado: nuevo Caract. de diseño especiales: Fabricante York shipley Desing Tel 17042-211 USA Fax: (717) 755-0020	Ubicación Calderas Empresa Empacadora Toledo S.A. Division Procesamiento Industrial Departamento Embutidos Planta Amatitlán Edificio Calderas Piso 1er. Nivel Sala Maquinas Linea de Prod. Vapor Fecha de compra Fecha de instalación Ubicación Técnica Costo de reemplazo Vencimiento de garantía		
Proveedor Consolidados Industriales Nombre de contacto e-mail del proveedor aislantes@lycos.com Contrato legal No. Tel 230-4804 232-5828 Proveedores de repuestos 1 Consolidados Industriales 2 3	No. De Equipo Contrato de mant. Clasificación Sub. Clasificación Vida útil esperada 20 años Prioridad Código contable # 18 Vencimiento Voltaje 480 vol. Amperaje 45 amp Fases 3 Acometida eléctrica Linea de aire 150 PSI Peso (kg) Dimensiones		
Documentación Técnica Si No Manual de Operaciones si Manual de Mantenimiento si Manual de repuestos si Planos Eléctricos si Planos Mecánicos si Check List no Otros no CD's si	Definición de Insumos Aceites: Grasas: Otros: Bunker Gas Propano		
Herramientas si Kit de Repuestos si			
OB. Combustible Bunker "C" (Fuel oil 6) Gas propano para arranque	Dibujo Técnico (Equipos) o Croquis de Ubicación (Infraestructura)		
			

Continuación de la figura 18.

Empacadora Toledo S.A.		Planta Guatemala	
FICHA TECNICA		Equipo <input checked="" type="checkbox"/>	Infraestruc. <input type="checkbox"/>
		Código	
Departamento: Servicios Generales		Fecha: 31/05/2005	
Nombre Caldera # 2 Descripción Vapor Tipo Piro tubular Modelo 576- SPHV-250-6 # de serie 03-21487 Marca York shipley Global Año de fabricación Comprado nuevo o usado: nuevo Caract. de diseño especiales: Fabricante York shipley Desing Tel 17042-211 USA Fax: (717) 755-0020	Ubicación Calderas Empresa Empacadora Toledo S.A. Division Procesamiento Industrial Departamento Embutidos Planta Amatitlán Edificio Calderas Piso 1er. Nivel Sala Maquinas Linea de Prod. Vapor Fecha de compra Fecha de instalación Ubicación Técnica Costo de reemplazo Vencimiento de garantía		
Proveedor Consolidados Industriales Nombre de contacto e-mail del proveedor aislantes@lycos.com Contrato legal No. Tel 230-4804 232-5828 Proveedores de repuestos 1 Consolidados Industriales 2 3 Documentación Técnica Si No Manual de Operaciones si Manual de Mantenimiento si Manual de repuestos si Planos Eléctricos si Planos Mecánicos si Check List no Otros no CD's si	No. De Equipo Contrato de mant. Clasificación Sub. Clasificación Vida útil esperada 20 años Prioridad Código contable # 18 Vencimiento Voltaje 480 vol. Amperaje 45 amp Fases 3 Acometida eléctrica Linea de aire 150 PSI Peso (kg) Dimensiones A 2.80 mts L 5.75 mts An 2.50 mts		
Herramientas si Kit de Repuestos si	Definición de Insumos Aceites: Grasas: Otros: Bunker Gas Propano		
OB. Combustible Bunker "C" (Fuel oil 6) Gas propano para arranque		Dibujo Técnico (Equipos) o Croquis de Ubicación (Infraestructura)	
			

Fuente: Empacadora Toledo, S.A.

3.1.1. Capacidad de generación

Los equipos pueden suplir una demanda de 450 BHP (situación que no se ha considerado) los equipos con mayor demanda son hornos de cocción para embutidos, la capacidad oscila semestralmente entre 200 y 250 BHP.

3.1.2. Operación

Las calderas utilizan *fuel oil* seis para su operación (bunker C) y trabajan un promedio de 20 horas diarias durante seis días a la semana, haciendo un total de 120 horas semanales de funcionamiento.

3.1.3. Variables de operación

Las variables de operación de las dos calderas las controla un programador Honeywell YS7000 basado en las señales analógicas de entrada y salida representando presiones, niveles y temperaturas a diversas consignas del fabricante, las principales variables de operación de la caldera son las siguientes:

- Presión de salida de vapor: 150 psi
- Temperatura de salida de vapor: 160°C
- TDS (total de sólidos disueltos) : 3500 ppm
- Ciclos de concentración (purgas TDS) : 5 veces / día
- Temperatura de chimenea: 250°C

3.1.4. Mantenimiento

El mantenimiento esta establecido en tres tipos fundamentales: el diario que consiste en registro de datos y verificación de variables. El semanal que se enfoca al sistema de combustión por la acumulación de contaminantes en sus elementos de combustión; por último el mensual que aplica a las redes de distribución de vapor. Existen dos planes de mantenimiento, uno es el mantenimiento mayor (semestral) que se aplica después de sacar el equipo de operación; el segundo es una rutina de inspección VOSO quincenal para las redes de distribución de vapor.

3.2. Combustible

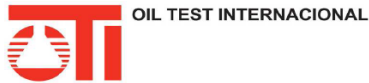
En este apartado se describen los aspectos propios y característicos del combustible utilizado en la empresa.

3.2.1. Propiedades del combustible

El combustible utilizado es el bunker C (*fuel oil 6*), es un combustible compuesto por moléculas con más de 20 átomos de carbono, está elaborado a partir de productos residuales del proceso de refinación de petróleo crudo. Su utilización es especialmente como combustible para hornos, calderas y secadores; también puede utilizarse para calentadores (unidades de calefacción) y en plantas de generación de energía eléctrica.

La siguiente ficha técnica es el certificado de calidad del *fuel oil* seis del proveedor de Empacadora Toledo.

Figura 19. Ficha técnica del *Fuel Oil* seis que utiliza Empacadora Toledo, S.A.



Client : SHELL WESTERN/SHELL GUATEMALA/GLENCORE
Client Reference : N/A
Our Reference : OTIGT09 - 1107 **Lab. Reference:** 1065 - 09
Terminal : SAN JOSE / OTSA
Location : PUERTO SAN JOSE, ESCUINTLA, GUATEMALA
Product ⁽¹⁾ : FUEL OIL
Sample Obtained by ⁽³⁾ : OTI GUATEMALA / OPERATIONS
Sample Obtained from : COMPOSITE SAMPLE BEFORE DISCHARGE MT DIDIMON
Sample Date : NOVEMBER 13, 2009
Sample Analyzed by : OTI GUATEMALA
Analysis Date : NOVEMBER 13, 2009

Analysis Report				
<input checked="" type="checkbox"/> Analyzed <input type="checkbox"/> Witness ⁽²⁾				
Test	Units	Method	Specifications	Results
API GRAVITY @ 60 °F	Degrees	D 287	Report	11.1
KINEMATIC VISCOSITY @ 50° C	cSt	D 445	Report	582.5
SULFUR CONTENT	wt%	D 4294	3.0 max	1.59
FLASH POINT	°F	D 93	140 min	160.2
POUR POINT	°F	D 97	75.2 max	35.6
SEDIMENTS BY EXTRACTION	wt%	D 473	Report	0.043
WATER BY DISTILLATION	vol%	D 95	Report	0.50
CARBON CONRADSON RESIDUE	wt%	D 189	Report	14.40
ASH	wt%	D 482	0.1 max	0.065
ASPHALTENES	wt%	IP 143	Report	11.7
VANADIUM	ppm	D 5863	Report	249
SODIUM	ppm	D 5863B	Report	11
ALUMINIUM	ppm	IP 377	Report	7
SILICON	ppm	IP 377	Report	13
CLEANLINESS	spot #	D 4740	Report	1
COMPATIBILITY	spot #	D 4740	Report	1
LOW HEATING VALUE	MJ/Kg	D 4868	40.0 min	40.2

AS DESCRIBE BY CLIENT

Remarks:

LIC. WALTER FUENTES
 SUPLENTE GERENCIA DE LABORATORIOS

Oil Test Internacional

⁽²⁾ Our responsibility in the witnessing of analysis is solely to witness that the analysis is conducted on the correct sample and the standard method indicated by the client. Therefore the Client agrees that **Oil Test Internacional** is not responsible for the condition of apparatus, instrumentation and measuring devices, and that accepts calibration data, reagents, etc., as presented.

⁽³⁾ Analysis report corresponds to the sample supplied to the laboratory by (see above "Sample Obtained by")

3.2.2. Importancia del aditivo para combustible

Es una sustancia química agregada a un producto para mejorar sus propiedades, en el caso de los combustibles, dicha sustancia es utilizada en pequeñas cantidades añadida durante su elaboración por el fabricante, para cambiar las características del mismo y para mejorar sus propiedades, hay diferentes características que puede mejorar los aditivos:

- Octanaje: el compuesto de plomo que se utilizó durante décadas, pero es muy contaminante y se ha prohibido su uso. El etanol y el MTBE (éter metil tert-butílico) se usan como aditivos para lograr mejor combustión de la gasolina
- Oxigenadores: mejoran la combustión del combustible. Evitando los humos los hidrocarburos no quemados y los restos de hollín. Además de mejorar el consumo y la potencia.
- Detergentes: mejoran la pulverización del bunker, la mezcla y el contacto con el oxígeno del aire.
- Colorantes: se utilizan para evitar confundir combustibles o el fraude fiscal con combustibles con menos impuestos (ej. Combustible agrícola o de calefacción).

El proveedor actual utiliza un aditivo llamado C Plus (C+) en el bunker y el aditivo está a base de alcohol isopropílico.

3.3. Tratamiento del agua de alimentación

El agua de alimentación de la caldera se utiliza para producir vapor, la presión del vapor (0.5 - 100 bar) determina la temperatura y la capacidad energética, pero también la calidad del agua de alimentación. La regla general expone que mientras mayor sea la presión, estricta deberá ser la calidad del agua de alimentación de la caldera, esta agua de alimentación es la encargada de producir vapor de alta presión y mantener la vida útil del equipo cumpliendo los parámetros normados para su operación.

Actualmente se utilizan dos tipos de químicos (WL2110, WL2450 y WL2250) suministrados por la empresa Alkemy en presentaciones de galón y libra respectivamente.

3.4. Sistema de distribución de vapor

Se describen los subsistemas que complementan y forman al sistema de distribución de vapor ideal en la industria.

3.4.1. Tubería

Elemento de distribución de vapor de sección circular, dependiendo de las condiciones de trabajo (tipo de fluido o gas, presión, temperatura, distancia, etc.) así es su diseño, generalmente se utilizan de hierro negro que soporta altas temperaturas y presiones. Actualmente en empacadora Toledo se cuenta con tuberías de hierro negro de cédulas 40 y 80 de 6 y 4 pulgadas para las calderas 250 hp y de 200 hp respectivamente. El Manifold tiene un diámetro de 12 plg y una longitud de 4 m, con salidas de 4 plg.

3.4.2. Aislamiento

Material de baja conductividad térmica por el cual se disminuye la transferencia (pérdida) de calor hacia o desde el ambiente de las tuberías, las válvulas y de los equipos a suministrar el vapor, también aseguran la protección del personal y los bienes.

Existen varios tipos de aislamiento térmico, por ejemplo: la fibra de vidrio, la fibra cerámica, entre otros); el material de recubrimiento por lo general es del tipo metálico, entre ellos, se encuentran los siguientes: planchas de aluminio, acero galvanizado, acero inoxidable; también podemos citar la tela de lona con mastic. Los espesores de las planchas varían desde 0.4 – 1 mm dependiendo de la exigencia de la zona.

Generalmente, en la planta se utiliza la combinación de cañuelas de fibra de vidrio para tuberías de pequeño y mediano diámetro y fibra cerámica de alta densidad para equipos de proceso. Con recubrimientos de aluminio y acero inoxidable respectivamente.

3.4.3. Válvulas

Actualmente, la empresa cuenta con una diversidad de aplicación de válvulas (estándar y grado alimenticio) no existe una normativa de selección de fabricantes o tipos especiales, debido a la aplicación de proceso (vapor directo o vapor regulado), antigüedad de los equipos de proceso y ubicación de los equipos de proceso (contacto directo con producto, áreas controladas, ubicación externa) a continuación se presenta una tabla resumida del tipo de válvulas de Empacadora Toledo.

3.4.4. Trampas de retorno

Igual que lo descrito en relación con la válvulas, no se cuenta con un criterio ni formato de selección para las trampas de condensado en las líneas de retorno. Depende exclusivamente de la aplicación del proceso o según indique el manual del fabricante. A continuación una tabla resumida de las diferentes trampas que se encuentra en las instalaciones de Empacadora Toledo.

3.4.5. Mantenimiento del sistema de distribución de vapor

Respecto al mantenimiento preventivo de las calderas de vapor y de las líneas de distribución; Empacadora Toledo cuenta con un sistema completo de planificación de mantenimiento, que cubre tareas diarias, semanales, quincenales y semestrales (mantos mayores) dependiendo la criticidad de las operaciones o equipos.

Por ejemplo, una revisión y nivelación del tanque de consumo diario de combustible de la caldera requiere que sea a diario y por medio de una orden de trabajo (OT) y una inspección al sistema de distribución de vapor del área de cocina de jamones requiere la generación de OT de plan quincenal. El plan CVCMB003 es un plan diario de control de una caldera de vapor, mientras que el plan HVCMB009 es un plan preventivo quincenal para un horno en particular (usuario del sistema de distribución de vapor).

Figura 20. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo diario Plan CVCMB003 para caldera de vapor CV-001 y CV-002

Orden de Trabajo # 163996 emitida: <i>Monday, June 14, 2010</i> 4:55:01 PM					
MP CMB DIARIO ARRANQUE CALDERA DE VAPOR S1022					
Hora Inicial de Paro	Hora Final de Paro	Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo			
Estado: APROB CVCMB003	Tipo de O.T. MP	Fec. de inicio prog. 5/25/2010	Fecha de fin. prog. 5/25/2010 12:35:00 AM		Supervisor R0494
Informado: 5/22/2010 4:05:13 PM	DMARROQU	Contacto tel: 7881-0248	Prioridad 5	Problema:	
Ubicación: 105	TALLERES				
Equipo: CV-001	Intercambiador Caldera de vapor (Caldera) York Shipley /SPHV-200-6 2000175				
Cuenta de Gasto	Especialidad principal CALD2				
ID de tarea	Punto de medición	Valor	Fecha	Observaciones	
10	Limpiar curpo de la caldera			_____	
20	Limpiar tubo de fotocelda (usar isopo o wipe con alcohol)			_____	
30	Limpiar visor de puerta tracera (usar wippe con alcohol)			_____	
40	Rejistrar control variables de temperatura			_____	
50	Reajustar bunker en tanque de diario			_____	
60	Puragar fondos y columnas (depende del valor de PPM partes por millon)			_____	
70	Revisar dureza y rejeneración en suavizadores			_____	

Mano de obra	Cantidad	Horas planificadas	Horas reales		
CALD2 Calderista 2 - Intermedio	1	*****	_____		

Materiales	Cant. planificada	Cantidad real			

Página: 1 de 2

Continuación de la figura 20.

Orden de Trabajo # 163996 emitida: <i>Monday, June 14, 2010 4:55:02 PM</i>		
MP CMB DIARIO ARRANQUE CALDERA DE VAPOR S1022		
Hora Inicial de Paro	Hora Final de Paro	Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo
<hr/>		
Herramientas	Cant. planificada	Cantidad real
<hr/>		
Servicios Recibidos de Terceros (Proveedor, Descripción Servicio, Fecha y Hora y responsable de recibir)		
<hr/>		

Página: 2 de 2

Fuente: Software de gestión de mantenimiento máximo de Empacadora Toledo, S.A.

Figura 21. **Orden de trabajo de mantenimiento preventivo diario Plan HVCMB009, para horno de vapor HV-001**

Plan HVCMB009.

Orden de Trabajo # 154904 emitida: <i>Monday, June 14, 2010 4:58:02 PM</i>					
MP QUIN CMB VAPOR HORNO FESSMAN #1 S1018					
Hora Inicial de Paro		Hora Final de Paro		Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo	
Estado: APROB HVCMB009		Tipo de O.T.: MP		Fec. de inicio prog.: 4/27/2010	
				Fecha de fin. prog.: 4/27/2010 1:00:00 AM	
Supervisor: R0494					
Informado: 4/22/2010 4:06:17 PM DMARROQU Contacto tel: 7881-0248 Prioridad: 5 Problema:					
Ubicación: 112		COCINA EMBUTIDOS JAMONES			
Equipo: HV-001		Horno Vapor (Horno) Fessman/T-7000			
Cuenta de Gasto		Especialidad principal CALD2			
ID de tarea	Punto de medición	Valor	Fecha	Observaciones	
10	Inspeccionar presión de vapor			_____	
20	Revisar que no exista fuga de vapor			_____	
30	Revisar temperatura de vapor			_____	
40	Revisar que no existan fugas de goteo en chimenea			_____	
Mano de obra		Cantidad	Horas planificadas	Horas reales	
CALD2	Calderista 2 - Intermedio	1	1	_____	
Materiales			Cant. planificada	Cantidad real	
Herramientas			Cant. planificada	Cantidad real	
Servicios Recibidos de Terceros (Proveedor, Descripción Servicio, Fecha y Hora y responsable de recibir)					

4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

Se evalúa las informaciones técnicas y financieras actuales del sistema de distribución de vapor actual de la empresa.

4.1. Levantamiento de costos actuales

Actualmente se lleva un control de los consumos de los factores que interviene en la producción y distribución de vapor, pero no se cuenta con un dato real sobre la producción de vapor en Kg/hora, Kg Vapor / Gal combustible o Kw/h. Por otro lado, el objetivo es armar un indicador que establezca una razón entre las libras de producto finales (libras útiles a trasladar) y el consumo de combustible (galones por mes)

4.1.1. Costo de consumo de combustible

El costo del galón de *Fuel Oil* 6 (bunker C) tiene un costo de Q.15.28 y semanalmente se adquieren 4000 galones. El comportamiento del consumo de combustible basado a los regímenes de operación de la caldera (fuego alto y fuego bajo) y se eligió como período típico el de un año, tomándose los 12 meses más recientes para los que se contaba con datos (marzo 2009 – febrero 2010), como período de estudio.

Durante este período se tuvo para generación de vapor un consumo de 142,090 galones; la empresa consumió en total 21,314 MBTU/año y con una facturación total de US\$245,816. El precio del *fuel oil* seis para el período de estudio fue de 1.73 US\$/galón promedio respecto al año 2009.

**Tabla II. Tabla de historial de consumos de combustible de
Empacadora Toledo, S.A.**

Mes	Consumo Caldera CV-001 York Shipley de 200 CC	Consumo Caldera CV-002 York Shipley de 250 CC	TOTAL Planta	Historial de facturación para el sistema de vapor y sistema de aceite térmico	
				Facturación mensual	Energía Consumida
	[gal/mes]	gal/mes]		[US\$/mes]	[MBtu/mes]
Ene-09		11,831	11,831	20,468	1,775
Feb-09		10,862	10,862	18,791	1,629
Mar-09		11,946	11,946	20,667	1,792
Abr-09	11,881		11,881	20,554	1,782
May-09	10,576		10,576	18,296	1,586
Jun-09	11,022		11,022	19,068	1,653
Jul-09		11,737	11,737	20,305	1,761
Ago-09		10,631	10,631	18,392	1,595
Sep-09	11,215		11,215	19,402	1,682
Oct-09	12,344		12,344	21,355	1,852
Nov-09	11,733		11,733	20,298	1,760
Dic-09	14,817		14,817	25,633	2,223
Ene-10	12,177		12,177	21,066	1,827
Feb-10	12,011		12,011	20,779	1,802
Mínimo	10,576	10,631	10,576	18,296	1,586
Promedio	11,975	11,438	11,770	20,362	1,766
Máximo	14,817	11,946	14,817	25,633	2,223
Total periodo 12 meses (marzo -09 / feb -10)	107,776	34,314	142,090	245,816 (Q1,966,528.00)	21,314

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Costo del tratamiento químico del agua

A continuación se presenta una tabla histórica del consumo de químicos (W-2110, W-2450, W-2250) para el tratamiento del agua de la caldera. Estos son antioxidante, desincrustantes y secuestrantes de oxígeno respectivamente y su porcentaje de compra se comporta de la siguiente forma, 38, 46 y 15% respectivamente.

Tabla III. **Tabla de historial de consumo de químicos para el tratamiento del agua, para calderas de Empacadora Toledo, S.A.**

Mes	Cod producto	Producto	Uni.	Con IVA
Ene-09	Total			6,827.32
Feb-09	Total			8,881.54
Abr-09	Total			8,881.54
Abr-09	Total			8,881.54
May-09	Total			8,881.54
Jul-09	Total			5,976.02
Ago-09	Total			5,294.44
Sep-09	Total			5,975.95
Oct-09	Total			8,195.15
Dic-09	Total			8,195.15
Ene-10	Total			8,195.15
Feb-10	Total			5,294.30
Mar-10	Total			7,513.50
Abr-10	Total			7,513.50
May-10	Total			8,195.15
Total general				103,820.25

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de este costo, se tomará el período comprendido en el mes de mayo 2009 y mayo 2010. Éste tiene un valor de Q.79, 229.83.

4.1.3. Costo del consumo eléctrico

Con base a los datos de placa de los dos equipos, indica una potencia de 40 HP para cada uno, en voltajes de 480V trifásicos y un consumo promedio de 45 amperios. De acuerdo a la tarifa aplicada a Empacadora Toledo, el costo del Kw-h es US\$0.154 y trabajando a un promedio de 20 horas diarias. Quedando de la siguiente manera el cálculo.

Caldera 1.

Potencia: 40 HP = 30 Kw.

Tiempo operación: 20 horas / día.

Costo Kw-H: US\$0.157

Consumo mensual:

Energía mensual: 30 Kw * 20 h/día * 28 días/mes = 1,680 Kw-h / mes.

Costo mensual: 1,680 Kw-h/mes * 0.157 US\$ / Kw-h = US\$263.76 / mes.

Anual: 263.76 *12 = US\$.3,165.12 = Q.25,953.98

Éste es el dato total, como se menciona al inicio, los dos equipos son similares y trabajan alternados seis meses cada uno.

En resumen, el costo total esta dado de la siguiente manera:

Costo total anual (Q) = Costo anual Bunker + Costo anual tratamiento de agua
+ Costo energía eléctrica.

$$\text{Costo total anual} = \text{Q}1,966,528 + \text{Q}.79, 229.83 + \text{Q}.25,953.98 = \text{Q}.2,071,711.70$$

Se desprecia el costo de la mano de obra de gas para el quemador y del aire comprimido, puesto que no son representativos en comparación con los otros, el costo de operación mensual de la caldera queda establecido como el costo total dividido los 12 meses al año:

$$\text{Costo mensual} = \frac{\text{Q}.2,071,711.70}{12} = \text{Q}.172,642.64 \text{ por mes.}$$

Éste es el monto mensual a reducir en cuanto a los factores que intervienen en la generación del vapor de las calderas York Shipley, definitivamente el valor del galón de bunker está regulado internacionalmente por la OPEP; por otro lado, la electricidad y los productos de tratamiento del agua de caldera van ligados directamente al precio de los combustibles, debido a la generación de la electricidad y por los gastos de importación de los químicos para el tratamiento.

Por lo tanto, la oportunidad de ahorro está en optimizar el sistema de distribución de vapor, recuperando el condensado del sistema y enviándolo de vuelta a la caldera (el condensado es agua tratada que puede re- aprovecharse).

Eliminando las fugas de vapor en las redes, lo cual evitará que la caldera trabaje más tiempo de lo necesario (las fugas se comportan como un usuario de requerimiento infinito de vapor), aislando térmicamente las redes de distribución y accesorios de vapor que a su vez evitará pérdidas de calor hacia el ambiente (las condiciones ambientales inciden directamente en las tuberías de vapor

creando gradientes o diferenciales de temperatura que ocasionan pérdidas de calor y aumento innecesario de condensado); cumpliendo fielmente estos factores el ahorro se obtendrá a corto alcance.

Indicador de producción de embutidos – consumo de bunker

Basado al historial de consumo de combustible y su relación con el historial de producción (libras útiles a trasladar en el 2010) se elabora un indicador con datos reales que ayudará a optimizar el aprovechamiento del consumo de combustible. Para este indicado se toma el período 2010 (exceptuando diciembre 2010, debido a que en ese momento el dato no era verificable)

Tabla IV. Tabla de consumo de combustible por centro de costos (formados, envasados y embutidos) de Empacadora Toledo, S.A.

CODIGO	NOMBRE	MES	SALDO INICIAL	INGRESOS				SALIDAS			TOTAL CONSUMOS	SALDO FINAL
				COMPRAS	COSTO (Q.)	COSTO Q/GL	TOTAL	ENVASADOS	FORMADOS	EMBUTIDOS		
F001	FUEL OIL	Ene-10	4,074	16,000	249,404	15.59	20,074	0	4,336	13,007	17,342	2,732
		Feb-10	2,732	20,000	318,430	15.92	22,732	0	4,373	13,118	17,491	5,241
		Mar-10	5,241	20,000	304,424	15.22	25,241	0	5,586	16,759	22,345	2,896
		Abr-10	2,896	16,000	239,170	14.95	18,896	0	4,397	13,192	17,589	1,307
		May-10	1,307	20,000	307,343	15.37	21,307	0	4,895	14,684	19,579	1,728
		Jun-10	1,728	24,000	329,607	13.73	25,728	0	5,832	17,495	23,327	2,401
		Jul-10	2,401	24,000	340,307	14.18	26,401	0	5,831	17,494	23,325	3,076
		Ago-10	3,076	20,000	291,013	14.55	23,076	0	5,458	16,375	21,833	1,243
		Sep-10	1,243	24,000	345,903	14.41	25,243	0	5,626	16,878	22,504	2,739
		Oct-10	2,739	24,000	359,370	14.97	26,739	0	5,753	17,258	23,010	3,729
		Nov-10	3,729	24,000	369,241	15.39	27,729	0	5,720	17,159	22,878	4,851
		Dic-10				#¡DIV/0!	0				0	0
	TOTALES		31,166	232,000	3,454,211		263,166	0	57,806	173,417	231,223	31,943

Fuente: Gerencia conservación Industrial Toledo.

Tabla V. **Tabla de comportamiento de producción en relación al consumo de combustible**

LBS ÚTILES A TRASLADAR					LB ÚTIL / GL		
FORMADOS	EMB. JAMONES	EMB. SALCHICHA	EMB. TOTALES	ENVASADOS	FORMADOS	EMB. TOTALES	ENVASADOS
510,374	980,290	1,431,403	2,411,693	0	118	185	0
574,350	935,957	1,432,489	2,368,446	0	131	181	0
789,914	1,186,279	1,739,919	2,926,198	0	141	175	0
520,584	1,001,936	1,467,998	2,469,934	0	118	187	0
704,019	1,036,594	1,601,978	2,638,572	0	144	180	0
793,159	1,065,749	1,668,035	2,733,784	0	136	156	0
753,065	1,093,916	1,846,591	2,940,507	0	129	168	0
647,938	956,932	1,516,375	2,473,307	0	119	151	0
622,319	1,123,387	1,680,970	2,804,357	0	111	166	0
562,157	1,144,382	1,704,817	2,849,200	0	98	165	0
578,679	1,101,681	1,443,095	2,544,776	0	101	148	0
			0		#DIV/0!	#DIV/0!	0

Fuente: Gerencia Conservación Industrial Toledo.

Se puede definir que el indicador total de producción (Lb útiles a trasladar por galón de bunker de embutidos, ya que en formados no se utiliza vapor) se desea mantener alto, ya que indicaría una mayor producción por galón de combustible, en el caso de Empacadora Toledo, los datos quedarían de la siguiente manera:

Valor máximo: 187 Lbs útil/gl @ abril 2010.

Valor mínimo: 148 Lbs útil/gl @ noviembre 2010.

Valor promedio: 169 Lbs útil /gl

Para efectos de comportamiento, este indicador debe mantenerse constante en la media o por arriba de la misma. El valor mínimo se debió a que el mes de noviembre del 2010 hubo un alza al valor del bunker y los valores de producción fueron cercanos al mes anterior (octubre 2010) por lo que impactó en el indicador mencionado.

4.2. Elaboración de usuarios demandantes de vapor

Se presenta un listado de usuarios principales del sistema de vapor.

Tabla VI. **Tabla de equipos demandantes de vapor de Empacadora Toledo, S. A.**

No.	Área	Nombre	Capacidad demandada vapor (dato de placa)	Capacidad de producción.
1	Cocina Jamones	Horno Fessman 1	360 Kg/h	4,500 Lb prod.
2	Cocina Jamones	Horno Fessmann 2	360 Kg/h	4,500 Lb. Prod.
3	Cocina Jamones	Horno Fessmann 3	360 Kg/h	4,500 Lb. Prod.
4	Cocina Jamones	Pila de Cocción 1	288 Kg/h	3,600 Lb. Prod
5	Cocina Jamones	Pila de Cocción 2	288 Kg/h	3,600 Lb. Prod.
6	Cocina Jamones	Pila de Cocción 3	200 Kg/h	2,500 Lb. Prod.
7	Cocina Jamones	Pila de Cocción 4	200 Kg/h	2,500 Lb. Prod.
8	Cocina Jamones	Pila de Cocción 5	200 Kg/h	2,500 Lb. Prod.
9	Cocina Salchichas	Horno Maurer	414 Kg/h	5,500 Lb. Prod.
10	Cocina Salchichas	Horno Alkar	110 Kg/h	1,500 Lb. Prod.
11	Cocina Salchichas	Marmita de cocción 6	288 Kg/h	3,600 Lb. Prod.
12	Cocina Salchichas	Marmita de cocción 7	288 Kg/h	3,600 Lb. Prod.
13	Cocina Salchichas	Marmita de cocción 8	288 Kg/h	3,600 Lb. Prod.
14	Formados línea 1	Horno Coockstar 1		Solo limpieza
15	Formados línea 2	Horno Coockstar 2		Solo limpieza

Fuente: elaboración propia.

4.3. Auditoría del sistema de distribución de vapor

Inspección, verificación y análisis de los aspectos más relevantes encontrados en el sistema de distribución de vapor de la empresa.

4.3.1. Fugas

El procedimiento a emplear será inspecciones por áreas de proceso, por ejemplo, en el área de hornos de jamones se denominará en adelante como cocina jamones y así sucesivamente con el resto de áreas a inspeccionar (Formados y salchichas) donde se encuentre los equipos de proceso descritos en la tabla de arriba. Cocina jamones: en los hornos se aprecia la fuga en el HV-003 (ver foto) y en los otros equipos es importante aclarar que las pilas de cocción que funcionan como un sistema abierto (tubos perforados) para calentar el agua.

Figura 22. **Pilas de cocción de cocina jamones**



Fuente: cocina jamones de Empacadora de Toledo, S.A.

Cocina salchichas: se observó dos fugas de vapor en uniones tipo flanges de los difusores del horno Maurer HV-005, estos utilizan vapor de alta presión para la etapa de secado. Las tres pilas de cocción de esta área funcionan de manera similar a las de cocina jamones.

Figura 23. **Fuga de vapor en tubería de vapor de horno Maurer HV-005**



Fuga de vapor en HV-005, cocina de salchichas

Fuente: cocina salchichas de Empacadora Toledo, S. A.

Formados: la línea de vapor utilizada para estos equipos es únicamente para la limpieza de los mismos, se revisaron y no presentan fugas.

4.3.2. Accesorios

En la inspección realizada para identificar fugas en los sistemas de distribución de vapor, se realizó en paralelo la revisión de los accesorios que se

incluyen los sistemas principales y las redes de distribución de vapor. Los accesorios dañados o con funcionamiento parcialmente bueno están descritos en la siguiente tabla:

Tabla VII. **Tabla de identificación de accesorios con mal funcionamiento**

Accesorios con problemas de funcionamiento en áreas de proceso.			
No.	Accesorios	Problema	Ubicación
1	Válvula reguladora	Fuga en conexión.	Marmita MC-006 Cocina Salchichas
2	Filtro Y ½" Ø	Fuga en tornillo drenado	Marmita MC-007 cocina Salchichas.
3	Válvula de seguridad ¾" Ø	Fuga en conector principal	Marmita MC-008 Cocina Salchichas.
4	Válvula de paso de vapor AP 2	Fuga en conexión de entrada a difusor 3	Horno Maurer, Cocina Salchichas.
5	Válvula de paso de vapor AP	Fuga en niple de entrada de difusor 4	Horno Maurer, Cocina Salchichas.
6	Codo principal de 4"	Aislamiento defectuoso en entrada principal.	Horno Maurer. Cocina Salchichas.
7	Llave de paso 2"	Fuga de vapor en tubería de alimentación.	Lavadora de Canastas, áreas comunes.
8	Flange de alimentación de vapor	Fuga en unión flange.	Horno Coockstar 1, Formados línea 1

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta una tabla en la que se puede apreciar una aproximación de las libras de vapor que se pierden y el costo que representa estas fugas a estos diámetros de escape de vapor.

Tabla VIII. **Tabla de costo por diámetro de fuga en US\$ anuales**

Size of Orifice (in)	Lbs Steam Wasted Per Month	Total Cost Per Month	Total Cost Per Year
1/2	835,000	\$4,175.00	\$50,100.00
7/16	637,000	3,185.00	38,220.00
3/8	470,000	2,350.00	28,200.00
5/16	325,000	1,625.00	19,500.00
1/4	210,000	1,050.00	12,600.00
3/16	117,000	585.00	7,020.00
1/8	52,500	262.50	3,150.00

Fuente: *Steam conservation guidelines for condensate drainage by Armstrong handbook.*

Comprobando los valores que se indican en la tabla de arriba tomaremos la fuga más pequeña (1/8" \approx 0.31 cm) indica que estamos desperdiciando US\$3,150.00 al año en relación al vapor que se escapa por este tamaño de diámetro de escape.

Las siguientes fotografías describen lo expuesto en la tabla de accesorios con problemas de funcionamiento en áreas de proceso.

Figura 24. **Accesorio núm. 1 al 8 de tabla de accesorios con falla**



Continuación de la figura 24.



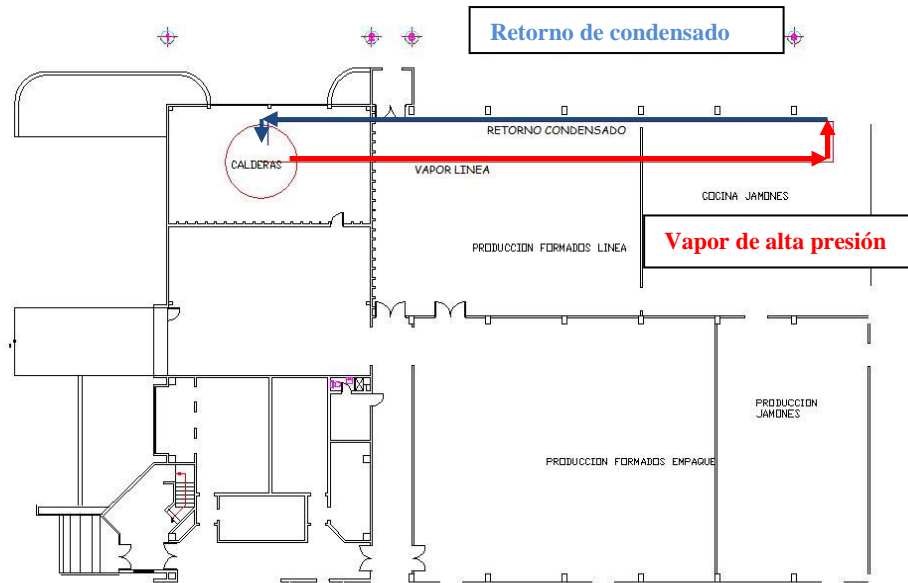
Fuente: áreas de proceso de Empacadora Toledo, S. A.

4.3.3. Diseño original

El diseño original contemplaba alimentación de vapor para el área de formados y de cocina jamones; debido a una implementación de productos enlatados (fuera de operación actualmente) y de expansión de cocina de salchichas, se realizaron derivaciones conforme lo iba permitiendo el paso y trayectoria de tuberías de vapor, por espacios restringidos.

Esto obligó a realizar tramos largos que innecesariamente tuvieron que hacerse con muchos cambios de plano y/o reducciones de diámetros para acoplarse a líneas de distribución originales. El circuito original constaba de un sistema cerrado como se muestra y de ahí se fueron derivando los suministros posteriores.

Figura 25. Extracto del plano CAD original del sistema de distribución de vapor de Empacadora Toledo, S.A.



Fuente: archivo de mantenimiento de Empacadora Toledo, S.A.

4.3.4. Trampas de vapor

Existen casos en los que los equipos de proceso carecen de un diseño adecuado, en cuanto a la recolección y distribución del vapor condensado, retornándolo hacia el sistema. Se detalla a continuación las irregularidades encontradas.

- TB-001 y TB-002: tanques de almacenamiento de Bunker de 4500 galones cada uno, los dos tienen instalado un serpentín interno para garantizar una temperatura arriba de 75°C adecuada para el bombeo del mismo.

En el caso del TB-001, la trampa está por encima del nivel de recepción del tanque y aunque la trampa es la adecuada (cubeta invertida) esta instalación ocasionará una acumulación de agua en el serpentín y podría corroerse y ocasionar una ruptura en el serpentín con el bunker.

En el caso del TB-002, la trampa de condensado tiene el mismo problema de diseño en la inhalación y el tipo de la trampa es termodinámica; este tipo de trampa no es el adecuado para instalaciones exteriores, debido a que el principio de operación termodinámico se rige por medio de gradientes de temperatura. Por lo tanto, la lluvia y bajas temperaturas ocasionarían que falle en modo abierto (drenando condensado) y cuando no exista condensado estaría dejando pasar vapor en la línea de retorno comportándose como un usuario que demanda vapor.

Figura 26. **TB-001 y TB-002**



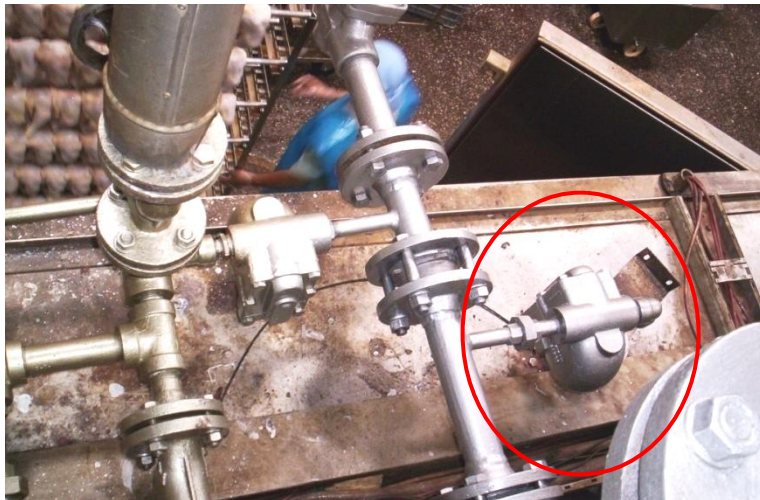
Problema de instalación en TB-001 y TB-002



Fuente: Empacadora de Toledo, S.A.

Trampas hornos Fessman 1 y 2: el error encontrado en estos dos equipos son los siguientes: en el horno No. 1 se encuentra una trampa de flotador instalada y realizando la función de un bolsillo de drenaje, los bolsillos de drenaje previenen el golpe de ariete. Por otro lado, el tipo de trampa no es el adecuado, si la trampa fallare por golpe de ariete, el mecanismo de flote se rompería y se tataría por suciedad.

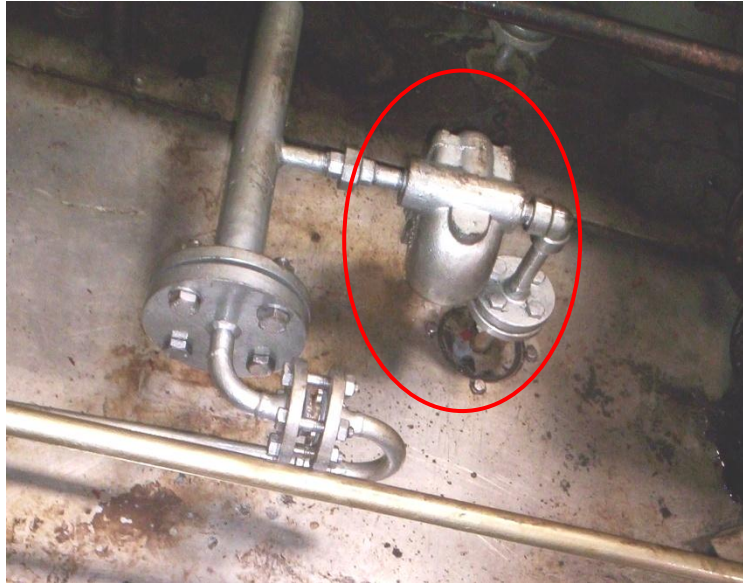
Figura 27. **Trampa de flotador mal instalada en horno Fessmann 1**



Fuente: cocina jamones de Empacadora Toledo, S. A.

En el horno dos se localizan una trampa con el mismo mecanismo, pero ésta además de no ser la adecuada, carece de filtros y la descarga está al centro de la tubería, por lo que no evacua todo el condensado.

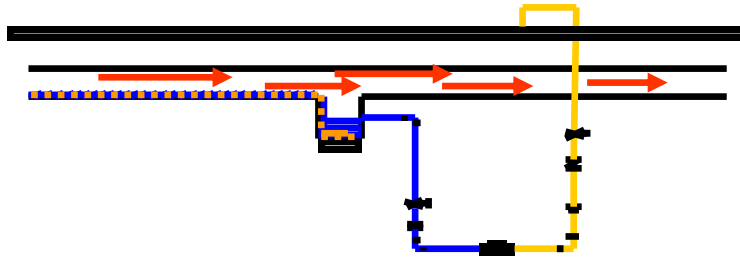
Figura 28. **Trampa de flotador mal instalada y carente de filtro en horno Fessmann**



Fuente: cocina jamones de Empacadora Toledo, S. A.

- Tuberías de distribución: en estas revisiones se pudo observar que en las áreas de proceso existen tramos en los cuales por diseño deben existir trampas de condensado y drenajes para la extracción de sólidos en las redes o ramales de los sistemas de distribución. Es por ello, que se le denomina bolsillo de drenaje y esta compuesto de una tubería vertical con una trampa de condensado y una válvula de paso para la limpieza del tramo correspondiente (ver figura 29)

Figura 29. Diseño y selección de tuberías para bolsillos de drenaje



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un extracto del manual de válvulas Armstrong en el que se indica el criterio para el diseño de los bolsillos de drenaje.

Figura 30. Tabla de selección de tuberías y trampas para bolsillos de drenaje

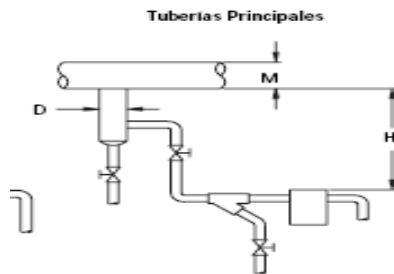


Figura 18-2. Trampa drenando una pierna colectora en tubería principal.

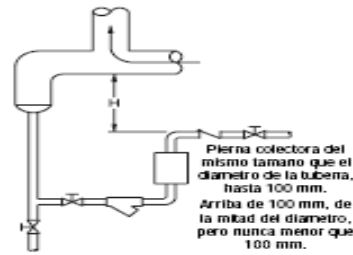


Figura 18-3. Trampa drenando una pierna colectora en ramal hacia arriba. La distancia "H", en m, dividida entre 10 es igual a la presión estática (bar) para forzar el agua a través de la trampa.

Tabla 18-1. Dimensiones Recomendadas para Piernas Colectoras en Tuberías Principales y Ramales.

M Tamaño de Tubería mm In	D Diámetro de Pierna Colectora mm In	H Longitud Mínima de Pierna Colectora (mm)	
		Presión Estática Supervisado	Presión Estática Automático
15 1/2	15 1/2	250	710
20 3/4	20 3/4	250	710
25 1	25 1	250	710
50 2	50 2	250	710
80 3	80 3	250	710
100 4	100 4	250	710
150 6	100 4	250	710
200 8	100 4	300	710
250 10	150 6	380	710
300 12	150 6	450	710
350 14	200 8	535	710
400 16	200 8	610	710
450 18	250 10	685	710
500 20	250 10	760	760
600 24	300 12	915	915

en la contraportada B para información sobre los "CÓDIGOS".

Terminación y Opciones	Otras Opciones
IBLV M, L, E, F, N, Q	*DC

la opción cuando la s de 90%, o menos.

Fuente: Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.

- Tubería principal (Manifold): las funciones del Manifold son las de ser un equipo separador de humedad, distribuidor de vapor, facilitador de nuevos ramales de distribución de vapor y acumulador de vapor que garantice la presión de distribución de la caldera. Las condiciones de instalación del Manifold de Empacadora Toledo dificultan su ingreso (tipo aéreo) por lo que la respuesta ante una emergencia es problemática, debido a que no es fácil de alcanzar sus elementos de control.

Figura 31. **Manifold principal sin accesibilidad para su revisión**



Como se observa en la fotografía, no existe un medio de comunicación directo. La única forma de llegar al Manifold es por medio de la parte superior del hogar de la caldera.

Fuente: empacadora Toledo, S.A.

Por otro lado, el diseño del bolsillo de drenaje no es el adecuado debido a que la suciedad y corrosión llegan directamente a la trampa de condensado y no cumple el diseño anteriormente expuesto para diseño de bolsillos de drenajes. Ante estos dos inconvenientes el Manifold no cumple con las características de facilitador (difícil acceso) y de separador (mal diseño de drenaje) pero si cumple en comparación con las de acumulador y distribuidor.

Figura 32. **Manifold principal sin accesibilidad para su revisión**



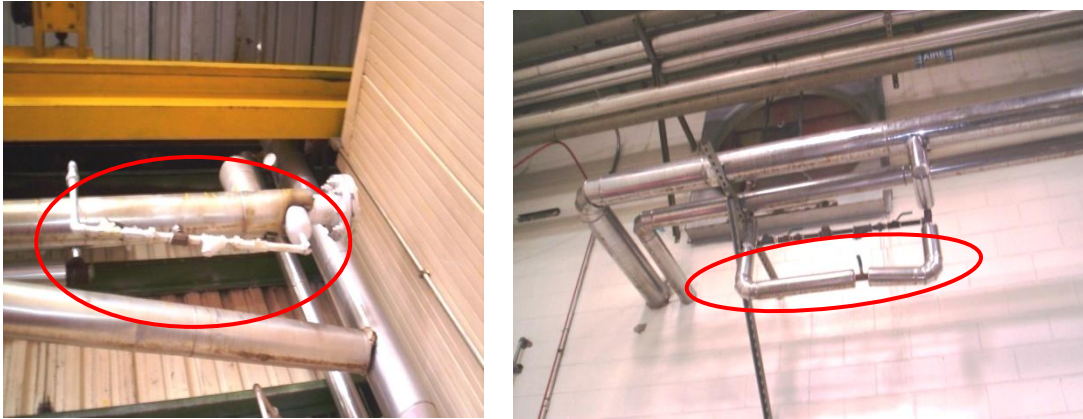
Bolsillo de drenaje mal diseñado, la suciedad llega directamente a la trampa de vapor; la tubería de esta debe salir 10 plg arriba del fondo de la pierna, de forma paralela al diámetro de la pierna colectora según el extracto.

Fuente: empacadora de Toledo.

- Tuberías secundarias: anteriormente se contaba con una línea de producción para enlatados, por factores externos se tomó la decisión de tercerizar este servicio; trasladándolo a otra empresa. Esto ocasionó la inutilización del ramal de vapor destinado a esa línea, lo que ocasiona un desperdicio de accesorios y provoca una carga a la caldera de vapor.

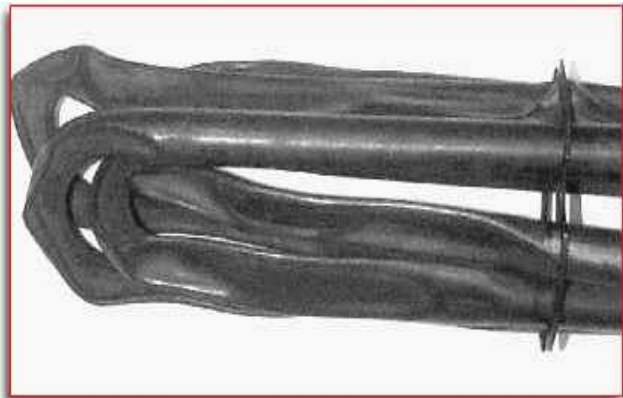
Esta alimentación se deriva de la alimentación de cocina de jamones, al mismo tiempo se encontraron bolsillos de drenajes conectados después de los accesorios de cambio de plano (codos a 90°) y no antes como estipula la guía para vapor Armstrong; esto ocasiona acumulación de condensado y puede provocar fallas por golpe de ariete.

Figura 33. **Tuberías secundarias de distribución de vapor con bolsillos de drenajes mal instalado y diseñados**



Fuente: áreas de proceso de empacadora Toledo.

Figura 34. **Falla de tubería de vapor por golpe de ariete**



Falla en tuberías de vapor por golpe de ariete (*water hammer*)

Picture of Tubes Damaged by Water Hammer

Fuente: Spirax Sarco.

4.3.5. Control de variables de la caldera

Es necesario que para el equipo generador de vapor (caldera) funcione adecuadamente y se pueda visualizar su comportamiento bajo indicadores de operación. Éstos abarcan desde la presión de salida del vapor, la temperatura del vapor, condiciones del agua de alimentación, control de químicos, etcétera.

A continuación se presenta un formato con las variables que se recolectan durante el turno de trabajo de un calderista (diurno y nocturno)

Tabla IX. **Formato de control de variables de las calderas de vapor CV-001 y CV-002**

EMPACADORA TOLEDO															
Fecha: _____ a _____															
PLANTA DE Área: Calderas															
FORMATO PARA EL CONTROL DE VARIABLES															
VARIABLE	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	U. Med	
Presión Bomba de agua Caldera 200 HP.														PSI	
Presión Bomba de agua Caldera 250 HP.														PSI	
Temperatura agua de Alimentación Calderas														°C	
Presión de vapor en tanque de Bunker														PSI	
Presión de Salida de Bomba de agua General														PSI	
Presión Bomba de Recirculación de Bunker C200														PSI	
Presión de Entrada de Bunker Caldera 200 HP														PSI	
Temperatura de Entrada de Bunker C200 HP														°C	
Presión de vapor en salida Caldera 200 HP														PSI	
Temperatura de chimenea caldera 200 HP														°C	
Temp. de bunker en salida intercambiador C200														°C	
Presión bomba de recirculación de bunker C250														PSI	
Presión de entrada de bunker caldera 250 HP														PSI	
Temperatura de entrada de bunker C250 HP														°C	
Presión de vapor en salida caldera 250 HP														PSI	
Temperatura de chimenea caldera 250 HP														°C	
Temp. de bunker en salida intercambiador C250														°C	
Temperatura tanque de aceite exterior														°C	
TSD (Total Sólidos Disueltos) 2,800 – 3,000														ppm	
Día: _____							Noche: _____								

Fuente: Empacadora Toledo.

4.3.6. Mantenimiento

El mantenimiento preventivo que tiene el sistema de generación y distribución de vapor de Empacadora Toledo, es el adecuado y se dividen en: inspección VOSO (ver, oír, sentir, oler) y rutinas de inspección quincenal por áreas de producción. Estos dos mantenimientos se generan en planes de MP en el *software* Máximo de gestión de activos de conservación Industrial que Empacadora Toledo posee.

Las herramientas que complementan en este caso, la inspección VOSO son las siguientes: estetoscopio, pirómetro láser, plan impreso de inspección y un talonario de requisiciones de trabajo. Estas requisiciones se generan en el *software* y se programa la mano de obra en base a tiempo y materiales necesarios para la ejecución de las mismas.

Como parte de la mejora continua en el área de conservación industrial de Empacadora Toledo, se sugiere la creación de rutas de inspección de ultrasonido y termografía para ultrasonido, se emplea el equipo ULTRAPROBE 10000 MPH de U E SYSTEMS Inc.

Basado a espectros de frecuencias de ultrasonido propagado por aire, analiza el ultrasonido captado y compara con niveles audibles y espectros de frecuencias preestablecidos de acuerdo a tipo de fallas en elementos (válvulas, fugas, trampas de vapor, etc) esta es una de las aplicaciones de este sistema puesto que se puede utilizar para análisis de comportamientos eléctricos, mecánicos y en estructuras.

Figura 35. **Pistola de ultrasonido**



Ultrasonido para detección de fugas de vapor



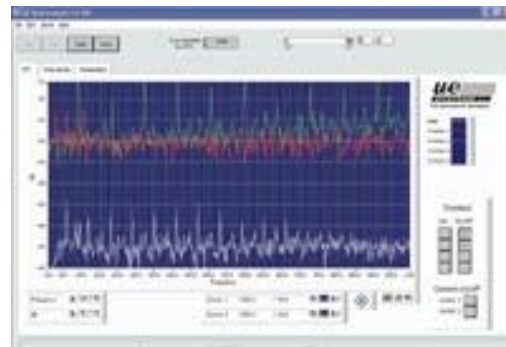
Pistola de Ultrasonido Ultraprobe 10000 MPH
Similar a la de empacadora TOLEDO

Fuente: <http://www.uesystems.com/products/state-of-the-art-ultrasound-detectors/ultraprobe-10000.aspx>. Consulta: 03 marzo 2010.

Figura 36. **Pistola de ultrasonido**



Ultrasonido en trampas de vapor



Espectro de frecuencia para comparar muestras

Fuente: <http://www.uesystems.com/products/state-of-the-art-ultrasound-detectors/ultraprobe-10000.aspx>. Consulta: 03 marzo 2010.

Respecto a la rutina de inspección por termografía, se utiliza el equipo FLIR T200 de FLIR SYSTEMS AB. La cámara termografica es un dispositivo capaz de formar imágenes visibles a partir del el espectro electromagnético infrarrojo medio. Con estos se mide el diferencial de temperatura entre el equipo a monitorear y el ambiente y de acuerdo a la escala y un puntero de lectura térmica instantánea podemos saber el comportamiento del equipo monitoreado.

Figura 37. Cámara Termográfica Flir T200 e imágenes termográficas a sistemas de distribución de vapor



Cámara Termografica FLIR T200 similar a la de Empacadora Toledo



Imagen termografica a válvulas principales de distribución de vapor.

Fuente: <http://www.flir.com/thermography/americas/es/content/?id=14668>. Consulta: 03 marzo 2010.

Continuación de la figura 37.

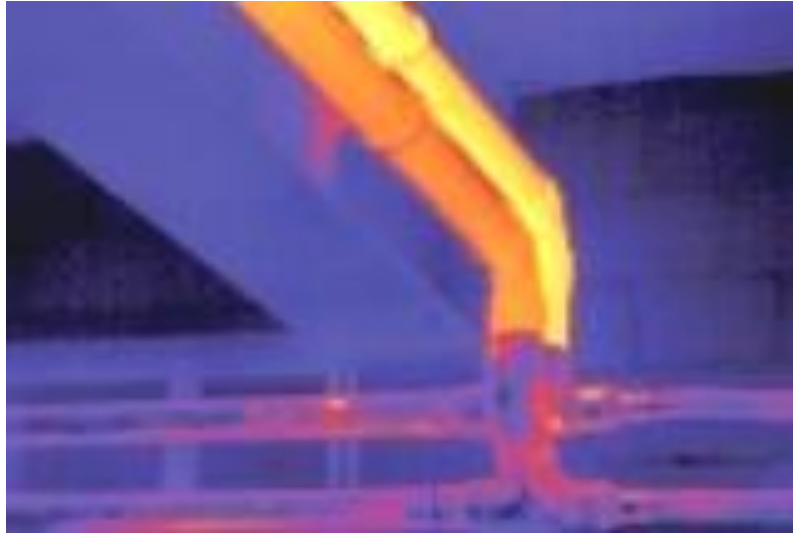


Imagen termografica del aislamiento térmico de dos líneas de distribución de vapor.

Fuente: <http://www.flir.com/thermography/americas/es/content/?id=14668>. Consulta: 03 marzo 2010.

5. PROPUESTA PARA EL PLAN DE REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

De acuerdo a lo encontrado se elabora una planificación que abarca desde el rediseño hasta la creación de nuevos subsistemas para la optimización del sistema actual de distribución de vapor de la empresa.

5.1. Implementación del plan preventivo del sistema de distribución de vapor

Básicamente el plan de mantenimiento preventivo que actualmente se realiza en Empacadora Toledo está completo, únicamente se agregan planes de mantenimientos preventivos no invasivos y monitoreos de condición; es decir que se adiciona al plan VOSO las rutinas de termografía y ultrasonido que se definirán a corto plazo.

5.1.1. Planificación y ejecución de la línea rediseñada de vapor

A continuación una tabla con las actividades programadas para la ejecución de los cambios propuestos para la línea de distribución de vapor, obtenidos de la auditoría realizada y detallada en el capítulo 4.

Tabla X. Tabla de planificación y ejecución de la línea rediseñada de vapor

No.	Fecha	Problema / Tema	Acción a realizar	Responsable	Fecha propuesta	Observaciones
1	16/10/2010	Temperatura no adecuada en los tanques de almacenamiento de bunker.	Fabricar serpentines para elevar la temperatura de almacenamiento de bunker.	Taller soldadura / Depto. Calderas	01/01/2011	Eliminar cambios abruptos cuando se reajusten los tanques de consumo diario de las calderas, mantener constante la temperatura de suministro de bunker.
2	05/11/2010	Falta de Manifold's de distribución en áreas de cocina.	Calculo y diseño de 02 manifold para instalarse en las cocinas de jamones y salchichas.	Taller soldadura / Depto. Calderas	Feb-11	Garantizar la distribución del vapor en áreas de mayor consumo y el traslado de condensado hacia los tanques de diario.
3	05/11/2010	Trampas de condensado de vapor de equipos no cumplen su función adecuadamente.	Actualmente están instaladas de forma que no cumple al 100% la función de diseño del fabricante.	Depto. Calderas	Ene-11	Asegurar el correcto traslado del condensado hacia el tanque colector.
4	20/11/2010	Falta de bolsillos de drenaje (limpieza de sistemas de distribución de vapor)	Fabricación de bolsillos en las líneas de distribución donde falten y corrección de los bolsillos actuales.	Taller soldadura / Depto. Calderas	Dic-12	Facilita la rápida limpieza y revisión de las líneas principales.
5	21/11/2010	Aislamiento en redes nuevas de distribución de vapor.	Aplicar aislamiento y enchaquetadura a las líneas recientes de equipos que necesiten vapor para su funcionamiento.	Depto. Calderas	Mar-11	Evita un diferencial (ΔT) de temperatura alta que conlleve a la condensación en el tramo sin aislamiento.
6	21/11/2010	Tuberías de sistemas discontinuados u obsoletos debido a sustitución o eliminación en procesos.	Eliminar y cerrar los tramos de tuberías obsoletos para evitar cargas térmicas innecesarias.	Taller soldadura / Depto. Calderas	Feb-11	Garantiza que el sistema se comporte como un circuito cerrado y evita el trabajo innecesario de la caldera de vapor.
7	10/12/2010	No existe identificación de líneas de vapor y retorno de condensado.	Es necesario identificar las líneas de distribución de vapor de alta, baja presión y de retorno de condensado.	Depto. Calderas	Abr-11	Facilitara el control de los sistemas y se utilizara la norma UNE 1063 que se rige en base a las especificaciones internacionales de señalización de tuberías.

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Diseño de los Manifolds de distribución de vapor

En el pasado era necesario calcular y estimar flujos máxicos, entalpías y calor latentes de líquido y vapor a presiones y temperaturas determinadas para los diseños de fabricación de Manifolds de distribución de vapor, suponiendo algún factor de pérdida por tipo de materiales, fricción, dimensiones de la tubería a utilizar, etcétera. Por lo que resultaba en cálculos demasiado elevados

(por seguridad) y las dimensiones de los mismos los hace onerosos y poco prácticos en cuanto a desempeño.

Actualmente los fabricantes de tuberías, accesorios para vapor y calderas han elaborado manuales con tablas de selección de tuberías que dependen de la cédula del material.

La presión de la línea de vapor y la capacidad a suministrar en Kg/h o Lib/h. Debido a experiencia en el ramo de asesoramiento técnico y de desempeño de accesorios, utilizaremos el manual del fabricante Armstrong *Steam Conservation Guidelines for Condensate Drainage* para la selección y diseño del diámetro de la tubería de los Manifolds.

Inicialmente haremos el cálculo del Manifold del área de Cocina Jamones para efectos de comprensión en este trabajo de graduación. El otro Manifold (Cocina salchichas) se resumirá al valor que indique el procedimiento empleado a continuación.

Datos.

Área: Cocina Jamones.

Equipos a conectar: Hornos Fesmman 1, 2 y 3.

Factor de trabajo simultáneo: 50% del tiempo de operación (12 Hr.)

Demanda Total de Vapor: $720 \text{ Kg/h} \times 3 = 2,160 \text{ Kg/h} \approx 7,752 \text{ Lb /h}$.

Presión del sistema: 120 psi.

En la siguiente tabla, se puede localizar el diámetro en pulgadas de una tubería con cédula 40 a una presión de línea de 125 psi (valor cercano al que tenemos) y bajo la consigna de una pérdida máxima de 1 psi por 100 pies de longitud, se determina la capacidad de la tubería en Lb/h de vapor.

Tabla XI. **Tabla de capacidades de tuberías para vapor @ 125 psig y cédula40 por diámetro de entrada.**

Table 45-6. Steam Pipe Capacity at 125 psig—Schedule 40 Pipe

Pipe Size (in)	Pressure drop per 100 ft of pipe length				
	1/2	3/4	1	2	5
1/2	23	29	33	47	75
3/4	54	66	77	109	172
1	109	134	155	220	347
1 1/4	241	296	341	483	764
1 1/2	375	460	532	751	1,185
2	760	930	1,075	1,520	2,410
2 1/2	1,250	1,535	1,775	2,550	3,960
3	2,280	2,815	3,245	4,590	7,260
4	4,840	5,930	6,850	9,700	15,350
5	9,680	11,860	12,700	17,400	28,100
6	14,710	18,070	20,800	29,500	46,500
8	30,650	37,650	43,400	61,400	97,100
10	58,000	68,500	79,100	112,000	177,000
12	89,900	110,200	127,100	179,600	284,100

Fuente: *Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.*

- Como se puede apreciar en la columna de pérdida máxima de 1 psi, ubicamos el valor cercano a 7,752 Lb /h (capacidades en Lb/h), el valor encontrado es de 6,850 Lb/h, debido a que el valor no se encuentra en la tabla y el más cercano es de 6,850 (que está por debajo del calculado) por lo tanto, ubicamos el valor próximo superior (12,700 Lb/h), ante esto se encuentra con el problema que comercialmente no se dispone de tubería de 5 plg de diámetro.

Por lo cual, es necesario ubicar una tubería de 6" de diámetro, pero resultaría con una capacidad máxima de 20,800 Lb/h de vapor; esto haría ineficiente el propósito del Manifold y lo convertiría en una carga térmica adicional. Por lo expuesto se calcula para una pérdida de dos psi y se toma el valor de una tubería de 4" y una capacidad de 9,700 lb/h, este valor que cubre la demanda total + 20% de expansión futura (7,752 Lb/h x 1.2 = 9,302.4 lb/h).

- Con este valor se garantiza que en 100 pies de longitud de tubería de hierro negro cedula 40 tendremos una pérdida máxima de 2 psi siempre y cuando se cumplan con el trapeo adecuado de condensado.
- Como el tiempo de operación de los tres hornos simultáneamente se encuentra en la mitad del turno diurno, por efectos de seguridad se tomará el valor total del diámetro que indica la tabla.

Los colores que se visualizan en la tabla de arriba, muestran las velocidades que presenta el vapor en las tuberías en metros / sec. Se recomienda por parte del fabricante trabajar en el diseño con el color violeta, para evitar problemas de arrastre y golpe de ariete de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla XII. **Tabla de velocidades del vapor de acuerdo a la designación de colores**

La tabla de abajo proporciona la designación de colores y las velocidades correspondientes

Arriba De	Velocidad Menor Que
Violeta	30 m/sec
Amarillo	40 m/sec
Azul	50 m/sec
Rojo	60 m/sec
Verde	75 m/sec

Fuente: *Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.*

- Respecto a la longitud del Manifold se tienen varios criterios en cuanto a la selección de la longitud óptima, pero la mayoría son de índole empírico y no existen bases de ingeniería que las soporten; la longitud adecuada la determinan los accesorios que se instalarán en este ramal (válvulas, filtros, manómetros, etc) por otro lado la disponibilidad que se tenga de

conectar hacia las cargas térmicas actuales y futuras, juega un papel principal en el diseño. No es lo mismo diseñar un Manifold para una línea de producción en una instalación nueva que rediseñar un Manifold para unas cargas establecidas y en una construcción antigua.

El criterio a utilizar para este Manifold está con base a longitudes equivalentes (longitudes que presentan los accesorios a instalar en el Manifold) y se tomara un factor de seguridad de 1.2 tomando en cuenta el 20% de expansión futura. A continuación se encuentra una tabla con los accesorios a instalar en el Manifold:

Tabla XIII. **Tabla de cálculo de longitudes equivalentes por tipo de accesorio**

Equipo	Accesorio	Díámetro (plg)	Longitud Eq (m)
HV-001	01Válvula de compuerta Flange.	2	0.4
	02 Codos Flanges de hierro negro	2	0 x 2= 0
HV-002	01Válvula de compuerta Flange.	2	0.4
	02 codos Flanges de hierro negro	2	0 x 2= 0
HV-003	01Válvula de compuerta Flange.	2	0.4
	02 codos Flanges de hierro negro	2	0 x 2= 0
	01 Válvula de compuerta Flange	4	0.8
	Niple de 4" Φ x 4" largo	4	3.1
	Niple para condensado	$\frac{3}{4}$	0.6
		TOTAL	5.7 metros
		+20% Exp. Futura	6.84 metros

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Tabla de longitud equivalente para accesorios para tubo de cédula 40**

Tabla 48-1. Longitud Equivalente de Tubería a Añadir Debido a Accesorios - Tubo Cédula 40

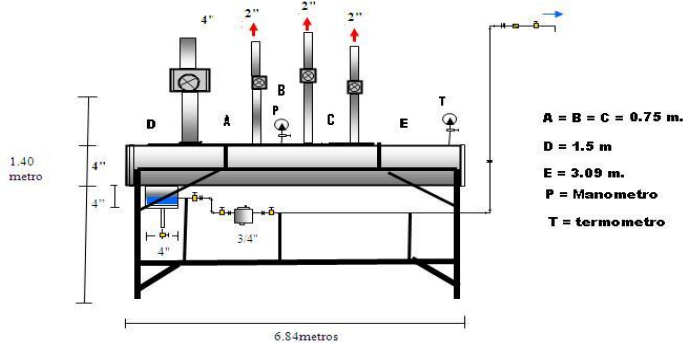
Tamaño de Tubería (in)	Longitud en Metros a Añadir				
	Codo Estándar	"T" con Salida Lateral	Válvula de Compuerta*	Válvula de Globo*	Válvula de Angulo*
1/2	0.5	0.9	0.1	5.4	2.4
3/4	0.6	1.3	0.2	7.1	3.1
1	0.8	1.6	0.2	9.1	4.0
1 1/4	1.1	2.1	0.3	11.9	5.3
1 1/2	1.2	2.5	0.3	13.9	6.1
2	1.6	3.2	0.4	17.9	7.9
2 1/2	1.9	3.8	0.5	21.3	9.4
3	2.3	4.7	0.6	26.5	11.7
3 1/2	2.7	5.4	0.7	30.6	13.5
4	3.1	6.1	0.8	34.8	15.3
5	3.8	7.7	1.0	43.6	19.2
6	4.6	9.2	1.2	52.4	23.1
8	6.1	12.2	1.6	68.9	30.4
10	7.6	15.3	2.0	86.5	38.2
12	9.1	18.2	2.4	103.1	45.5

* Válvula completamente abierta

Fuente: *Steam conservation Guidelines for Condensate Drainage by Armstrong handbook.*

Por otro lado, el Manifold contará con una pierna colectora de condensado, conocida también como bolsillo de drenaje, esta facilitará la limpieza de la línea de retorno de condensado del Manifold, el dimensionamiento del bolsillo queda al 100% del diámetro de Manifold, el diseño quedaría aproximadamente como en la siguiente figura.

Figura 38. **Diseño de Manifold para cocina jamones y cocina salchicha**



Pendiente de 2% del valor total de la longitud: 13 cm

Fuente: elaboración propia.

De nuevo es conveniente mencionar que no existen referencias de ingeniería en cuanto al diseño de distribuidores de vapor (Manifolds) sin embargo, para este trabajo se tomo de base las capacidades de distribución de tuberías presión de línea y pérdida de presión constante, así como la longitud equivalente de los accesorios por pérdida de fricción. Para el área de cocina salchichas, es necesario otro Manifold con las mismas dimensiones.

5.1.3. Identificación de accesorios que contemplan el rediseño del sistema de distribución de vapor



Se realizará un diagrama desglosando el sistema principal y los subsistemas de distribución para las áreas donde sea utilizado el vapor, con recuperación de condensado o para sistemas abiertos de proceso.

Actualmente, Empacadora Toledo cuenta con un diagrama electrónico (CAD) en el cual se visualiza los ramales y los accesorios que lo componen.

5.1.4. Identificación de las líneas de vapor de alta presión, vapor de baja presión y retorno de condensado

Para esta identificación se utilizará las normas DIN debido a que estas normas son las más actualizadas. Con base a la norma DIN 2403 “señalización de tuberías” se procede a realizar la siguiente identificación de tuberías de vapor y retorno de condensado, según la norma alemana; quedando de la siguiente manera:

Tabla XV. **Tabla de señalización de tuberías, según norma DIN 2403**

Color		Coordenadas Cromáticas		Factor de Luminancia (%)
		x	y	
VERDE		0,273	0,399	9,2
ROJO		0,602	0,324	7,5
AZUL		0,190	0,185	8,11
AMARILLO		0,480	0,481	60,6
NEGRO		0,293	0,307	3,8
BLANCO		0,310	0,320	84,4
GRIS		0,314	0,328	28,7
MARRON		0,389	0,362	13,5
NARANJA		0,577	0,383	19
VIOLETA		0,333	0,237	13,8

Fuente: Norma DIN 2403 señalización de tuberías.p.36 y 37.

Tabla XVI. **Guía de codificación de tuberías, según el fluido a transportar**

Fluido	Color Básico	Estado Fluido	Color Complementario	Ejemplo
ACEITES	Marrón	Gas-oil De alquitrán Bencina Benzol	Amarillo Negro Rojo Blanco	
*ÁCIDO	Naranja	Concentrado	Rojo	
AIRE	Azul	Caliente Comprimido Polvo carbón	Blanco Rojo Negro	
AGUA	Verde	Potable Caliente Condensada A presión Salada Uso industrial Residual	Verde Blanco Amarillo Rojo Naranja Negro Negro + Negro	
ALQUITRÁN	Negro			
BASES	Violeta	Concentrado	Rojo	
GAS	Amarillo	Depurado Bruto Pobre Alumbrado De agua De aceite * Acetileno * Ácido carbónico * Oxígeno * Hidrógeno * Nitrógeno * Amoníaco	Amarillo Negro Azul Rojo Verde Marrón Blanco + Blanco Negro + Negro Azul + Azul Rojo + Rojo Verde + Verde Violeta + Violeta	
VACÍO	Gris			
VAPOR	Rojo	De alta De escape	Blanco Verde	

Fuente: Normas DIN 2403. p.40.

Esto aplicará desde las tuberías que salen del Manifold, derivaciones a cada área de proceso y las tuberías de ingreso y egreso de los equipos que utilicen vapor de alta presión (AP), vapor de baja presión (BP) y retorno de condensado (RC), en algunos casos se aplicara la designación no aplica (NA); para los equipos que funcionen como un circuito abierto solo aplica vapor de alta presión y/o vapor de baja presión; para las tuberías internas de los equipos no se realizarán identificación, con el objeto de no interferir en la integridad y garantía del equipo. Quedando de la siguiente manera en la presente tabla.

Tabla XVII. Tabla de codificación de tuberías de alimentación de vapor y retorno de condensado de los equipos demandantes de vapor

N o.	Área	Nombre	Vapor AP	Vapor BP	RC
					
1	Cocina Jamones	Horno Fessman 1	X	X	X
2	Cocina Jamones	Horno Fessmann 2	X	X	X
3	Cocina Jamones	Horno Fessmann 3	X	X	X
4	Cocina Jamones	Pila de Cocción 1	X	NA	NA
5	Cocina Jamones	Pila de Cocción 2	X	NA	NA
6	Cocina Jamones	Pila de Cocción 3	X	NA	NA
7	Cocina Jamones	Pila de Cocción 4	X	NA	NA
8	Cocina Jamones	Pila de Cocción 5	X	NA	NA
9	Cocina Salchichas	Horno Maurer	X	X	X
10	Cocina Salchichas	Horno Alkar	X	X	X
11	Cocina Salchichas	Marmita de Cocción 6	NA	X	X
12	Cocina Salchichas	Marmita de Cocción 7	NA	X	X
13	Cocina Salchichas	Marmita de Cocción 8	NA	X	X
14	Formados Línea 1	Horno Cookstar 1	X	NA	X
15	Formados Línea 2	Horno Cookstar 2	X	NA	X

Fuente: elaboración propia.

5.2. Propuesta del plan de rediseño del sistema de distribución de vapor

A continuación se presentan los cálculos de materiales para los temas contemplados en el rediseño del sistema de distribución de vapor, estos quedan en el siguiente orden:

- Fabricación de Manifolds para vapor de las áreas de cocina jamones y cocina Salchichas.
- Cambio y/o modificación en el sistema de trampeo de subsistemas de vapor (distribución de vapor en áreas de proceso) y de equipos de proceso.
- Identificación por medio de pintura o etiquetas de tuberías de vapor, bajo la norma DIN 2403 de las tuberías de distribución de vapor (alta y baja presión de vapor) y retorno de condensado.

Los materiales serán cotizados de acuerdo a los proveedores establecidos de Empacadora Toledo, S. A., para garantizar el desempeño de los materiales y la mejor oferta del mercado disponible para las modificaciones.

- Fabricación de Manifolds

Tabla XVIII. **Tabla de cálculo de materiales por fabricación de Manifold**

Cantidad	Descripción	Precio (Q)
01	Tubo de Hierro Negro Cedula 80, 4" de Ø	950.00
04	Nipples de HN C80 2" de Ø.	1000.00
06	Flanges o Bidas de HN de 2" de Ø.	2250.00
03	Válvulas tipo compuerta de HN Bridadas de 2" de Ø	1200.00
02	Flanges o bridas de HN de 4" de Ø.	750.00
01	Válvula tipo compuerta de HN Bridada de 4" de Ø	600.00
01	Termómetro 0 – 500 °F. Raíz de ¼" de Ø	475.00
01	Manómetro 0 – 200 Psi. Raíz de ¼" de Ø	215.00
02	Colas de cochino de HN de ¼" de Ø.	35.00
05	Válvulas de bola de HN de ¾".	250.00
01	Filtro tipo "Y" de HN de ¾".	156.00
01	Trampa de Cubeta invertida de ¾"	425.00
03	Llaves de paso rápido de ¾"	150.00
	TOTAL	Q.8,456.00

Fuente: elaboración propia.

El costo asociado es igual al del Manifold que se utilizará en cocina de salchichas, por lo tanto, se debe tomar en cuenta el doble de este valor (Q16,912.00)

- Cambio y/o modificación en el sistema de trampeo de subsistemas de vapor (distribución de vapor en áreas de proceso) y de equipos de proceso.

Tabla XIX. **Tabla de cálculo de sistema de trampeo a modificar**

Cantidad	Descripción	Precio (Q)
1	Flange de 1" para conexión para válvula reguladora de marmita MC-006.	475.00
2	Trampas de vapor de cubeta invertida conexión de ½" para 360 kg/h de vapor (hornos Fessmann 1 y 2)	750.00
1	Trampa de vapor tipo cubeta invertida conexión de ½" para 95 kg/h de vapor (para tanque de bunker TA-002)	375.00
	TOTAL	Q1,600.00





Fuente: elaboración propia

- Para garantizar la bioseguridad y reforzar la seguridad industrial, se realizara la dentificación por medio de pintura o etiquetas de tuberías de vapor, bajo la norma DIN 2403 de las tuberías de distribución de vapor (alta y baja presión de vapor) y retorno de condensado.

Para las tuberías que se encuentran protegidas con aislamiento térmico y recubrimiento de lámina de aluminio utilizarán las calcomanías que indicarán si los ramales de distribución de vapor pertenecen al vapor de alta o baja presión.

Para las tuberías de retorno de condensado, se utilizará pintura y calcomanías si se requiere.

Tabla XX. **Tabla de costos de señalización de tuberías de vapor y retorno de condensado del rediseño**

Cantidad	Descripción	Precio (Q)
40	Calcomanías de color rojo con recuadro blanco según figura 	200.00
30	Calcomanías de color rojo con recuadro verde, según figura 	150.00
1	Cubeta de pintura para exteriores verde, según tono 	575.00
1	Lata de pintura para exterior amarillos, según el tono 	195.00
	TOTAL	Q1,120.00

Fuente: elaboración propia.

En resumen, el costo asociado para la implementación del plan de rediseño de la tubería de distribución de vapor, en Empacadora Toledo, S. A. representa un total de Q.19,632.00 obteniendo directamente un ahorro en el consumo de combustible, en el retorno de condensado y en la eliminación de fugas.

CONCLUSIONES

1. Al definir el sistema ideal de generación – distribución de vapor, en la planta procesadora de Empacadora Toledo, S. A. se establece el ciclo ideal de recuperación de vapor.
2. Con un sistema de trampeo adecuado a las condiciones ambientales y las aplicaciones de proceso, se garantizará el correcto funcionamiento de la distribución de vapor y se apega al ciclo ideal de suministro de vapor.
3. Es fundamental realizar un análisis de diseño previo a las instalaciones a corto plazo y contemplar las expansiones futuras de distribución de vapor en el mediano plazo.
4. El aislamiento térmico de las tuberías de distribución de vapor es parte fundamental en la optimización del sistema de la Empacadora Toledo. El rol principal de este sistema es evitar las fugas de calor hacia el ambiente; sobre todo si este es de mucha humedad como el de la empresa.
5. Actualmente no se cuenta con un sistema o criterio de diseño en cuanto al diseño y fabricación de Manifold para vapor, el presente estudio además del rediseño del sistema de distribución de vapor de Empacadora Toledo tiene como objeto, aportar una alternativa de consulta en cuanto al criterio de diseño y fabricación de Manifolds, para vapor.

6. Definición de un indicador que relacione la capacidades de producción de embutidos con la capacidad de generación de las calderas de vapor; para garantizar que el indicador sea lo más representativo posible, valor promedio: 169 Lbs útil /galón; este indicador orientará sobre el costo del vapor en términos de libras útiles a trasladar (producto listo para su distribución).

7. El mantenimiento preventivo que se ejecuta actualmente en Empacadora Toledo está bien planificado y completo, las rutinas de inspección brindan una anticipación a la falla del equipo y una programación de mantenimiento correctivos a tiempo.

RECOMENDACIONES

1. Actualizar los planos de diseño del sistema de distribución de vapor, los planos originales no contenían las actualizaciones de la ampliación de los sistemas.
2. Aplicar el criterio de diseño ingenieril a las nuevas instalaciones de vapor que se soliciten.
3. Apoyarse con las tablas de selección de tuberías y accesorios para vapor dependiendo la capacidad térmica que se solicite, con el objeto de dimensionar adecuadamente los nuevos sistemas de vapor.
4. Capacitar al personal operativo del taller de calderas sobre cómo utilizar las tablas de selección de tuberías y accesorios para vapor, para crear el criterio técnico y que se utilice como herramienta en el proceso de diseño de un sistema nuevo.
5. Implementar las rutas de inspección con base a ultrasonido y termografía, esto completará el mantenimiento preventivo de Empacadora Toledo, S. A., para adelantar a la falla del sistema, se podrá programarse los trabajos correctivos con bastante antelación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Armaturen Stillar. *Circuitos de vapor* [en línea] Guía técnica. (ref. de 22 octubre de 2009) Lima, Perú 2007. Disponible en Web: <<http://www.stilar.net/Archivos%20Web/Circuitos%20de%20Vapor%20eficientes.pdf>>
2. Armstrong. *Arreglos de tubería y trampeo para drenado de condensado* [en línea], agosto del 2004 (ref. de 10 octubre 2009). Disponible en Web:<http://www.armstronginternational.com/library_resource/steam.html>
3. _____: *Steam Conservation Guidelines for Condensate Drainage*, Handbook N-101 50M 11/97, Michigan, USA: Armstrong, 2009. 66 p.
4. CONAE. *Guía de vapor para la industria* [en línea]. octubre 2002 Conae, México (ref. de 2 febrero 2010) Disponible en Web:<<http://www.conae.gob.mx>>.
5. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. *Principios fundamentales ciclos a vapor* [en línea]. 2008 (ref. de 4 abril 2010) 26p. Disponible en Web: <http://materias.fi.uba.ar/6517/Teoricas/Turbinas_a_Vapor/Ciclos%20a%20vapor.pdf>
6. MARGHITU, Dan B. *Mechanical Engineer's Handbook*. San Diego California, USA: Academic Press, 2001. 876 p.

7. PINELO CAMBRANES, José Enrique. *Readecuación de la red de distribución de vapor y retorno condensado en el Hospital Regional de San Benito, Petén*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2006. 75 p.
8. Spirax Sarco. *Calderas y accesorios, guía de referencia técnica*. South Caroline, USA: Handbook, 1999. 88 p.
9. _____: *Manual Design of fluid systems*. South Caroline, USA: Hookups, 2004. 66 p.
10. WARK, Kenneth; RICHARDS, Donald E. *Termodinámica*. 6a ed. España: McGraw – Hill, 2001. 1041 p. ISBN: 0-07-068305-0.