



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

**PROPUESTA DE REINGENIERÍA DE RED DE RETORNO DE
CONDENSADOS EN PLANTA BIMBO DE CENTROAMÉRICA S. A.**

Edi Roberto Subuyuc Saquil

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE REINGENIERÍA DE RED DE RETORNO DE
CONDENSADOS EN PLANTA BIMBO DE CENTROAMÉRICA S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDI ROBERTO SUBUYUC SAQUIL

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Coronado Noj
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:

PROPUESTA DE REINGENIERÍA DE RED DE RETORNO DE CONDENSADOS EN PLANTA BIMBO DE CENTROAMÉRICA S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 12 de mayo de 2014.



Edi Roberto Subuyuc Saquil



Guatemala, 17 de abril de 2015
REF.EPS.DOC.306.04.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edi Roberto Subuyuc Saquil** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200915389, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE REINGENIERÍA DE RED DE RETORNO DE CONDENSADOS EN PLANTA BIMBO DE CENTROAMÉRICA S.A.**

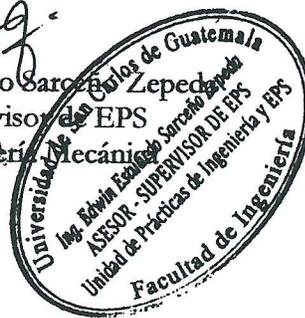
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarcos Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EESZ/ra



Guatemala, 17 de abril de 2015
REF.EPS.D.177.04.15

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE REINGENIERÍA DE RED DE RETORNO DE CONDENSADOS EN PLANTA BIMBO DE CENTROAMÉRICA S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edi Roberto Subuyuc Saquil** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.166.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Supervisor, con la aprobación del Director del Departamento de EPS, del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE REINGENIERÍA DE RED DE RETORNO DE CONDENSADOS EN PLANTA BIMBO DE CENTROAMERICA, S.A.** Del estudiante **Edi Roberto Subuyuc Saquil**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MA. Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo de 2015.



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: **PROPUESTA DE REINGENIERÍA DE RED DE RETORNO DE CONDENSADOS EN PLANTA BIMBO DE CENTROAMÉRICA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Edi Roberto Subuyuc Saquil**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, 26 de mayo de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme la oportunidad de vivir, la sabiduría, fuerza para superar cada obstáculo que llevaba consigo este proyecto.
- Mi padre** Roberto Subuyuc, por darme ese apoyo incondicional, por realizar un esfuerzo extra para terminar esta meta.
- Mi madre** María Margarita Saquil, porque tu partida fue muy triste, al final te convertiste en mi inspiración para no rendirme y me enseñaste a mostrar una sonrisa aunque no estuviera feliz.
- Mi hermana** Que me brindó su apoyo y muchos ánimos en este camino largo.
- Mis tíos** Por darme ánimos, consejos y apoyo en los momentos más difíciles durante este proyecto.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberse convertido en mi segundo hogar y abrirme sus puertas al conocimiento.
Mi novia	Ingrid Elizabeth Muralles Vega, desde que te conocí me apoyaste, ayudaste e inspiraste a culminar un objetivo común.
Mis amigos de la Facultad	Porque sin conocerme en un principio me brindaron su amistad y estuvieron apoyándome en esta etapa de mi vida.
Bimbo de Guatemala	Por haberme brindado la oportunidad de terminar una etapa muy importante a nivel académico.
Ing. Juan Vásquez	Por el apoyo y sus consejos brindado en esta etapa final.
Ing. Rafael Molina	Por haberme guiado durante la realización de EPS, por darme consejos que me hicieron alcanzar el éxito.
Ing. Eduardo Utzén	Porque cada consejo que me compartió hizo que mantuviera el objetivo fijado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Historia de Grupo Bimbo	2
1.1.2. Misión	3
1.1.3. Visión.....	4
1.1.4. Valores de Grupo Bimbo	5
1.1.5. Organigrama del área de mantenimiento	6
1.2. Generación de vapor	8
1.2.1. Calderas	9
1.2.2. Tipos de calderas	9
1.2.3. Calderas Pirotubulares Tipo CB 125	11
1.2.4. Agua de alimentación	14
1.2.5. Sistema de ablandamiento de agua	15
1.2.6. Bomba de alimentación	17
1.2.7. Tanque de retorno de condensados	18
1.2.8. Trampas de vapor.....	19
1.2.9. Recuperación de condensado Trampa-Bomba	23

1.2.10.	Dimensionamiento y selección de trampas de vapor	25
1.3.	Equipos de consumo de vapor	27
1.3.1.	Marmitas a vapor.....	27
1.3.2.	Cámara de fermentación	28
1.3.3.	Intercambiador de placas EasiHeat.....	28
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN.....	31
2.1.	Eficiencia energética	31
2.2.	Ahorros energéticos en Bimbo de Centroamérica S. A.	32
2.3.	Como reducir costos de electricidad en planta.....	33
2.3.1.	Control de iluminación	34
2.3.2.	Motores eléctricos	38
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	45
3.1.	Diseño actual de la red de retorno de condensados	46
3.1.1.	Verificación de funcionamiento de trampas de vapor	46
3.1.2.	Verificación de estado de aislamiento de tuberías	47
3.2.	Recolección de datos para cálculos	49
3.2.1.	Diagrama actual de red de distribución de vapor	49
3.2.2.	Diagrama actual de retorno de condensado.....	51
3.2.3.	Mediciones en puntos de consumo de vapor	52
3.3.	Rediseño de la red de retorno de condensados.....	56
3.3.1.	Cantidad de condensados generados.....	57
3.3.2.	Dimensionamiento de las tuberías de retorno de condensados	63

3.3.3.	Dimensionamiento del tanque de alimentación y retorno de condensados	75
3.4.	Propuesta de diagrama de red de retorno de condensados....	76
3.5.	Ahorros generados	82
3.6.	Retorno de la inversión.....	87
4.	FASE DOCENCIA	97
4.1.	Importancia de la eficiencia energética	97
4.2.	Importancia de tener registro del consumo de agua y gas L.P. en cuarto de máquinas.....	98
4.3.	Importancia de implementación de la propuesta	99
4.4.	Mantenimiento de la red de retorno de condensado	100
4.4.1.	Inspecciones y rutinas	100
4.5.	Buenas prácticas ambientales.....	104
4.6.	Capacitación del personal	105
4.6.1.	Pasos para la trasmisión de conocimientos.....	105
	CONCLUSIONES	107
	RECOMENDACIONES	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de Mantenimiento.....	7
2.	Cuadro de estilos	8
3.	Caldera Piro-tubular instalada.....	12
4.	Partes de suavizador de agua	16
5.	Suavizador instalado en Bimbo de Centroamérica S. A.	17
6.	Tanque de retorno de condensados	19
7.	Guía de selección de trampas de vapor.	21
8.	Trampa de flotador y termostato FT14.....	23
9.	Trampa-bomba APT10-4.5	25
10.	Intercambiador de placas EasiHeat	29
11.	Diagrama de lámpara de inducción magnética.	35
12.	Motores de alta eficiencia	41
13.	Partes de un motor eléctrico	43
14.	Ejemplo de método térmico núm.1	47
15.	Ejemplo de método térmico núm. 2	47
16.	Tubería cuarto de máquinas	48
17.	Tubería dentro de planta.....	48
18.	Aislamiento de <i>manifold</i> de distribución de vapor	49
19.	Red de distribución de vapor actual	50
20.	Red de retorno de condensado.....	51
21.	Plataforma de pastelería	65
22.	Plataforma de malvavisco	66
23.	Cámara de vapor 1	67

24.	Cámara de vapor 2	68
25.	Cuarto de máquinas 1	70
26.	Determinación de diámetro de nueva tubería	70
27.	Cálculo de diámetro de tubería por método gráfico	74
28.	Diagrama propuesto de la red de retorno de condensado.....	76
29.	Inspección de la trampa bomba.....	101
30.	Inspección de la trampa de vapor flote y termostato	102
31.	Inspección plataforma de malvavisco	103

TABLAS

I.	Placa técnica caldera CB 125 Cleaver Brooks	13
II.	Factor de seguridad.....	26
III.	Identificación de puntos de consumo de vapor.....	52
IV.	Temperaturas máximas de proceso	53
V.	Tiempos de proceso	54
VI.	Cantidad de masa en proceso	54
VII.	Presión de aplicación de vapor.....	55
VIII.	Calores específicos utilizados.....	58
IX.	Cambio de temperatura par marmitas	59
X.	Consumo de vapor en marmitas	60
XI.	Resumen de consumos de vapor	62
XII.	Diámetros de descarga de equipos	64
XIII.	Presiones de operación de equipos.....	72
XIV.	Cantidad de vapor <i>flash</i>	73
XV.	Trampeo de cámara de vapor 2.....	77
XVI.	Trampeo de marmitas y cámara de vapor 1	78
XVII.	Reguladores de presión en plataformas	79
XVIII.	Tubería necesaria para el proyecto	80

XIX.	Bitácora de consumo de agua de la caldera.....	83
XX.	Cálculo de costo de gas LP.....	84
XXI.	Costos actuales de operación de caldera.....	85
XXII.	Costos de producción de vapor proyectado.....	86
XXIII.	Costo de trampeo de cámara de vapor 2.....	87
XXIV.	Costo de trampeo para marmitas y cámara de vapor 1.....	88
XXV.	Costo de instalación de reguladores de presión en plataformas	89
XXVI.	.Costo de tubería	90
XXVII.	Costos de aislamiento de tubería.	93
XXVIII.	Resumen de costos identificados.....	94

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de potencia
BHP	Caballo de potencia de caldera
°	Grados
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
Kcal/h	Kilocaloría por hora
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
lb/h	Libra por hora
m²	Metro cuadrado
ppm	Partículas por millón
%	Porcentaje
“	Pulgadas
T	Temperatura

GLOSARIO

Calor latente	Energía requerida por una sustancia para cambiar de fase.
Eficiencia	Uso óptimo de los recursos para alcanzar una meta.
Entalpía	Cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.
GLP	El gas licuado de petróleo es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo.
Golpe de ariete	Choque violento que se produce en las paredes de un conducto, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.
Optimización	Búsqueda de la mejor solución de un problema.
Presurizar	Mantener la presión atmosférica normal en un recinto.
PSIA	Presión absoluta.
PSIG	Presión manométrica.

Suavizador de agua	Aparato que reduce el contenido de sales minerales disueltas en el agua.
Reingeniería	Revisión fundamental y rediseño radical de un sistema para alcanzar mejoras en el rendimiento del mismo.
Vapor <i>flash</i>	Vapor que se forma a partir del condensado caliente cuando existe una reducción en la presión.
Viabilidad	Probabilidad de llevar a cabo un proyecto y que este tenga éxito.

RESUMEN

El retorno de condensado al proceso productivo tiene como finalidad aumentar la eficiencia energética de la caldera y por ende del proceso en sí. Esto disminuye costos tales como: tratamiento de aguas que ingresan a la caldera, disminución de energía para elevar la temperatura del agua ambiente, pérdidas de vapor, entre otras.

El presente trabajo de graduación se basa en una reingeniería de toda la red de recuperación de condensado con el fin de obtener una mayor eficiencia energética en toda el área productiva. Dicha eficiencia energética se logra a través de la instalación de los equipos adecuados a lo largo de la red de distribución, evitando con ello pérdidas de vapor en la misma.

Cuando el condensado regresa a la caldera hace que esta disminuya la cantidad de agua a temperatura ambiente necesaria para satisfacer la demanda de vapor de la planta de producción, reduciendo con ello los costos por tratamiento de agua que ingresa a la caldera necesaria para el proceso y al mismo tiempo costos por mantenimiento en la caldera y toda la red de distribución de vapor.

Además se presentan los cálculos necesarios para colocar una tubería adecuada para recuperar el condensado satisfactoriamente en todas las líneas de producción que trabajen con vapor. Estos cálculos se realizaron previendo que la planta de producción, en un futuro, amplíe sus líneas evitando que la tubería quede subdimensionada y no llegue a satisfacer la demanda de producción.

OBJETIVOS

General

Proponer la reingeniería de la red de condensados de vapor para tener una mayor eficiencia energética en la institución.

Específicos

1. Dimensionar el diámetro adecuado a la tubería del retorno de condensados considerando que todos los equipos que demanden vapor estén en operación y que se tendrán futuras ampliaciones evitando que la red sea subdimensionada.
2. Diseñar la nueva red de retorno de condensados de planta Bimbo de Centroamérica S. A.
3. Cuantificar los ahorros que se generarán con el proyecto de retorno de condensados.

INTRODUCCIÓN

Actualmente Bimbo de Centroamérica S. A. se dedica a la producción de pan, galletas, tortillas de harina, pan tostado, entre otros. Algunas de las líneas de producción requieren de uso de vapor para realizar su proceso.

El vapor es generado por las calderas situadas en el cuarto de máquinas, luego es llevado a las líneas de producción mediante una red de distribución de vapor por lo que, para que el sistema funcione correctamente tanto la caldera como la tubería, deben estar en perfectas condiciones.

Cabe destacar que al existir una red de retorno subdimensionada, el condensado es purgado durante la distribución de vapor y no es recuperado por lo que la caldera necesita empezar un proceso nuevo para la generación de vapor adecuado y satisfacer así las demandas generadas por las líneas de producción. Caso contrario cuando existe una red de retorno de condensado dimensionada adecuadamente a la caldera, no necesita entregar tanta energía para la generación de la cantidad de vapor demandada, aumentando su eficiencia energética y por ende su vida útil, así como una adecuada red de distribución de vapor asegura que cada una de las líneas de producción que utilizan vapor quedará abastecida.

Cuando se rediseña una red de retorno de condensado al igual que en su diseño, se debe tomar en cuenta el vapor flash que se genera a partir del condensado caliente y la reducción de presión en la tubería. También debe considerarse la presencia de vapor vivo, el efecto de la corrosión a largo plazo y

la formación de lodos en el sistema ya que esto posiblemente puede reducir el área interna de la tubería.

La mayor cantidad condensado producido en las trampas de vapor debe ser devuelto a la sala de calderas, ya que el retorno de los mismos es un ahorro importante debido a que la cantidad de condensado que no se reutiliza, debe ser llenado en la caldera por un nuevo volumen de agua a temperatura ambiente, lo cual incurre en gastos asociados a su tratamiento químico además del combustible necesario para elevar dicha temperatura hasta la temperatura en la que sufre el cambio de fase.

Con la implementación de este proyecto se pretenden reducir costos mediante una mayor eficiencia energética. Es de suma importancia reutilizar el agua tratada debido a que actualmente se desperdicia gran cantidad de la misma, siendo esto reflejado en el indicador de consumo de agua.

1. GENERALIDADES

1.1. Descripción de la empresa

Actualmente Bimbo de Centroamérica S. A. está posicionada entre las empresas más grandes en la industria de panificación, siendo líder de panificación en Guatemala, latinoamérica y por qué no decirlo a nivel mundial. Esto debido a su volumen de producción, ventas y posicionamiento de marca.

Se elaboran, distribuyen y comercializan gran cantidad de productos entre los que se destacan: pan empaçado, pastelería de tipo casero, diversidad de galletas, tortillas de harina de trigo, tostadas y pan tostado.

Tiene como meta principal ser una empresa altamente productiva y plenamente humana. Cuenta con una proyección innovadora y muy competitiva para satisfacer a los clientes que posee en los países donde se distribuyen los productos elaborados en la planta de producción. Entre los países que distribuyen dichos productos se menciona: El Salvador, Honduras, Costa Rica y Panamá.

Bimbo de Centroamérica S. A. también tiene como objetivo ser una empresa comprometida con el cuidado del medio ambiente, buscando soluciones que van desde la reducción de agua utilizada en los procesos de producción, hasta la investigación para la implementación de nueva tecnologías que ayuden a reducir el impacto ambiental, para esto se ha implementado un sistema integrado de gestión ambiental.

1.1.1. Historia de Grupo Bimbo

Considerada como una multinacional con presencia en 19 países en América, Europa y Asia, cuenta con 120 000 colaboradores alrededor del mundo y con más de 150 marcas de reconocido prestigio. Grupo Bimbo es hoy en día una de las empresas de panificación más importantes del mundo por posicionamiento de marca, por volumen de producción y ventas, además es líder indiscutible de su ramo en México y latinoamérica.

El compromiso hacia los colaboradores es: construir un lugar extraordinario para trabajar, asegurando líderes ejemplares y congruentes con valores, así como colaboradores comprometidos e identificados con la filosofía de Grupo Bimbo, promoviendo la seguridad y salud ocupacional, el desarrollo humano y la regla de oro “Respeto, Justicia, Confianza y Afecto”.

Ha hecho importantes inversiones a través del establecimiento de plantas productivas, asociaciones estratégicas y la adquisición de empresas del sector, que le permiten su consolidación operativa. Así, entre sus adquisiciones se encuentran: en China, Pan Rico Beijing; en Guatemala, Pan Europa; en Uruguay, Los Sorchantes; en Chile, Lagos del Sur; en México, Pastelerías El Globo, La Corona, Joyco de México. Las operaciones de panificación de Lalo, en Colombia; George Weston, LTD, en la región oeste de los Estados Unidos ("Oroweat"), y el 100 % del capital de una de las empresas panificadoras más grandes e importantes en Brasil (Plus Vita LTDA).

Comprometido con su responsabilidad social, Grupo Bimbo participa en importantes proyectos comunitarios, como la reforestación de áreas naturales protegidas de la República mexicana, así como en diferentes proyectos para el bienestar de la sociedad.

Durante los últimos años, Grupo Bimbo ha fortalecido el trabajo en sus sistemas de calidad para garantizar la inocuidad y consistencia de sus productos. Ha obtenido reconocimientos nacionales e internacionales que avalan la efectividad de dichos sistemas. Entre estos reconocimientos pueden enunciarse: ISO 9 002 y HACCP, ISO 9 000: 2 000, Industria Limpia, BASC e IFS. Actualmente sigue implementando estos sistemas en todas sus plantas de producción.

1.1.2. Misión

Es la definición de ser de la empresa condicionando sus actividades presentes y futuras, proporcionando unidad, sentido de dirección y sirviendo de marco de referencia para la toma de decisiones enlazando lo deseado con lo posible. Dentro de la misión se pueden identificar dos tipos:

- Misiones muy amplias: permiten dejar márgenes de actuación muy flexibles a la empresa, ocasionando confusión porque los miembros no tienen muy clara la visión de la organización.
- Misiones muy estrechas: restringen considerablemente el ámbito de desarrollo futuro de la organización, teniendo como ventaja que no fomentan distracción alguna respecto del estado al cual se quiere llegar.

Para que la misión pueda justificar la existencia de la empresa debe tener ciertas características que permitan describir la razón de ser de la misma, entre ellas se pueden mencionar:

- Remarca lo que ya se ha realizado y plantea hacia dónde va la empresa.
- Debe de enfocarse en los bienes y servicios.

- Describir el trabajo de la organización de forma clara, concisa y concreta.
- Es relevante y de fácil entendimiento para toda la empresa.
- Suministra la dirección y el propósito de la organización.
- Debe actualizarse periódicamente, cuando menos, una vez al año.
- Debe comunicar la ética y los valores de la empresa a los cuales los colaboradores deben adherirse y practicar.

Es importante que la misión vaya de la mano con la visión y los valores de la empresa para que el trabajo sea bajo principios y reglas que regulen la gestión de la misma. Por lo que, la misión de Bimbo de Centro América, S. A. es:

“Alimentar, Deleitar y Servir a nuestro mundo” (Bimbo, 2014).

1.1.3. Visión

Es una imagen ideal de la empresa, con el fin de crear un sueño de lo que debe ser en el futuro.

Su importancia radica en que es la fuente de inspiración de la empresa, representa la esencia que guía la iniciativa ayudando al personal a trabajar por un motivo y en la misma dirección.

Al establecer una visión se pueden tener las siguientes ventajas:

- Fomentar el entusiasmo y el compromiso de todas las partes que integran la organización.

- Incentiva a todo el personal de la empresa a que realicen acciones conforme a lo que indica la visión.
- Plantea metas ambiciosas que llevarán a la empresa al éxito total.

Para que una visión esté planteada de forma correcta debe ser:

- Concreta
- Limitada en el tiempo
- Motivadora
- Posible
- Implica un desafío
- Debe mostrar el resultado final

Bimbo de Centro América S. A. posee la siguiente visión:

“En nuestra visión 2015 somos:

- Una empresa con marcas líderes y confiables para nuestros consumidores
- El proveedor preferido de nuestros clientes
- Una empresa innovadora, que mira hacia el futuro
- Una empresa financieramente sólida
- Un lugar extraordinario para trabajar” (Bimbo, 2014).

1.1.4. Valores de Grupo Bimbo

Los valores son principios que ayudan a orientar la vida del ser humano y su comportamiento. Son creencias fundamentales que ayudan a preferir,

apreciar y elegir entre lo bueno y lo malo, motivando y definiendo así las decisiones de las personas.

En una empresa, los valores se convierten en el marco del comportamiento que deben tener sus integrantes. Además los valores dependen de la naturaleza de la empresa, del propósito por el cual fue creada y de su proyección hacia el futuro.

Por lo tanto, Bimbo cuenta con los siguientes valores que se viven día a día en la empresa:

- “Pasión: nos entregamos en todo lo que hacemos
- Equipo: colaboramos, sumamos esfuerzos, multiplicamos logros
- Confianza: cultivamos cada relación con integridad
- Calidad: ofrecemos diariamente productos y servicios de calidad superior
- Respeto: garantizar el respeto a la dignidad de los colaboradores, competencia, sociedad así como a nuestros accionistas y socios
- Efectividad: ejecutamos con precisión y excelencia
- Rentabilidad: obtenemos resultados para seguir creciendo y emprendiendo
- Persona: valoramos a la persona, vemos siempre al otro como persona, nunca como instrumento” (Bimbo, 2014).

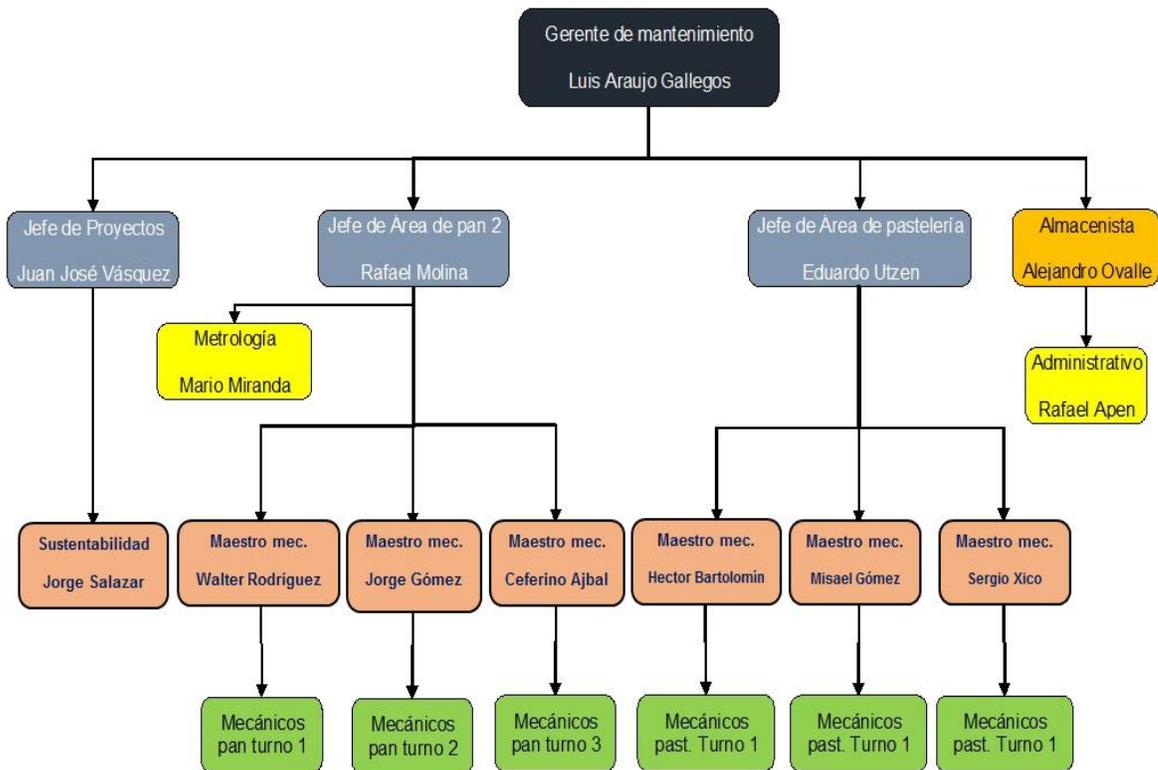
1.1.5. Organigrama del área de mantenimiento

El organigrama del área de mantenimiento presenta una estructura mixta, es decir tanto vertical como horizontal.

Posee en su estructura unidades ramificadas de arriba abajo a partir del titular y de izquierda a derecha cuando el titular está en la misma línea jerárquica.

Una estructura mixta desagrega los diferentes niveles jerárquicos en forma escalonada y en columnas obteniendo con ello un orden en los puestos de trabajo, y una visualización más específica de la jerarquía laboral dentro del Departamento de Mantenimiento.

Figura 1. Organigrama de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

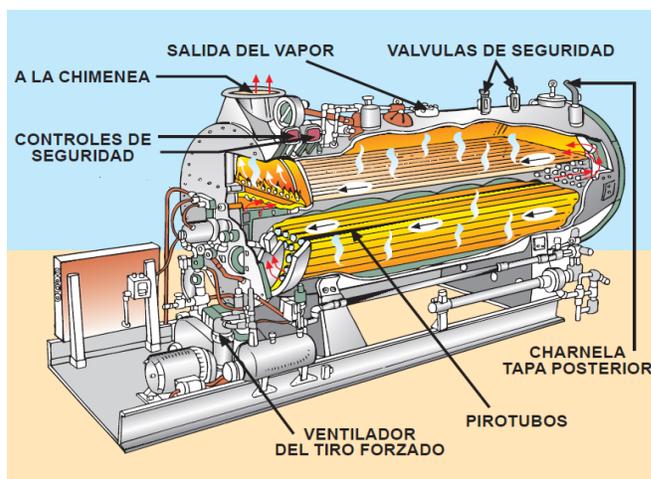
1.2. Generación de vapor

Es el conjunto o sistema formado por una caldera y sus equipos complementarios, destinados a transformar agua de estado líquido a estado gaseoso a temperaturas y presiones diferentes de la atmosférica.

Cuando el agua se calienta en una caldera, comienza a absorber energía. Dependiendo de la presión en la caldera el agua se evaporará a una temperatura determinada para formar vapor.

El vapor de agua contiene una gran cantidad de energía térmica almacenada que finalmente será transferida al proceso donde se utilice. Se conoce que a mayor presión de generación de vapor, mayor es la temperatura alcanzada por el mismo; lo que significa que este posee más energía térmica para ceder al momento de su aplicación haciendo que su trabajo sea mayor.

Figura 2. Cuadro de estilos



Fuente: BAHAMONDES, Pedro. *Descripción de calderas y generadores de vapor*. p 22.

1.2.1. Calderas

Son la parte más importante del circuito de vapor. Puede definirse como un recipiente en el que se transfiere energía calorífica de un combustible a un líquido (agua específicamente).

En el caso de vapor saturado, la caldera también proporciona energía calorífica para producir un cambio de fase de líquido a vapor.

También es a menudo el equipo más grande que se encuentra en un circuito de vapor. Su tamaño dependerá de la aplicación en la que se utilizará. En una instalación grande, donde existen cargas variables de vapor pueden colocarse varias calderas para que proporcionen la cantidad de vapor requerida por los procesos dentro de la planta.

Todas las calderas pueden clasificarse según la presión de trabajo y la circulación de agua en: pirotubulares o acuotubulares. Cada fabricante ha tomado o seleccionado algunos de estos aspectos, creando tipos de calderas que se han llegado a popularizar en el ambiente industrial.

1.2.2. Tipos de calderas

- Según la presión de trabajo:
 - Calderas de baja presión: calderas que producen vapor a baja presión, hasta unos 4 o 5 Kg/cm². Este rango de presiones es muy común en las calderas de agua caliente.

- Calderas de media presión: producen vapor hasta aproximadamente 20 Kg/cm², generalmente vapor saturado, utilizadas en la industria en general.
 - Calderas de alta presión: asociadas a ciclos de potencia, trabajan con presiones de 20 Kg/cm² hasta presiones cercanas a la crítica.
 - Calderas supercríticas: son calderas que trabajan con presiones superiores a la crítica, 225,56 hasta 374,15 °C. Utilizadas en grandes plantas de generación de energía eléctrica y en algunos países como Estados Unidos, países de Europa y Japón.
- Según el ingreso del agua a la caldera:
 - Circulación natural: la circulación del agua y la mezcla de agua vapor ocurre debido a la diferencia de densidades entre el agua más fría y la mezcla de agua vapor. Implica entonces tener un circuito cerrado por donde circula el agua y una diferencia de altura apreciable entre las partes altas y bajas del equipo. Los generadores chicos, los de potencia mediana y buena parte de los grandes generadores de vapor son de circulación natural.
 - Circulación asistida: en este caso la circulación del agua por los tubos de la caldera es complementada por bombas instaladas en el sistema. La caldera consiste en un circuito cerrado, pero permite construcciones más compactas incluso con tubos inclinados. Brindan una respuesta más rápida a las variaciones de demanda de vapor que los de circulación natural.

- Circulación forzada: se tiene una concepción distinta, es un circuito abierto y no cerrado, la bomba impulsa el agua a través de una primera superficie de intercambio de calor en donde se precalienta el agua, luego pasa a un segundo intercambiador de calor donde se vaporiza y en algunos casos pasa a un tercer intercambiador donde se sobrecalienta el vapor.
- Según la circulación del agua y los gases:
 - Calderas de tubos de humos: en este tipo de calderas son los gases de la combustión los que circulan por dentro de los tubos, mientras que el agua se calienta y evapora en el exterior de ellos. Todo esto está contenido en un gran cilindro que envuelve el cuerpo de presión.
 - Caldera acuotubulares: el agua circula dentro de los tubos y la mezcla de agua y vapor por fuera, generalmente en flujo cruzado, intercambian calor los humos productos de la combustión. En este tipo de calderas son utilizadas para procesos industriales en los que se requieran altas presiones de vapor, grandes producción es de vapor o ambas condiciones al mismo tiempo.

1.2.3. Calderas pirotubulares tipo CB 125

La caldera modelo CB es una caldera pirotubular empacada de construcción de acero soldado. Consiste en un contenedor de presión, quemador, controles de quemador, accesorios de quemador, refractario y compensador de caldera apropiado. Su construcción pirotubular provee algunas características que la diferencian de otros tipos de calderas.

Debido al tamaño de su contenedor maneja una gran cantidad de agua, lo cual le permite responder a cambios de carga con una variación mínima de presión de vapor.

Estas calderas miden su velocidad en caballos de potencia de caldera (BHP) y esta no debe confundirse con otras medidas de caballos de potencia.

El agua caliente se usa, por lo general, en aplicaciones de calor en que la caldera provee agua al sistema de 180 °F a 220 °F.

La presión de trabajo utilizada en planta Bimbo de Centroamérica S. A. es de 65 PSIG, manteniendo un parámetro para apagar la caldera de 75 PSIG como presión máxima y una presión mínima para arranque de la caldera de 50 PSIG.

Figura 3. Caldera Piro-tubular instalada



Fuente: instalaciones planta Bimbo de Centroamérica S. A.

Para la aplicación de vapor, a la entrada de los equipos de intercambio de calor, se reduce la presión de 75 PSIG hasta 35 o 40 PSIG con el propósito de evitar daños en las camisas de vapor que poseen las marmitas.

Características:

- Sencillez en su construcción y puesta en marcha lenta
- Facilidad en su inspección, reparación y limpieza
- Gran peso y peligro en caso de explosión o ruptura

Tabla I. **Placa técnica caldera CB 125 Cleaver Brooks**

Marca	Cleaver Brooks
Modelo	CB -700 - 125
Tubería de vapor	4" cédula 80
220 voltios	18,4 Amperios
Motor soplador	7,50 HP
Calor absorbido	1, 328 125 Kcal/h
Presión máxima de operación	10,5 Kg/cm ²
Presión normal de operación	8,80 Kg/cm ²
Eficiencia térmica	81 %
Tipo de combustible	Gas L.P.
Superficie de transferencia de calor	58, 25 m ²
Temperatura de gases de escape	233 °C

Fuente: Bimbo de Centroamérica S. A.

1.2.4. Agua de alimentación

El agua de la caldera tendrá que ser tratada para que pueda utilizarse con ventaja y seguridad para alimentar calderas, en general procede de pozos y pasa por un proceso de tratamiento químico antes de ser utilizada en las calderas para la generación de vapor.

Se debe considerar que entre más alta sea la presión de generación de vapor más estricta deberá ser la calidad del agua de alimentación. El agua juega un papel importante para el correcto funcionamiento de los generadores de vapor. Una buena calidad en el agua de alimentación de calderas permite evitar incrustación en la misma.

- Condiciones que debe cumplir:
 - Debe ser clara, con la turbidez inferior a 10 ppm. Cuando esta turbidez es superior, debe ser sometida a filtración.
 - Debe estar totalmente exenta de dureza no carbónica.
 - La dureza total no debe exceder de 35ppm.
 - Debe estar prácticamente exenta de aceites y oxígeno.
 - Debe contener un bajo contenido de sílice.
 - Debe estar libre de todo tipo de contaminación y espuma.

- Impurezas del agua: las impurezas que suele traer consigo el agua sin tratamiento proveniente de diferentes fuentes se pueden clasificar en:
 - Sólidos en suspensión:
 - Barro (arcilla)

- Materias orgánicas (madera y bacterias)
- Arena (sílice)
- Sales disueltas:
 - Sales de calcio y magnesio
 - Cloruros de sulfatos alcalinos
- Gases disueltos:
 - Aire (oxígeno – nitrógeno)
 - Anhídrido carbónico

1.2.5. Sistema de ablandamiento de agua

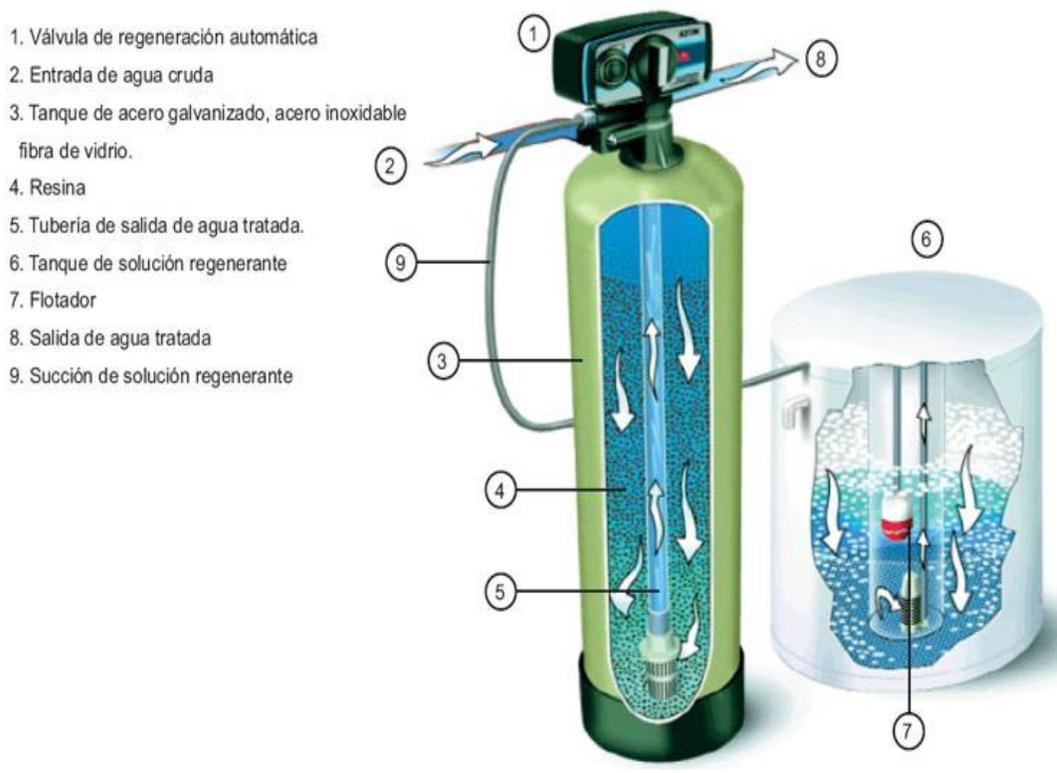
Los suavizadores tienen la finalidad de remover dureza del agua. Esto quiere decir que el calcio, magnesio, hierro y manganeso que producen la dureza, serán removidos casi por completo del agua que se va a tratar. Tienen tres componentes: un tanque para minerales, tanque de salmuera y una válvula de control. Los modelos con menor capacidad combinan el tanque de minerales con los tanques de salmuera en un gabinete, pero estos están separados internamente en el gabinete.

El tanque de minerales es donde toma lugar el filtrado y el agua dura es suavizada ya que el calcio y el magnesio son sacados. El tanque de salmuera es donde una solución altamente concentrada de sal o potasio es almacenada. La válvula de control es la encargada de controlar el flujo hacia adentro y hacia afuera de los tanques de minerales y salmuera durante la regeneración.

Los suavizadores presentan beneficios importantes y necesarios para la conservación del equipo en óptimas condiciones, los cuales ayudan a remover la dureza del agua.

- Se evita la incrustación y obstrucción de las tuberías, ahorrándose costosas reparaciones.
- Hace más eficientes a los calentadores de agua, disminuyendo el consumo de gas o electricidad.

Figura 4. Partes de suavizador de agua



Fuente: <http://www.equipospurificadores.com/archivos/productos/esquema-suavizador-resina.jpg>. Consulta: 10 de agosto de 2014.

Figura 5. **Suavizador instalado en Bimbo de Centroamérica S. A.**



Fuente: instalaciones planta Bimbo de Centroamérica S. A.

1.2.6. Bomba de alimentación

Están diseñadas para suministrar agua a las mismas, hasta una temperatura de 90 °C. Un controlador de nivel instalado en la caldera activa las bombas para mantener el nivel de agua dentro de ella. Tanto los tanques atmosféricos como los presurizados están disponibles con o sin calentador de tipo inyección directa.

Las bombas de alimentación de agua ayudan a:

- Conseguir un ahorro energético y una eficacia de funcionamiento considerable al subir la temperatura del agua de alimentación de la caldera.

- Evitar choque térmico en la caldera (unidad de alimentación de la caldera) o en el desaireador (depósito de compensación) al subir la temperatura del agua de alimentación.
- Evitar que las calderas operen con un nivel bajo de agua para la generación de vapor.

1.2.7. Tanque de retorno de condensados

El tanque de condensados sirve para suministrar el agua de alimentación al generador de vapor. También es utilizado para que se produzca la mezcla del agua de alimentación con los productos de tratamiento químico.

Las unidades de recuperación de condensado son diseñadas para manejar condensado caliente que se genera, posterior a la aplicación de vapor en los procesos de producción. Generalmente se devuelven para su uso como agua de alimentación de caldera.

El tanque de condensados debe manejar grandes cantidades de agua para lograr abastecer a las calderas. Este está diseñado para que la caldera tenga suministro de agua por un tiempo determinado en caso de tener algún problema, con la alimentación de agua de la caldera.

En Bimbo de Centro América S. A., se cuenta con un tanque de condensado para lograr suministrar a las 2 calderas que están instaladas en los cuartos de máquinas.

Figura 6. Tanque de retorno de condensados



Fuente: instalaciones planta Bimbo de Centroamérica S. A.

1.2.8. Trampas de vapor

Los procesos basados en el calentamiento utilizan el calor latente y lo transfieren al producto. Cuando se realiza este trabajo es decir, el vapor ha cedido su calor latente, se condensa y se convierte en condensado. En otras palabras, el condensado no tiene la habilidad de hacer el trabajo que el vapor realiza. Por lo tanto, la eficiencia de calentamiento se ve afectada si el condensado no es removido propia y rápidamente como sea posible, ya sea en una tubería para transportar el vapor o en un intercambiador de calor.

Una trampa de vapor se puede definir como una válvula automática que filtra el condensado y gases no condensables, esto sin dejar escapar vapor.

- Beneficios de las trampas de vapor:
 - Elimina el condensado y gases no condensables, como lo es el aire, evitando cualquier pérdida de vapor.
 - Evita la acumulación de condensados que puedan provocar golpes de ariete al impedir el paso del vapor.
 - Mantiene la temperatura del vapor.
 - Evita que el vapor escape de la caldera.
 - Atrapa partículas de mayor tamaño.

En la industria, el vapor es regularmente usado para calentamiento. Para la selección y aplicación de las trampas de vapor se debe considerar:

- La presión de vapor a la que operará, el caudal de condensado que manejará, la eliminación de aire y gases no condensables.
- El golpe de ariete es un síntoma de un diseño pobre de retorno de condensado, el uso de una trampa de vapor errónea o con pérdidas para la aplicación que se desee.
- Se debe considerar la suciedad, aunque el condensado de vapor es agua destilada; ya que puede llevar consigo productos de tratamiento de las aguas para caldera y minerales naturales que se encuentran en el agua, también se debe considerar la suciedad provocada por corrosión.
- Otro factor que se debe considerar al momento de la selección de la trampa de vapor es el factor de seguridad, ya que este ayudará a que la descarga de condensado sea la adecuada, y que sea rápida ya que tendrá un manejo de flujo de condensado mayor.

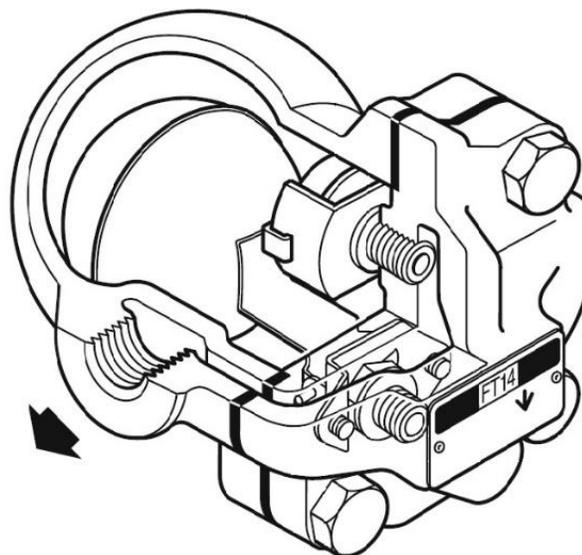
Figura 7. Guía de selección de trampas de vapor

Application		1st Choice						2nd Choice					
		Float & Thermostatic	Thermo-Dynamic ^a	Balanced Pressure	Bimetallic	Liquid Expansion	Inverted Bucket	Float & Thermostatic	Thermo-Dynamic ^a	Balanced Pressure	Bimetallic	Liquid Expansion	Inverted Bucket
Steam Mains	to 30 psig	✓											✓
	30-400 psig		✓										✓
	to 600 psig		✓										✓
	to 900 psig		✓										✓
	to 2000 psig		✓										✓
	with Superheat		✓								✓		
Separators		✓											✓
Steam Tracers	Critical		✓						✓				
	Non-Critical			✓					✓				
Heating Equipment													
Shell & Tube Heat Exchangers		✓											✓
Heating Coils		✓											✓
Unit Heaters		✓											✓
Plate & Frame Heat Exchangers		✓											✓
Radiators				✓									
General Process Equipment													
	to 30 psig	✓											✓
	to 200 psig	✓											✓
	to 465 psig	✓											✓
	to 600 psig						✓						
	to 900 psig						✓						
	to 2000 psig						✓						
Hospital Equipment													
	Autoclaves	✓							✓				
	Sterilizers	✓							✓				
Fuel Oil Heating													
	Bulk Storage Tanks			✓				✓					
	Line Heaters	✓											
Tanks & Vats													
	Bulk Storage Tanks			✓				✓					
	Process Vats	✓							✓				
Vulcanizers			✓					✓					
Evaporators		✓											✓
Reboilers		✓											✓
Rotating Cylinders		✓											
Freeze Protection						✓							

Fuente: Manual productos mecánicos Spirax Sarco P. Eng. 509.

- Tipos de trampas de vapor:
 - Trampa de vapor tipo termodinámicas: solo posee una parte móvil que es un disco, el cual se mueve de manera vertical haciendo una función de obturador y *check* a la vez. El disco es levantado del asiento por acción del condensado que llega a la presión de vapor del sistema y es retenido en la parte superior por la tapa la cual posee un resalto. Cuando el vapor se va acercando a la trampa se genera una aceleración del flujo de condensado, dando como efecto una caída de presión ejercida sobre la cara del disco en contacto con el condensado, esto trae como consecuencia que la trampa cierre. Cuando el condensado generado en los equipos de transferencia de calor (marmitas, radiadores) es descargado, pasa a un sistema de menor presión, la línea de retorno de condensado, por lo cual para coexistir se revaporiza parte de este condensado generando vapor flash que actúa sobre la cara posterior del disco asegurando su cierre.
 - Trampa tipo flote y termostato: utiliza un flotador conectado mediante una articulación al tapón de la válvula para descargar el condensado del sistema. Adicionalmente, las trampas F & T contienen un venteo termostático de aire para permitir la descarga del sistema. Por esta razón, estas trampas tienen una excelente capacidad de remover aire lo cual es ventajoso durante el arranque del sistema cuando grandes cantidades de aire están presentes en el mismo. Las trampas de flotador y termostato son, por lo general, la principal selección para el drenaje de equipos de transferencia de calor en los procesos.

Figura 8. Trampa de flotador y termostato FT14



Fuente: Información técnica de trampa de vapor FT14, Spirax Sarco.

1.2.9. Recuperación de condensado Trampa-Bomba

La combinación de trampa – bomba está compuesta de la carcasa de almacenamiento de condensado, el mecanismo de funcionamiento interno de trampeo de la trampa – bomba, y de la válvula de *check* a la entrada o salida de la misma.

La combinación de trampa – bomba normalmente se utiliza para bombear y drenar condensado de un solo equipo de transferencia de calor cuyo flujo de vapor está siendo controlado por medio de una válvula modulante. Estas poseen en su mecanismo interno una trapa de vapor y la descarga es realizada mediante una presión motriz de vapor.

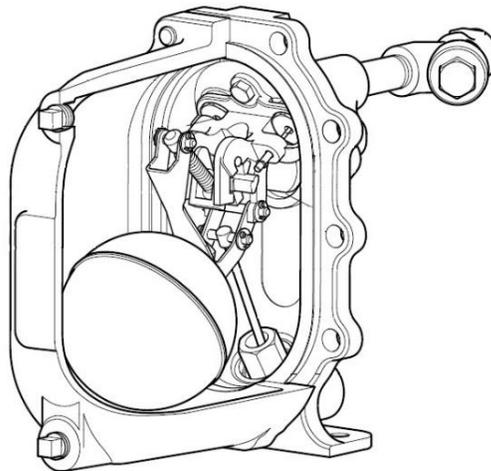
La función esencial de la trampa – bomba es retornar el condensado a la sala de calderas. Son una alternativa muy confiable y la mejor opción para sustituir las bombas eléctricas que son propensas a que falle su empaque cuando bombean condensado arriba de 90 °C o 195 °F.

También mejoran significativamente la eficiencia en los intercambiadores de calor, ayudando a drenar el condensado del intercambiador de calor durante las condiciones de anegamiento del sistema.

- Características de una trampa – bomba:
 - Compacta, diseño de bajo perfil que permite drenar equipos cerca del nivel de piso.
 - Esta provista de un drenaje de condensado para equipos modulantes, previniendo ineficiencia y problemas de anegamiento en los sistemas.
 - Tiene una capacidad rápida de descarga.

- Beneficios:
 - Recupera y transporta condensado, con el fin de recuperar la energía térmica que este contiene.
 - Previene variaciones de temperatura, golpes de ariete y corrosión de tuberías.

Figura 9. **Trampa-bomba APT10-4.5**



Fuente: información técnica de bomba APT10-4.5, Spirax Sarco.

1.2.10. Dimensionamiento y selección de trampas de vapor

El tipo de trampas de vapor a elegir para una aplicación en particular puede depender de distintas variables, haciendo difícil cubrir efectivamente cada factor involucrado al momento de tomar la decisión apropiada.

- Capacidad de las trampas de vapor: da el máximo flujo de condensado en libras por hora para una presión dada o una presión diferencial. Cuando se selecciona el tamaño apropiado de una trampa de vapor el rango normal de condensado (carga) debería ser conocido para luego ser multiplicado por un factor de seguridad. Este factor de seguridad es requerido porque la cantidad de condensado generado y la presión de vapor no siempre son constantes en cualquier sistema de vapor.

Cuando el sistema esta frio y el vapor comienza a fluir dentro de las tuberías, este se condensa rápidamente debido al calor masivo requerido para calentar todas las superficies frías así como para vencer las perdidas por radiación.

Otra complicación se da debido a que la presión de vapor en el sistema, que se espera que impulse el condesado a través de la trampa de vapor hacia la línea de retorno es extremadamente baja antes que el sistema se acerque a la presión total. Por lo tanto, se tiene que el condensado en el sistema se está generando a una velocidad máxima y la presión de vapor usada para empujar el condensado fuera del sistema, se encuentra en un mínimo.

Si dimensionamos las trampas para las cargas y presiones normales del sistema, estas trampas serían insuficientes para la condición inicial.

Tabla II. **Factor de seguridad**

Tipo de trampa de vapor	Factor de seguridad
Trampa termostática de presión balanceada	2,0 a 4,0
Trampas termostática	1,5 a 2,5
Trampa de expansión líquida	2,0 a 4,0
Trampas Bimetálicas	2,0 a 3,0
Trampas de flote y termostato	1,5 a 2,5
Trampas de cubeta invertida	2,0 a 3,0
Trampas termodinámicas	1,2 a 2,0

Fuente: Manual productos mecánicos Spirax Sarco.

1.3. Equipos de consumo de vapor

Los procesos productivos desarrollados por la empresa en el área de producción utilizan vapor para realizar procesos de intercambio de calor y cocción de jarabes. Además de calentar agua para lavado de equipos, por lo que estos, utilizados consumen vapor y se detallan a continuación.

1.3.1. Marmitas a vapor

Las marmitas a vapor son utilizadas en la industria para realizar diferentes procesos en alimentos en donde se involucre transferencia de calor de forma indirecta. Entre estos procesos se encuentran: elaboración de jarabes, mermeladas, leche condensada, salsas, entre otras. Además también se pueden realizar procesos de pasteurización lenta y procesos de cocción de alimentos.

Utiliza un sistema de calentamiento muy común. Consiste básicamente en una cámara de calentamiento conocida como camisa o chaqueta de vapor, que rodea el recipiente donde se coloca el material que se desea calentar. El calentamiento se realiza haciendo circular el vapor a cierta presión por la cámara de calefacción.

- Ventajas de las marmitas a vapor:
 - Permite una mejor y más rápida cocción de los alimentos
 - Diseño que permite un alto grado de ergonomía
 - Facilidad de limpieza y mantenimiento del equipo
 - Simplicidad de operación
 - Sistema de ingreso de vapor y retorno a la caldera

1.3.2. Cámara de fermentación

En este sistema de fermentación se emplea solamente calor (que es producido por un radiador en el cual circula vapor) y humedad (que se produce al atomizar agua la cual es circulada dentro de la cámara), la rapidez con la que la industria de panificación desea la fermentación obliga a variar las temperaturas y humedades.

En la fermentación del pan, la temperatura y el tiempo van a tener consecuencias positivas o negativas, dependiendo de las condiciones en que se lleve a cabo esa fermentación.

1.3.3. Intercambiador de placas EasiHeat

Los intercambiadores de calor de placas se componen de un conjunto de placas acanaladas montadas. Entre las placas hay dos canales con un medio frío y otro caliente. Éstos fluyen por cada lado de las placas y circulan a contracorriente.

El EasiHeat puede suministrarse con una bomba purgadora automática que permite el funcionamiento del sistema con presión de vapor de vacío o incluso con contrapresión.

Para servicios que requieren un aumento grande de temperatura en el secundario y donde se ocurren grandes cambios repentinos de la carga (como para aplicaciones de agua caliente doméstica instantánea) se ha desarrollado un diseño que proporcionará temperaturas estables en el secundario incluso en las más exigentes condiciones.

Figura 10. **Intercambiador de placas EasiHeat**



Fuente: Manual soluciones compactas, Spirax Sarco.

Al trabajar con bajas temperaturas de condensación se minimiza la formación de incrustaciones, especialmente en circuitos secundarios, cuando se trabaja en zonas donde el agua tiene alta concentración de sales.

- Características y beneficios
 - Ofrece la posibilidad de proporcionar soluciones de intercambio de calor a medida de las necesidades presentadas
 - Ocupa poco espacio
 - Adecuados para cualquier planta industrial
 - Poco mantenimiento
 - No posee problemas de incrustaciones
 - Control preciso de temperatura
 - Óptimo drenaje de condensado
 - Proporciona una temperatura estable

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

Antes de entrar al desarrollo del plan propuesto se debe realizar una investigación para saber cuál es la situación actual en Bimbo de Centroamérica S. A. respecto de su problema principal.

2.1. Eficiencia energética

Es el conjunto de acciones que permiten optimizar la cantidad de energía consumida, los productos y los servicios finales obtenidos. Es por ello que ser eficientes con el uso de la energía significa: “hacer más con menos”.

No hay que confundir la eficiencia energética con ahorro de energía, ya que esta última se refiere a no utilizar o consumir menos energía. Esto conlleva a reducir o dejar de realizar algunas actividades que pueden no ser relevantes durante el proceso productivo, evitando con ello el consumo de energía.

La eficiencia energética se basa en los siguientes pilares:

- **Personal calificado:** el aprendizaje sobre eficiencia energética debe ser continuo, manteniendo una baja rotación de personal para así promover la conservación del conocimiento. La formación y perfeccionamiento del personal garantiza conocimientos sólidos, fomentando la investigación y el desarrollo. Por lo tanto, se deben impartir capacitaciones constantes al personal.

- Tecnología e innovación: se debe permanecer en constante investigación y desarrollo de nuevos productos. Además de soluciones que resulten eficientes desde el punto de vista energético.
- Gestión de calidad: se deben aplicar métodos de aseguramiento de la calidad y estrictos estándares de verificación para evitar fallas que provoquen pérdidas de energía.
- Procesos de producción y ubicaciones: los procesos de producción se deben verificar permanentemente y la eficiencia energética de los mismos se optimiza constantemente.

En Bimbo de Centroamérica S. A. se le denomina eficiencia energética a todas aquellas acciones que conllevan a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que se requieren en la empresa, asegurando un nivel de calidad igual o superior a la que se tiene y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Queda incluida dentro de esta definición, la sustitución de fuentes no renovables de energía por fuentes renovables de energía.

El aprovechamiento sustentable de la energía se promueve por medio de la implementación de programas innovadores de transición energética para incorporar el financiamiento en tecnologías eficientes.

2.2. Ahorros energéticos en Bimbo de Centroamérica S. A.

Ahorrar energía significa reducir su consumo consiguiendo los mismos resultados que gastando más.

El reducir el gasto de la energía conlleva a múltiples beneficios, entre los cuales están: ahorrar dinero y proteger al medio ambiente.

Casi todos los productos de uso diario generan un impacto energético logrando evidenciarlo mediante la energía que gastan a lo largo de su vida útil.

El ahorro energético supone un ahorro de recursos naturales para salvaguardar al medio ambiente y fomentar un desarrollo sustentable. Por este motivo, Bimbo de Centroamérica S. A. es una empresa comprometida con el medio ambiente por lo cual se ha propuesto ser sustentable y aprovechar de mejor manera en sus procesos los recursos hídricos, eléctricos y combustibles. De esta manera ha tratado de hacer énfasis en algunos de los ahorros en electricidad, agua y combustibles.

2.3. Como reducir costos de electricidad en planta

Para reducir los costos de electricidad en una planta de producción se deben de tomar en cuenta 3 pasos importantes para que la reducción sea eficiente.

- Cálculos de energía: durante este paso se debe revisar el historial de consumo en las facturas de electricidad, además de supervisar el consumo eléctrico, la calidad eléctrica, el factor de potencia y otros aspectos relevantes en el uso de la energía. Además se deben monitorear los sistemas eléctricos, mecánicos y de enfriamiento con el fin de buscar circuitos sobrecargados y desequilibrados, conexiones sueltas, sobrecalentamiento de equipos, entre otros.

- Análisis e identificación de problemas: luego de recopilar la información necesaria es de suma importancia analizarla e identificar posibles fuentes de problemas que fueran encontradas, ya sea durante el cálculo de la energía o mediante el análisis de la información para posteriormente solucionar dichos problemas.
- Presentación y priorización de soluciones: se deben elaborar distintas estrategias para reducir el consumo de energía eléctrica y eliminar todos aquellos problemas que conlleven a un aumento en dicho consumo. Además, las soluciones deben ser priorizadas dependiendo del proceso productivo para no interferir en el mismo.

2.3.1. Control de iluminación

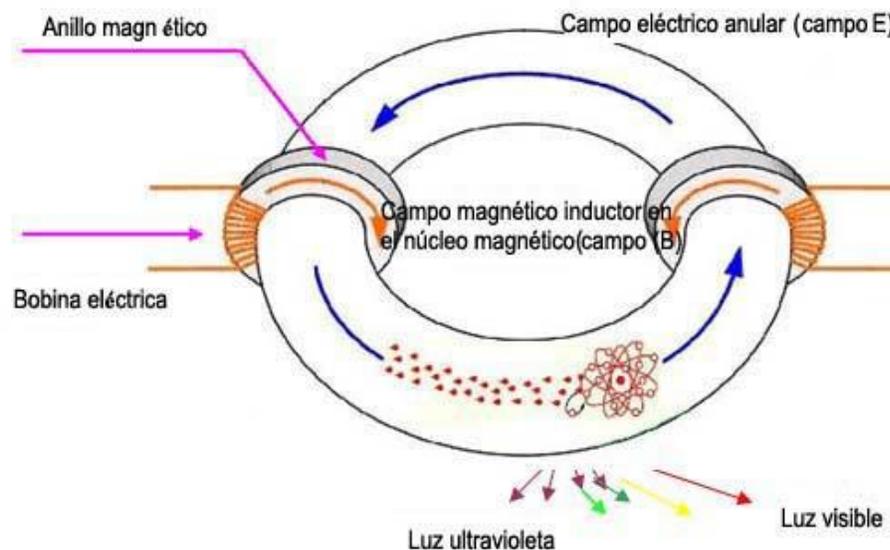
La iluminación constituye uno de los principales consumos eléctricos a nivel residencial, comercial e industrial, y es necesario minimizar su consumo y de esta manera contrarrestar los costos de iluminación.

Los sistemas de control de iluminación se utilizan ampliamente para la iluminación de interiores y exteriores en los espacios comerciales e industriales. Estos sirven para dar la cantidad correcta de luz dónde y cuándo sea necesario.

- Recomendaciones para disminuir costos de iluminación:
 - Apagar las luces cuando no se necesiten. Pueden instalarse interruptores de presencia para que las luminarias se apaguen cuando no detecten la presencia de personas.
 - Aprovechar durante el día la mayor cantidad de luz solar.
 - Utilizar focos o luminarias de bajo consumo y de alto rendimiento.

- Detectores o sensores de movimiento 360: un detector de movimiento de 360° asegura el control automático de la iluminación de acuerdo a la presencia y niveles de luz. Esta solución provee ahorros energéticos de hasta un 16 %. Como no existe un interruptor de luz, la iluminación no se enciende cuando no se requiere.
- Lámparas de Inducción: las lámparas de inducción magnética para uso público, comercial e industrial son la última generación de lámparas ahorradoras con una durabilidad de 60 000 – 100 000 hrs y con una garantía de 5 años. Ofrecen un mayor rango de iluminación y muchos más beneficios.

Figura 11. **Diagrama de lámpara de inducción magnética**



Fuente: <http://www.on-energia.es/induccin/>. Consulta: 11 de agosto de 2014.

- Iluminación industrial led: iluminación de ambientes industriales, naves, talleres y espacios de gran altura. Campanas de iluminación muy eficientes, de gran conversión de energía y pocos gastos de mantenimiento. Larga vida útil, robustez y elevada resistencia a las vibraciones. Condiciones de funcionamiento en un rango de temperaturas desde -35° C a 60° C, resistentes a grandes cantidades de suciedad, polvo, humedad o atmósferas agresivas. El led se abre camino como un sistema con un principio de funcionamiento muy diferente y que tiene que hacer frente a sistemas ya muy establecidos que gozan de la aprobación general. Por tal razón debe considerarse realizar una comparación entre características de los distintos sistemas con el fin de evaluar, justificar y entender por qué el led se va a convertir sin duda alguna en el sistema más utilizado en poco tiempo. Una lámpara led posee las siguientes características:
 - Bajo consumo: consume aproximadamente un tercio de la energía que un sistema convencional para las mismas condiciones de iluminación, en definitiva, son más eficientes.
 - Mayor duración y fiabilidad: la vida de un led es muy larga en comparación a los demás sistemas. Haciendo un promedio, un led tiene una vida útil cerca de 4 años frente a 1 año y medio de las convencionales.
 - Más económicos: debido al bajo consumo el alto costo se amortiza en un tiempo promedio de 12 meses, tomando en cuenta el tiempo de vida útil se tiene un tiempo promedio de ahorro energético de 3 años.

- Baja tensión: reduciendo al mínimo el riesgo de electrocución.
- Baja temperatura: debido al alto rendimiento luminoso, la mayor parte de la energía se transforma en luz en vez de calor, mejorado el confort en las estancias donde se instala y el ahorro en sistemas de acondicionamiento térmico.
- Políticas de eficiencia y ahorro energético: todas las políticas energéticas y medioambientales promocionan e incentivan tecnologías eficientes como el led.
- Amplia banda espectral: es un dispositivo de longitud de onda fija pero que puede trabajar en una amplia banda espectral. En las mismas condiciones de luminosidad que sus rivales, la luz que emite el led es mucho más nítida y brillante.
- Mayor rapidez de respuesta: tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que las lámparas de descarga convencionales del orden de algunos microsegundos.
- Resistencia mecánica, volumen y peso: las luminarias convencionales se caracterizan mecánicamente por su fragilidad, en este caso los led son mucho más resistentes, al pesar y ocupar muy poco espacio, resultan más sencillos de manipular y transportar. Además de hacerlas más aptas para el diseño en luminarias exclusivas y sofisticadas.

2.3.2. Motores eléctricos

Son máquinas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Estos funcionan con corriente alterna o directa la cual, la convierten en movimiento.

Todo motor se basa en la idea de que el magnetismo produce una fuerza física que mueve los objetos, encontrándolos en aplicaciones como: ventiladores, bombas, equipos electrodomésticos, automóviles, entre otros.

En los motores se utiliza la electricidad para crear campos magnéticos que se opongan entre sí, de tal modo que hagan moverse su parte giratoria.

Tipos de motor: la clasificación de los motores eléctricos depende de la fuente de electricidad que se le suministre.

Motores de corriente alterna: son aquellos motores que trabajan mediante la alimentación de corriente alterna, la cual, se caracteriza porque la magnitud y la dirección, presentan una variación de tipo cíclico, oscilando en forma senoidal, es decir, subiendo y bajando continuamente. Entre los motores de corriente alterna se encuentran:

- Motores síncronos

- Motores asíncronos
 - Monofásicos
 - De bobina auxiliar

- De espira en corto circuito
- Universal
- Trifásicos
 - De rotor bobinado
 - De rotor en corto circuito

Los motores de corriente continua así como los síncronos de corriente alterna incluidos en la clasificación anterior tienen una utilización y aplicaciones muy específicas.

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo costo de fabricación. La velocidad de sincronismo de los motores eléctricos de corriente alterna viene definida por la expresión:

$$n = \frac{60 * f}{p}$$

Donde:

n: número de revoluciones por minuto

f: frecuencia de la red

p: número de pares de polos de la máquina

Se da el nombre de motor asíncrono al motor de corriente alterna cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la del sincronismo. Aunque a frecuencia industrial la velocidad es fija para un determinado motor. Hoy en día se recurre a variadores de frecuencia para regular las velocidades de los motores.

- Motores de corriente continua: también denominado motor de corriente directa es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica provocando un movimiento rotatorio gracias a la acción del campo magnético.
- Motores eléctricos de alta eficiencia: cuando se requiere un nuevo motor para llevar a cabo cualquier aplicación industrial es habitual seleccionarlo según un criterio de coste de adquisición inicial. La experiencia confirma que este criterio de selección repercute negativamente en los costos económicos futuros de su actividad mucho más pronto de lo que parece. El criterio de selección anteriormente expuesto pone de relieve la importancia de considerar otros criterios que aseguren un excelente desempeño futuro del motor en el momento de su elección a pesar de incurrir en mayores costes de adquisición. Criterios claves podrían ser: su calidad constructiva y su rendimiento energético, argumentos que repercutirán en los costes económicos futuros haciendo que estos disminuyan. Esto se da porque un motor de alta eficiencia presenta un rendimiento muy superior a un motor convencional, lo que conlleva un consumo notablemente menor. En 3 meses un motor puede haber consumido en electricidad lo equivalente a su precio de compra, de modo que la amortización de su inversión inicial es rápida y su elección queda totalmente justificada. El diseño y los materiales

usados para la fabricación de los motores de alta eficiencia de ABB implican también menores necesidades de mantenimiento así como menores deterioros tanto en el motor como en su circuito de alimentación.

Figura 12. **Motores de alta eficiencia**



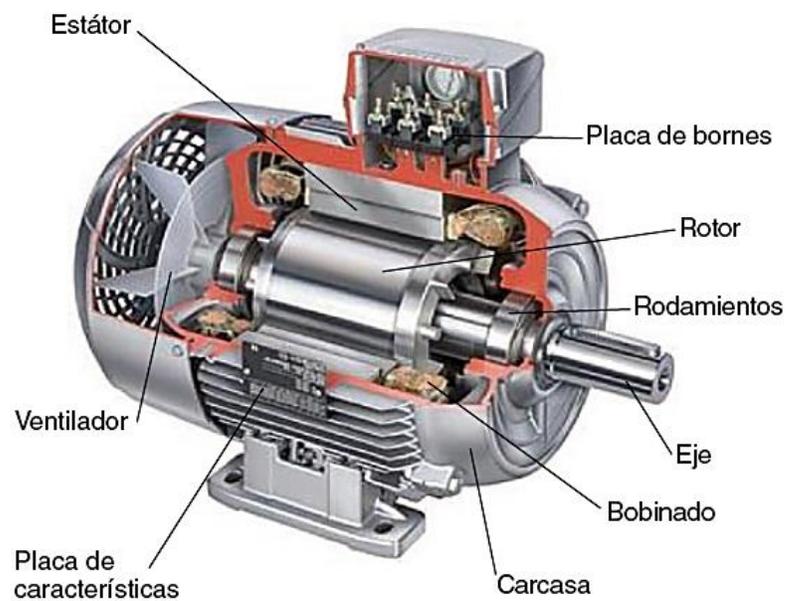
Fuente: <https://www.google.com.gt/search?q=motores+de+alta+eficiencia& motores-electricos-eficientes.html%3B670%3B457>. Consulta: 17 de agosto de 2014

- Ventajas del motor de alta eficiencia
 - Normalmente son más robustos que los motores estándar lo que ayuda a prolongar su tiempo de vida.
 - Por ser un motor con menos pérdidas, se reduce considerablemente el aumento de temperatura del motor, factor determinante en la vida útil del mismo.

- Por tener factores de servicio superiores, permite operaciones en regímenes intermitentes, con picos de carga superiores al nominal.
 - Tienen mayor reserva de potencia para operar en ambientes con temperaturas superiores a 40° C y en zonas de altitudes superiores.
 - Son más adecuados en las aplicaciones con variadores de frecuencia.
 - Reducido coste de mantenimiento.
 - Al tener una mayor eficiencia disminuyen los costos de operación del motor.
- Partes del motor eléctrico:
 - Estator: en motores de corriente alterna consta de un apilado de placas magnéticas y sobre ellas esta enrollado el bobinado estatístico, el cual es una parte fija y unida a la carcasa.
 - Rotor: cuando se trata de motores eléctricos de corriente alterna consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas esta enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser el eje de salida del mismo.
 - Carcasa: caja que envuelve las partes eléctricas del motor. Es la parte externa.

- Rodamientos: elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que le sirve de apoyo y facilita se desplazamiento.
- Ventilador: se utiliza para disipar el calor generado por el funcionamiento del motor eléctrico.
- Placa de bornes: es la placa donde se realizan las interconexiones de alimentación del motor eléctrico con las líneas de suministro de corriente.
- Placa de características: en esta encontramos toda la información técnica del motor de acuerdo al fabricante.

Figura 13. **Partes de un motor eléctrico**



Fuente: Mcgraw-Hill. *Motores eléctricos*. P. 289.

3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

La recuperación del condensado permite aprovechar la energía del sistema de vapor. El condensado que sale de un purgador contiene aproximadamente el 20 % de la energía de calor transferida a la caldera en forma de calor sensible.

El sistema de retorno de condensado es indispensable para recuperar la energía (entalpía) que el vapor cede, desde su distribución por medio de las tuberías hasta su utilización en los procesos industriales.

Los sistemas de recuperación del condensado ayudan a reducir tres costes tangibles de la producción de vapor:

- Combustible y energía
- Recuperación del agua de la caldera y tratamiento de aguas residuales
- Tratamiento químico del agua de la caldera

Es necesario eliminar el condensado generado en las tuberías de distribución de vapor para evitar una serie de inconvenientes, tales como: corrosión en la tubería, golpes de ariete e incluso daños a equipos de transferencia de calor, además puede mejorar la eficiencia en dicho proceso.

La pieza fundamental de cualquier sistema de recuperación de condensado son las bombas de condensado. Su función es mover condensado u otros líquidos de puntos bajos, presiones bajas o espacios vacíos a un área de mayor elevación o presión.

3.1. Diseño actual de la red de retorno de condensados

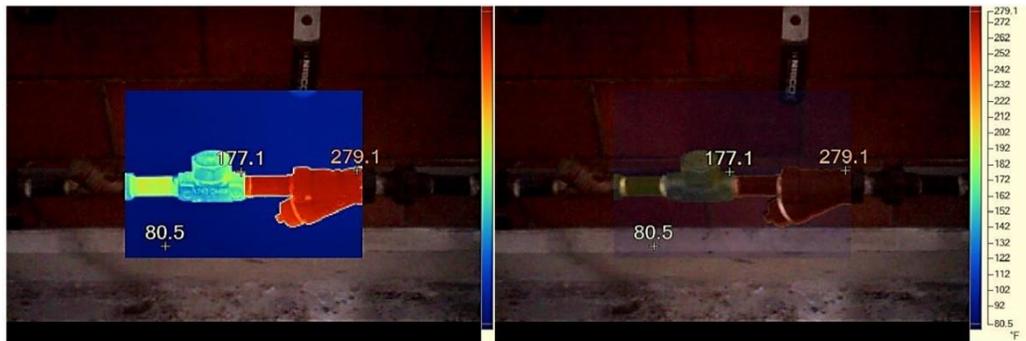
Actualmente Bimbo de Centroamérica S. A. cuenta con una red de retorno de condensados que retorna aproximadamente de un 25 % a 30 % del condensado generado dentro de las naves de producción. Cubre únicamente tres puntos de consumo de vapor como lo son: plataforma de pastelería, plataforma de malvavisco y el intercambiador de placas ubicado en el cuarto de máquinas 1.

El diámetro de tubería instalada es de 3/4 de pulgada, teniendo en algunos puntos un recorrido innecesario para el traslado de los condensados. Además, cuando la mayoría de equipos se encuentran en funcionamiento debe realizarse una purga manual de las tuberías y los equipos; en algunos casos los condensados son enviados a la red de drenajes ya que dicha tubería esta subdimensionada, siendo esto una pérdida innecesaria en la generación de vapor, ya que este condensado debe reponerse con agua nueva de los suavizadores que en muchas ocasiones se encuentra a una temperatura incluso por debajo de la temperatura ambiente, haciendo que se incremente considerablemente el gasto de combustible para la generación de vapor.

3.1.1. Verificación de funcionamiento de trampas de vapor

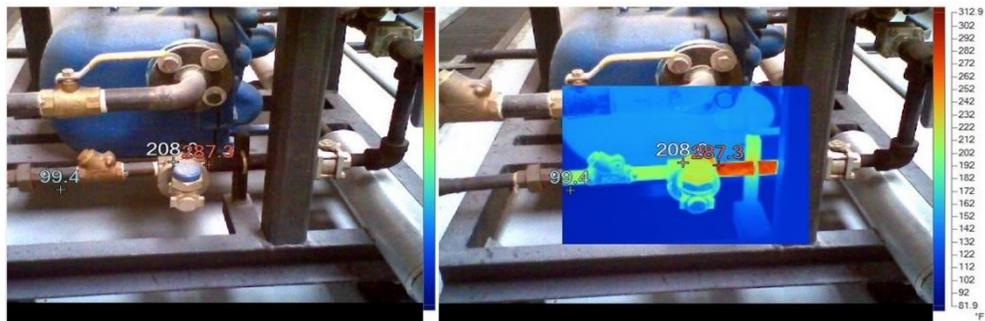
Medición de temperatura (método térmico): el método tradicional para verificar el funcionamiento de las trampas de vapor es la medición de temperaturas en la entrada y en la descarga. Para ello se utilizan cámaras termográficas para verificar las temperaturas, si hay una diferencia significativa entre la entrada y la salida, la trampa de vapor se encuentra funcionando correctamente de lo contrario se debe reemplazar la trampa.

Figura 14. Ejemplo de método térmico núm.1



Fuente: Bimbo de Centroamérica S. A.

Figura 15. Ejemplo de método térmico núm. 2



Fuente: Bimbo de Centroamérica S. A.

3.1.2. Verificación de estado de aislamiento de tuberías

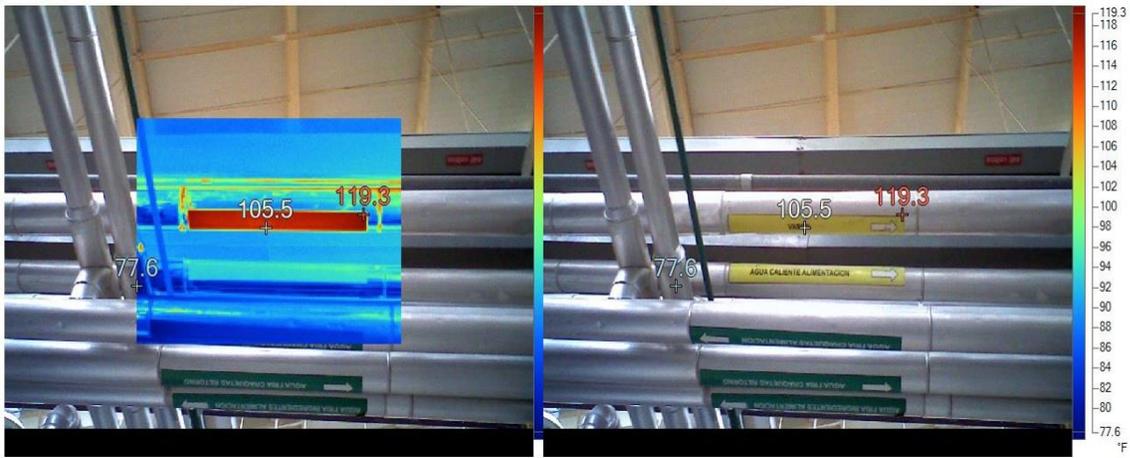
Una manera de verificar el estado del aislamiento de la tubería es medir la temperatura de las mismas ya que si existe radiación de calor habrá condensado dentro de la tubería provocada por el escape de temperatura del vapor.

Figura 16. Tubería cuarto de máquinas



Fuente: Bimbo de Centroamérica S. A.

Figura 17. Tubería dentro de planta



Fuente: Bimbo de Centroamérica S. A.

Figura 18. **Aislamiento de *manifold* de distribución de vapor**



Fuente: Bimbo de Centroamérica S. A.

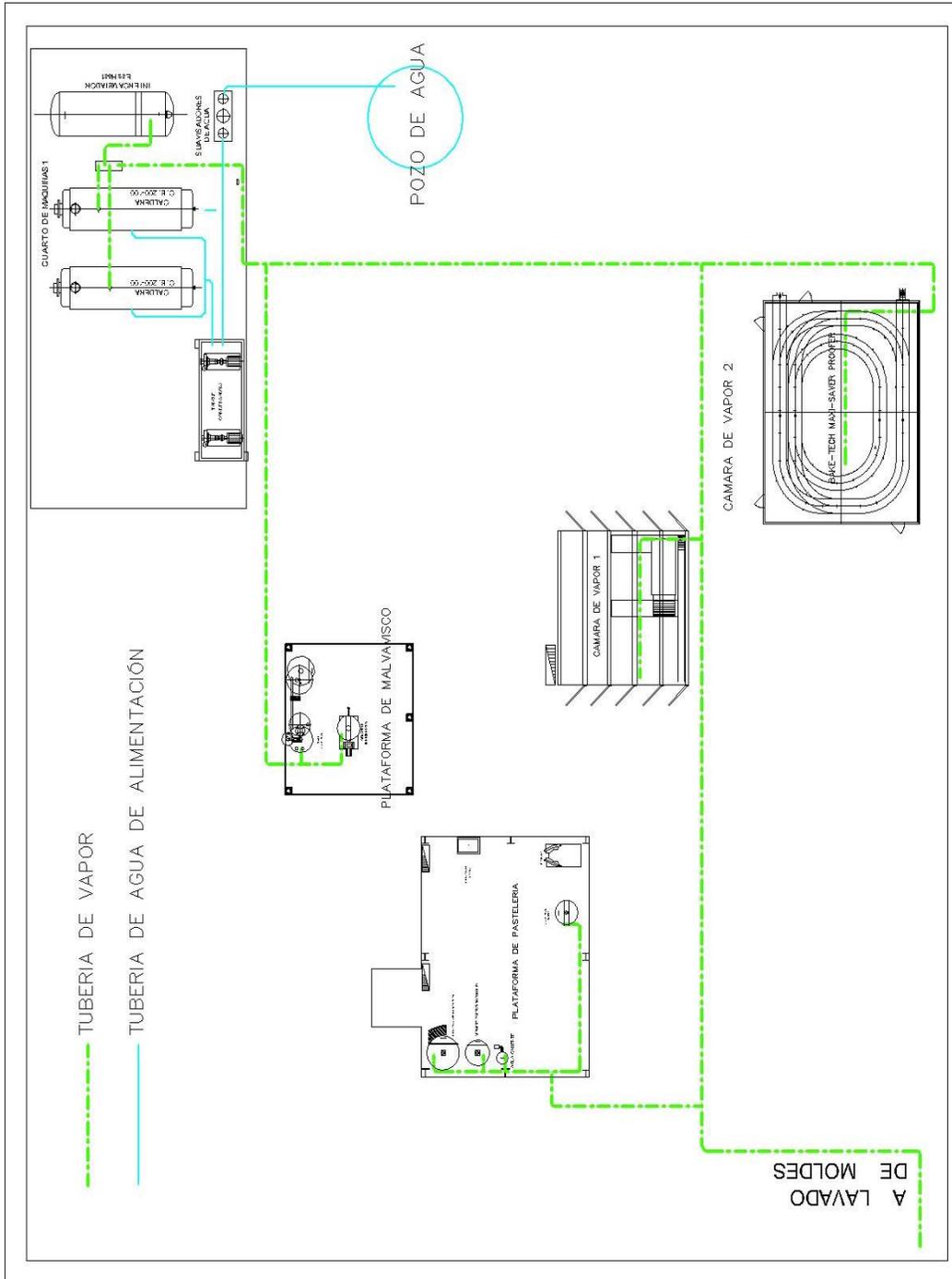
3.2. **Recolección de datos para cálculos**

Estos datos servirán para hacer un análisis de los consumos de vapor que se tienen en Bimbo de Centroamérica S. A. para la realización de los procesos donde se necesite vapor. Además de cuantificar los costos de producción de vapor que se tienen actualmente para luego realizar una propuesta de mejora en la red de retorno de condensados.

3.2.1. **Diagrama actual de red de distribución de vapor**

La red de distribución de vapor actualmente instalada en Bimbo de Centroamérica S. A., esta dimensionada de la mejor manera. Es capaz de responder ante un incremento de demanda de vapor en las líneas de producción así como en el área de lavado de moldes de la planta. Además cabe mencionar que la caldera se mantiene en funcionamiento de manera modulante, esto hace que la flama del quemador se adapte a las necesidades de producción de vapor.

Figura 19. Red de distribución de vapor actual

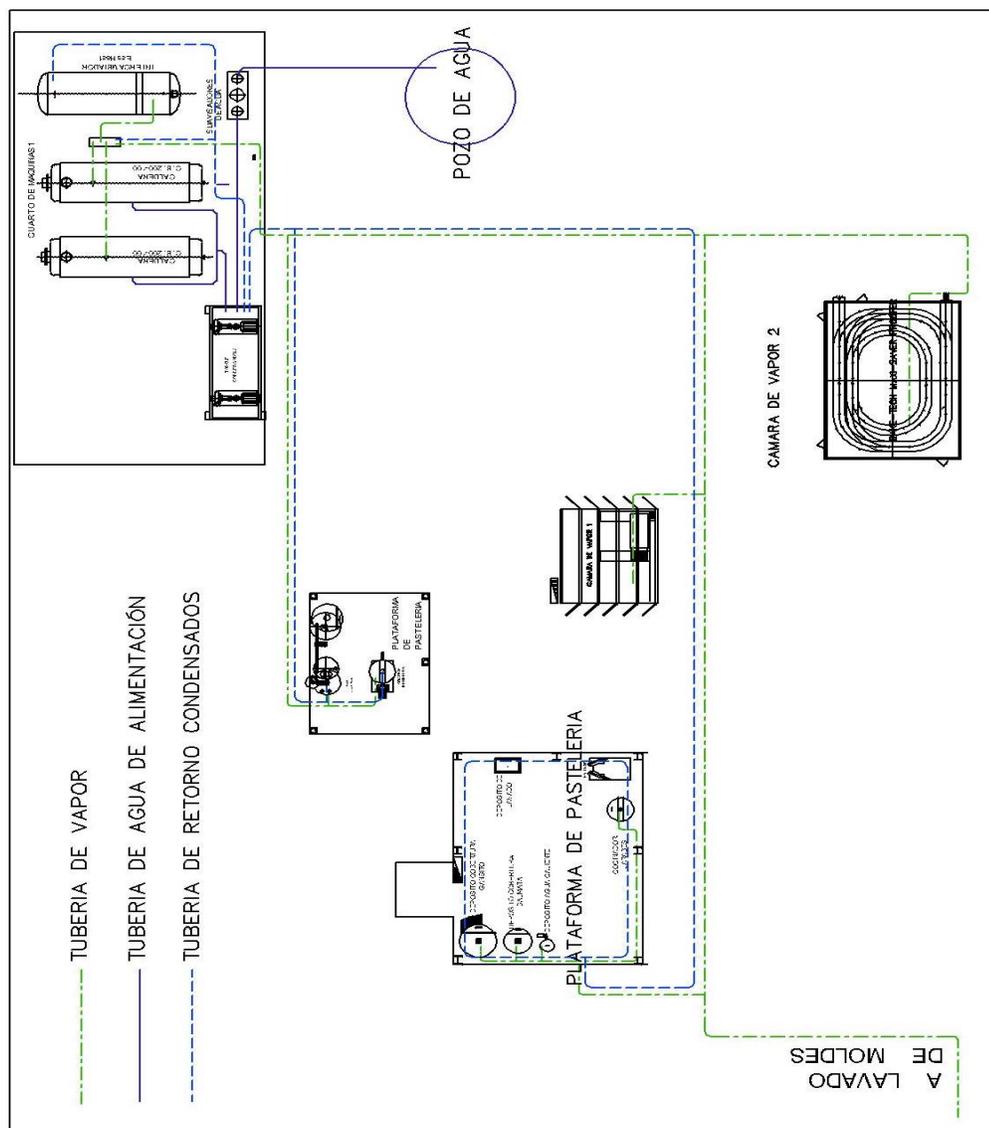


Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

3.2.2. Diagrama actual de retorno de condensado

Actualmente la red de retorno de condensado está diseñada como se muestra a continuación.

Figura 20. Red de retorno de condensado



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

3.2.3. Mediciones en puntos de consumo de vapor

Estos datos son importantes para analizar el costo de producción de vapor, así como el consumo de vapor que tiene cada equipo y costo de operación de los mismos. También se debe considerar el diámetro de la tubería para realizar el rediseño de la red de retorno de condensados, de esta manera se asegura que la misma no quede subdimensionada haciendo que opere de manera correcta en caso que todos los equipos que generen condensado de vapor se encuentren en operación y se recupere la mayor cantidad de condensado posible.

Tabla III. **Identificación de puntos de consumo de vapor**

Área de ubicación	Línea	Punto identificado (equipo)
Plataforma 1	Malvavisco	Tanque cocinador
Plataforma 1	Malvavisco	Marmita de mermelada
Plataforma 2	Pastelería	Marmita de jarabes
Plataforma 2	Pastelería	Marmita cobertura de dalmata
Plataforma 2	Pastelería	Depósito para calentar agua
Plataforma 2	Pastelería	Marmita cobertura de gansito
Fermentación	Pan 1	Cámara de vapor
Fermentación	Pan 9 600	Cámara de vapor 2
Cuarto de máquinas 1	Cuarto de maquinas	Intercambiador de calor EasiHeat

Fuente: elaboración propia.

- Temperaturas máximas de proceso: para que un equipo opere en óptimas condiciones debe mantenerse en temperaturas inferiores a su máxima tolerancia, para ello, como se puede observar en la siguiente tabla. Aquí se especifican las temperaturas máximas permisibles en los procesos para cada equipo. Es importante que las temperaturas sean monitoreadas constantemente para evitar que los equipos fallen durante la operación o alteren el proceso que desarrollan e incidan directamente en la producción.

Tabla IV. **Temperaturas máximas de proceso**

Puntos de consumo de vapor	Dato 1 °C	Dato 2 °C	Dato 3 °C	Promedio °C
Tanque cocinador	88	90	92	90
Marmita de mermelada	63	67	66	65
Marmita de jarabes	98	99	102	100
Marmita cobertura de dalmata	94	95	99	96
Depósito para calentar agua	64	67	65	66
Marmita cobertura de gansito	80	81	80	80
Cámara de vapor Pan 1	48	48	48	48
Cámara de vapor pan 2	41	41	41	41
Intercambiador de calor EasiHeat	60	60	60	60

Fuente: elaboración propia.

- Tiempos de proceso: durante el funcionamiento de los equipos debe tomarse en cuenta el tiempo que puede operar cada uno de ellos, por lo que a continuación se presentan los tiempos promedios que se utilizarán posteriormente para efectos de cálculos.

Tabla V. **Tiempos de proceso**

Puntos de consumo de vapor	Dato 1 min	Dato 2 min	Dato 3 min	Promedio min
Tanque cocinador	24,9	22,5	24,6	15 a 25
Marmita de mermelada	60	60	60	60
Marmita de jarabes	25	25	25	25
Marmita cobertura de dalmata	120	120	120	120
Depósito para calentar agua	90	90	90	90
Marmita cobertura de gansito	120	120	120	120
Cámara de vapor pan 1	45	45	45	45
Cámara de vapor pan 2	60	60	60	60
Intercambiador de calor Easiheat	60	60	60	60

Fuente: elaboración propia.

- Cantidad de masa a procesar: la masa a procesar (es la combinación de los ingredientes que se procesarán en cada uno de los equipos, estos podrían ser: harina, agua, azúcar, mermelada). Durante la aplicación de vapor al proceso es uno de los factores importantes a considerar ya que este también ayuda a calcular el tiempo de duración del mismo.

Tabla VI. **Cantidad de masa en proceso**

Puntos de consumo de vapor	Dato 1 kg	Dato 2 kg	Dato 3 kg	Promedio kg
Tanque cocinador	205,00	205,00	205,00	205,00
Marmita de mermelada	340,20	340,20	340,20	340,20
Marmita de jarabes	300,11	300,11	300,11	300,11

Continuación de la tabla VI.

Marmita cobertura de dalmata	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Depósito para calentar agua	120,00	120,00	120,00	120,00
Marmita cobertura de gansito	1 040,00	1 040,00	1 040,00	1 040,00
Cámara de vapor pan 1	798,2	798,2	798,2	798,2
Cámara de vapor pan 2	798,2	798,2	798,2	798,2

Fuente: elaboración propia.

- Presión de aplicación de vapor al proceso: los equipos son capaces de entregar calor al proceso mediante la aplicación de vapor indirectamente, esto se da a presiones inferiores que la de generación de vapor con el fin de evitar daños en los equipos. Además de tener controlada la temperatura del proceso, todos los equipos tienen presiones específicas de operación las cuales se detallan a continuación.

Tabla VII. **Presión de aplicación de vapor**

Puntos de consumo de vapor	Dato 1 PSI	Dato 2 PSI	Dato 3 PSI	Promedio PSI
Tanque cocinador	65	65	65	65
Marmita de mermelada	40	40	40	40
Marmita de jarabes	30	30	30	30
Marmita cobertura de dalmata	40	40	40	40
Depósito para calentar agua	40	40	40	40
Marmita cobertura de gansito	65	65	65	65

Continuación de la tabla VII.

Cámara de vapor pan 1	35 -40	35 -40	35 -40	35 -40
Cámara de vapor pan 2	65	65	65	65
Intercambiador de calor EasiHeat	65	65	65	65

Fuente: elaboración propia.

3.3. Rediseño de la red de retorno de condensados

Cuando el condensado contiene una considerable cantidad de calor puede ser utilizado, como agua de alimentación o relleno, ya que esta ya ha sido separada de minerales disueltos y cualquier materia extraña mediante la evaporación.

Siempre que sea posible retornar el condensado a un tanque de almacenamiento (tanque de retorno de condensados) ubicado en el cuarto de máquinas se podrá utilizar 100 % como agua de alimentación. Esto significaría una disminución considerable en la utilización de químicos para su tratamiento, así como una reducción de costos de combustible al aprovechar el calor que el condensado lleva consigo.

Actualmente en Bimbo de Centroamérica S. A. se retorna un 30 % del condensado generado en los distintos puntos de consumo de vapor. Con el rediseño del retorno de los condensados se quiere recuperar como mínimo un 85 % de los condensados tratando de disminuir la cantidad de agua de reposición que se necesita día a día para realizar los diversos procesos de producción que necesiten vapor para llevarse a cabo.

Las tuberías de retorno de condensado deben dimensionarse de una manera correcta considerando la formación del vapor flash. Este es un fenómeno que se produce cuando el condensado formado a alta presión (línea de vapor) es descargado a un sistema de menor presión (retorno de condensados), sabiendo que la presión de entrada a la trampa de vapor es mayor a la de salida se debe considerar que parte del condensado se evapora instantáneamente al ser descargado por la trampa de vapor.

3.3.1. Cantidad de condensados generados

Es necesario saber la cantidad de condensados que se generan durante la realización de los procesos en cada uno de los equipos de intercambio de calor, ya que estos ayudarán a saber el costo de producción de vapor que se tiene en Bimbo de Centroamérica S. A. Además de ser una variable a considerar para la propuesta del rediseño de la red de retorno de condensados.

La cantidad de condensado servirá para calcular el diámetro de la tubería en cada punto de generación de condensado, para que su recuperación sea adecuada y así asegurar que se use el mayor porcentaje para la alimentación de la caldera e iniciar un nuevo proceso de generación de vapor.

Reutilizar los condensados generados en cada proceso ayudará a elevar la temperatura del agua de alimentación de la caldera. Actualmente la temperatura de alimentación es de aproximadamente 10 °C, lo cual provoca un mayor gasto de combustible durante la operación de las calderas, con el retorno de los condensados se busca elevar esta temperatura hasta aproximadamente 70 °C, debido al calor que este lleva consigo, y que actualmente no se aprovecha.

- Ecuación utilizada para cálculos:

$$Q = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{t(\text{seg})} = \text{Kw}$$

Donde:

Q: calor requerido para el proceso en Kw

C_p : calor específico

M: cantidad de masa a procesar en libras

ΔT : cambio de temperatura en °F

t: tiempo de proceso en segundos

- Calor Específico: se define como el calor que debe suministrar a una unidad de masa de una sustancia, para alcanzar que esta se eleve un grado de temperatura.

Tabla VIII. **Calores específicos utilizados**

Sustancia a procesar	Calor específico BTU/Lb* °F
Agua	1.00
Jalea	0.90
Harina	0.30
Chocolate	0.65
Jarabe	0.62

Fuente: Manual productos mecánicos Spirax Sarco.

- Muestra de cálculo para marmitas utilizando el tanque cocinador como ejemplo:
 - Cambio de temperatura:

$$\Delta T = T_{\text{promedio}} - T_{\text{ambiente}} \quad \text{Dadas en } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 90\ ^\circ\text{C} - 28\ ^\circ\text{C} = 62\ ^\circ\text{C}$$

Para efectos de cálculo la dimensional de temperatura es °F para lo cual se realiza la conversión necesaria utilizando la siguiente ecuación:

$$^\circ\text{F} = \frac{9}{5}^\circ\text{C} + 32$$

$$\Delta T_{\text{F}} = \frac{9}{5}(68\ ^\circ\text{C}) + 32 = 143,6\ ^\circ\text{F}$$

Tabla IX. **Cambio de temperatura par marmitas**

Puntos de consumo de vapor	T ambiente °C	T máxima °C	Cambio de T °C	Cambio de T °F
Tanque cocinador	28	90	62	143,6
Marmita de mermelada	28	65	37	98,6
Marmita de jarabes	25	100	75	167
Cobertura de dálnata	40	96	56	132,8
Depósito para calentar agua	25	66	41	105,8
Cobertura de gansito	28	80	52	125,6

Fuente: Elaboración Propia.

- Cálculo de consumo de energía expresada en KW por cada equipo de intercambio de calor:

$$Q = \frac{(451,00 \text{ Lb}) \left(0,6137 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}}\right) (143,6 \text{ } ^\circ\text{F})}{1\,500 \text{ seg}} = 26,5 \text{ Kw}$$

Para realizar la conversión del consumo de vapor en los equipos de Kw a Lb/h se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Lb}}{\text{h}} = \frac{\text{Kw}}{h_{fg}} * 3\,600$$

Donde:

Lb/h: consumo de vapor en libras por hora

Kw: consumo de energía del equipo expresada en kilowatt

h_{fg} : entalpía de vaporización a presión de aplicación en el proceso

$$\frac{\text{Lb}}{\text{hr}} = \frac{26,50 \text{ Kw}}{901,54 \text{ BTU/lbm}} * 3\,600 = 105,81 \frac{\text{Lb}}{\text{h}}$$

Tabla X. **Consumo de vapor en marmitas**

Puntos de consumo de vapor	Consumo en KW	Consumo en Lb/h
Tanque cocinador	26,50	105,81
Marmita de mermelada	18,45	72,18
Marmita de jarabes	45,11	174,79

Continuación de la tabla X.

Cobertura de dalmata	26,38	103,20
Depósito para calentar agua	5,17	20,24
Cobertura de gansito	25,94	103,60

Fuente: Elaboración Propia.

- El cálculo para los radiadores de las cámaras de vapor 1 y 2 se realiza de manera directa, ya que el consumo de energías en BTU/h es proporcionado en el plano de instalación de las cámaras de vapor, dicho valor es de 13 5000 BTU/h.

$$\frac{\text{Lb}}{\text{h}} \text{ de vapor} = \frac{\frac{\text{BTU}}{\text{h}}}{\frac{\text{BTU}}{\text{lb vapor}}}$$

$$\frac{\text{Lb}}{\text{h}} \text{ vapor} = \frac{135,000 \text{ BTU/h}}{970 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \text{ de vapor}} = 139,17 \frac{\text{Lb}}{\text{h}} \text{ de vapor}$$

Este consumo de vapor es por radiador se debe considerar que cada una de las cámaras de vapor consta de 2 radiadores, por lo cual se toma un consumo aproximado de 300 Lb/h de vapor, este consumo es constante durante toda la producción del área de pan 9 600 ya que en esta el proceso de aplicación de vapor se encuentra modulado. El cálculo de consumo de vapor que se tiene se da por:

$$\frac{\text{Lb}}{\text{h}} \text{ de vapor} = \frac{\text{GPM}}{2} * (1,1) * \Delta T$$

Donde:

GPM: galones por minuto de agua que se calienta.

ΔT : cambio de temperatura en °F

- La cantidad de vapor que consume el EasiHeat (intercambiador de placas instalado) considerando que la temperatura ambiente a la que entra el agua en un principio es de 57 °F y se eleva hasta una temperatura de 140 °F:

$$\frac{\text{Lb}}{\text{h}} \text{ de vapor} = \frac{35 \text{ GPM}}{2} * (1,1) * (140 \text{ °F} - 57 \text{ °F}) = 1\,597,75 \frac{\text{lb}}{\text{h}} \text{ de vapor}$$

Tabla XI. **Resumen de consumos de vapor**

Puntos de consumo de vapor	Consumo en Lb/h de vapor
Tanque cocinador	105,81
Marmita de mermelada	72,18
Marmita de jarabes	174,79
Cobertura de dalmata	103,20
Depósito para calentar agua	20,24
Cobertura de gansito	103,60
Cámara de vapor pan 1	300
Cámara de vapor pan 2	300
Consumo de vapor del EasiHeat	1 597,75

Fuente: elaboración propia.

Considerando el consumo de vapor existente en planta Bimbo de Centroamérica S. A. se observa que la demanda aproximada es de 2 777,60 Lb/h de vapor.

3.3.2. Dimensionamiento de las tuberías de retorno de condensados

Un sistema de retorno de condensados eficiente recogerá el condensado de los equipos que lo consumen (marmitas, cámaras de vapor, intercambiador de placas) y devolverá el agua al sistema de alimentación de la caldera.

El diseño de la tubería de condensado requiere de cálculos a los que se debe prestar atención, además que debe ser diseñado para llevar el flujo de dos fases. Esta tubería deberá ser capaz de transportar vapor y condensado, ya que al descargar condensado a la red de retorno, parte de este se evapora, este fenómeno es conocido como vapor flash.

El rediseño del diámetro de la tubería nueva de retorno de condensados utiliza los diámetros de descarga de los equipos de consumo de vapor, y la cantidad de condensados que se generan en cada uno de ellos, así como la presión a la que se descargarán los condensados. Para calcular el diámetro de la tubería de retorno de condensados se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Phi_{retorno}^2 = \Phi_{Eq.1}^2 + \Phi_{Eq.2}^2$$

Donde:

$\Phi_{retorno}$: diámetro de la tubería que recolecta condensado de dos o más equipos

$\emptyset_{Eq.1}$: diámetro de salida de equipo 1 que genera condensado

$\emptyset_{Eq.2}$: diámetro de salida de equipo 2 que genera condensado

Tabla XII. **Diámetros de descarga de equipos**

Puntos de consumo de vapor	Diámetro Salida condensados
Tanque cocinador	3/4"
Marmita de mermelada	3/4"
Marmita de jarabes	3/4"
Cobertura de dalmata	3/4"
Depósito para calentar agua	3/4"
Cobertura de gansito	3/4"
Cámara de vapor pan 1	1"
Cámara de vapor pan 2	1 1/2"
Consumo de vapor del EasiHeat	1 "

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del diámetro de tubería de la nueva red de retorno de condensados por medio de ecuación se consideran 5 áreas de equipos, siendo estas:

- Plataforma de pastelería: en esta área se realizan tres actividades que son: fundición de cobertura de chocolate, calentar agua para proceso, preparación de jarabes y cuenta con cuatro equipos de consumo de vapor, como se observa en la siguiente figura.

Figura 21. **Plataforma de pastelería**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

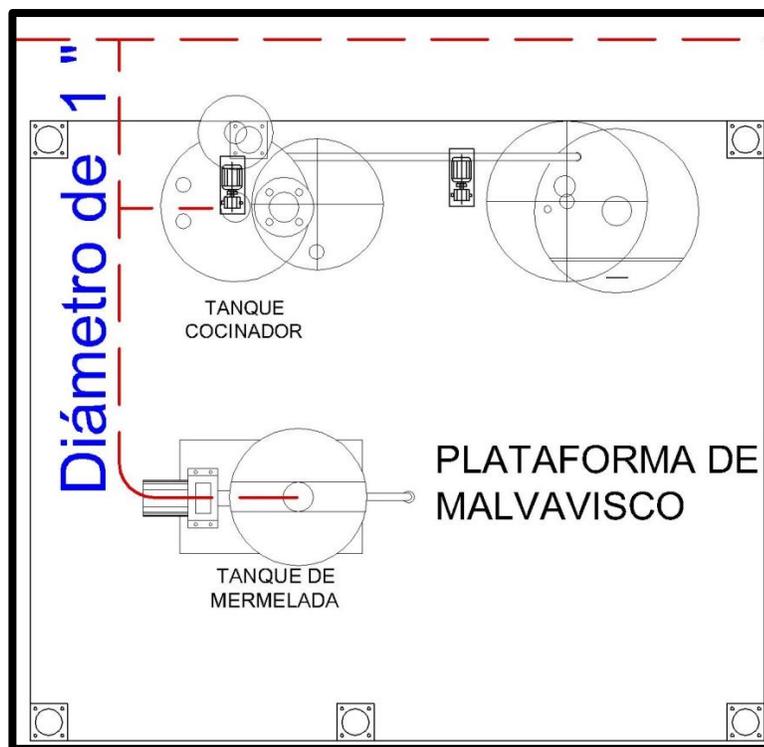
$$\phi_1^2 = \phi_{Eq.1}^2 + \phi_{Eq.2}^2 + \phi_{Eq.3}^2 + \phi_{Eq.4}^2$$

$$\phi_1 = \sqrt{(3/4)^2 + (3/4)^2 + (3/4)^2 + (3/4)^2} \text{ diámetros en plg}$$

$$\phi_1 = 1,5 \text{ plg}$$

- Plataforma de malvavisco: en esta plataforma se realizan dos actividades importantes para la producción del producto *sponch*, ya que acá se procesa la mermelada que se agrega al producto así como el jarabe. Los equipos utilizados pueden observarse en la siguiente figura.

Figura 22. **Plataforma de malvavisco**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

$$\phi_2^2 = \phi_{Eq.1}^2 + \phi_{Eq.2}^2$$

$$\phi_2 = \sqrt{(3/4)^2 + (3/4)^2} + \text{diámetros en plg}$$

$$\phi_2 = 1,06 \text{ plg} \approx 1 \text{ plg}$$

Para el tramo que recogerá el condensado de las dos plataformas anteriormente mencionadas y que llevará el mismo hasta el cuarto de máquinas 1 donde se encuentran ubicadas las calderas, se procede de la siguiente manera.

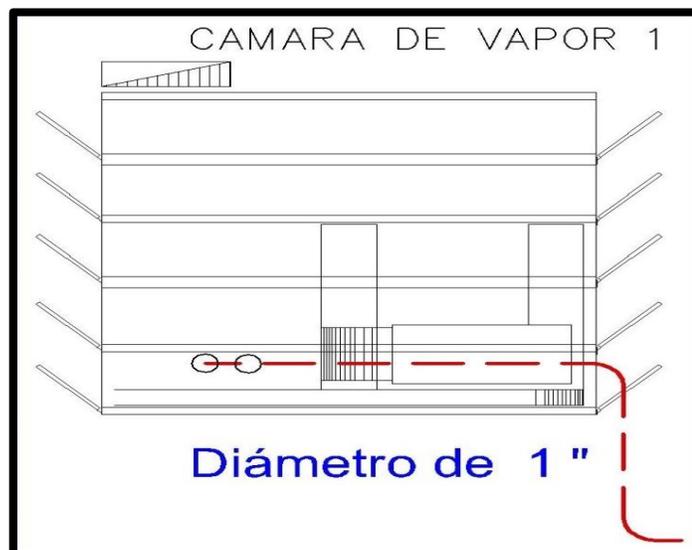
$$\phi_3^2 = \phi_{\text{plataforma pastel}}^2 + \phi_{\text{plataforma malvavisco}}^2$$

$$\phi_3 = \sqrt{(1.5)^2 + (1)^2} \text{ diámetros en plg}$$

$$\phi_3 = 1,80 \text{ plg} \approx 2 \text{ plg}$$

- Cámara de vapor 1: en este equipo se produce la fermentación de diversos productos tales como roles de canela, negritos y pan, está representado como se ve en la figura.

Figura 23. **Cámara de vapor 1**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

Las ecuaciones utilizadas son:

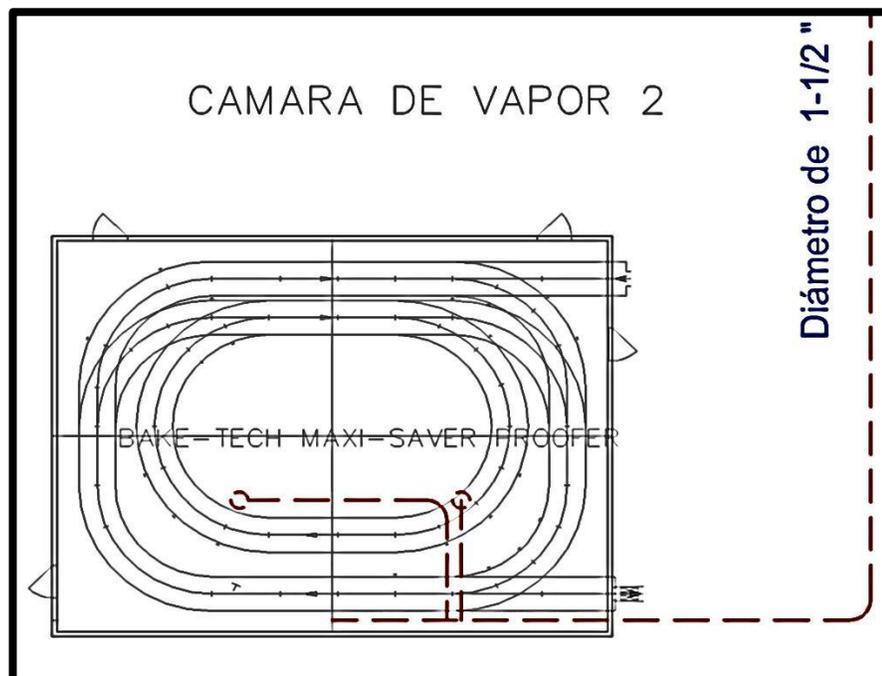
$$\phi_4^2 = \phi_{Eq.1}^2 + \phi_{Eq.2}^2$$

$$\phi_4 = \sqrt{(3/4)^2 + (3/4)^2} \text{ diámetros en plg}$$

$$\phi_4 = 1,06 \text{ plg} \approx 1 \text{ plg}$$

- Cámara de vapor 2: en ella se lleva a cabo el proceso de fermentación del producto de la línea de pan 9 600, siendo esta la línea más grande de la planta de producción, está representada como se ven en la figura.

Figura 24. **Cámara de vapor 2**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

Se utilizan las ecuaciones:

$$\phi_5^2 = \phi_{\text{radiador } 1}^2 + \phi_{\text{radiador } 2}^2 + \phi_{\text{presion motriz } 1}^2 + \phi_{\text{presion motriz } 2}^2$$

$$\phi_5 = \sqrt{(3/4)^2 + (3/4)^2 + (1/2)^2 + (1/2)^2} \text{ diámetros en plg}$$

$$\phi_5 = 1,35 \text{ plg} \approx 1,5 \text{ plg}$$

Para la tubería que recogerá el condensado proveniente de las dos cámaras de vapor se determina el diámetro de retorno de la siguiente manera:

$$\phi_6^2 = \phi_{\text{cámara vapor } 1}^2 + \phi_{\text{cámara vapor } 2}^2$$

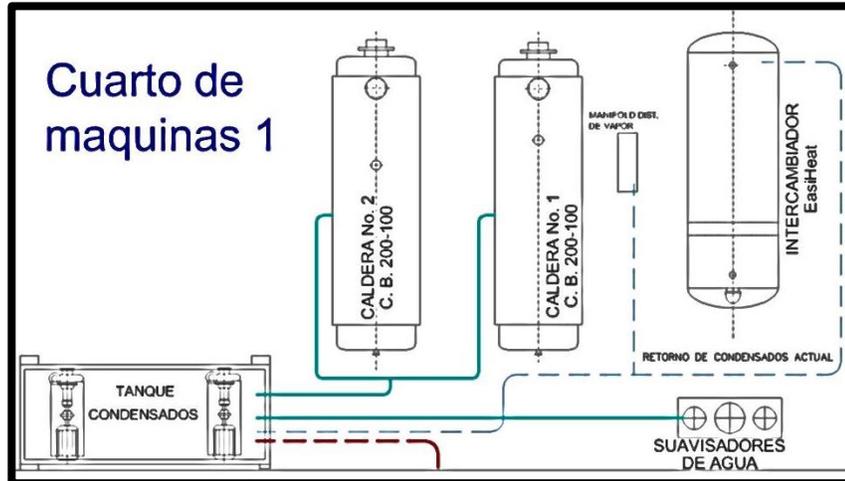
$$\phi_6 = \sqrt{(1)^2 + (1,5)^2} \text{ diámetros en plg}$$

$$\phi_6 = 1,80 \text{ plg} \approx 2 \text{ plg}$$

- Cuarto de máquinas 1: en esta área se encuentra el intercambiador de placas utilizado para calentar agua a 60 °C utilizado para lavado de equipos, así como para mantener temperaturas de coberturas de chocolate previamente fundidas.

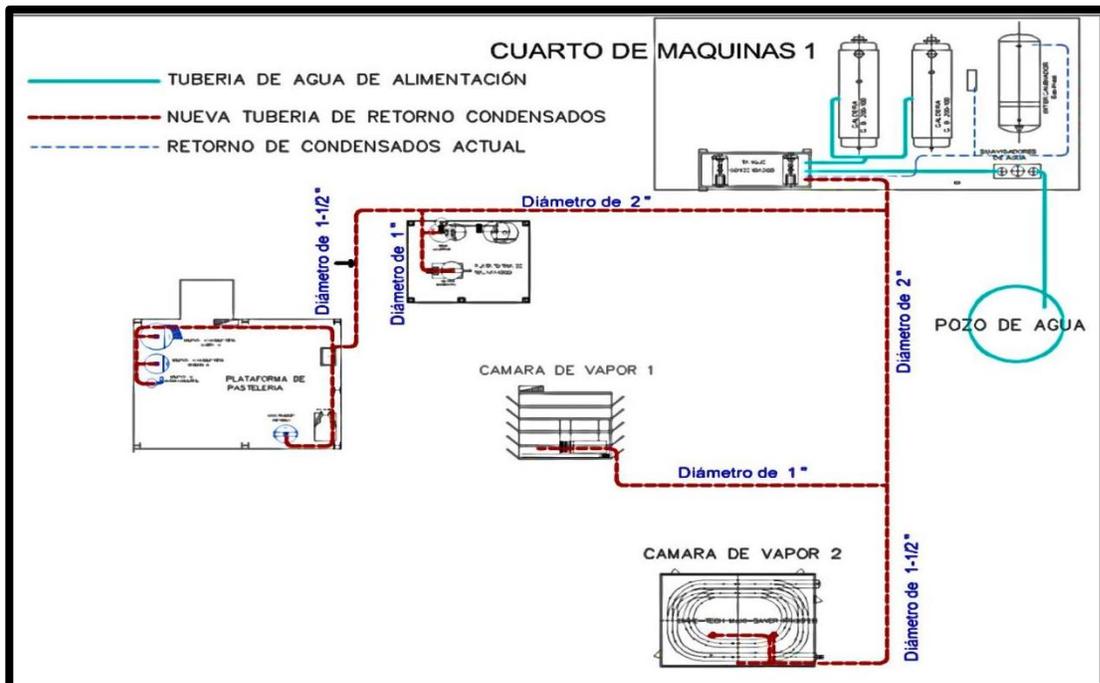
Para la nueva red de retorno de condensados, con base en las ecuaciones para determinar el diámetro de la tubería, se llega a la conclusión que el diámetro de 2 pulgadas retornará el condensado hasta el cuarto de máquinas 1 de manera correcta, mejorando la eficiencia de la caldera y aumentando la temperatura del agua de alimentación de la misma. El recorrido de las tuberías y nuevos diámetros quedarían según se observa en la figura 21.

Figura 25. Cuarto de máquinas 1



Fuente: Elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

Figura 26. Determinación de diámetro de nueva tubería



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

De la misma manera que se logra determinar el diámetro de tubería de la nueva red de retorno de condensados. Por medio de ecuaciones se puede efectuar este cálculo por método gráfico, tomando en cuenta la cantidad de vapor flash que manejará la red de retorno y la presión a la que se hará la descarga en este caso se considera un a presión atmosférica.

- Vapor *flash*: esto ocurre cuando el condensado de vapor se genera a alta presión y llega a un sistema de menor presión, como lo es la línea de retorno de condensados. En este caso como la presión a la entrada de la trampa de vapor es mayor que la salida de la misma, parte del condensado se revaporiza instantáneamente cuando es descargado por la trampa.

Para determinar la cantidad de vapor que se revaporiza a una presión determinada se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Vflash} = \frac{h_{f_{\text{Pres. de vapor}}} - h_{f_{0 \text{ psig}}}}{h_{fg \text{ a } 0 \text{ psig}}}$$

Donde:

% Vflash : porcentaje de vapor flash generado

$h_{f \text{ pres. vapor}}$: entalpía de vapor saturado la presión de vapor

$h_{f_{0 \text{ psi}}}$: entalpía de líquido saturado a la presión atmosférica

h_{fg} : calor latente a la presión de salida del condensado

Tabla XIII. **Presiones de operación de equipos**

Presión (PSIG)	30	40	65	70	75	0
Temperatura de vapor saturado (°F)	274,000	286,703	311,768	315,990	320,036	212,000
Calor latente del vapor (h _{fg} : BTU/Lb)	929.125	920,089	901,530	898,294	895,177	970,320
Entalpía específica de vapor saturado (hg: BTU/lb)	1 172,240	1 176,220	1 183,490	1 184,640	1 185,710	1 150,490
Entalpía específica de agua saturada (hf: BTU/lb)	243,119	256,131	281,964	286,348	290,536	180,167
Volumen específico de vapor saturado (vg: ft ³ / lb)	9,461	7,827	5,492	5,185	4,912	26,801
Volumen específico de agua saturada (vf: ft ³ / lb)	0,01720	0,01732	0,01756	0,01761	0,01765	0,01672
Volumen específico de agua saturada (vf: ft ³ / lb)	0,00122	0,00126	0,00139			0,00104

Fuente: elaboración propia.

En la tabla siguiente se muestran los valores de revaporización en libras por hora que se genera en la descarga realizada por las trampas de vapor en cada uno de los equipos:

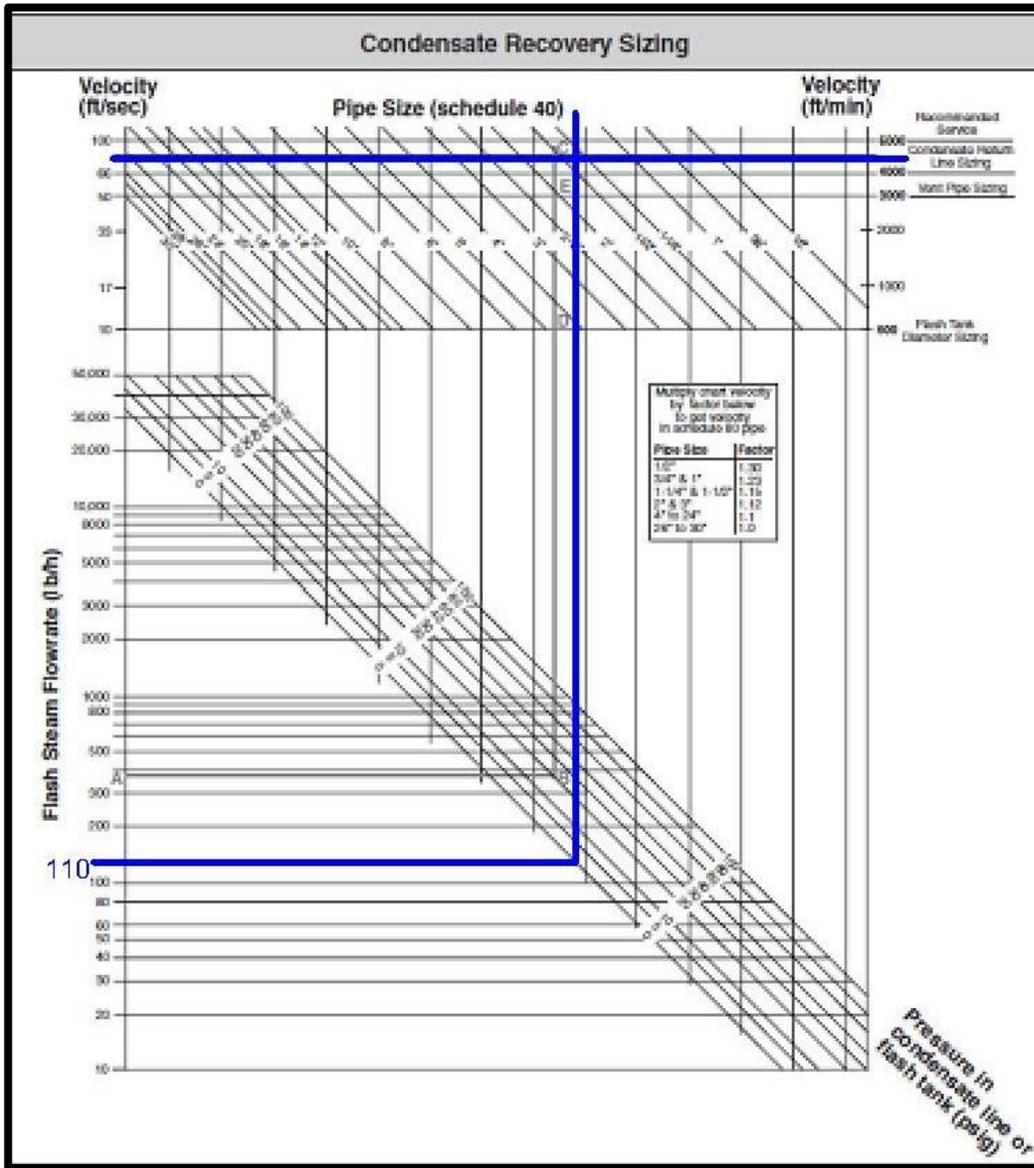
Tabla XIV. **Cantidad de vapor *flash***

Puntos de consumo de vapor	Presión de trabajo	Consumo en lb/h	Porcentaje vapor <i>flash</i>	Vapor <i>flash</i> en lb/h
Tanque cocinador	64 psi	105,81	11	11,64
Marmita de mermelada	40 psi	72,18	8	5,77
Marmita de jarabes	30 psi	174,79	7	11,36
Cobertura de dalmata	40 psi	103,20	8	8,26
Depósito para calentar agua	40 psi	20,24	8	1,62
Cobertura de gansito	65 psi	103,60	11	11,40
Cámara de vapor pan 1	30-40 psi	300,00	8	24,00
Cámara de vapor pan 9600	65 psi	300,00	11	33,00
Consumo de vapor del EasiHeat	65 psi	1 179,82	8	94,39

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta que la nueva tubería manejará los condensados de los equipos descritos en la tabla anterior, excepto el EasiHeat, la carga total de vapor flash que conducirá la nueva tubería calculada es de 107,2 lb/h. Además, en este caso el tanque de retorno de condensados no se encuentra presurizado, por lo cual se considera la presión atmosférica como presión de la línea de retorno de condensados, y la velocidad de retorno se considera entre 4 000 – 6 000 pies/min (20 – 30 m/seg) según recomendación de Spirax Sarco.

Figura 27. Cálculo de diámetro de tubería por método gráfico



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

A 5 000 pies/min se tiene un diámetro de 1,5" considerando un factor de seguridad de 1,15 que posee la gráfica se tiene un diámetro de 1,75" aproximándolo a un diámetro comercial se llega nuevamente a 2".

3.3.3. Dimensionamiento del tanque de alimentación y retorno de condensados

El tanque de alimentación proporciona una reserva de agua para cubrir la interrupción del suministro de agua de reposición. Una práctica muy tradicional es tener un tanque de alimentación con capacidad suficiente para permitir una hora de producción de vapor a la máxima evaporación de la caldera.

También debe tener la capacidad suficiente por encima de su nivel normal de trabajo para dar cabida a cualquier sobretensiones en la tasa de retorno de condensado. Esta capacidad se conoce como espacio vacío razón por la cual el nivel de agua de alimentación representa un 75 % de la capacidad total que debe tener el tanque, el 25 % restante es el espacio vacío. Una alta tasa de retorno de condensado puede producirse en el arranque cuando condensado situada en la planta y de las tuberías de repente se devuelve al tanque, donde se puede perder a drenar a través del rebosadero. Si esto ocurre, se revisa el sistema de retorno de condensado, para controlar la tasa de retorno y evitar el desperdicio.

Conociendo que un 1 litro de agua tiene una masa de 1 kg, entonces se procede a verificar el volumen de agua que consume la caldera a la máxima producción de vapor. Además teóricamente 1 BHP es la evaporación, en términos de vapor saturado seco de 15,65 kg/h de agua a una temperatura de 212 °F (100 °C).

$$125 \text{ BHP} * \frac{15,65 \text{ Kg/h}}{1 \text{ BHP}} = 1\,956,25 \text{ kg/h de consumo de agua}$$

$$\frac{1\,956,25 \text{ Kg}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ lt de agua}}{1 \text{ Kg}} = 1\,956,25 \text{ lt de consumo de agua}$$

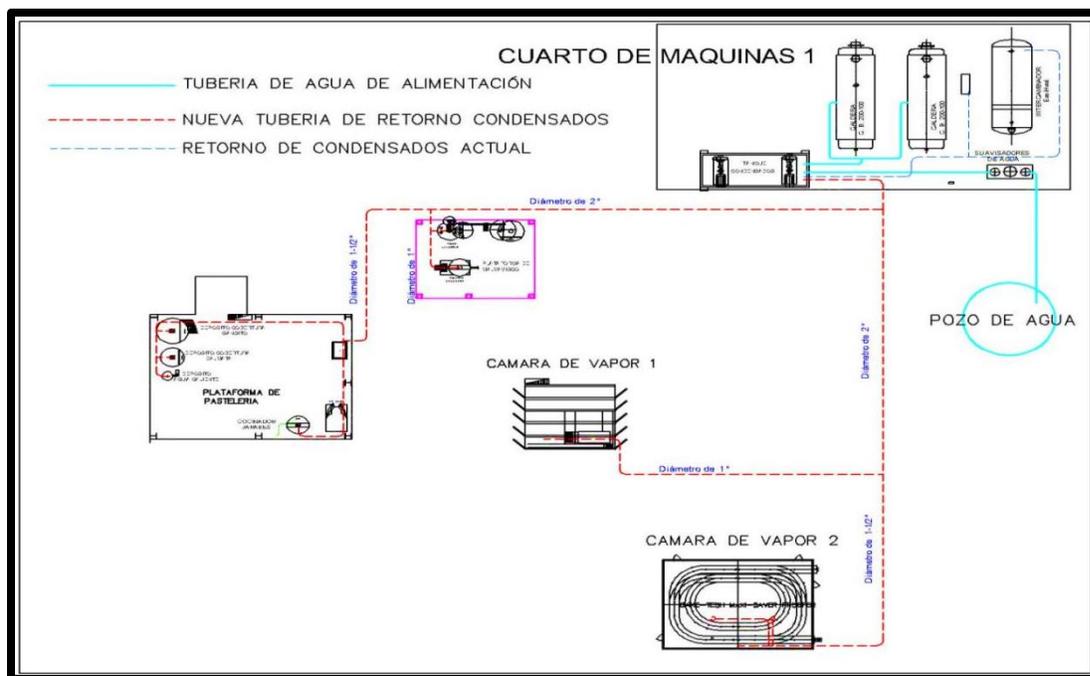
$$\frac{1\,956,25}{0,75} = 2\,600 \text{ lt de agua de volumen total}$$

Si el valor de 1 956,25 lt responde al 75 % de la capacidad del tanque, el volumen total del tanque será de 2 600 litros. Es decir, que para que la caldera de 125 BHP pueda generar vapor durante una hora necesita disponer de aproximadamente 1,95 m³ de agua.

3.4. Propuesta de diagrama de red de retorno de condensados

La nueva red de retorno de condensados, acorde a las consideraciones analizadas, se plantea como se observa en la siguiente figura:

Figura 28. Diagrama propuesto de la red de retorno de condensado



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

Para que se pueda implementar el estudio realizado se debe considerar el cambio de todas las trampas de vapor, debido que actualmente no son las adecuadas para el tipo de proceso que se realiza. Se busca que con el cambio de dichas trampas y la recuperación de condensado de las cámaras de vapor, por medio de las bombas de recuperación accionadas por presión motriz de vapor, aumenten la eficiencia de la caldera, disminuyendo los costos de operación y químicos utilizados para el tratamiento de agua, incidiendo directamente en el costo de producción de vapor. Para llevar a cabo dicho proyecto se plantea el listado de materiales descritos en las siguientes tablas.

Tabla XV. **Trampeo de cámara de vapor 2**

Cantidad	Equipos para la motivación de vapor, venteo y trampeo
2	Válvulas tipo bola modelo M10 marca spirax sarco diámetro de ½", cuerpo de acero inoxidable
2	Filtros tipo Y marca spence, diámetro de ½", cuerpo de hierro fundido, internos de acero inoxidable, mesh #20
1	Válvula reductora de presión para vapor modelo BRV 2 marca Spirax sarco con las siguientes características: ½" npt, cuerpo de hierro fundido, rango de presión 50 – 125, incluye manómetros rango 0 – 200 y 0 – 100.
2	Trampas termodinámicas TDC52 marca Spirax sarco de ½" cuerpo de bronce presión máxima de 200 psi
4	Válvulas tipo cheque modelo LCV1 marca Spirax sarco de las siguientes características: diámetro de ½", cuerpo de bronce, presión máxima de 200 psi

Continuación de la tabla XV.

2	Válvulas de venteo VS-204 marca Spirax sarco con las siguientes características: diámetro ½" npt, cuerpo de hierro fundido
4	Válvulas tipo bola modelo M10 marca spirax sarco diámetro de ¾" npt, cuerpo de acero inoxidable
2	Filtro Y marca spence, diámetro de ¾", cuerpo de acero fundido, interno de acero inoxidable, mesh #20
2	Trampas bomba para vapor condensando modelo APT10-4.5: entrada de ¾", salida de ¾", motivación de vapor de ½", cuerpo de hierro dúctil con internos de acero inoxidable.
2	Válvulas tipo cheque modelo LCV1 marca Spirax sarco, diámetro de ¾", cuerpo de bronce, presión máxima de 200 psi

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Trampeo de marmitas y cámara de vapor 1**

Cantidad	Equipo de trampeo para 6 marmitas y cámara de vapor 1
24	Válvulas tipo bola modelo M10 marca spirax sarco diámetro de ¾" npt, cuerpo de acero inoxidable
8	Filtro Y marca spence, diámetro de ¾", cuerpo de hierro fundido, interno de acero inoxidable, mesh #20
8	Trampa de flote y termostática modelo FT14 – 4,5 marca Spirax sarco de diámetro de ¾", cuerpo de hierro dúctil, presión máxima de operación de 65 psi
8	Válvulas tipo cheque modelo LCV1 marca Spirax sarco, diámetro de ¾", cuerpo de bronce, presión máxima de 200 psi

Continuación de la tabla XVI.

6	Rompe vacíos VB14, cuerpo de latón, interno de acero inoxidable, de 1/2" * 1/8" npt
6	Válvulas de seguridad marca Spirax sarco, diámetro de entrada 1/2" npt, diámetro de salida 3/4" npt, cuerpo de bronce, seteada a 70 psi
6	Válvulas de venteo VS-204 marca Spirax sarco con las siguientes características: diámetro 1/2" npt, cuerpo de acero inoxidable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Reguladores de presión en plataformas**

Cantidad	Regulador de presión plataforma de pastelería de 300 Lb y regulador de presión 200 Lb plataforma de malvavisco
3	Válvulas de interrupción tipo fuele serie BSA1 marca spirax sarco con las siguientes características: válvula de apertura y cierre lento para evitar golpe de ariete. Diámetro 3/4" npt. Cuerpo de hierro fundido. Internos de acero inoxidable. Presión máxima 200 psi. Temperatura máxima 200 °C
1	Válvula reguladora de presión modelo 25P marca Spirax sarco con las siguientes características: diámetro de 1/2" npt, (P1= 125, P2= 60 – 697 lb/h) cuerpo de hierro fundido; internos de acero inoxidable.
1	Filtro tipo Y marca Spence con las siguientes características: Diámetro de 3/4" cuerpo de hierro fundido, internos de acero inoxidable. Mesh #20

Continuación de la tabla XVII.

3	Válvulas de interrupción tipo fuelle serie BSA1 marca spirax sarco con las siguientes características: válvula de apertura y cierre lento para evitar golpe de ariete. Diámetro 1/2" npt. Cuerpo de hierro fundido. Internos de acero inoxidable. Presión máxima 200 psi. Temperatura máxima 200 °C
1	Filtro tipo Y marca Spence con las siguientes características: Diámetro de 1/2" cuerpo de hierro fundido, internos de acero inoxidable. Mesh #20
1	Válvula reguladora de presión modelo 25 P (S) marca Spirax sarco con las siguientes características: diámetro de 1/2" npt, (P1= 125, P2= 60 – 345 lb/h) cuerpo de hierro fundido; internos de acero inoxidable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Tubería necesaria para el proyecto**

Cantidad	Descripción
1	Nipe de 5" de longitud, de diámetro 1/2" cédula 40
1	Codo a 30° de 1/2" con rosca
1	Codo a 60° de 1/2" con rosca
1	Tapón roscado de 2" con rosca
2	Niples de 3 1/2" de longitud y de diámetro de 1 1/4" cédula 40
2	Niples de 2 1/2" de longitud y de diámetro de 1 1/4" cédula 40
2	Campanas reductoras de 1 1/4" a 3/4" con rosca
2	Codos a 90 ° de diámetro 1 1/4" con rosca
2	Campanas reductoras de 1" a 3/4" roscadas

Continuación de la tabla XVIII.

2	Yee de diámetro 3/4" roscada
2	Niples de 4 1/2" de longitud, de diámetro 1/2" cédula 40
2	Reductores de 3/4" a 1/2" con rosca
2	Reductores de 2" a 1 1/2" con rosca
2	Reductores de 2" a 1" con rosca
2	Tapones de 1 1/2" roscados
2	Reductores de 1" a 3/4" con rosca
3	Niples de 4" de longitud, de diámetro 1/2" cédula 40
3	Niples de 3 1/2" de longitud, de diámetro 1/2" cédula 40
3	Tee de 1/2" con rosca
3	Tee de 1" con rosca
4	Tee de 2" con rosca
4	Codos a 90° de 2" roscado
5	Niples de 5 1/2" de longitud, de diámetro 1/2" cédula 40
5	Reductores de 1 1/2" a 3/4" con rosca
6	Tee de 1 1/2" Roscado
7	Codos a 90° de 1 1/2" roscados
7	Codos a 90° de 1" con rosca
8	Uniones universales de 1/2"
9	Codos a 90° de 1/2" con rosca
10	Niples de 2 1/2" de longitud, de diámetro 1/2" cédula 40
12	Tee de 3/4" con rosca
12	Uniones universales de 3/4"
16	Niples de 4 1/2" de longitud y de diámetro de 3/4" cédula 40
16	Uniones universales de 3/4"
19	Niples de 3 1/2" de longitud y de diámetro de 3/4" cédula 40

Continuación de la tabla XVIII.

58	Codos a 90° con rosca de diámetro 3/4"
25	Niples de 5 1/2" de longitud, de diámetro de 3/4" cédula 40
25	Metros de tubería de diámetro de 3/4" cédula 40 sin costura
45	Metros de tubería de 1" cédula 40 sin costura
72	Niples de 2 1/2" de longitud y 3/4" de diámetro en cédula 40
77,28	Metros de tubería de 1 1/2" cédula 40 sin costura
104	Metros de tubería de 2" cédula 40 sin costura

Fuente: elaboración propia.

3.5. Ahorros generados

Básicamente el fin del proyecto se da a conocer que se puede mejorar la eficiencia en la producción de vapor, y que actualmente se tienen costos altos en la producción de la misma. Para esto es necesario enfocarse en 3 puntos críticos tales como: consumo de agua de la caldera, consumo de combustible de la misma y el costo del tratamiento químico del agua de alimentación.

- Consumo de agua: por medio de la bitácora del medidor de agua instalado antes del suavizador de agua en el cuarto de máquinas 1, se observa que el consumo promedio es de 13,56 m³ de agua por día de operación, se realizó un monitoreo del consumo durante 15 días como se observa en la siguiente tabla.

Tabla XIX. **Bitácora de consumo de agua de la caldera**

Día núm.	Hora de toma de dato	Fecha	Dato de medidor de agua mt³	mt³/día
1	8:27	24/06/2014	80,50	14,70
2	8:56	25/06/2014	95,20	14,90
3	8:47	26/06/2014	110,10	14,70
4	8:52	27/06/2014	124,80	14,00
5	8:50	28/06/2014	138,80	13,10
6	8:50	29/06/2014	151,90	12,30
7	8:45	30/06/2014	164,20	13,40
8	8:30	01/07/2014	177,60	13,70
9	8:20	02/07/2014	191,30	13,90
10	8:16	03/07/2014	205,20	10,80
11	8:17	04/07/2014	216,00	13,35
12	8:16	07/07/2014	242,70	13,80
13	8:17	08/07/2014	256,50	11,60
14	8:17	09/07/2014	268,10	15,00
15	8:40	10/07/2014	283,10	14,10
16	8:46	11/07/2014	297,20	
Promedio de consumo de agua				13,56

Fuente: elaboración propia.

El costo del metro cúbico de agua es de Q 5,60 sin IVA, y Q 6,27 incluyendo el impuesto, por lo que el costo diario por concepto de agua es de Q 85,02 por día de operación de la caldera.

- Consumo de combustible: para la determinación del combustible que se utiliza para la producción de vapor se utiliza el dato de la placa técnica de la caldera para cuantificar la cantidad de gas LP que se utiliza y el costo que este tiene.

Tabla XX. **Cálculo de costo de gas LP**

Consumo diario de agua	13,56	m ³
Masa de agua	2 204,60	Lb/m ³
Producción de vapor	29 894,38	Lb/día
Producción teórica de la caldera	4 303,00	Lb/h
Producción real de caldera a 81 % de eficiencia	3 485,43	Lb/h
Equivalente de trabajo de la caldera	8,58	h
Poder calorífico del combustible según ficha técnica del Gas LP	92 817,00	BTU/gal
Energía necesaria para producir una lb de vapor a 65 PSI	1 183,50	BTU/lb
Energía consumida durante por día	35,379 994,00	BTU/día
Combustible utilizado por día	381,18	Gal/día
Combustible aprovechado con una eficiencia de combustión del 81 %	44,44	Gal/h
Combustible real de operación	54,87	Gal/h
Costo de Gas LP	18,00	Q/gal
Costo de combustible para caldera	987,61	Q/hora
Gasto de Gas LP diario	8 470,67	Q/día

Fuente: elaboración propia.

El gasto de combustible de la caldera asciende a Q 8 470,67 por día de operación tomando en cuenta la eficiencia de la caldera y la eficiencia de combustión.

- Costo de químicos para tratamiento de agua: el costo de químicos para 7 días de operación de la caldera es de Q 6 584,00, teniendo un gasto de tratamiento químico diario de Q 940,57.
- Costo de motor de ventilador: este costo se tomará en cuenta al sacar el costo de operación del ventilador de 5 HP utilizando el precio de kilowatt hora de la factura eléctrica.

$$\text{Costo} = 5 \text{ Hp} * \frac{0,745 \text{ Kw}}{1\text{Hp}} * \frac{1,98 \text{ Q}}{\text{Kwh}} * \frac{18 \text{ h}}{\text{día}} = 120,69 \text{ Q/día}$$

- Costo de bomba de alimentación: es el costo de operación de la bomba tomando en cuenta el caudal de bombeo para estimar el tiempo de funcionamiento y la potencia eléctrica del motor que posee.

$$\text{Costo} = 5 \text{ Hp} * \frac{0,745 \text{ Kw}}{1\text{Hp}} * \frac{1,98 \text{ Q}}{\text{Kwh}} * \frac{5\text{h}}{\text{día}} = 36,87 \text{ Q/día}$$

Tabla XXI. **Costos actuales de operación de caldera**

Descripción	Precio Q/día
Costo de agua	85,02
Costo de Gas LP	8 470,67
Costo de tratamiento de agua	940,57
Costo de ventilador de caldera	120,69

Continuación de la tabla XXI.

Costo de operación de bomba	36,87
Total operación	9 653,82

Fuente: elaboración propia.

Teóricamente se sabe que por 6 °C de temperatura, que se aumenta al agua de alimentación de la caldera se reduce un 1 % del consumo de combustible. En este caso se pretende elevar la temperatura desde 10 °C, además de recuperar el 85 % de los condensados garantizando un 85 % menos de consumo de agua. El objetivo es reducir el tratamiento de químicos en un 40 % con la recuperación de los condensados. Cumpliendo estas condiciones los costos de producción de vapor quedarían de la siguiente manera:

Tabla XXII. **Costos de producción de vapor proyectado**

Descripción	Precio Q/día
Costo de agua por día	25,51
Costo de Gas LP	7 765,06
Costo de tratamiento de agua	658,40
Costo de ventilador de caldera	120,69
Costo de operación de bomba	36,87
Total operación	8 606,53

Fuente: elaboración propia.

Con esto se puede estimar un ahorro Q 1 047,29 en la operación diaria de la caldera, considerando que dicho equipo opera aproximadamente 315 días al

año, se tiene un ahorro global anual de Q 328 896,35, considerando una tasa de cambio de 7,85Q/\$, el ahorro es de \$ 42 025,00.

3.6. Retorno de la inversión

- Costo de adquisición de equipos: en esta sección se desglosarán los costos en los que se incurrirían para adquirir todo el equipo propuesto.

Tabla XXIII. Costo de trampeo de cámara de vapor 2

Cantidad	Cámara de vapor 2	Precio unitario \$	Precio total en \$
2	Válvula tipo bola 1/2" cuerpo de acero inoxidable	78,00	156,00
2	Filtro tipo Y de 1/2" cuerpo de hierro fundido, interno de acero inoxidable	31,00	62,00
1	Válvula reductora de presión para vapor de 1/2" npt. Cuerpo de hierro fundido, rango de presión 50 – 125	506,00	506,00
2	Trampas termodinámicas T de 1/2" cuerpo de bronce presión máxima de 200 psi	147,00	294,00
4	Válvulas tipo cheque de 1/2" cuerpo de bronce, presión máxima 200 psi	79,00	316,00
2	Válvula de venteo de 1/2" cuerpo de hierro fundido.	192,00	384,00

Continuación de la tabla XXIII.

4	Válvulas tipo bola de 3/4" npt, cuerpo de acero inoxidable.	94,00	376,00
2	Filtro Y de 3/4" Cuerpo de hierro fundido, interno de acero inoxidable, mesh #20	33,00	66,00
2	Trampas bomba para condensado recuperación de condensado	2 320,00	4 640,00
2	Válvulas tipo cheque de 3/4" cuerpo de bronce, presión máxima de 200 psi	99,00	198,00
		Subtotal	6 998,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Costo de trampeo para marmitas y cámara de vapor 1**

Cantidad	Equipo de Trampeo para 6 marmita y cámara de vapor 1	Precio unitario \$	Precio total en \$
24	Válvulas tipo bola de 3/4" npt, cuerpo de acero inoxidable.	94,00	2 256,00
8	Filtro Y de 3/4" Cuerpo de hierro fundido, interno de acero inoxidable, mesh #20	33,00	264,00
8	Trampa de flote y termostática de 3/4", presión máxima de operación de 65 Psi	436,00	3 488,00

Continuación de la tabla XXIV.

8	Válvulas tipo cheque de 3/4" cuerpo de bronce, presión máxima 200 psi	99,00	792,00
6	Rompe vacíos cuerpo de latón, interno de acero inoxidable, de 1/2 " * 1/8" NPT	100,00	600,00
6	Válvulas de seguridad, cuerpo de bronce. Seteada a 70 psi	200,00	1 200,00
6	Válvula para venteo de 1/2", cuerpo de hierro fundido.	192,00	1 152,00
		Subtotal	9 752,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Costo de instalación de reguladores de presión en plataformas**

Cantidad	Reguladores de presión de vapor en plataformas de pastelería y malvavisco	Precio unitario \$	Precio total \$
3	Válvulas de interrupción tipo fuelle, válvula de apertura y cierre lento para evitar golpe de ariete. Diámetro 3/4" npt. Presión máxima 200 psi	220,00	660,00
1	Válvula reguladora de presión, diámetro de 1/2" npt, (P1= 125, P2= 60 – 697 lb/h) cuerpo de hierro fundido; internos de acero inoxidable	945,00	945,00

Continuación de la tabla XXV.

1	Filtro tipo Y de 3/4" cuerpo de hierro fundido, internos de acero inoxidable.	33,00	33,00
3	Válvulas de interrupción tipo fuelle, válvula de apertura y cierre lento para evitar golpe de ariete. Diámetro 1/2" npt. Presión máxima 200 psi	220,00	660,00
1	Filtro tipo Y de 1/2" cuerpo de hierro fundido, internos de acero inoxidable	33,00	33,00
1	Válvula reguladora de presión, diámetro de 1/2" npt, (P1= 125, P2=60 -345 lb/hr) cuerpo de hierro fundido; internos de acero inoxidable.	945,00	945,00
		Subtotal	3 276,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Costo de tubería**

Cantidad	Descripción	Precio unitario Q	Precio total Q
1	Niple de 5" de longitud, de diámetro 1/2"	12,50	12,50
1	Codo a 30° de 1/2" con rosca	6,25	6,25
1	Codo a 60° de 1/2" con rosca	6,25	6,25
1	Tapón roscado de 2" con rosca	16,00	16,00
2	Niples de 3 1/2" de longitud y de diámetro de 1 1/4"	17,50	35,00

Continuación de la tabla XXVI.

2	Niples de 2 1/2" de longitud y de diámetro de 1 1/4"	16,50	33,00
2	Campanas reductoras de 1 1/4" a 3/4" con rosca	18,35	36,70
2	Codos a 90° de diámetro 1 1/4" con rosca	19,15	38,30
2	Campanas reductoras de 1" a 3/4" Roscadas	11,65	23,30
2	Yee de diámetro 3/4" roscada	35,00	70,00
2	Niples de 4 1/2" de longitud, de diámetro 1/2"	12,15	24,30
2	Reductores de 3/4" a 1/2" con rosca	6,60	13,20
2	Reductores de 2" a 1 1/2" con rosca	23,00	46,00
2	Reductores de 2" a 1" con rosca	21,00	42,00
2	Tapones de 1 1/2" roscados	10,25	20,50
2	Reductores de 1" a 3/4" con rosca	7,50	15,00
3	Niples de 4" de longitud, de diámetro 1/2"	11,45	34,35
3	Niples de 3 1/2" de longitud, de diámetro 1/2"	11,30	33,90
3	Tee de 1/2" con rosca	3,65	10,95
3	Tee de 1" con rosca	31,00	93,00
4	Tee de 2" con rosca	58,00	232,00
4	Codos a 90° de 2" roscado	37,40	149,60
5	Niples de 5 1/2" de longitud, de diámetro 1/2"	13,00	65,00

Continuación de la tabla XXVI.

5	Reducidores de 1 1/2" a 3/4" con rosca	20,00	100,00
6	Tee de 1 1/2" Roscado	32,00	192,00
7	Codos a 90° de 1 1/2" roscados	25,00	175,00
7	Codos a 90° de 1" con rosca	17,00	119,00
8	Uniones universales de 1/2"	25,60	204,80
9	Codos a 90° de 1/2" con rosca	5,25	47,25
10	Niples de 2 1/2" de longitud, de diámetro 1/2"	10,75	107,50
12	Tee de 3/4" con rosca	9,65	115,80
28	Uniones universales de 3/4"	32,60	912,80
16	Niples de 4 1/2" de longitud y de diámetro de 3/4"	13,00	208,00
19	Niples de 3 1/2" de longitud y de diámetro de 3/4"	12,00	228,00
58	Codos a 90° con rosca de diámetro 3/4"	7,40	429,20
25	Niples de 5 1/2" de longitud, de diámetro de 3/4"	14,00	350,00
24	Metros de tubería de 1/2" cédula 40 sin costura	25,00	600,00
25	Metros de tubería de diámetro de 3/4" sin costura	22,00	550,00
48	Metros de tubería de 1" cédula 40 sin costura	30,00	1 440,00
72	Niples de 2 1/2" de longitud y 3/4" de diámetro	11,00	79,00

Continuación de la tabla XXVI.

78	Metros de tubería de 1 1/2" cédula 40 sin costura	45,00	3 510,00
108	Metros de tubería de 2" cédula 40 sin costura	60,00	6 480,00
		Subtotal	17 618,45

Fuente: elaboración propia.

El costo de tubería que se utilizaría para la implementación del proyecto es de Q 17 618,45, considerando una tasa de cambio de 7,85 Q/\$, el costo de tubería es de \$ 2 245,00.

Tabla XXVII. **Costos de aislamiento de tubería**

Cantidad	Descripción	Precio unitario Q	Precio total Q
283	m de aislamiento tubería lamina de aluminio	110,00	31 130,00
27	Cañuelas de fibra de vidrio de 1/2 x 1 "	115,00	3 105,00
27	Cañuelas de fibra de vidrio de 3/4 x 1"	125,00	3 375,00
53	Cañuelas de fibra de vidrio de 1 x 1"	135,00	7 155,00
87	Cañuelas de fibra de vidrio de 1 1/2 x 1"	145,00	12 615,00
120	Cañuelas de fibra de vidrio de 2 x 1"	155,00	18 600,00
3	Tee de 1" con rosca	110,00	330,00
4	Tee de 2" con rosca	110,00	440,00
4	Codos a 90° de 2" roscado	110,00	440,00

Continuación de la tabla XXVII.

6	Tee de 1 1/2" roscado	110,00	660,00
7	Codos a 90° de 1 1/2" roscados	110,00	770,00
7	Codos a 90° de 1" con rosca	110,00	770,00
60	Materiales consumibles: brocas, remaches	25,00	1 500,00
		Subtotal	80 890,00

Fuente: elaboración propia.

El costo de aislamiento de la nueva red de retorno de condensados se estima en Q 80 890,00, considerando una tasa de cambio de 7,85 Q/\$, el costo de aislamiento ascendería a \$ 10 304,56.

Tabla XXVIII. **Resumen de costos identificados**

Costos identificados	Precio \$
Costo de trampeo de cámara de vapor 2	6 998,00
Costo de trampeo para marmitas y cámara de vapor 1	9 752,00
Costo de instalación de reg. de presión en plataformas	3 276,00
Costo de tubería	2 244,39
Costos de aislamiento de tubería	10 304,46
Costo de instalación de equipos	3 000,00
Imprevistos	5 000,00
Costo total del proyecto	40 574,85

Fuente: elaboración propia.

El costo total para la implementación de la nueva red de retorno de condensados es de \$ 40 574,85.

Luego de realizar los cálculos necesarios para hacer el análisis del retorno de la inversión se tiene:

- Tasa de retorno de la inversión: es una razón financiera que compara el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada. Para ello es necesario el uso de la siguiente fórmula:

$$ROI = \frac{\text{ahorro}}{\text{inversión}} * 100$$

$$ROI = \frac{\$ 42\,025,10}{\$40\,574,85} * 100 = 103,57 \%$$

El proyecto arroja una tasa de retorno de 103,57 %, lo que da a entender que la inversión se recupera en su totalidad durante el primer año, teniendo un excedente neto de 3,57 % del ahorro generado.

- Tiempo de retorno de la inversión: es el tiempo estimado en el que el proyecto empezará a generar ingresos netos, luego de recuperar la inversión. Para ello se tiene:

$$TRI = \frac{\text{inversión}}{\text{ahorro}} = \frac{\$40\,574,85}{\$42\,025,10} = 0,965$$

Tomado en cuenta que la caldera opera 315 días, el tiempo es:

$$TRI = 315 * 0,965 \cong 304 \text{ días}$$

Por lo tanto la inversión se recupera en los primeros 304 días, considerando el flujo de ahorro generado por el proyecto.

4. FASE DOCENCIA

En esta etapa se llevará a cabo actividades como la capacitación del personal acerca de los temas que involucran el proyecto propuesto.

4.1. Importancia de la eficiencia energética

La eficiencia energética es importante y fundamental para conseguir un mundo sostenible, la razón es que fabricar y distribuir la energía resulta costoso además de que tiene un fuerte impacto sobre el medio ambiente.

Los esfuerzos que realiza la industria por disminuir la factura de energía eléctrica tiene como principales retos la sustitución de equipos ineficientes que ha sobrepasado su vida útil, la capacitación del personal y el mantenimiento preventivo de sus equipos, entre otras actividades.

La eficiencia energética implica utilizar menos energía para proveer el mismo servicio. Además ha probado ser una estrategia de costo - beneficio para desarrollar economías, sin incrementar el consumo de la energía. Hoy en día muchas empresas se rehúsan a implementar sistemas que hagan eficiente la energía a pesar de los favorables retornos de inversión que se pueden alcanzar.

Es una herramienta necesaria para mantener un equilibrio entre el crecimiento socioeconómico y la sostenibilidad de los recursos naturales, además implica un ahorro económico importante para las empresas. Esto hace que se cuiden los recursos de los que se disponen y evita el uso inadecuado de cada uno de ellos. Además que el fin es producir más con la menor cantidad de recursos ya que esto generará una mejor rentabilidad en la producción.

4.2. Importancia de tener registro del consumo de agua y gas L.P. en cuarto de máquinas

El agua es un recurso vital por lo que debe llevarse un control del consumo ya que es fundamental para la sociedad. Día con día toma más relevancia a nivel mundial es uno de los recursos más importantes a nivel industrial, social y económico. El 2014 se considera esencial para la producción de alimento y para la generación de energía.

En Bimbo de Centroamérica S. A. se le presta una gran importancia a este recurso ya que como institución tiene un compromiso con el ambiente, es una empresa sustentable, razón por la cual se trata de aprovechar la mayor cantidad de agua consumida, hacer un uso eficiente de la misma para la producción de vapor. Se busca reutilizar la mayor cantidad de agua posible, esto se logrará únicamente implementando un sistema de retorno de condensados que sea eficiente en su funcionamiento además de aumentar la eficiencia de las calderas; al recuperar los condensados evitaremos desperdiciar 70 % del consumo diario de agua de la caldera que equivalen a reutilizar 9,5 m³ de agua al día para la generación de vapor.

El consumo de gas LP es otro factor muy importante, ya que por el costo que actualmente tiene en el mercado es elevado, razón por la cual se busca aumentar la eficiencia energética de las calderas. Una manera de monitorear que la caldera se encuentre trabajando en condiciones óptimas es realizar análisis de combustión de manera periódica, esto es con el fin de verificar la eficiencia de la caldera y detectar algún problema con la combustión. En Bimbo de Centroamérica S. A. el área de metrología es la encargada de monitorear la eficiencia de las calderas así como de todos los hornos que utilicen dicho combustible.

4.3. Importancia de implementación de la propuesta

El rediseño de la red de retorno de condensados tiene una proyección enfocada en la eficiencia energética ya que con su implementación se minimizan las puestas en marcha o arranque de los equipos, mostrando un ahorro significativo en combustible utilizado para operar las calderas, disminución de consumo de agua por reutilización de la misma, y bajo costo de tratamiento químico del agua para la generación de vapor.

Mejorar la calidad del vapor que se produce es ahorrar en costos de operación y de la misma manera impactan en la disminución de los costos de mantenimiento de los equipos, ya que retornar los condensados de vapor mejoran la calidad del agua de alimentación aumentando la temperatura, dureza del agua y evitando que exista una cantidad alta de sólidos suspendidos. Mejorar las condiciones del agua de alimentación da la certeza que se evitará la incrustación en los generadores de vapor.

Con la implementación del proyecto de retorno de los condensados se evitan efectos negativos que son producidos por la mala calidad del vapor, esto hace que se afecten directamente los procesos de producción tales como:

- Reducción en la transferencia de calor
- Bloqueo de tuberías producido por suciedad en el agua de alimentación
- Corrosión provocada por un vapor muy húmedo y gases no condensables
- Aumento de mantenimiento en los equipos
- Contaminación del producto en el caso que exista un arrastre en el vapor

4.4. Mantenimiento de la red de retorno de condensado

Para que la red de retorno de condensado se mantenga en óptimas condiciones es necesario realizar manteamientos preventivos que garanticen el funcionamiento óptimo de la red.

4.4.1. Inspecciones y rutinas

Se deben utilizar manuales de operación, mantenimiento y generalidades con la finalidad de saber cómo desarrollar el plan de inspecciones y especificar las partes que pueden dañarse. Estas pasarán a ser partes críticas de control y mantenimiento, y las que con mayor frecuencia dejan de funcionar, se debe establecer la frecuencia con que se han de inspeccionar.

Durante el programa de mantenimiento deben contemplarse dos tipos de inspecciones:

- **Visitas:** son revisiones rutinarias realizadas periódicamente en las máquinas e instalaciones para comprobar su estado, detectar posibles averías o darle seguimiento a las anomalías ya presentadas, para atacarlas antes de que estas se generen; teniendo como objetivo verificar que el funcionamiento de la red continúe siendo normal.
- **Inspecciones:** son intervenciones sobre las máquinas e instalaciones para detectar o confirmar las anomalías localizadas en las visitas; reparándolas con el fin de dejar las máquinas e instalaciones en óptimas condiciones de funcionamiento, para que evite la aparición de averías. Las inspecciones deben hacerse con menor frecuencia que las visitas.

Figura 29. Inspección de la trampa bomba

INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
EQUIPO: <u>TRAMPA BOMBA DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADO</u>			
LÍNEA : <u>CUARTO MÁQUINAS</u>		SEMANA : _____	
REALIZÓ : _____			
Núm.	PARTES A REVISAR	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	TUBERÍAS	REVISAR ESTADO DE FORRO DE ALUMINIO	
2		REVISAR ESTADO FÍSICO DE AISLAMIENTO	
3		REVISAR QUE NO EXISTA FUGAS DE VAPOR	
4		REVISAR QUE NO EXISTA FUGAS DE CONDENSADO	
5	TRAMPA BOMBA	CERRAR PASO DE VAPOR Y CODENSADOS	
6		INSPECCIÓN DE DAÑOS EN EL MECANISMO DE TRAMPEO	
7		INSPECCIONAR DAÑOS EN EL RESORTE DE ESCAPE	
8		REVISAR ESTADO FÍSICO DEL FLOTE QUE NO ESTE DAÑADO	
9		REVISAR QUE VALVULA DE RETENCIÓN ESTE LIBRE	
10		REVISAR QUE LOS ASIENTOS DE LA VALVULA DE RETENCION ESTEN LIMPIOS	
11		REVISAR EL ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA DE VAPOR INTERNA	
12		LIMPIAR INTERIOR DE TRAMPA BOMBA	
13		VERIFICAR ANCLAJE DE BASE DE TRAMPA BOMBA	
14			
		REPUESTOS :	
REVISIÓN:		MANTTO : _____ NOMBRE FIRMA	REALIZÓ : _____ NOMBRE FIRMA
		PRODUCCIÓN : _____ NOMBRE FIRMA	
		SANIDAD : _____ NOMBRE FIRMA	

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Inspección de la trampa de vapor flote y termostato

INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
EQUIPO: <u>TRAMPAS DE VAPOR FLOTE Y TERMOSTATO PLATAFORMA DE PASTELERIA</u>			
LÍNEA : <u>CUARTO MÁQUINAS</u> SEMANA : _____			
REALIZÓ : _____			
Núm.	PARTES A REVISAR	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	MARMITA DE GANSITO	REVISAR QUE ESTE INSTALADA	
2		REVIAR ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA	
		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE VAPOR	
3		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE CONDENSADO	
4		VERIFICACIÓN DE TEMPRATURAS ANTES Y	
5	MARMITA COBERTURA DE DALMATA	REVISAR QUE ESTE INSTALADA CORRECTAMENTE	
6		REVIAR ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA	
7		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE VAPOR	
8		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE CONDENSADO	
9		VERIFICACIÓN DE TEMPRATURAS ANTES Y	
10	CALENTADOR DE AGUA	REVISAR QUE ESTE INSTALADA CORRECTAMENTE	
11		REVIAR ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA	
12		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE VAPOR	
13		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE CONDENSADO	
14		VERIFICACIÓN DE TEMPRATURAS ANTES Y	
15	MARMITA DE JARABES	REVISAR QUE ESTE INSTALADA CORRECTAMENTE	
16		REVIAR ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA	
17		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE VAPOR	
18		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE CONDENSADO	
19		VERIFICACIÓN DE TEMPRATURAS ANTES Y	
		REPUESTOS :	
REVISIÓN: MANTTO : _____ REALIZÓ : _____ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> NOMBRE FIRMA NOMBRE FIRMA </div> PRODUCCIÓN : _____ <div style="display: flex; justify-content: center; width: 100%;"> NOMBRE FIRMA </div> SANIDAD : _____ <div style="display: flex; justify-content: center; width: 100%;"> NOMBRE FIRMA </div>			

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Inspección plataforma de malvavisco

INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
TRAMPAS DE VAPOR FLOTE Y TERMOSTÁTO PLATAFORMA DE MALVAVISCO Y CÁMARA DE VAPOR 1			
EQUIPO: _____			
LÍNEA : <u>CUARTO MÁQUINAS</u> SEMANA : _____			
REALIZÓ : _____			
Núm.	PARTES A REVISAR	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	TANQUE COCINADOR	REVISAR QUE ESTE INSTALADA CORRECTAMENTE	
2		REVIAR ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA	
		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE VAPOR	
3		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE CONDENSADO	
4		VERIFICACIÓN DE TEMPRATURAS ANTES Y DESPUES DE TRAMPA DE VAPOR	
5	MARMITA DE MERMELADA	REVISAR QUE ESTE INSTALADA CORRECTAMENTE	
6		REVIAR ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA	
7		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE VAPOR	
8		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE CONDENSADO	
9		VERIFICACIÓN DE TEMPRATURAS ANTES Y DESPUES DE TRAMPA DE VAPOR	
10	CÁMARA DE VAPOR 1	REVISAR QUE ESTE INSTALADA CORRECTAMENTE	
11		REVIAR ESTADO FÍSICO DE LA TRAMPA	
12		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE VAPOR	
13		VERIFICACIÓN DE FUGAS DE CONDENSADO	
14		VERIFICACIÓN DE TEMPRATURAS ANTES Y DESPUES DE TRAMPA DE VAPOR	
15			
16			
17			
18			
19			
		REPUESTOS :	
REVISIÓN: _____ MANTTO : _____ REALIZÓ : _____ NOMBRE FIRMA NOMBRE FIRMA			
PRODUCCIÓN : _____ NOMBRE FIRMA			
SANIDAD : _____ NOMBRE FIRMA			

Fuente: elaboración propia.

4.5. Buenas prácticas ambientales

Son medidas que las empresas pueden adoptar para reducir el impacto ambiental negativo, resultado de sus actividades productivas.

Estas medidas implican cambios en la organización, en el comportamiento y los hábitos del personal. Esto con el fin de disminuir los riesgos ambientales y ahorrar recursos. En la mayoría de los casos estos cambios suelen ser simples y de aplicación sencilla, mejorando la competitividad de la empresa. Para que estas prácticas tengan éxito, el personal debe estar implicado y ser quien lleve a cabo todas las actividades necesarias para implementar las buenas prácticas ambientales.

A continuación se presentan medidas que pueden ayudar a mejorar a mitigar la contaminación del medio ambiente:

- Limpiar en seco, sin agua, siempre que sea posible.
- Tener recipientes exclusivos para los diferentes tipos de residuos.
- No verter por el desagüe ningún producto o residuo peligroso.
- Desconectar la maquinaria cuando no se esté utilizando.
- Seleccionar la maquinaria por criterios de eficiencia energética.
- Aprovechar al máximo la luz natural.
- Reparar fugas o goteos en tuberías.
- Utilizar detergentes biodegradables.
- Reducir el consumo de energía y agua.

4.6. Capacitación del personal

Para que una capacitación hacia el personal sea efectiva, como primer paso se debe tener en cuenta como realizar la transmisión de conocimientos. Durante esta etapa se toman cinco pasos importantes necesarios para que la transmisión surta efecto y obtenga resultados positivos, tanto en el personal actual como en el personal contratado en un futuro.

4.6.1. Pasos para la transmisión de conocimientos

La capacitación propiamente como tal se compone de:

- Explicar y demostrar la forma correcta de realizar la tarea
- Ayudar al personal a desempeñarse primero bajo supervisión
- Permitir al personal que se desempeñe solo
- Evaluar el desempeño laboral
- Capacitar a los trabajadores según los resultados de la evaluación

Es probable que se tengan que repetir estos pasos varias veces antes que un trabajador capte correctamente lo que debe hacer. Después de que el trabajador ha asimilado el material, puede afianzar sus conocimientos capacitando a otra persona con la validez que la información transmitida es correcta, lo cual ayudará en su desempeño laboral.

Durante la capacitación del personal se debe de tomar en cuenta:

- Evaluar constantemente el nivel de comprensión
- Adecuar el nivel de capacitación a los participantes
- Presentar un número limitado de conceptos a la vez

- Separar las tareas de aprendizaje en varios conceptos simples
- Involucrar a todos los trabajadores para que participe activamente
- Usar material visual
- Estimular a los participantes para que haga preguntas sobre el tema

Cuando se tienen circunstancias relacionadas con el aprendizaje, los trabajadores se sentirán mejor si el supervisor o entrenador es amable y muestra paciencia. Los elogios honestos y merecidos también ayudan.

CONCLUSIONES

1. El dimensionar adecuadamente el diámetro de la tubería de la nueva red de retorno de condensado, ayuda a que esta no esté subdimensionada por lo que, el diámetro ideal para la nueva red de retorno está comprendido entre 1" y 2", dependiendo del tramo de tubería que se esté trabajando. Además se toma en cuenta que todos los equipos que demandan vapor están en operación y que la planta podría tener ampliaciones futuras.
2. La nueva red de retorno de condensado es capaz de cumplir su función y hacer eficiente la operación de la caldera con el fin de que los costos de operación disminuyan, pero a la vez se logre generar vapor con mayor rapidez que cumpla con la demandada en las líneas de producción.
3. Los costos anuales debido al rediseño de la red de retorno de condensado se verán reducidos anualmente en \$ 42 025,10, haciendo que la inversión inicial de \$ 40 574,85 sea recuperada en su totalidad durante los primeros 304 días de operación del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Presentar a las autoridades de la empresa la propuesta del rediseño de la red de retorno de condensado para que autoricen la elaboración de dicho proyecto.
2. Capacitar al personal que se encargará de la instalación de la nueva red de retorno de condensado. Es importante que lean los manuales del fabricante y las especificaciones de los componentes y del equipo para que con ello se dé un montaje adecuado de los equipos.
3. Evaluar periódicamente el funcionamiento de la red de retorno de condensado para que esta responda a las necesidades de los equipos y al ritmo de producción ante una demanda cambiante dentro de un mercado creciente.
4. Instalar un medidor de consumo de gas LP de las calderas para conocer el consumo real de las mismas.
5. Tener un control de la cantidad de agua que se consume para la generación de vapor y de ser posible instalar un medidor de agua para el retorno de los condensados para llevar un control del porcentaje real de dicho retorno.
6. Aumentar la temperatura actual del agua de alimentación de la caldera para disminuir costos de producción de vapor, y evitar golpes térmicos en el interior de la caldera.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARMSTRONG. *Manual de conservación de vapor en el drenado de condensado*. Estados Unidos, 2005. 54 p.
2. CLEAVERBROOKS. *Sistemas de tratamiento de agua*. Milwaukee, 2012. 12 p.
3. ECHEGARAY, José. *Tratado elemental de termodinámica*. 3a ed. España, Madrid: Los conocimientos útiles, 1968. 58 p.
4. HERRANZ, Miriam. *Sistema de recuperación de condensados*. Valencia: JMP Ediciones, 2009. 63 p.
5. MULLER, Erich. *Termodinámica básica*. 2a ed. Venezuela, Caracas: Publidisa S. A., 2002. 324 p.
6. Spirax Sarco. *Flash Steam*. [en línea]. <<http://spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/flash-steam.asp>>. [Consulta: 14 de septiembre de 2014].
7. _____ *Introduction to Condensate Recovery*. [en línea]. <<http://spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/introduction-to-condensate-recovery.asp>>. [Consulta: 12 de julio de 2014].

8. _____ *Layout of Condensate Return Lines*. [en línea]. <<http://spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/layout-of-condensate-return-lines.asp>>. [Consulta: 22 de julio de 2014].
9. _____ *Manual APT 10 - 4.5 trampa - bomba automática*. Estados Unidos, 2009. 29 p.
10. _____ *Manual de instalación y mantenimiento*. Reino Unido, 2007. 36 p.
11. _____ *Manual regulador de presión de acción directa*. Estados Unidos, 2009. 35 p.
12. _____ *Manual válvulas reductoras de presión en fundición nodular*. Chile, 2008. 5 p.
13. _____ *Sizing Condensate Return Lines*. [en línea]. <<http://spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>>. [Consulta: 16 de agosto de 2014].
14. TLV. *Introducción a la recuperación de condensado*. [en línea]. <<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/introduction-to-condensate-recovery.html>>. [Consulta: 5 de agosto de 2014].
15. VEGA RAMÍREZ, Jonnathan. *Cálculo del retorno de condensado y ahorro energético*. 2a ed. Costa Rica, Belén: Costa Rica Editores, 2004. 60 p.