

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



ANÁLISIS DE PÉRDIDAS Y PROPUESTA DE
RECUPERACIÓN DE CONDENSADO EN DOS LÍNEAS DE
PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE LAVANDERÍA DE EMPRESA
MANUFACTURERA DE JABÓN

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
Catherine Lisette Ortiz Hernández
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Guatemala,

2017

“ANÁLISIS DE PÉRDIDAS Y PROPUESTA DE
RECUPERACIÓN DE CONDENSADO EN DOS LÍNEAS DE
PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE LAVANDERÍA DE EMPRESA
MANUFACTURERA DE JABÓN”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



ANÁLISIS DE PÉRDIDAS Y PROPUESTA DE
RECUPERACIÓN DE CONDENSADO EN DOS LÍNEAS DE
PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE LAVANDERÍA DE EMPRESA
MANUFACTURERA DE JABÓN

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
Catherine Lisette Ortiz Hernández
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Guatemala,

2017

Vo. Bo.:

(f)



Ingeniero Otto Eugenio Paiz Balcárcel

Tribunal Examinador:

(f)



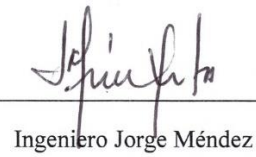
Ingeniero Otto Eugenio Paiz Balcárcel

(f)



Ingeniero Fernando Rivera

(f)



Ingeniero Jorge Méndez

Fecha de aprobación: Guatemala, 16 de enero de 2017

AGRADECIMIENTO

A Dios	Por la vida y bendiciones recibidas.
A mis padres	Norma Edith Hernández Carillo Julio César Ortiz Mazariegos Por el cariño y apoyo brindado a lo largo de mi vida.
A mis hermanos	Julio César y Carmen Esther Para que les sirva de motivación y cumplan sus metas trazadas.
A mi tío	Chaly Por su apoyo y motivación a lo largo de mi carrera.
A mi novio	Randdy Mijangos Por su apoyo y comprensión.
A mis amigos	Wanda Sandoval, Lucía Barillas, Alicia Barillas, Sergio Morales Por su amistad y apoyo demostrado

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	vi
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE DIAGRAMAS.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. MARCO TEÓRICO	6
A. Proceso de fabricación de jabón.....	6
B. Proceso de suministro de vapor.....	11
C. Recuperado de condensados	11
D. Calderas	13
E. Sistema de secado	15
F. Poder calorífico.....	19
G. Calor específico.....	20
V. METODOLOGÍA.....	21
VI. RESULTADOS	31
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
VIII. CONCLUSIONES	38
IX. RECOMENDACIONES.....	39
X. BIBLIOGRAFÍA Y EGRAFÍA.....	40
XI. ANEXOS	42
XII. GLOSARIO	45

LISTA DE TABLAS

1. Equipos instalados actualmente.....	21
2. Promedio de consumo de materias primas (en kilogramos) de línea 1.....	22
3. Cálculo del poder calorífico de cada materia prima en línea 1.....	24
4. Gasto económico por batida en línea 1.....	24
5. Desperdicios de carga de equipos de línea 1.....	26
6. Promedio de consumo de materias primas (en kilogramos) de línea 6.....	26
7. Cálculo del poder calorífico de cada materia prima en línea 6.....	27
8. Gasto económico por batida en línea 6.....	27
9. Desperdicios de carga de equipos de línea 6.....	28
10. Cambios propuestos en línea 1.....	29
11. Cambios propuestos en línea 6.....	29
12. Inversión total.....	30
13. Ahorro económico y ahorro de galones de agua.....	31
14. Simbología de diagramas de antes y después.....	36
15. Tabla de propiedades del agua saturada (líquido – vapor): Tabla de temperatura	42
16. Ahorro anual en línea 1.....	44
17. Ahorro anual en línea 6.....	44

LISTA DE FIGURAS

1. Crutcher Vertical.....	7
2. Definición de calor sensible y calor latente.....	11
3. Calor latente.....	12
4. Calor sensible.....	12
5. Caldera acuotubular.....	14
6. Caldera pirotubular.....	14
7. Caldera seccional.....	15
8. Trampa de vapor de flotador libre (baja presión).....	16
9. Trampa de vapor de flotador libre (media/alta presión).....	17
10. Trampa de vapor de flotador para cabezales de vapor.....	17
11. Trampa de vapor con válvula de bypass.....	17
12. Trampa de vapor con flotador de gran capacidad.....	18
13. Trampa de vapor limpio (grado sanitario).....	18
14. Trampa de vapor tipo disco.....	18
15. Trampa de vapor de control de temperatura.....	19
16. Trampa de vapor tipo radiador.....	19
17. Trampa de vapor limpio (grado sanitario).....	19

LISTA DE DIAGRAMAS

1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de jabón (parte 1)..... 9
2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de jabón (parte 2)..... 10
3. Croquis de línea 1 antes de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)..... 32
4. Croquis de línea 1 después de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)..... 33
5. Croquis de línea 6 antes de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)..... 34
6. Croquis de línea 6 después de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)..... 35

RESUMEN

Este proyecto pretende plantear y resolver el problema de la pérdida de condensado en el Sistema de Secado, de dos líneas de vapor de la planta de Lavandería del proceso de elaboración de jabón. Esta pérdida provoca que el costo de producción se incremente considerablemente y requiera más del presupuesto energético asignado según el Plan de Producción, afectando el índice de productividad y eficiencia de la planta.

Inicialmente, se evaluará el área afectada de la planta, y se definirá la causa de la pérdida actual o desaprovechamiento del condensado; esta pérdida actualmente no está definida ni estimada de forma económicamente correcta, pero se sabe en forma empírica que son significativas en la producción. Posteriormente se realizará un análisis e investigación que permita encontrar una solución al problema planteado.

El proceso de fabricación de jabón a nivel industrial es distinto al proceso de fabricación de jabón artesanal, ya que es muy demandante en recursos energéticos, como en energía eléctrica y energía calorífica. Como toda empresa manufacturera se busca siempre mejorar los índices de productividad, logrando con esto disminuir los costos de producción y mejorar la utilidad de la empresa.

A nivel industrial, el proceso es bastante mecanizado, lo que implica un alto consumo de energía eléctrica, principalmente en los distintos sistemas de bombeo que se utilizan. El presente trabajo se enfocará en mejorar la eficiencia de la energía calorífica aplicada en el proceso, específicamente en el área de secado, lo cual conllevará un ahorro en otras áreas del proceso al reutilizar la energía calorífica de este condensado, minimizando las pérdidas del mismo.

I. INTRODUCCIÓN

La empresa en donde se desarrolló el estudio, es una industria productora de jabón, en la cual no se ha realizado ningún estudio previo en la planta de producción, referente al área de secado. Este proceso por ser bastante mecanizado, el presupuesto energético se divide en dos ramas, Energía Eléctrica y Energía Calorífica (calderas).

La energía eléctrica se utiliza en la maquinaria y equipo involucrado en el proceso de producción, principalmente en sistemas de bombeo y en el área de mezclas. El presente proyecto se enfocará en la rama de energía calorífica del proceso, esta será representada por el área de calderas que es donde se genera el elemento utilizado en el área de Secado, que es el vapor; este vapor se utiliza para llevar la mezcla a niveles de humedad establecidos para el producto que se esté trabajando según los estándares de calidad establecidos para cada uno de ellos.

La empresa analizada cuenta con plantas de Lavandería, Tocado, Detergentes, Líquidos (Detergente, Suavizante y Desinfectante), Cuidado Personal, Barra y Corta Grasa. El análisis del presente proyecto se realizó en planta Lavandería, pero las mejoras indicadas en este documento pueden implementarse al resto de plantas indicadas al inicio del párrafo.

El estudio se llevó a cabo en la Planta Lavandería, donde se percató que presentaba un problema de fuga de condensado en el área de secado de dos líneas de producción, siendo el sistema de drenaje y la atmósfera el destino final del condensado no aprovechado, lo cual representa una pérdida económica por los costos implícitos en él, lo cual incrementa tanto el costo como el presupuesto energético asignado a la producción, riesgos operacionales en los colaboradores que frecuentan el lugar y contaminación.

El presente documento detallará las actuales pérdidas económicas derivadas de la pérdida de condensado señalado en el párrafo anterior, así mismo se presentará un diseño de Recuperación de Condensado, que contemplará la reutilización del mismo en aproximadamente un 90%. Actualmente es descargado en las trampas de vapor existentes en las líneas de producción; por lo que el diseño se enfocará en estos puntos del proceso, que serán claves para el objetivo de recuperar el contenido calorífico del mismo, que como se indicó previamente tiene un costo económico considerable, un beneficio adicional sería mejorar la seguridad industrial al evitar accidentes de los colaboradores que transitan por la planta, ya que se eliminarían los depósitos de agua derramados en el piso, mejorando también la estética de la misma ante cualquier visita que recorra las instalaciones.

Por lo enunciado en párrafos anteriores, el aprovechamiento de la energía calorífica que actualmente se pierde en el proceso es clave para mejorar la productividad del proceso mismo, el cual tendrá un efecto dominó que alcanzará otras áreas del proceso, consiguiendo ahorros en consumo de energía eléctrica e insumos utilizados en la elaboración del producto final, que es el jabón. Estos cambios presentados en el diseño no afectarán la calidad del mismo; reduciendo también el tiempo de preparación de cada batida, por lo cual se incrementará el ritmo de producción de la planta, lo que significa una mayor producción a un menor costo y esto no es más que productividad. Al mejorar los niveles de utilidad de la empresa la gerencia podrá reinvertir parte de esas utilidades en distintas partes del proceso para seguir con el ciclo de mejora continua que es el objetivo de cualquier sector industrial.

Al final del documento se podrá contar con información detallada de los beneficios económicos y no económicos que se lograrán con la implementación del diseño propuesto en este proyecto, el cual es presentado en una forma clara para que pueda ser interpretada correctamente por cualquier persona independientemente de su formación académica.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Recuperar el condensado que se pierde en las trampas de vapor durante el proceso productivo de la elaboración de jabón.

B. ESPECÍFICOS

- Determinar el costo de consumo de vapor.
- Utilizar la cantidad de condensado establecido en el plan de producción.
- Cuantificar las pérdidas económicas que ocasiona el no recuperar los condensados.
- Incrementar la rentabilidad global del proceso debido a la disminución del costo de vapor consumido.

III. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de investigación fue desarrollado en una industria de fabricación de jabón, este proceso como se ha indicado en secciones anteriores utiliza grandes recursos de energía tanto eléctrica como calorífica. Estará enfocándose en el segundo rubro específicamente en el área de Secado por ser donde se da el uso intensivo de esta energía al implementar las mejoras que aquí se detallarán se verán beneficiados los siguientes aspectos en la planta industrial, siendo estos, aspectos de Seguridad Industrial, Conservación del Medio Ambiente, Productividad Económica, Incremento de la Producción y Limpieza de la planta en general.

En cuanto a seguridad industrial, al eliminar las trampas de vapor en su función actual se eliminará el riesgo de accidentes del personal a cargo de su mantenimiento, así mismo, ya no habrá líquidos vertidos en el suelo que pueden producir algún incidente que afecte la integridad del personal que se desplaza en la planta.

En cuanto a la conservación del medio ambiente, desaparecerán los elementos contaminantes vertidos en el sistema de drenajes y en la atmósfera, por lo que se logrará una mejora sustancial en cuánto a tener un entorno más limpio y sano, incluso en el plano sonoro.

En cuanto a la productividad económica, actualmente el condensado que es transportado por la tubería de la planta procesadora de jabón no llega a su destino al 100%, una parte de este queda atrapado en las diferentes trampas de vapor y luego se pierde en los sistemas de drenajes subterráneos o queda disperso en el medio ambiente, lo cual representa pérdida tanto de insumos como económica para la empresa. Como dato general, se sabe que el condensado que queda en las trampas de vapor tiene un poder calorífico considerable para poder recuperarlo y utilizarlo dentro del proceso de producción de jabón en el área de mezclas, el cual amerita su reutilización, pero debido a la contaminación provocada por el jabón durante el proceso, no es posible regresarlo al tanque de calderas, ya que contaminaría el nuevo condensado. Al estar en la capacidad de reutilizar la energía calorífica del condensado se producirán ahorros sustanciales en el presupuesto energético del programa de producción, lo que provocará una mayor utilidad de la empresa en cada batida de producción, aproximadamente 30% cuyo efecto multiplicador alcanzará incluso algunos insumos utilizados en el proceso de fabricación.

En cuanto al incremento de la producción, el proyecto propone la instalación de un sistema que pueda almacenar éste condensado en un dispositivo apropiado y reutilizarlo en las primeras etapas del proceso productivo donde se requiera ésta energía calorífica que aún posee, provocando de esa forma una disminución en los costos al reducir el presupuesto energético de la planta. Adicionalmente, al reutilizar este condensado dentro del proceso productivo también se puede tener el beneficio de mejorar el tiempo de saponificación de la mezcla, provocando un incremento de la producción diaria. Así mismo, se percibe un porcentaje de ahorro

de soda cáustica debido al índice alto de alcalinidad que aún conserva el condensado recuperado incidiendo en una menor utilización de este insumo, el cual representa aproximadamente un 15% de la mezcla con que inicia el proceso productivo el cual dentro de la estructura del costo de producción representa un valor considerable.

En cuanto a los aspectos de orden y limpieza de la planta, se eliminarán depósitos de líquidos derramados en el suelo que provoca una imagen negativa del proceso en cuanto a aspectos de higiene y estética del área de fabricación del producto ante ojos de terceros que pudieran visitar dicho sector.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Proceso de fabricación de jabón

Este proceso abarca todas las fases de la fabricación de jabón, desde el ingreso de materias primas a la planta, hasta la entrega a la bodega de producto terminado.

1. Descripción del proceso. El proceso de fabricación de jabón para lavandería consta de seis fases, las cuales se describen a continuación.

a. Recepción de grasas: se reciben las materias primas por medio de unas pipas que descargan las grasas en los tanques principales correspondientes.

b. Bombeo de grasas a planta lavandería: de los tanques principales se traslada al área de pailas, que son tanques de forma cilíndrica con fondo cónico y superficie descubierta, cada uno destinado para una grasa en específico.

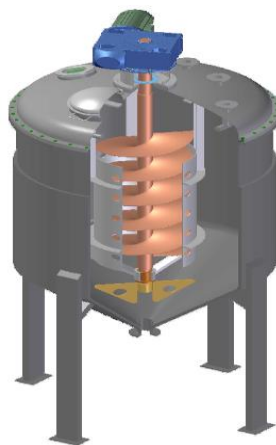
Los aspectos evaluados en esta etapa son:

- Humedad: cada grasa debe cumplir con sus respectivos parámetros.
- Consistencia: debe tener una consistencia adecuada para que pueda utilizarse sin problema en la producción.
- Color: característica que debe cumplirse a cabalidad, respetando los parámetros de cada grasa, de lo contrario, la grasa debe ser sometida a ciertos procesos para que quede dentro del objetivo y no tener problemas directamente en el proceso de mezclas.

c. Preparación de jabón en mezclas: luego de pasar por el área de pailas, las diferentes grasas (dependiendo del producto que vaya a producirse) son bombeadas a los denominados Crutchers (mezclador vertical), los cuales consisten en que depósitos cilíndricos con una capacidades de 3, 500, 4, 000 y 4, 500 kilogramos, con la función de saponificar y homogenizar la mezcla con las materias primas (líquidas y sólidas) necesarias para la elaboración del tipo de presentación de jabón requerido.

En los registros de fabricación se encuentra la materia prima y aditivos que lleva el jabón a producir y el peso de cada uno de ellos, esto debe verificarse antes de ser vertidos a los crutchers para que cumpla con lo establecido en el mismo. Se le realiza análisis de humedad con una termobalanza, la cual también debe cumplir con lo especificado en el registro de fabricación. Este análisis debe realizarse cada hora para asegurar que cada mezcla cumpla con lo requerido.

Figura 1: Figura de crutcher vertical



d. Proceso de secado, corte y troquelado: al salir de los crutchers, la mezcla es bombeada hacia el área de secado, en donde llega al tanque pulmón, que es el tanque de donde empiezan a jalar el jabón, para llegar a los intercambiadores de calor, esto con el fin de disminuir el porcentaje de humedad de la mezcla acorde al registro de fabricación del jabón a producir.

Al salir de los intercambiadores la mezcla es transportada hacia una compresora, en la cual se añadirán los últimos aditivos, como la fragancia, entre otros; luego la mezcla saldrá generalmente en forma de cilindro de gran longitud.

Este cilindro es cortado en trozos proporcionales al tamaño final de la bola o pastilla de jabón y llega al proceso de troquelado, el cual consiste en una rueda giratoria con moldes a través de los cuales pasa el trozo de jabón, dando la forma final al jabón grabando el nombre de la marca del mismo.

Los aspectos evaluados en esta etapa son:

- Humedad

- Textura
- Color
- Dimensiones de la bola o pastilla de jabón
- Forma de la bola o pastilla de jabón

e. Proceso de empaque y codificado: después de salir de la troqueladora, los paquetes de jabón son dirigidos por medio de una banda transportadora al área de empaque, donde se encuentra un grupo de colaboradores, que toman los paquetes y los introducen manualmente en las cajas de empaque armadas previamente.

Luego, la caja es transportada hacia una codificadora, la cual utiliza una mezcla de tinta y solvente especial para imprimir el código de barras y datos de trazabilidad sobre la caja de jabón.

Los aspectos evaluados en esta etapa son:

- Correcto empaque del jabón
- Almacenamiento adecuado del jabón
- Código de barras y datos de trazabilidad correctos y legibles

f. Entrega a bodega de producto terminado: sellada y codificada cada una de las cajas, se trasladan por medio de una banda transportadora a la bodega de producto terminado, en donde son entarimadas y ordenadas para su salida al mercado.

Los diagramas de flujo 1 y 2 muestran el proceso de elaboración de jabón en sus seis fases.

Diagrama 1: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de jabón (parte 1)

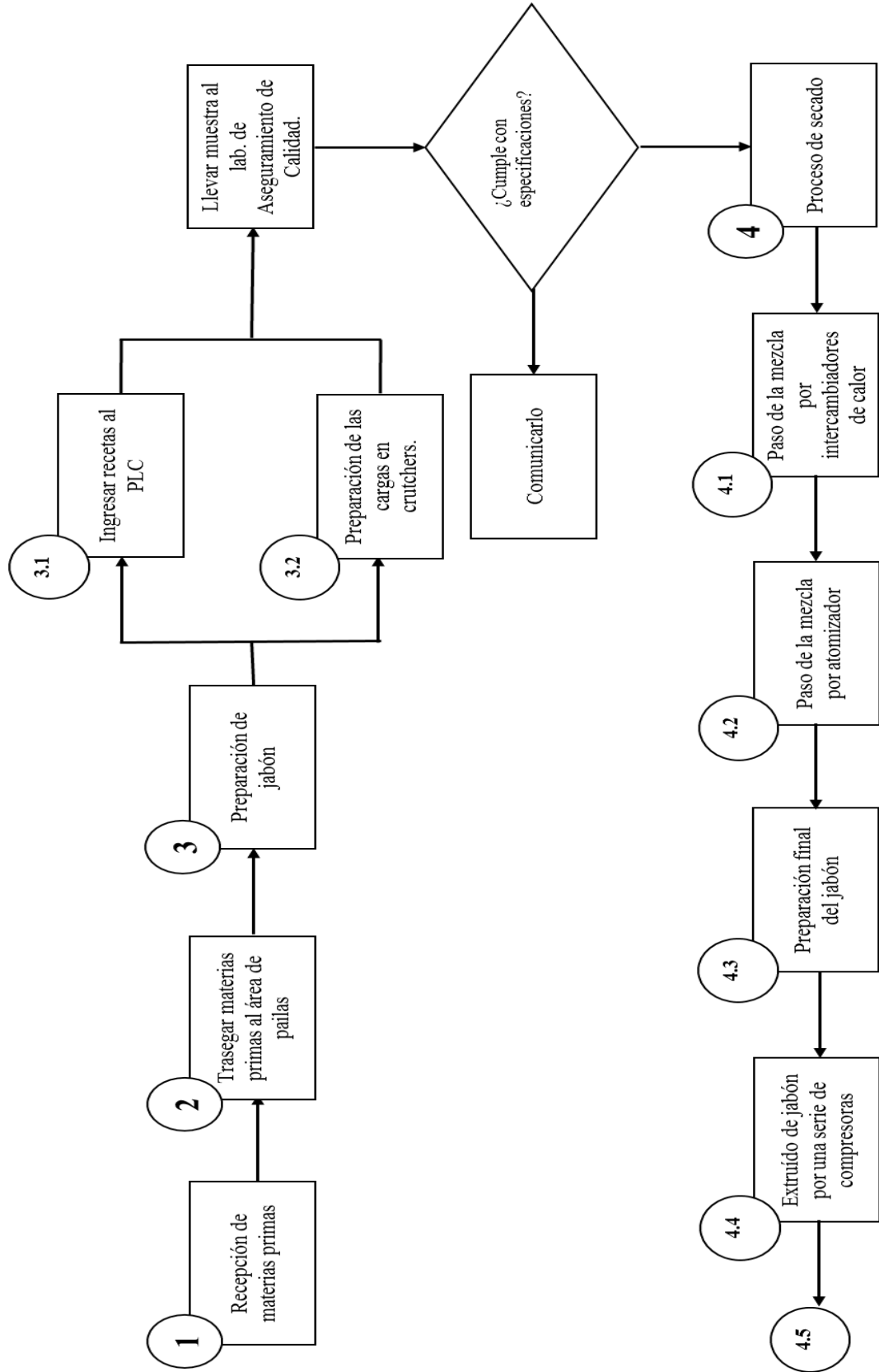
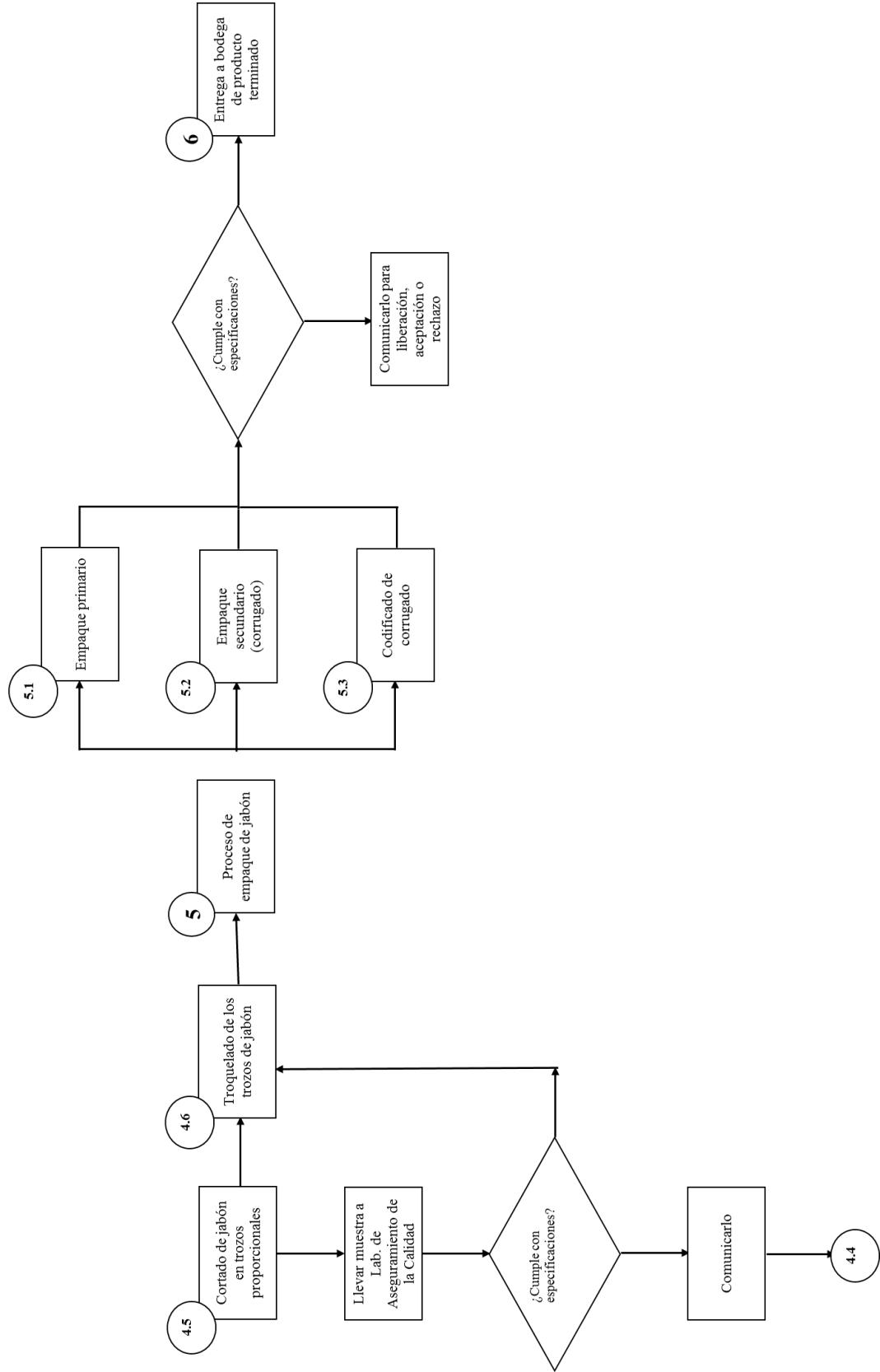


Diagrama 2: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de jabón (parte 2)



B. Proceso de suministro de vapor

Este proceso inicia en el área de calderas, que es el área que distribuye el vapor hacia todas las plantas de la empresa.

La planta de calderas satisface la demanda de las diferentes plantas por medio de dos calderas de biomasa, de 400 y 600 hp respectivamente.

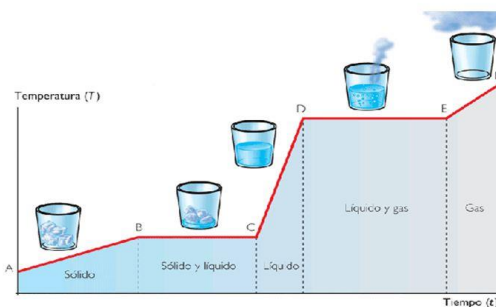
El combustible utilizado es el cascabillo, que no es más que cáscara seca de café. Después de la generación de vapor, éste llega a los diferentes distribuidores de las plantas, del cual se derivan válvulas que se dirigen a los distintos subprocesos que conlleva cada una.

C. Recuperado de condensados

1. Condensado. El condensado en su definición más simple es cuando el vapor pasa de su fase gaseosa a su fase líquida, mediante un proceso de calentamiento. El condensado es entonces el resultado del vapor que transfiere su poder calorífico conocida también como calor latente.

Figura 2: Definición de calor sensible y calor latente

CALOR SENSIBLE Y LATENTE



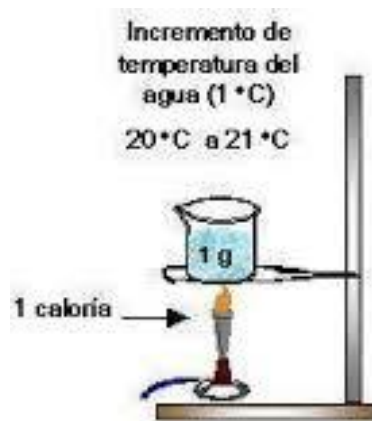
a. Calor latente: la temperatura es un factor importante para comprender el calor latente. El calor latente es la energía que un cuerpo necesita para cambiar de un estado a otro sin incrementar su temperatura.

Figura 3: Calor latente



b. Calor sensible: A diferencia del calor latente, este si aumenta su temperatura pero sin necesidad de cambiar su estructura molecular, es decir, el estado en el que se encuentre.

Figura 4: Calor sensible



2. ¿Qué es la recuperación de condensado?

Es el proceso en el cual se reutiliza el agua que aún tiene su poder calorífico en condiciones ideales para poder utilizarlo de diferentes formas, por ejemplo:

- Agua de alimentación (cuando el condensado puede ser regresado a las calderas)
- Como precalentamiento de otro proceso

- Como agua caliente (para limpieza de equipos u otras aplicaciones)

En este caso, se quiere recuperar el condensado para poder utilizarlo al menos en la primera etapa de agua que necesita el proceso de saponificación, ya que este proceso necesita agua caliente en sus dos o tres etapas, dependiendo del producto que se quiera fabricar.

La saponificación en su definición más simple, es transformar un cuerpo graso en jabón.

a. Beneficios del recuperado de condensados

- Ahorro de agua: al no tener que enviar más agua a las calderas para poder ser calentada o evaporada dependiendo del uso que se le requiera.
 - Ahorro de energía: aprovechando la energía contenida en el agua que se utiliza para que el calentamiento de las calderas funcionen.
 - Mejora las condiciones de trabajo en la planta: en caso de la planta de jabón, es peligroso que haya vapor/agua en el suelo, ya que queda resbaloso, lo que pone en peligro la integridad de los colaboradores.
 - Reduce la huella de carbono: al disminuir la contaminación de aire y suelo.
 - Ahorros económicos (costo de vapor): al enviar la cantidad de vapor planificada cada mes y no alterar la demanda del mismo.
- b. Tubería de recuperado de condensados. El condensado que descargan las trampas de vapor se manejan de dos maneras, una es que se vaya al drenaje justo al salir de la trampa y perder la energía contenida en el agua y la otra es transportarlo por medio de una tubería hacia otro lugar o retornarlo a las calderas. Se debe tomar en cuenta la forma en la que se va a recuperar el condensado de las trampas de vapor.

D. Calderas

Una caldera es un recipiente metálico cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y una presión mayor a la atmosférica.¹

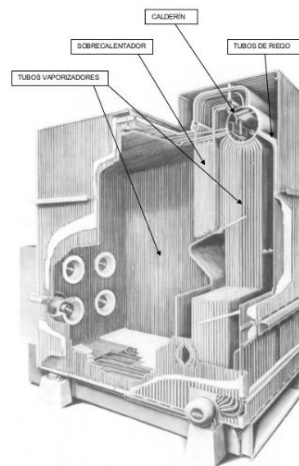
¹ <http://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/descripci%C3%B3n-de-calderas-y-generadores-de-vapor>

1. Utilización en la industria: Las calderas están diseñadas para producir vapor o para calentar agua a presiones y altas temperaturas.

2. Clasificación: Las calderas industriales tienen tres clasificaciones que son:

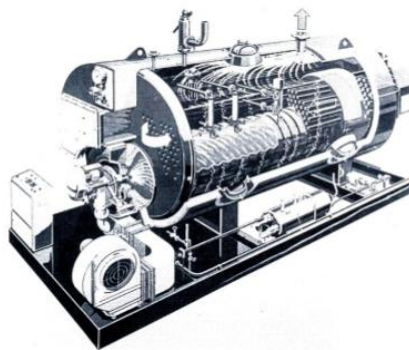
a. Acuotubulares. Transportan el agua dentro de los tubos.

Figura 5: Caldera acuotubular



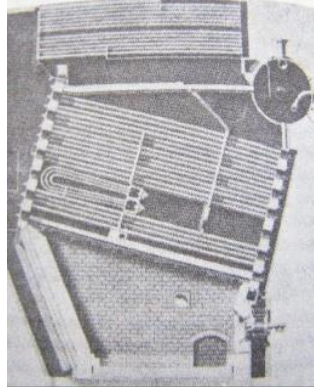
b. Piro-tubulares: Transportan fuego dentro de los tubos.

Figura 6: Caldera piro-tubular



c. Seccionales: Constan de secciones huecas dentro de las cuales se hace circular el agua. Estas máquinas se utilizan en industrias en donde requieren agua y aire caliente.

Figura 7: Caldera seccional



E. Sistema de secado

El sistema de secado de planta lavandería consiste básicamente en disminuir el porcentaje de humedad que lleva la mezcla al salir del proceso de mezclado. Cada marca de jabón producido tiene un porcentaje diferente de humedad objetivo para no afectar su calidad en el producto final.

1. Vapor. Es el estado en el que se encuentra un gas, cuando está a un nivel inferior al de su punto crítico; éste hace referencia a las condiciones de presión y temperatura por encima de las cuales es imposible obtener un líquido por compresión. Si un gas se encuentra por debajo de éste punto, significa que es susceptible de condensación a través de la reducción de temperatura (manteniendo presión constante) o por medio de presurización (manteniendo temperatura constante).²

2. Presión. Es el resultado de comprimir algún objeto, es decir, hace referencia a la fuerza que se aplica sobre alguna cosa determinada.

3. Temperatura. Magnitud física que representa la cantidad de calor de un cuerpo o del ambiente en el que se encuentra.

² <http://definicion.de/vapor/>

4. Calor. Energía que se manifiesta por un aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías, es originada por movimientos vibratorios de los átomos y las moléculas que forman los cuerpos.

Las definiciones anteriores ayudarán a comprender de una mejor manera lo que se quiere dar a entender y lograr llevar a cabo con el proyecto descrito.

5. Trampas de vapor. Nombre genérico para una válvula autónoma que automáticamente descarga condensados de equipos, tuberías, etc.³

a. Objetivo de instalar trampas de vapor. Dado a que el condensado no tiene las propiedades que contiene el vapor, no puede realizar las mismas funciones; por lo tanto la eficiencia del calentamiento disminuye considerablemente si no se remueve el condensado lo más rápido que sea posible, en este caso, las trampas de vapor son las que dejan escapar el condensado.

b. Tipos de trampas de vapor⁴

1) Trampas de vapor mecánicas. El principio de operación es que utiliza la flotabilidad. También son conocidas como trampas de flotador o trampas de cubeta. El rango operacional de presión es de 0 – 12 MPaG y de temperatura es de 0 – 530 °C.

a. Trampas de vapor de flotador libre (Baja presión). Ofrecen descarga continua y son óptimas para aplicaciones en equipos de procesos y para bajas presiones (hasta 2.1 MPaG).

Figura 8: trampa de vapor de flotador libre (baja presión)



³www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-a-steam-trap.html (Definición de acuerdo con la terminología de válvulas JIS B0100).

⁴ <http://www.tlv.com/global/LA/products/080000.html>

b. Trampas de vapor de flotador libre (Media/alta presión): Ofrecen descarga continua y son óptimas para aplicaciones de procesos y para medias y altas presiones (hasta 12MPaG).

Figura 9: Trampa de vapor de flotador libre (media/alta presión)



c. Trampas de vapor de flotador para cabezales de vapor. Tienen flotador libre y un sello hermético para utilizarlas aún en condiciones de baja carga de condensado.

Figura 10: Trampa de vapor de flotador para cabezales de vapor



d. Trampas de vapor con válvula de bypass: Tienen flotador libre con válvula de bypass.

Figura 11: Trampa de vapor con válvula de bypass



e. Trampas de vapor con flotador de gran capacidad. Con una descarga máxima de 150 ton/hora.

Figura 12: Trampa de vapor con flotador de gran capacidad



f. Trampas de vapor limpio (Grado sanitario). Tienen flotador libre, diseñadas para permitir el drenado completo de condensado y fácil desensamblable para limpieza.

Figura 13: Trampa de vapor limpio (grado sanitario)



2) Trampas de vapor termodinámicas. El principio de operación es que utiliza la diferencia en las propiedades termodinámicas del condensado y vapor. El rango operacional de presión es de 0.025 – 26 MPaG y de temperatura es de 0 – 550 °C.

a. Trampas de vapor tipo disco. Son extremadamente versátiles.

Figura 14: Trampa de vapor tipo disco



3) Trampas de vapor termostáticas. El principio de operación es que utiliza la diferencia de temperatura del vapor y condensado. El rango operacional de presión es de 0.01 – 4.6 MPaG y de temperatura es de 0 – 350 °C.

a. Trampas de vapor de control de temperatura. Tienen control de temperatura tipo bimetálica con removedor de incrustaciones integrado.

Figura 15: Trampa de vapor de control de temperatura



b. Trampas de vapor tipo radiador. Son especializadas en calefacción de habitaciones.

Figura 16: Trampa de Vapor tipo Radiador



c. Trampas de vapor limpio (Grado sanitario). Diseñadas para permitir el drenado completo de condensado y facilitar el desensamble y limpieza.

Figura 17: Trampa de Vapor Limpio (Grado Sanitario)



F. Poder calorífico

Es el calor de la combustión que no aprovecha la energía de condensación del agua.⁵

⁵ <http://petromercado.com/blog/37-articulos/105-poder-calorifico-inferior-y-superior.html>

1. Tipos de poder calorífico. Existen dos tipos de poder calorífico, los cuales se definen a continuación:⁶

a. Poder calorífico superior (PCS). También conocido como HHV por sus siglas en inglés higher heating value. Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa del combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado, así pues, se contabiliza el calor desprendido en este cambio de fase.

b. Poder calorífico inferior (PCL). También conocido como LHW por sus siglas en inglés lower heating value. Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa del combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase, sino que se expulsa en forma de vapor.

G. Calor específico

Cantidad de calor que hay que proporcionar a un gramo de sustancia para que eleve su temperatura un grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$). Existen varios sistemas para representar su dimensional, sin embargo para simplicidad de comprensión del trabajo se utilizará el Sistema Internacional, por lo que el calor específico es representado por $\text{KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$, donde:

KJ = Joules (unidad del sistema internacional para energía en forma de calor)

Kg = kilogramos (unidad del sistema internacional para masa)

K = grados Kelvin (unidad del sistema internacional para temperatura)

⁶ <http://es.slideshare.net/gufineitor/poderes-calorificos-superior-y-inferior>

V. METODOLOGÍA

A. Situación actual

Actualmente, Planta Lavandería cuenta con tres líneas de producción, dos de las cuales se ha notado que se puede mejorar su proceso en el área de secado.

En dicha área existen trampas de vapor instaladas a lo largo del proceso, por lo que sus descargas se van directamente al drenaje o queda disperso en el aire al no darle otro uso; esto representa una pérdida de condensado considerable para la planta ya que al perderse, se necesita que planta calderas envíe más para cumplir con la producción planificada. Al descargarse esos vapores al medio ambiente, producen pozas de agua que son peligrosas para las personas que frecuentan el lugar.

1. Análisis del proceso actual. En el proceso actual, las trampas instaladas en el área de Secado son trampas termodinámicas, las cuales son recomendables para tuberías de drenajes y equipos de procesos que no involucran serpentines o enchaquetados, procesos que se utilizan en dicha área. Para aplicaciones que tienen relación con los intercambiadores de calor o calentadores como tal, son las trampas tipo Flote & Termostato, esto debido a la cantidad de condensado que pasa en ellas y a la forma de trabajar de los equipos mencionados.

Al saber que se pierde condensado, se sabe que en éste todavía podemos encontrar el poder calorífico que puede reutilizarse dentro del proceso productivo de la elaboración de jabón y podría representar un ahorro en la demanda de vapor para la planta, cuidando del medio ambiente y cuidando de las personas.

La tabla 1 presenta las dimensiones de las trampas termodinámicas instaladas actualmente

Tabla 1: Equipos instalados actualmente

LÍNEA 1		LÍNEA 6	
EQUIPO	Ø TRAMPA	EQUIPO	Ø TRAMPA
Intercambiador 1	1"	Intercambiador 1	1"
Intercambiador 2	3/4"	Intercambiador 2	1"
Chaqueta	1"	Intercambiador 3	1"

2. Estimación de pérdidas. Los promedios de consumo (en kilogramos) de materias primas por batidas en Línea 1, se tiene: (Ver Tabla 2).

<Información proporcionada por Industria Jabonera S. A.>

Tabla 2: Promedio de consumo de materias primas (en kilogramos) Línea 1

LÍNEA 1								
MAT. PRIMA/PRODUCTO	SODA	AGUA	PALMISTE	SULFÓNICO	ESTEARINA	SAL	SILICATO	BENTONITA
JULIO								
Viruta 70/30	652.00	667.00	641.45	-	1,493.60	20.00	-	-
Ambar Manzanilla	650.00	813.00	228.29	-	949.44	48.00	-	-
Ambar Floral	647.00	810.00	218.22	-	957.31	48.00	-	-
Multi Bex	483.00	898.00	196.07	193.75	1,270.66	80.00	81.13	50.00
AGOSTO								
Viruta 70/30	667.00	661.00	639.71	-	1,494.91	20.00	-	-
Ambar Manzanilla	647.00	811.00	221.46	-	983.79	48.00	-	-
Ambar Floral	641.00	812.00	225.98	-	1,935.63	46.96	-	-
Multi Bex	504.00	867.00	191.07	204.13	1,758.65	80.00	80.14	50.00
PROMEDIO	611.38	792.38	320.28	198.94	1,355.50	48.87	80.64	50.00

El poder calorífico que se necesita para calentar una batida en Línea 1 se calcula de la siguiente manera:

La fórmula utilizada para obtener el poder calorífico es:

$$Q = m * Ce * T$$

Donde:

Q = Poder Calorífico (KJ)

M = masa (Kg)

Ce = Calor Específico (KJ/Kg*°K)

T = Temperatura en °K

Dado a que el poder calorífico está representado en KJ, se utiliza la constante de conversión:

$$1 \text{ BTU} = 0.917817 \text{ KJ}$$

Si se considera una delta de temperatura igual a 62 °C, es igual a 335.15 °K, entonces:

➤ Agua

$$Q = 792.38 \text{ kg} * \left(4.199466005 \frac{\text{KJ}}{\text{KgK}} \right) * (335.15\text{K}) = 1,115,229.01 \text{ KJ}$$

Expresado en BTU es:

$$Q = 1,115,229.01 \text{ KJ} * 0.947817 = 1,057,033.02 \text{ BTU}$$

➤ Palmiste

$$Q = (320.28) * \left(1.999279598 \frac{\text{KJ}}{\text{KgK}} \right) * (335.15\text{K}) = 214,607.19 \text{ KJ}$$

Expresado en BTU es:

$$Q = 214,607.19 \text{ KJ} * 0.947817 = 203,408.35 \text{ BTU}$$

Si siguiendo esta lógica, tenemos que el poder calorífico en BTU de cada materia prima es de: (ver tabla 8).

<El valor del Calor Específico de cada materia prima son datos proporcionados por Industria Jabonera S.A.>

Tabla 3: Cálculo de poder calorífico de cada materia prima en Línea 1

CÁLCULO DE PODER CALORÍFICO/BATIDA LÍNEA 1						
MATERIA PRIMA	Masa (Kg)	Ce (KJ/Kg*K)	$\Delta T (^{\circ}K)$	KJ	KJ --> BTU	BTU
SODA	611.38	0.270980982	335.15	55,524.63	0.947817	52,627.19
AGUA	792.38	4.199466005	335.15	1,115,229.01	0.947817	1,057,033.02
PALMISTE	320.28	1.999279598	335.15	214,607.19	0.947817	203,408.35
SULFÓNICO	198.94	0.080698089	335.15	5,380.52	0.947817	5,099.75
ESTEARINA	1,355.50	0.31067426	335.15	141,137.89	0.947817	133,772.89
SAL	48.87	0.612102603	335.15	10,025.49	0.947817	9,502.33
SILICATO	80.64	0.69974753	335.15	18,910.55	0.947817	17,923.74
BENTONITA	50.00	0.877683094	335.15	14,707.77	0.947817	13,940.28
TOTAL						1,493,307.55

Tomando en cuenta que para la línea 1 el poder calorífico promedio por batida es de 1, 493, 307.55 BTU y cada libra de vapor tiene un costo de Q0.065, siendo el factor de conversión 971 BTU = 1 libra de vapor, se llega al resultado que el gasto económico por batida es de aproximadamente Q 99.964 (ver Tabla 4).

Tabla 4: Gasto económico por batida en Línea 1

971.00	BTU	1.00	Libra de vapor
1.00	libra de vapor	0.065	Q
TOTAL	GASTOS/BATIDA		
1,493,307.55	BTU/Batida		LÍNEA 1
1,537.91	Libras de vapor/Batida		
99.96	Q/Batida		

Tomando en cuenta los siguientes datos y factores de conversión, los desperdicios en la carga de condensados son:

1kg/litro	1 litro = 1 kg
1 KJ/kg	0.429923 BTU/lb

➤ Ver Anexo 1

90 °C Entalpía de agua 376.92 KJ/Kg 162.0465772 BTU/libra

1 galón 3.78541 litros

1 kg/litro 1 litro

1 kg 2.20462 libras

Tomando los factores de conversión mencionados anteriormente, se tiene que la trampa llena 1.18 galones de agua en 11.21 minutos, sabiendo esto, podemos calcular que los litros de agua que se pierden en la línea de producción del proceso de secado, siendo 4.46 litros.

$$1.18 \text{ galones} * 3.78541 \text{ litros} = 4.4667838 \text{ litros.}$$

Siguiendo los factores de conversión, se llega a los siguientes resultados. Los desperdicios de carga de los diferentes equipos son: (ver Tabla 5)

Para el intercambiador 1, se tiene que si se descarga 4.46 litros, se puede deducir que:

$$4.46 \text{ litros} * 2.20 \frac{\text{libras}}{\text{litro}} = 9.84 \text{ libras}$$

Para saber cuántas libras/minuto descarga

$$\frac{9.84 \text{ libras}}{11.21 \text{ minutos}} = 0.88 \text{ libras/minuto}$$

Para saber cuántas libras/hora descarga

$$0.88 \frac{\text{libras}}{\text{minuto}} * 60 \text{ minutos} = 52.70 \text{ libras/hora}$$

Siguiendo la misma lógica para los demás equipos, se tiene que:

Tabla 5: Desperdicios de carga de equipos de Línea 1

INTERCAMBIADOR 1		
9.847560901 libras	0.878462168 libras/minuto	52.70773007 libras/hora
INTERCAMBIADOR 2		
66.682685 libras	5.9485 libras/minuto	356.91 libras/hora
CHAQUETA		
13.07833333 libras	1.166666667 libras/minuto	70 libras/hora
TANQUES DE GRASAS		
138.3314 libras	12.34 libras/minuto	740.4 libras/hora
TANQUE PULMÓN Y FLASH CHAMBER		
37.36666667 libras	3.333333333 libras/minuto	200 libras/hora
TOTAL DE LIBRAS/HORA		1,420.01773

Siguiendo la misma lógica de los datos para la Línea 1, se obtienen los datos de la línea 6. Los promedios de consumo en kg de las materias primas son: (ver Tabla 6)

Tabla 6: Promedio de consumo de materias primas (en kilogramos) Línea 6

LÍNEA 6								
MAT. PRIMA/PRODUCTO	SODA	AGUA	PALMISTE	SULFÓNICO	ESTEARINA	SAL	SILICATO	BENTONITA
JULIO								
Bex Limpieza Fragante	443.00	883.00	159.00	215.21	1,575.94	42.50	81.94	53.00
Bex Limpieza Profunda	501.00	974.00	171.65	216.67	1,704.57	86.48	82.15	53.00
Ultra Bex	462.00	907.00	195.82	192.48	1,719.88	80.00	81.27	50.00
Bex Cítrico	483.00	902.00	182.05	200.16	1,716.52	53.00	80.54	50.00
AGOSTO								
Bex Limpieza Fragante	525.00	964.00	175.78	214.22	1,700.59	83.97	82.48	52.30
Bex Limpieza Profunda	524.00	860.00	184.96	206.36	1,636.96	80.00	80.77	50.00
Ultra Bex	575.00	872.00	166.12	213.54	1,640.70	80.00	75.88	50.00
Bex Cítrico	521.00	861.00	195.86	204.90	1,732.55	53.00	81.18	50.00
PROMEDIO	504.25	902.88	178.91	207.94	1,678.46	69.87	80.78	51.04

Para obtener el poder calorífico se utiliza la misma fórmula que la utilizada para los datos de la Línea 1, los resultados son: (ver Tabla 7)

Tabla 7: Cálculo de poder calorífico de cada materia prima en Línea 6

CÁLCULO DE PODER CALORÍFICO/BATIDA LÍNEA 6						
MATERIA PRIMA	Masa (Kg)	Ce (KJ/Kg*°K)	ΔT (°K)	KJ	KJ --> BTU	BTU
SODA	504.25	0.270980982	335.15	45,795.62	0.947817	43,405.87
AGUA	902.88	4.199466005	335.15	1,270,752.35	0.947817	1,204,440.68
PALMISTE	178.91	1.999279598	335.15	119,876.83	0.947817	113,621.29
SULFÓNICO	207.94	0.080698089	335.15	5,624.01	0.947817	5,330.53
ESTEARINA	1,678.46	0.31067426	335.15	174,765.81	0.947817	165,646.00
SAL	69.87	0.612102603	335.15	14,333.31	0.947817	13,585.35
SILICATO	80.78	0.69974753	335.15	18,943.68	0.947817	17,955.14
BENTONITA	51.04	0.877683094	335.15	15,012.96	0.947817	14,229.54
TOTAL						1,578,214.40

Tomando en cuenta que para la línea 6 el poder calorífico promedio por batida es de 1, 587, 214.40 BTU y cada libra de vapor tiene un costo de Q0.065, siendo el factor de conversión 971 BTU = 1 libra de vapor se llega al resultado que el gasto económico por batida es de aproximadamente Q 105.64 (ver Tabla 8).

Tabla 8: Gasto económico por batida en Línea 6

971.00	BTU	1.00	Libra de vapor
1.00	libra de vapor	0.065	Q
TOTAL	GASTOS/BATIDA		
1,578,214.40	BTU/Batida		LÍNEA 6
1625.349538	Libras de vapor/Batida		
105.64772	Q/Batida		

Los desperdicios de carga de los diferentes equipos son: (ver Tabla 9)

Tabla 9: Desperdicios de carga de equipos de Línea 6

INTERCAMBIADOR 1		
27.13 libras	2.42 libras/minuto	145.20 libras/hora
INTERCAMBIADOR 2		
118.83 libras	10.6 libras/minuto	636 libras/hora
INTERCAMBIADOR 3		
12.14 libras	1.083 libras/minuto	65 libras/hora
TANQUE PULMÓN Y FLASH CHAMBER		
56.05 libras	5 libras/minuto	300 libras/hora
TOTAL DE LIBRAS/HORA		1,146.20

3. Propuesta única

a. Propuesta de recuperado de condensados. La propuesta presentada para cumplir con el objetivo inicial de recuperación del condensado que se pierde en las diferentes trampas de vapor, no afecta la calidad del proceso ni del producto final; por lo que satisface las necesidades de la planta desde el punto de vista técnico y económico.

La propuesta consiste en instalar dos nuevos tanques en un lugar estratégico para que ambas líneas puedan hacer uso de los mismos, interconectando las tuberías a ambas líneas y puedan descargar el condensado en los nuevos tanques sin dificultad de instalación.

Para esto, se deben realizar cambios en las trampas de vapor actualmente instaladas ya que no son del tipo que necesita el proceso de las líneas, hacer las interconexiones con la tubería actual y una nueva tubería para tener un nuevo proceso eficiente que beneficie tanto al proceso como al medio ambiente y a los colaboradores, además de mantener la planta más limpia, velando por la estética de la misma.

b. Instalación. Existen tres trampas de vapor de cada línea que deben ser cambiadas para mejorar el proceso, los cambios propuestos con sus precios respectivos se incorporan en las tablas 10 y 11.

Tabla 10: Cambios propuestos en Línea 1

LÍNEA 1					
NO.	EQUIPO	DIÁMETRO	CONSUMO	TRAMPA RECOMENDADA	CAPACIDAD DE DESAHOGO
1	Intercambiador 1 L1	1 1/2"	1, 500 lb/h	FT-125 de 1 1/2"	4, 260 lb/h
2	Intercambiador 2 L1	1"	420 lb/h	FTI-125 de 3/4"	1, 152 lb/h
3	Chaqueta	1 1/2"	1, 500 lb/h	FT-125 de 1 1/2"	4, 260 lb/h

Tabla 11: Cambios propuestos en Línea 6

LÍNEA 6					
NO.	EQUIPO	DIÁMETRO	CONSUMO	TRAMPA RECOMENDADA	CAPACIDAD DE DESAHOGO
1	Intercambiador 1 L6	1/2"	200 lb/h	FTI-125 de 3/4"	1, 152 lb/h
2	Intercambiador 2 L6	1"	420 lb/h	FTI-125 de 3/4"	1, 152 lb/h
3	Intercambiador 3 L6	1"	420 lb/h	FTI-125 de 3/4"	1, 152 lb/h

Además del cambio de las seis trampas de vapor, se considera la compra de un paquete de Retorno de Condensados, dicho paquete incluye lo siguiente:

- Un reservorio como unidad de almacenaje fabricado en hierro negro de 3/16" con capacidad para 33 galones
- Bomba de retorno de condensados marca Spirax Sarco, modelo Pivotrol PTC con capacidad de bombeo de 10, 630 libras/h, con 100 psi de motivación de vapor, consumiendo 3 libras de vapor por cada 1, 000 libras bombeadas
- Accesorios para interconexión de bomba a tanque
- Accesorios para conexión de bomba
- Tubería de escape o venteo
- Sistema de trampeo
- Aislamiento

La inversión de la presente propuesta se puede apreciar en la Tabla 12.

Tabla 12: Inversión total

NO.	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO INDIVIDUAL	PRECIO TOTAL
1	4	Tubo de hierro negro de 2 1/2"	Q 525.00	Q 2,100.00
2	5	Tubo de hierro negro de 3"	Q 504.00	Q 2,520.00
3	9	Tubo de hierro negro de 2"	Q 421.00	Q 3,789.00
4	10	Tubo de hierro negro de 1/2"	Q 100.00	Q 1,000.00
5	2	Sistemas de trampeo de 1 1/2" y 3/4"	Q 1,918.00	Q 3,836.00
6	6	Tubo de hierro negro de 1 1/2"	Q 386.00	Q 2,316.00
7	7	Válvula de bola 1/2"	Q 300.00	Q 2,100.00
8	12	Válvula de bola 2"	Q 1,300.00	Q 15,600.00
9	6	Válvula de 1 1/2"	Q 3,200.00	Q 19,200.00
10	2	Válvula de 3"	Q 3,230.00	Q 6,460.00
11	4	Cheque de 2"	Q 1,850.00	Q 7,400.00
12	2	Cheque de 1 1/2"	Q 1,500.00	Q 3,000.00
13	4	Tubo de 1"	Q 198.00	Q 792.00
14	2	Cheque de 1"	Q 223.00	Q 446.00
15	2	Bomba Eléctrica	Q 20,000.00	Q 40,000.00
16	2	Tanque para recuperado de condensados	Q 5,000.00	Q 10,000.00
17	14	Flange de 1/2"	Q 26.35	Q 368.90
18	24	Flange de 2"	Q 60.76	Q 1,458.24
19	16	Flange de 1 1/2"	Q 31.00	Q 496.00
20	4	Flange de 3"	Q 86.00	Q 344.00
21	4	Flange de 1"	Q 46.00	Q 184.00
22	200	Tornillo de 5/8" x 3 1/2"	Q 7.30	Q 1,460.00
23	100	Tornillo de 1/2" x 2 1/2"	Q 4.75	Q 475.00
24	1	Plancha de asbesto de 1/32	Q 154.00	Q 154.00
25	6	Angular de 1"	Q 45.00	Q 270.00
26	-	Aislamiento	Q 60,000.00	Q 60,000.00
INVERSIÓN TOTAL				Q 185,769.14

Cabe destacar que un sistema de trampeo contiene una trampa de 1 1/2" y dos de 3/4", y el otro sistema contiene tres trampas de 3/4", de esta manera completar las trampas que necesarias para su instalación

VI. RESULTADOS

Al implementar el proyecto de recuperado de condensados, se tiene una inversión total de Q 185, 769.14, que incluye todos los equipos y accesorios necesarios para completarlo.

Los cálculos preliminares tanto de recuperación económica como los ahorros en planta Lavandería se detallan a continuación, tomando en cuenta que se reutilizará el nuevo condensado (Ver anexos 3 y 4):

- El ahorro mensual económico entre las dos líneas será de aproximadamente Q 31, 170.98, haciendo un ahorro anual de Q374, 051.81. (Tabla 13)
- El ahorro mensual de agua entre las dos líneas será de aproximadamente 267, 354.62 kilogramos, haciendo un ahorro anual de 3, 208, 255.44 kilogramos de agua. Midiendo en galones de agua serían 65, 195.49 galones mensuales, haciendo un ahorro anual de 782, 345.98 galones de agua. (Tabla 13).

Tabla 13: Ahorro económico y ahorro de galones de agua

AHORRO EN QUETZALES DE LAS DOS LÍNEAS	
374,051.81 Q ANUAL	31,170.98 Q MENSUAL
AHORRO EN KG DE AGUA DE LAS DOS LÍNEAS	
2,961,466.56 KG ANUAL	246,788.88 KG MENSUAL
AHORRO EN GALONES DE AGUA DE LAS DOS LÍNEAS	
782,337.07 GALONES ANUAL	65,194.76 GALONES MENSUAL

- Los diagramas de antes y después de cada línea se son:

Diagrama 3: Croquis de Línea 1 antes de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)

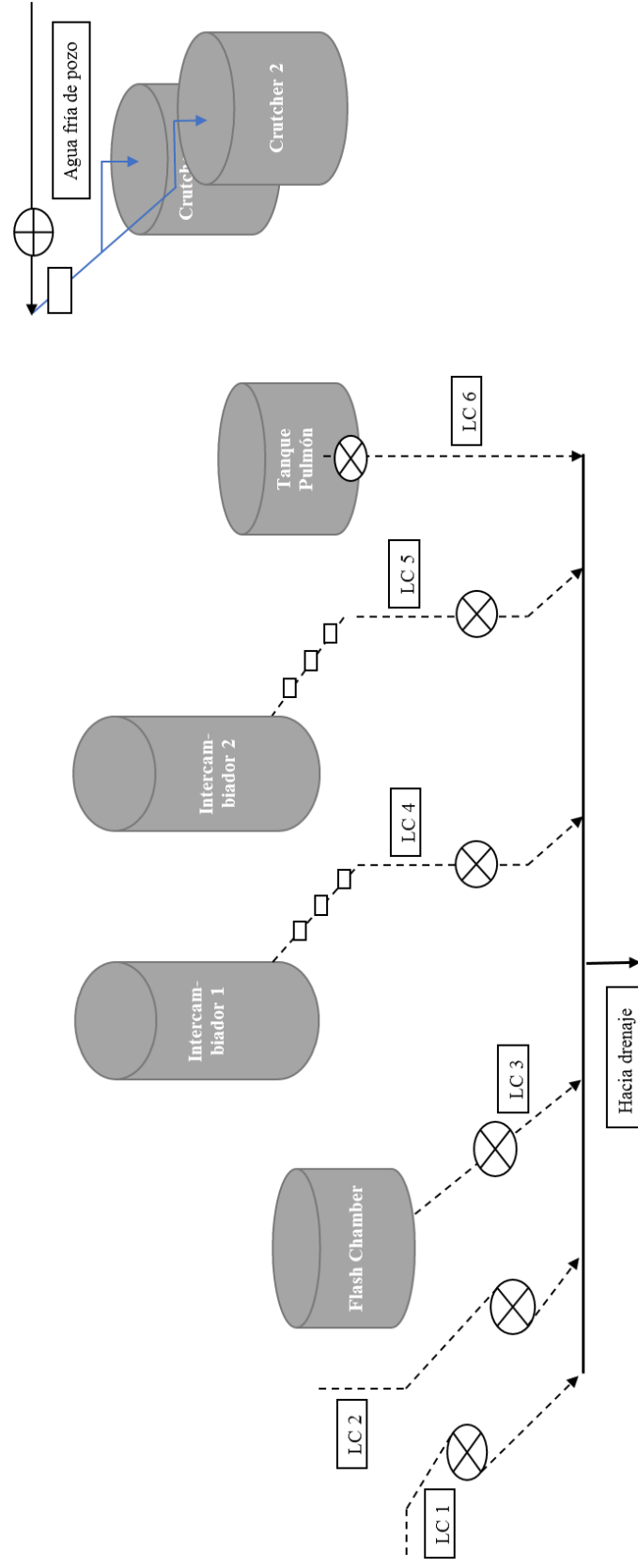


Diagrama 4: Croquis de Línea 1 después de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)

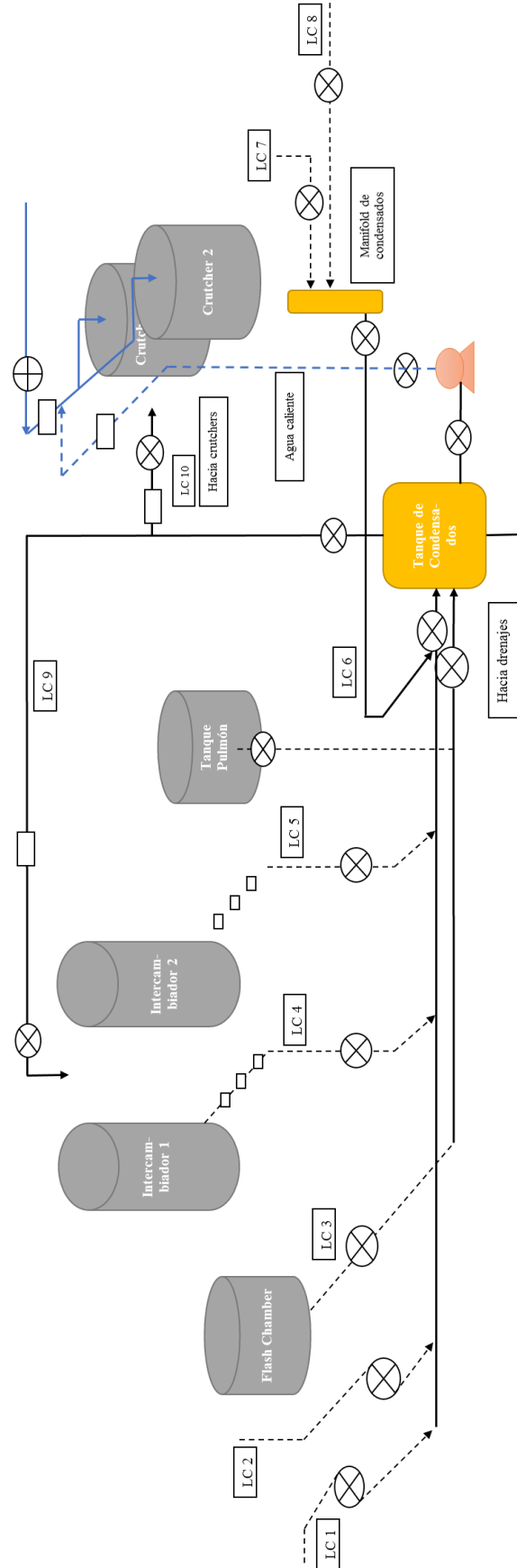


Diagrama 5: Croquis de Línea 6 antes de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)

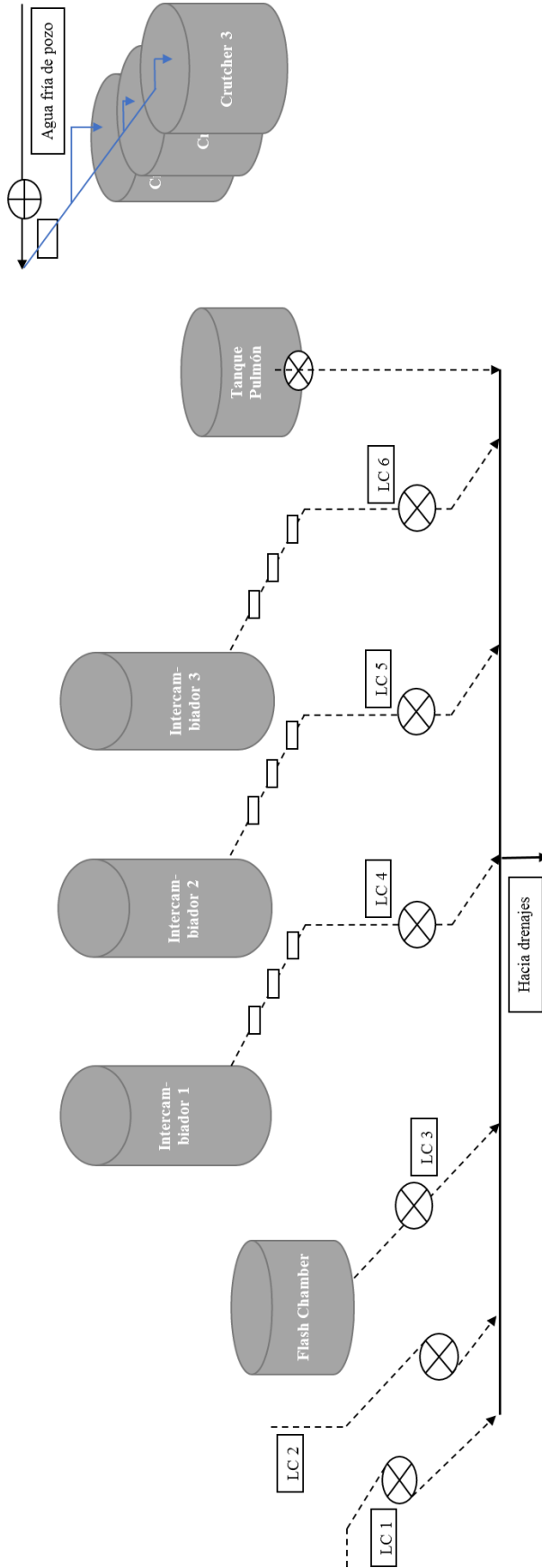


Diagrama 6: Croquis de Línea 6 después de la instalación del tanque de condensados (vista posterior)

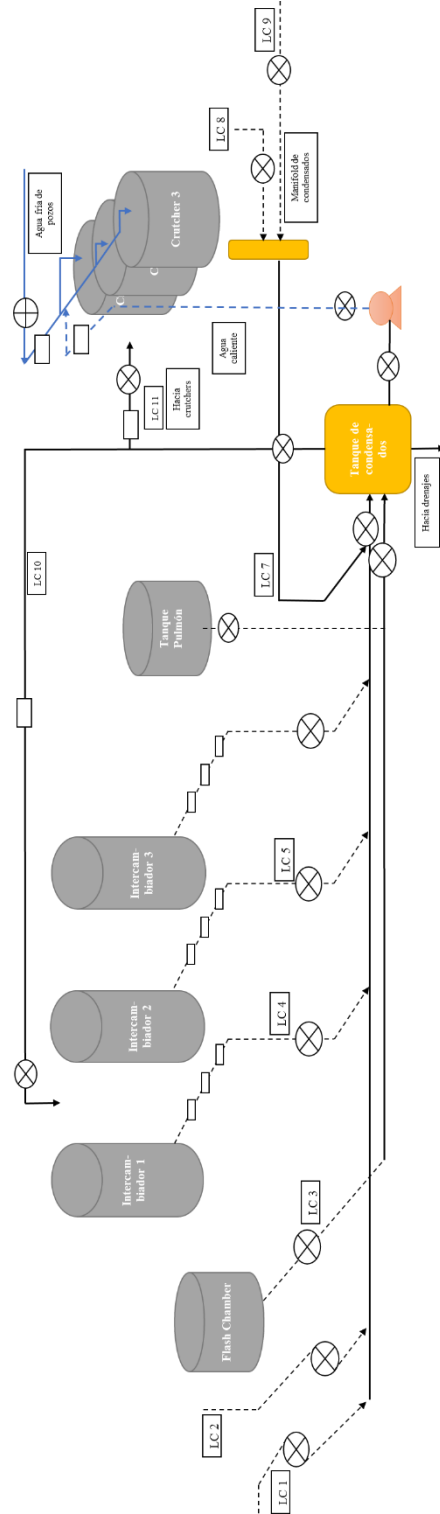

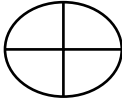


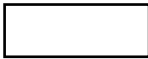






Tabla 14: Simbología de diagramas antes y después

	Válvula
	Válvula
	Motor eléctrico
	Lazo de control
	Accesorios varios
	Agua fría de pozo
	Agua del tanque de recuperación de condensados
	Tubería a colocar
	Tubería existente

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la primera prueba realizada en el sistema de inyección de condensado recuperado en el proceso de mezcla (únicamente se incluyó el que se recuperó en la primera etapa de carga de agua) mostró lo siguiente:

- Se redujo el tiempo de inyección de vapor a menos del 50% para alcanzar el delta de temperatura de la mezcla. En mezcla con las grasas a temperatura ambiente (como en la prueba), el tiempo de inyección de vapor varía entre 10 a 15 minutos. En esta ocasión, la inyección de vapor vivo fue de cuatro minutos, logrando una mejora sustancial arriba del 25% en ésta operación.
- El tiempo de saponificación promedio de la planta es de 50 minutos, éste se redujo alrededor que 15 minutos, con lo que se logró una mejora del 30% en el mismo, lo que incidirá directamente en el rendimiento y productividad de la planta.
- Se suministraron 70 kilogramos menos de soda cáustica de lo requerido normalmente sin afectar la calidad de la mezcla, esto debido a la alcalinidad del condensado; éste ahorro representa aproximadamente un 16% de esta materia prima, indispensable en el proceso, mejorando el índice de aprovechamiento de los recursos.

VIII. CONCLUSIONES

- Se tiene como resultado una interconexión eficiente de los accesorios y equipos adquiridos, ya que cumplen el objetivo principal, lo que garantiza que no habrá interferencia de tipo. Se recupera el condensado que se perdía en las trampas de vapor y se almacena en los nuevos tanques, evitando contaminar el área de calderas, lo que es el objetivo principal de éste proyecto.
- El costo de consumo de vapor es de Q 0.065 por libra suministrada.
- Teniendo la reutilización del condensado recuperado, lo cual sustenta la primera prueba, el ahorro mensual económico entre las dos líneas de producción del área de secado será de aproximadamente Q 31, 170.98, lo que conlleva a un ahorro anual de Q 374, 051.81.
- Con la reutilización de condensado también se logra un ahorro mensual de agua, entre las dos líneas de producción del área de secado será de aproximadamente 65, 195.49 galones de agua mensuales, haciendo un ahorro anual de 782, 345.98 galones de agua.
- Se obtiene un beneficio adicional, gracias a la alcalinidad del condensado recuperado se suministran 70 kilogramos menos de soda cáustica a la mezcla sin afectar la calidad de la misma.
- Se beneficia el área de mezclas al ahorrarse 15 minutos en saponificar cada batida, lo cual mejora la productividad del proceso.
- Se tiene un lugar más seguro en cuánto a cuidar la integridad de los colaboradores que frecuentan el lugar, al eliminarse el mantenimiento periódico de los distintos dispositivos y el vertido de líquidos sobre la superficie de la planta, factor causante de accidentes en el área de trabajo.

IX. RECOMENDACIONES

- Para una mejor eficiencia del proceso productivo, se recomienda cambiar de posición algunas válvulas, facilitando la operación de las mismas y consiguiendo además beneficiar aspectos de seguridad industrial tanto del personal operativo como de mantenimiento.
- Para mejorar aún más la eficiencia y seguridad, se pueden sustituir las válvulas por electroválvulas con lo que se garantiza una mejora en la funcionalidad del proceso, y si se instala una pantalla táctil para poder inyectar el condensado con mayor facilidad, logrará una respuesta más rápida ante cualquier eventualidad o variación inesperada del proceso productivo.
- Realizar una serie de pruebas adicionales y documentarlas para que sirvan de soporte estadístico que consoliden los resultados de la prueba inicial realizada y que garanticen los beneficios técnicos y económicos en la misma, así como realizar los ajustes necesarios para perfeccionar el sistema diseñado.
- Hacer las pruebas necesarias de calidad del producto que garantice que el condensado recuperado pueda ser utilizado también en la segunda etapa del proceso de mezclado y sin afectar los distintos niveles y estándares de calidad necesarios para la funcionalidad del producto final.

X. BIBLIOGRAFÍA Y EGRAFÍA

- Absorsistem, S.L. *Descripción de Calderas y Generadores de Vapor*. <http://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/descripci%C3%B3n-de-calderas-y-generadores-de-vapor> [27 de agosto de 2016]
- Adolfo, Néstor. *Poder Calorífico*. http://www.redproteger.com.ar/poder_calorifico.htm [27 de agosto de 2016]
- *Diccionario Enciclopédico Uno Color*. 2000. Oceano Grupo Editorial. Edición del Milenio.
- Pérez Porto, Julián. *Definición de Calor Específico*. <http://definicion.de/calor-especifico/> [28 de agosto de 2016]
- Pérez Porto, Julián. *Definición de Calor Latente*. [definiciohttp://definicion.de/calor-latente/n.de/calor-latente/](http://definicion.de/calor-latente/n.de/calor-latente/) [28 de agosto de 2016]
- Pérez Porto, Julián y Gardey, Ana. *Definición de Vapor*. <http://definicion.de/vapor/> [27 de agosto de 2016]
- Renedo, Carlos J. *Tablas de Termodinámica*. <http://personales.unican.es/renedoc/Trasperecias%20WEB/Trasp%20Termo%20y%20MF/00%20GRADOS/Tablas%20Termo.pdf> [28 de agosto de 2016]
- Steam Ingeniería, S.A. de C. V. *Retorno de Condensados*. <http://www.steamingenieria.mx/aplicaciones-vapor-retorno-condensados/retorno-de-condensados.html> [27 de agosto de 2016]
- Termodinámica FEEE. *Definición de Caldera*. <http://termoindustrial1ii132.blogspot.com/2013/06/definicion-de-caldera.html> [27 de agosto de 2016]

- TLV Compañía Especialista en Vapor. *Introducción al Condensado*. http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/introduction-to-condensate_recovery.html#toc_1 [28 de agosto de 2016]

- TLV Compañía Especialista en Vapor. *¿Qué es una Trampa de Vapor?* <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-a-steam-trap.html> [28 de agosto de 2016]

XI. ANEXOS

- ANEXO 1: Tabla de propiedades del agua saturada (líquido – vapor): Tabla de temperatura

Tabla 15: Tabla de propiedades del agua saturada (líquido – vapor): Tabla de temperatura

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de temperaturas

Temp, °C	Presión bar	Volumen específico		Energía interna		Entalpía			Entropía	
		m ³ / kg		kJ / kg		kJ / kg			kJ / kg K	
		Líquido sat, v _f x 10 ³	Vapor sat, v _g	Líquido sat, u _f	Vapor sat, u _g	Líquido sat, h _f	Vapor vaporiz, h _{fg}	Vapor sat, h _g	Líquido sat, s _f	Vapor sat, s _g
.01	0,00611	1,0002	206,136	0,00	2375,3	0,01	2501,3	2501,4	0,0000	9,1562
4	0,00813	1,0001	157,232	16,77	2380,9	16,78	2491,9	2508,7	0,0610	9,0514
5	0,00872	1,0001	147,120	20,97	2382,3	20,98	2489,6	2510,6	0,0761	9,0257
6	0,00935	1,0001	137,734	25,19	2383,6	25,20	2487,2	2512,4	0,0912	9,0003
8	0,01072	1,0002	120,917	33,59	2386,4	33,60	2482,5	2516,1	0,1212	8,9501
10	0,01228	1,0004	106,379	42,00	2389,2	42,01	2477,7	2519,8	0,1510	8,9008
11	0,01312	1,0004	99,857	46,20	2390,5	46,20	2475,4	2521,6	0,1658	8,8765
12	0,01402	1,0005	93,784	50,41	2391,9	50,41	2473,0	2523,4	0,1806	8,8524
13	0,01497	1,0007	88,124	54,60	2393,3	54,60	2470,7	2525,3	0,1953	8,8285
14	0,01598	1,0008	82,848	58,79	2394,7	58,80	2468,3	2527,1	0,2099	8,8048
15	0,01705	1,0009	77,926	62,99	2396,1	62,99	2465,9	2528,9	0,2245	8,7814
16	0,01818	1,0011	73,333	67,18	2397,4	67,19	2463,6	2530,8	0,2390	8,7582
17	0,01938	1,0012	69,044	71,38	2398,8	71,38	2461,2	2532,6	0,2535	8,7351
18	0,02064	1,0014	65,038	75,57	2400,2	75,58	2458,8	2534,4	0,2679	8,7123
19	0,02198	1,0016	61,293	79,76	2401,6	79,77	2456,5	2536,2	0,2823	8,6897
20	0,02339	1,0018	57,791	83,95	2402,9	83,96	2454,1	2538,1	0,2966	8,6672
21	0,02487	1,0020	54,514	88,14	2404,3	88,14	2451,8	2539,9	0,3109	8,6450
22	0,02645	1,0022	51,447	92,32	2405,7	92,33	2449,4	2541,7	0,3251	8,6229
23	0,02810	1,0024	48,574	96,51	2407,0	96,52	2447,0	2543,5	0,3393	8,6011
24	0,02985	1,0027	45,883	100,70	2408,4	100,70	2444,7	2545,4	0,3534	8,5794
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2409,8	104,89	2442,3	2547,2	0,3674	8,5580
26	0,03363	1,0032	40,994	109,06	2411,1	109,07	2439,9	2549,0	0,3814	8,5367
27	0,03567	1,0035	38,774	113,25	2412,5	113,25	2437,6	2550,8	0,3954	8,5156
28	0,03782	1,0037	36,690	117,42	2413,9	117,43	2435,2	2552,6	0,4093	8,4946
29	0,04008	1,0040	34,733	121,60	2415,2	121,61	2432,8	2554,5	0,4231	8,4739
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2416,6	125,79	2430,5	2556,3	0,4369	8,4533
31	0,04496	1,0046	31,165	129,96	2418,0	129,97	2428,1	2558,1	0,4507	8,4329
32	0,04759	1,0050	29,540	134,14	2419,3	134,15	2425,7	2559,9	0,4644	8,4127
33	0,05034	1,0053	28,011	138,32	2420,7	138,33	2423,4	2561,7	0,4781	8,3927
34	0,05324	1,0056	26,571	142,50	2422,0	142,50	2421,0	2563,5	0,4917	8,3728
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2423,4	146,68	2418,6	2565,3	0,5053	8,3531
36	0,05947	1,0063	23,940	150,85	2424,7	150,86	2416,2	2567,1	0,5188	8,3336
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2427,4	159,21	2411,5	2570,7	0,5458	8,2950
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	8,2570
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	8,1648
50	0,1235	1,0121	12,032	209,32	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	0,7038	8,0763
55	0,1576	1,0146	9,568	230,21	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	0,7679	7,9913
60	0,1994	1,0172	7,671	251,11	2456,6	251,13	2358,5	2609,6	0,8312	7,9096

Continuación tabla 15: Tabla de propiedades del agua saturada (líquido – vapor): Tabla de temperatura

Temp.	Presión	Volumen específico		Energía interna		Entalpía			Entropía	
		m ³ /kg		kJ/kg		kJ/kg			kJ/kg K	
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor vaporiz.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.
°C	bar	v _f x 10 ³	v _g	u _f	u _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _g
65	0,2503	1,0199	6,197	272,02	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	,8935	7,8310
70	0,3119	1,0228	5,042	292,95	2469,6	292,98	2333,8	2626,8	,9549	7,7553
75	0,3858	1,0259	4,131	313,90	2475,9	313,93	2321,4	2635,3	1,0155	7,6824
80	0,4739	1,0291	3,407	334,86	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	7,6122
85	0,5783	1,0325	2,828	355,84	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	7,5445
90	0,7014	1,0360	2,361	376,85	2494,5	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	7,4791
95	0,8455	1,0397	1,982	397,88	2500,6	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	7,4159
100	1,014	1,0435	1,673	418,94	2506,5	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	7,3549
110	1,433	1,0516	1,210	461,14	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	7,2387
120	1,985	1,0603	0,8919	503,50	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	7,1296
130	2,701	1,0697	0,6685	546,02	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	7,0269
140	3,613	1,0797	0,5089	588,74	2550,0	589,13	2144,7	2733,9	1,7391	6,9299
150	4,758	1,0905	0,3928	631,68	2559,5	632,20	2114,3	2746,5	1,8418	6,8379
160	6,178	1,1020	0,3071	674,86	2568,4	675,55	2082,6	2758,1	1,9427	6,7502
170	7,917	1,1143	0,2428	718,33	2576,5	719,21	2049,5	2768,7	2,0419	6,6663
180	10,02	1,1274	0,1941	762,09	2583,7	763,22	2015,0	2778,2	2,1396	6,5857
190	12,54	1,1414	0,1565	806,19	2590,0	807,62	1978,8	2786,4	2,2359	6,5079
200	15,54	1,1565	0,1274	850,65	2595,3	852,45	1940,7	2793,2	2,3309	6,4323
210	19,06	1,1726	0,1044	895,53	2599,5	897,76	1900,7	2798,5	2,4248	6,3585
220	23,18	1,1900	0,08619	940,87	2602,4	943,62	1858,5	2802,1	2,5178	6,2861
230	27,95	1,2088	0,07158	986,74	2603,9	990,12	1813,8	2804,0	2,6099	6,2146
240	33,44	1,2291	0,05976	1033,2	2604,0	1037,3	1766,5	2803,8	2,7015	6,1437
250	39,73	1,2512	0,05013	1080,4	2602,4	1085,4	1716,2	2801,5	2,7927	6,0730
260	46,88	1,2755	0,04221	1128,4	2599,0	1134,4	1662,5	2796,6	2,8838	6,0019
270	54,99	1,3023	0,03564	1177,4	2593,7	1184,5	1605,2	2789,7	2,9751	5,9301
280	64,12	1,3321	0,03017	1227,5	2586,1	1236,0	1543,6	2779,6	3,0668	5,8571
290	74,36	1,3656	0,02557	1278,9	2576,0	1289,1	1477,1	2766,2	3,1594	5,7821
300	85,81	1,4036	0,02167	1332,0	2563,0	1344,0	1404,9	2749,0	3,2534	5,7045
320	112,7	1,4988	0,01549	1444,6	2525,5	1461,5	1238,6	2700,1	3,4480	5,5362
340	145,9	1,6379	0,01080	1570,3	2464,6	1594,2	1027,9	2622,0	3,6594	5,3357

- ANEXO 2: Para aprovechar el condensado recuperado del área de secado, se utilizará en el proceso de preparación de mezclas, para disminuir el consumo de agua fría y vapor.

El ahorro anual en la línea 1 con un promedio de 18 cargas diarias y trabajando un promedio de 24 días al mes, se tiene que: (ver Tabla 16)

Tabla 16: Ahorro anual en Línea 1

VAPOR					
El consumo de vapor por batida es de 1, 656.6328 libras/batida					
1,183.3328	Libras/batida	473.3	libras	28.57	% ahorro/batida
30.76	Q/batida	553.76	Q/diarios	159,483.17	Q ahorro anual
AGUA					
Uso	792.38	Kg/batida	AHORRO POR BATIDA		
Se tira	645.41	Kg/batida	146.97	Kg/batida	18.55 %
Ahorro diario	2,645.37	Ahorro Mensual	63,4988.88	Ahorro Anual	761,866.56 KG

- ANEXO 3: El ahorro anual en la línea 6 con un promedio de 20 cargas diarias y trabajando un promedio de 24 días al mes, se tiene que: (ver Tabla 17)

Tabla 17: Ahorro anual en Línea 6

VAPOR					
El consumo de vapor por batida es de 2, 074.1947 libras/batida					
1,501.0947	Libras/batida	573.1	libras	27.63	% de ahorro/batida
37.25	Q/batida	745.03	Q/diarios	214,568.64	Q ahorro anual
AGUA					
Uso	902.88	Kg/batida	AHORRO POR BATIDA		
Se tira	521	Kg/batida	42.29	%	381.88 Kg/batida
Ahorro diario	7,637.50	Ahorro Mensual	183,300.00	Ahorro Anual	2,199,600.00 KG

XII. GLOSARIO

Álcali	Nombre dado anteriormente a los hidróxidos solubles en el agua.
Condensar	Convertir un vapor en líquido.
Crutcher	Depósito cilíndrico cuya función es saponificar y homogenizar la mezcla con las materias primas.
Entalpía	Función de estado cuya variación mide la cantidad de calor suministrada o cedida por un sistema cuando evoluciona a presión constante.
Microbalanza	Balanza para medir masas pequeñas con gran precisión.
Registro de fabricación	Documento interno donde describe la fórmula de cada jabón.
Troqueladora	Equipo mecánico construido por un troquel que tiene la forma, sello y dimensiones del jabón según la presentación requerida.
Saponificar	Convertir en jabón un cuerpo graso, por la combinación de los ácidos que contiene con un álcali u otros óxidos metálicos.
Termobalanza	Es una combinación de una microbalanza con un horno, un programador de temperatura y una computadora para el control, que le permite que una muestra sea calentada o enfriada midiendo su cambio de peso simultáneamente frente a la temperatura o el tiempo. Se utiliza para determinar el agua contenida (% de humedad) de una muestra.

Trampa de vapor

Son un tipo de válvula automática que filtra el condensado (es decir vapor condensado) y gases no condensables como lo es el aire esto sin dejar escapar al vapor.

Vapor

Fase o estado gaseoso de una sustancia que se alcanza a unas condiciones características de presión y temperatura.