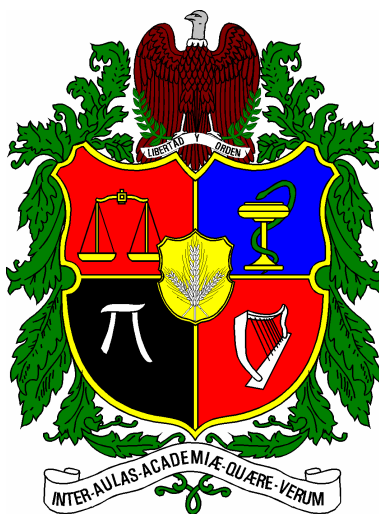


MEJORAMIENTO DEL EQUIPO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE RON
MEZCLA EN EL ÁREA DE ELABORACIÓN DE LICORES
INDUSTRIA LICORERA DE CALDAS



LILIANA MARÍA GUARÍN MENDOZA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA QUÍMICA
MANIZALES
2003

MEJORAMIENTO DEL EQUIPO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE RON
MEZCLA EN EL ÁREA DE ELABORACIÓN DE LICORES
INDUSTRIA LICORERA DE CALDAS

LILIANA MARÍA GUARÍN MENDOZA

Trabajo final para optar el título de
Ingeniero Químico

Director
RAMIRO BETANCOURT GRAJALES

Director Ad-hoc
MAGNOLIA ORREGO ARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA QUÍMICA

MANIZALES

2003

Nota de aceptación

Ramiro Betancourt Grajales
Director de tesis

Aneira Cuellar
Jurado

Luis Fernando Cortés
Jurado

Manizales, Noviembre 18 de 2003

A mis hijos
Alejandro y
Santiago, a mi
esposo, a mis padres
con todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a:

Ramiro Betancourt Grajales, Ingeniero Químico y Director de la tesis, por sus valiosas orientaciones.

Magnolia Orrego, Ingeniera Química, Coordinadora del Área de elaboración de Licores de la Industria Licorera de Caldas, Nicolás Chica, Ingeniero Químico por su constante motivación en este trabajo.

A mi amigo Jaime Alberto Gaviria, Ingeniero Químico, por su valiosa orientación.

A mi sobrino Marcelo, Ingeniero Industrial, por su colaboración.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS	2
2. PROCESO DE ELABORACION DEL RON EN LA ILC	3
2.1 Marmitas en la sección de elaboración de licores	3
2.2 Balance de materia y energía	5
2.3 Proceso de elaboración del ron	6
2.4 Descripción de la producción del ron	7
2.5 Materias primas para la elaboración de Ron-mezcla	11
3. LIXIVIACION	13
3.1 Temperatura de lixiviación	13
3.2 Métodos de operación y equipos	13
3.2.1 Operación en estado no estacionario	14
3.2.2 Operación en estado estacionario (continuo)	16
4. VAPOR DE PROCESO EN LA INDUSTRIA LICORERA DE CALDAS	18
5. TRAMPAS DE VAPOR	20
5.1 Introducción	20
5.2 Definición y tipos de trampas	20
5.2.1 Grupo mecánico	22
5.2.2 Grupo termodinámico	27
5.2.3 Grupo termostático	30
6. ANALISIS FISICOQUIMICO	36

6.1	Caracterización	36
6.2	Cálculo de las capacidades calorificas	38
7.	ANALISIS TERMICO DEL EQUIPO	41
7.1	Evaluación del equipo actual	41
7.1.1	Evaluación cualitativa	41
7.1.2	Evaluación cuantitativa	47
7.1.3	Eficiencia del equipo	60
7.1.4	Estudio de la estabilidad del equipo	61
8.	POSIBLES MEJORAMIENTOS	69
8.1	Alternativas	69
8.1.1	Cambio parcial	69
8.1.1.1	Propuesta económica del cambio parcial	70
8.1.1.2	Ventajas del cambio parcial	72
8.1.1.3	Desventajas del cambio parcial	73
8.1.2	Cambio total	73
8.1.2.1	Propuesta del cambio total	74
8.1.2.2	Ventajas del cambio total	76
8.1.2.3	Desventajas del cambio total	77
9.	DISEÑO DE LA MEJOR OPCION	78
10.	CONCLUSIONES	88
11.	BIBLIOGRAFIA	89

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Caracterización de materias primas	31
Tabla 2. Caracterización de Residuos	31
Tabla 3. Caracterización de Ron-mezcla	32
Tabla 4. Volumen de Ron-mezcla obtenido en cada lixiviación	67

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. a) Esfera hueca, b) Orificio de drenaje y c) Trampa de flotador libre	24
Figura 2. a) Trampa termodinámica en corte, b) disco	26
Figura 3. Trampa Termodinámica	28
Figura 4. Diferentes modelos de Trampas Termostaticas	29
Figura 5. Tamiz con el sistema de evacuación de sólidos	37
Figura 6. Tubería	38
Figura 7. Serpentín con el que la marmita trabaja en la actualidad	39
Figura 8. Parte inferior de la marmita	40

RESUMEN

En la Industria Licorera de Caldas se produce en la sección de Elaboración de Licores una lixiviación en proporciones debidamente establecidas con algarrobo, uvas pasas y agua como materias primas. El producto de esta lixiviación es llamado Ron-mezcla y corresponde al 25% del Ron viejo de Caldas. Este cocimiento se prepara en unas marmitas, alimentadas con vapor de agua, la cual no tiene control de temperatura ni de presión ya que los medidores se encuentran dañados, tampoco se tiene un dato exacto del consumo de vapor que utiliza actualmente. Las marmitas en las que se lleva a cabo el cocimiento están muy deterioradas, presentándose entonces pérdidas de calor y también se presenta evaporación del producto final obteniéndose así grandes pérdidas.

Debido a todo lo anterior surgió la necesidad de hacer un estudio del proceso, de calcular su eficiencia y así saber con certeza que clase de cambios se recomienda; o si por el contrario se debe realizar un cambio total. Se analizó También la posibilidad de adquirir un calderín, para abastecer de vapor este proceso ya que la caldera (pirotubular) que trabaja actualmente en ello, en muchas ocasiones requiere prenderse únicamente para hacer esta lixiviación.

Para elegir la mejor opción se estudiaron las ventajas, desventajas y costos de cada una, para finalmente llegar a la más viable y conveniente para la Empresa.

REVIEW

In the licore Industry of Caldas it produces in the elaboration section of liquors a lixiviation in proportions well established with algarrobo, grapes and water as first resources. The product of this lixiviation is called nixed-ron and belongs to the 25% of the old Caldas ron. This knowleged is prepared in marmits feed in water vapor, which it dosen't have control of temperature or pressure, that's because it this the meditores brored, also it dosen't have an exactly number of consume of vapor that usesactually. The marmits cuho carries the knowledge are broken, given thin loots of heat anglit evaporates the final prowed so it loose in great ways.

By all that, it surges the necessity to study the process, to calculate the eficiencie and to know what changes it recominds; or loy the way it needs to be a total change. It also has the possibility to acuare a "calderin" to stablish vapor to this process.

To choose the best option they were studied the vantages, disventajas and cost of each one, to finally reach the most avealyble and convivien to the company.

INTRODUCCION

La Industria licorera de Caldas en su área de elaboración de licores venia estudiando la posibilidad de cambiar las marmitas de producción de Ron-mezcla por otras más modernas y eficientes, debido a que las actuales se encuentran en muy mal estado.

Se intentó mejorar el proceso y buscar opciones que hicieran más moderno y eficiente el equipo, mediante la implementación de medidores de presión y de temperatura y de la economía en las pérdidas de vapor.

Para elaborar dicho proyecto, se requirió trabajar tanto con balances de materia y energía como con transferencia de calor, los cuales dieron las pautas para elegir la propuesta más viable para mejorar y modernizar el proceso.

Los beneficios directos de este proyecto se esperan sean reflejados en la producción del ron viejo de Caldas en la Industria Licorera de Caldas.

1. OBJETIVOS

GENERALES

- Proponer un nuevo diseño para el mejoramiento de la eficiencia del proceso de ron mezcla en la Industria Licorera de Caldas.

ESPECIFICOS

- Evaluar la eficiencia del equipo actual.
- Plantear posibles mejoramientos.
- Evaluación económica de cada mejora.
- Diseño de la mejor opción.

2. PROCESO DE ELABORACION DEL RON INDUSTRIA LICORERA DE CALDAS

2.1 MARMITAS EN LA SECCIÓN DE ELABORACIÓN DE LICORES.

En la sección de Elaboración de Licores el vapor se encarga de calentar tres marmitas, cuyo contenido es:

- ❖ 6000 lt de agua
- ❖ 720 kg de algarrobo
- ❖ 960 kg de uva pasa

El contenido de cada marmita está dado por las siguientes proporciones:

- ❖ Agua: 2000 lt
- ❖ Algarrobo: 240 kg
- ❖ Uva pasa: 320 kg

Cada marmita se alimenta con agua, algarrobo y uvas pasas en las proporciones mencionadas anteriormente y se lleva a cabo un proceso de calentamiento continuo durante 5 horas.

Al final de la cocción se separa la parte sólida de la mezcla, quedando dentro de la marmita la parte líquida. Este líquido sale por el fondo hacia un tanque, de allí es bombeado a otro tanque, de almacenamiento, previo paso de un intercambiador de placas para enfriarlo. A continuación se prepara una solución de este líquido con alcohol y agua para disminuir el grado alcohólico de 95°GL a 50°GL, solución que es conducida a los toneles de añejamiento de roble y que se convierte en el llamado Ron-mezcla.

El calor necesario para cocer esta mezcla, es suministrado a partir de vapor saturado que pasa por un serpentín, ubicado en el fondo de la marmita. El suministro de vapor a este proceso representa para la Empresa un costo muy alto debido a que en muchas ocasiones se debe prender la caldera sólo para abastecer este proceso.

El vapor proviene de una caldera de media presión (Caldera pirotubular) que utiliza como combustible gas natural, y que además se aprovecha el vapor de salida, de baja presión en los servicios de esta marmita en la sección de Elaboración de Licores.

Se cree que la razón por la cual se tienen pérdidas de vapor se debe en gran parte a que la línea presenta muchos inconvenientes en toda su trayectoria

(filtraciones de vapor, desgaste en algunas partes), trayectoria que además es muy larga. Las calderas que abastecen de calor a este proceso se encuentran en el área de destilación, la cual está demasiado retirada del área de elaboración de licores (aproximadamente 240 m).

2.2 BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Con el propósito de evaluar el consumo de vapor en la sección de elaboración de licores, se plantean balances de materia y de energía, dividiéndolo en dos partes, así:

1. Calor necesario para el calentamiento de toda la masa, incluyendo también las partes de cobre como son; la marmita como tal y una canasta (tamiz) hacia el interior de la misma, y en la cual se carga la masa sólida (algarrobo y uva pasa), para hacer la lixiviación con agua.

Considerando lo anterior se tiene la siguiente masa a calentar:

- Agua
- Algarrobo
- Uva pasa
- Partes de cobre

Este calentamiento inicial se hace de una temperatura de 20 °C a 120°C dura aproximadamente 50 minutos, e implica el mayor requerimiento de calor.

2. Calor necesario para mantener toda la masa, incluyendo las partes de cobre, a una temperatura de 120°C. Este calentamiento se lleva a cabo durante 300 minutos.^[5]

2.3 PROCESO DE ELABORACION DEL RON

El ron es una bebida alcohólica que se obtiene por destilación de diversos productos fermentados de la caña de azúcar. Las materias primas más utilizadas para su elaboración son las de melazas y agua o azúcar y agua. Otro tipo de ron se obtiene fermentando una mezcla de la espuma que se forma al calentar el jugo puro de azúcar de caña con melaza, agua y el residuo que queda tras el refinado del azúcar. Una vez destilado, el ron es una bebida de color blanco cuyo contenido alcohólico varía entre 40% a 75% de alcohol. Los rones oscuros se fabrican añadiendo al licor una pequeña cantidad de caramelo o envejeciéndolo en barriles especiales de madera que finalmente le dan el gusto y el aroma característicos. Su sabor se debe al butirato de etilo, un éster orgánico. La mayor parte del ron para la exportación se elabora en Barbados, Trinidad y Tobago, Jamaica, Cuba y Puerto Rico.^[3]

En La Industria Licorera de Caldas el ron se fabrica del alcohol Tafias, que es un alcohol de características diferentes a los demás, posee entre el 93% y 95% volumen; es utilizado para la elaboración de los rones, gracias a dichas características que posee. La graduación alcohólica final debe ser mínima de 35° alcoholimétricos. También se puede obtener por mezclas de rones.^[3]

2.3.1 Rones producidos por la Industria Licorera de Caldas

La lixiviación hecha en las marmitas sirve como materia prima para los diferentes rones que se producen en la empresa. Entre ellos se tienen:

- ❖ **Ron joven:** Ron que se somete a un proceso de maduración de mínimo seis meses.
- ❖ **Ron añejo o viejo:** Ron que se somete a un proceso de maduración mínimo de tres años.
- ❖ **Ron muy añejo, extranjero o extraviejo:** Ron que se ha sometido a un proceso de maduración mínimo de cinco años.
- ❖ **Ron Viejo de Caldas:** Es una bebida con características de sabor y aroma especiales, que denotan su origen de caña y el proceso de añejamiento al cual se somete, con graduación alcohólica de 35.5% alc/vol para distribución nacional y 40% vol para exportación.

- ❖ **Tiempo de maduración:** Número de meses o años cumplidos a partir de la fecha en que se inicio la maduración.

2.4 DESCRIPCION DE LA PRODUCCION DEL RON EN LA INDUSTRIA LICORERA DE CALDAS

Las siguientes son las etapas que se llevan a cabo para la producción del ron:

- ❖ **Lixiviación:** Es el proceso químico mediante el cual se separa una sustancia soluble contenida en un compuesto insoluble, por tratamiento con el disolvente apropiado.

En la Industria licorera de Caldas esta operación se lleva a cabo en marmitas, en las cuales se introduce el algarrobo y las uvas pasas (dentro de una tolva perforada), la temperatura de proceso es de 120°C, se trabaja con una presión de 40 psi y se deja ebulir durante 5 horas.

- ❖ **Enfriamiento:** La mezcla que sale de la marmita llamado Ron-mezcla es enfriada con la ayuda de un intercambiador de placas, el cual baja la temperatura de 80°C hasta unos 30°C.

- ❖ **Mezcla con alcohol rectificado:** El líquido saliente del intercambiador de

calor es mezclado con alcohol tafias. Este mezclado se realiza en un tanque de aproximadamente 20.000 L de capacidad.

❖ **Adición de agua:** La adición del agua suavizada se realiza con el fin de bajar la mezcla anterior hasta aproximadamente 50° Gay lussac.

❖ **Sedimentación:** La sedimentación es el procedimiento de separación y selección de materias sólidas, según el tamaño de sus granos, mediante el empleo de líquidos. Luego de la adición del agua suavizada, la mezcla es llevada a las cavas de añejamiento con el fin de dejar reposar mas no de añejar, este reposo dura entre 2 y 3 meses. Esta operación se lleva a cabo en toneles de roble de aproximadamente 10.000 L de capacidad.

❖ **Filtración:** La filtración es realizada en un filtro de arena el cual esta compuesto de varias capas, que van desde grava (la fase más gruesa) hasta arena (la capa más fina), aquí se busca seguir eliminando sólidos suspendidos en la mezcla.

❖ **Mezcla:** En el tanque de mezclado se introduce:

- ❖ Ron- mezcla (50° Gay lussac)
- ❖ Tafias de añejamiento (70° Gay lussac)

- ❖ Caramelo
- ❖ Agua suavizada

El mezclado se hace por medio de una hélice axial, la mezcla final queda con 35° Gay lussac.

❖ **Añejamiento:** El añejamiento se realiza en toneles de roble ubicados en Unas cavas de añejamiento que no son mas que bodegas oscuras y húmedas. El roble es originario de Francia y se utiliza para la fabricación de los toneles porque dan al licor un sabor y aroma supremo (también conocido como Bouquet).

❖ **Filtración:** La segunda filtración se lleva a cabo en filtros de placas. Las placas son elaboradas en material de celulosa, lo cual según la empresa confiere al producto un brillo especial.

❖ **Envasado:** El envasado se realiza por medio de cinco líneas de envasado.

Para la recepción de los envases existe una empaletadora, máquina que por medio de la succión transporta gran cantidad de envases hasta la zona del envasado.

2.5 MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACION DEL RON- MEZCLA

2.5.1 Algarrobo

Nombre común de un árbol de 15m de altura y follaje perenne. Tiene hojas de color verde oscuro y flores pequeñas, rojas y apétalas. El fruto es una vaina coriácea de color castaño oscuro de 10 a 30 cm de longitud que contiene una pulpa gomosa de sabor dulce y agradable que rodea las semillas. Las vainas son comestibles y se usan como forraje. Las semillas, de tamaño y peso notoriamente uniformes, fueron al parecer el patrón original del quilate, la unidad de peso utilizada en joyería. El algarrobo es originario de la región mediterránea, pero se cultiva también en otras zonas cálidas.

Clasificación científica: El algarrobo pertenece a la subfamilia Cesalpinioídeas (Caesalpinioideae) de la familia de las Leguminosas (Leguminosae). Es la especie *Ceratonia siliqua*.^[10]

2.5.2 Uva pasa

Las más apreciadas son las obtenidas a partir de variedades sin semillas, de acidez baja y ricas en azúcares. Las variedades europeas se consideran superiores a las del este estadounidense para elaborar vinos de mesa, como frutos de postre y de mesa y para elaborar pasas, mientras que las variedades norteamericanas se prefieren para jugos y jaleas.^[11]

3. LIXIVIACION.

Se tendrán en cuenta algunos puntos para conocer un poco más de la lixiviación que se realiza en las marmitas.

3.1 TEMPERATURA DE LIXIVIACIÓN:

Generalmente es preferible lixiviar a la más alta temperatura posible. Las temperaturas más elevadas dan lugar a una mayor solubilidad del soluto en el solvente y, en consecuencia, es posible lograr concentraciones más altas en el lixiviado. Es menor la viscosidad del líquido y mayores las difusividades a temperaturas más altas, lo que conduce a incrementar los regímenes de lixiviación. En el caso de algunos productos, las temperaturas demasiado altas pueden conducir a lixiviar cantidades excesivas de solutos indeseables o al deterioro químico del sólido.^[4]

3.2 METODOS DE OPERACION Y EQUIPOS:

Las operaciones de lixiviación se llevan a cabo tanto en condiciones discontinuas y semicontinuas (estado no estacionario) como también en condiciones continuas

(estado estacionario). En cada categoría se encuentran tipos de equipos en etapas y de contacto continuo. Se utilizan principalmente dos técnicas de manejo: el rociado o goteo del líquido sobre el sólido y la completa inmersión del sólido en el líquido. La selección del equipo a emplear depende, en cualquier caso, de la forma física de los sólidos y de las dificultades y costo de su manejo.^[4]

3.2.1 Operación en estado no estacionario:

Las operaciones en estado no estacionario incluyen aquellas en que los sólidos y líquidos se ponen en contacto de manera puramente discontinua, también aquellas en que una partida del sólido se pone en contacto con una corriente del líquido que fluye continuamente (método semicontinuo). Las partículas gruesas de los sólidos generalmente se tratan en lechos fijos por medio de los métodos de percolación; mientras que los sólidos finamente divididos, que pueden mantenerse con más facilidad en suspensión, pueden dispersarse a través del líquido con ayuda de algún tipo de agitador.

Algunos equipos que se podrían utilizar en la lixiviación que se realiza en las marmitas:

- ❖ **Tanques de precolación:** Se pueden lixiviar convenientemente los sólidos de tamaño intermedio con métodos de percolación en tanques abiertos.

- ❖ **Percolación en recipientes cerrados:** Cuando la caída de presión para el fluido de líquido es demasiado alta para que fluya por gravedad, deben utilizarse recipientes cerrados, bombeando el líquido a través del lecho de sólido. También son necesario tanques cerrados para prevenir las pérdidas por evaporación cuando el solvente es muy volátil o cuando se deseen temperaturas por arriba del punto normal de ebullición del solvente.

- ❖ **Filtro prensa para lixiviación:** Los sólidos finamente divididos, demasiado finos para su tratamiento por percolación en tanques relativamente profundos, pueden filtrarse y lixiviarse en el filtro prensa bombeando el solvente a través de la torta prensada.

- ❖ **Recipientes con agitadores:** Canalizando el solvente en percolación o en filtro prensa para lixiviación de lechos fijos, puede evitarse su consecuentemente baja e incompleta lixiviación agitando el líquido y el sólido en los recipientes lixivadores. Para sólidos gruesos, se han

proyectado muchos tipos de recipientes con agitadores. En tales casos los recipientes cilíndricos cerrados se disponen verticalmente y se montan con agitadores o paletas de una unidad impulsora con ejes verticales, al final de la operación. En otros, los recipientes son horizontales, con el agitador dispuesto en un eje horizontal.

3.2.2 Operación en estado estacionario (continua).

Los equipos para operaciones continuas en estado estacionario pueden en general clasificarse en dos grandes categorías, según sea su operación en etapas o con contacto continuo. A veces se puede montar el equipo en etapas o con contacto continuo.

- ❖ Lixiviación durante la molienda: Para muchos sólidos es necesaria la molienda, para que las porciones solubles sean accesibles a los solventes de lixiviación; y si se ejecuta una molienda húmeda continua, puede al mismo tiempo llevarse cierta lixiviación.

- ❖ Recipientes con agitador: Los sólidos molidos finamente, que por medio de la agitación pueden fácilmente quedar en suspensión en los

líquidos, pueden lixiviar de modo continuo en cualquiera de los tipos de tanques o recipientes con agitador. Pueden éstos disponerse para el flujo continuo del líquido y del sólido dentro y fuera del tanque debiéndoselos proyectar cuidadosamente, a fin de que no se produzca una acumulación del sólido. En razón de que comúnmente se obtiene una mezcla completa, estos dispositivos son de una sola etapa en su acción, tendiendo el líquido y el sólido hacia el equilibrio en el interior del recipiente.

Pueden utilizarse recipientes con agitación mecánica, para los cuales el más adecuado es probablemente el agitador tipo turbina.

4. VAPOR DE PROCESO EN LA INDUSTRIA LICORERA DE CALDAS.

El vapor de agua es el fluido de transporte de calor que más se utiliza puesto que se trata de una sustancia no tóxica, es una de las sustancias naturales más abundantes y supera a los demás fluidos en cuanto a su disponibilidad, estabilidad, bajo costo, capacidad elevada de transporte de calor y seguridad.

La Industria Licorera de Caldas ve justificada la operación de un generador eléctrico en este aspecto y así poniendo en marcha una caldera de alta presión (caldera acuotubular) y además se aprovecha el vapor de salida, de baja presión en los servicios de la destilería.

Otro tipo de vapor, generado en las calderas pirotubulares (vapor de baja presión), cumple otras funciones dentro del proyecto y apoya las demás funciones cuando no está operando el generador y por consiguiente, la caldera acuotubular deja de producir vapor de alta presión en su parada.

En la industria de proceso químico el primer paso es calcular la cantidad de materia prima requerida para obtener una cantidad de producto, y de esta manera buscar la optimización del proceso.

El balance de materia es el método que permite determinar las cantidades requeridas y presentes en todo el proceso o en cualquier punto del mismo. El balance de materia es el cómputo de las cantidades de sustancia que entran, salen, se acumulan o se transforman en una operación industrial.

En conjunto, los balances de materia y energía corresponden a la aplicación del principio de la conservación de la materia y de la energía o primera ley de la termodinámica, principios que se tuvieron en cuenta en el desarrollo del presente trabajo.

La Industria Licorera de Caldas dispone de una sala de generación que consta de tres calderas a saber, una acuotubular de alta presión y dos pirotubulares de media presión las cuales proveen de calefacción a todos los servicios de la empresa. La caldera acuotubular esta destinada fundamentalmente a la producción de gran parte de la energía eléctrica que requiere la planta así:

1. Transformación de la energía del combustible en calor.
2. Transformación de la energía potencial del vapor
3. Transformación de la energía potencial del vapor en energía mecánica
4. Transformación de la energía mecánica en energía eléctrica.

5. TRAMPAS DE VAPOR

5.1 Introducción

Tan pronto como el vapor deja la caldera empieza a ceder parte de su energía a cualquier superficie de menor temperatura. Al hacer esto, parte del vapor se condensa convirtiéndose en agua, prácticamente a la misma temperatura.

Las ventajas de utilizar trampas son: economizar grandes cantidades del combustible requerido para calentar las inmensas cantidades de agua lo que conlleva a un ahorro en los costos no despreciable.^[12]

5.2 Definición y tipos de trampas.

Una trampa para vapor es un dispositivo que permite eliminar: condensado, aire y otros gases no condensables, además de prevenir pérdidas de vapor.

Funciones de las trampas de vapor:

Eliminación de condensado: El condensado debe pasar siempre, rápido y completamente a través de la trampa para vapor para obtener un mejor aprovechamiento de la energía térmica del vapor.

Eliminación de aire y otros gases no condensables: El aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Además, se debe tener presente que el O₂ y el CO₂ causan corrosión.

Prevención de pérdidas de vapor: No deben permitir el paso de vapor sino hasta que éste ceda la mayor parte de energía que contiene, también las pérdidas de vapor deben ser mínimas mientras la trampa libera vapor condensado, aire y gases incondensables.

Se mostrarán varios tipos de trampas de vapor que tiene la línea existente, las cuales darán pautas para saber si son las adecuadas, o si por el contrario se necesitan otras diferentes.

5.2.1 Grupo mecánico:

Las trampas de vapor del tipo mecánico trabajan con la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado.

Estas trampas trabajan mediante un flotador, el cual hace de válvula, en la que, cuando se acumula condensado ésta se abre descargándolo.

Cuando está cerrada, comienza nuevamente el ciclo llenándose de vapor para luego comenzar nuevamente.

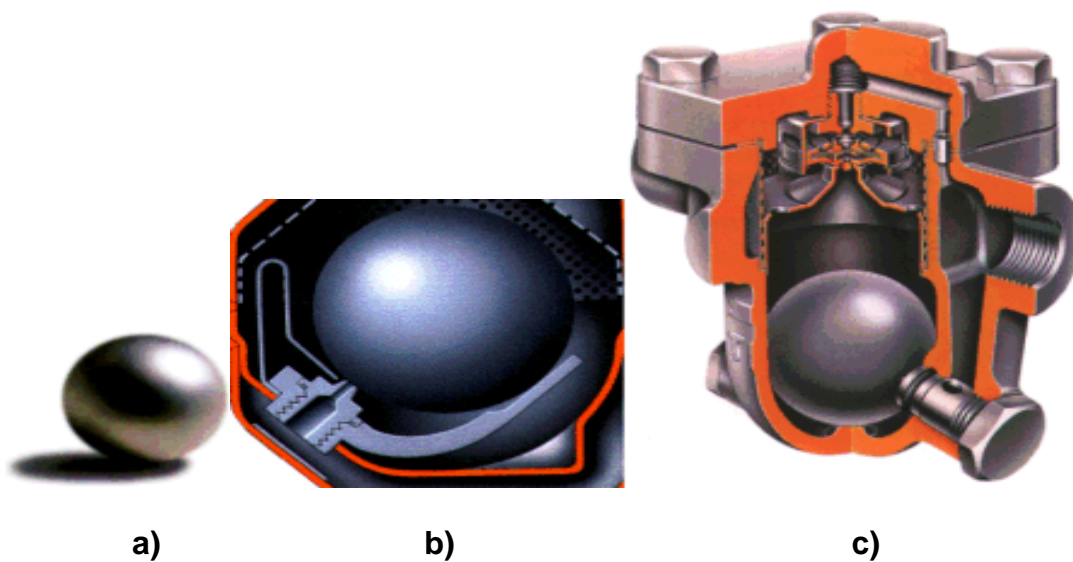
Entre las trampas de este tipo tenemos:

❖ **Trampa de flotador libre:** Este tipo de trampa consta de una esfera hueca (flotador), en la que al ingresar el flujo de vapor, ésta se mantiene apoyada en un asiento. Cuando el vapor comienza a condensar, el nivel de agua hace subir a la esfera dejando libre el orificio de drenaje figura 1.

Una vez que el condensado disminuye, la esfera, que hace de válvula, retorna paulatinamente a su posición (en el asiento), tapando el orificio de salida causando así la mínima pérdida de vapor. Luego, el nuevo ciclo hará lo mismo, así que entonces el drenado es continuo.

Debido a que estas trampas no poseen partes mecánicas es muy poco probable que falle, luego mantenimiento es prácticamente nulo.

De la figura 1 se puede apreciar que la esfera flotadora es bastante grande en comparación con el orificio de drenaje, lo cual hace que sea difícil tener un buen asiento.



Figuras 1. a) Esfera hueca, b) Orificio de drenaje y c) Trampa de flotador libre

❖ **Trampa de flotador y palanca:** Este es un tipo muy parecido al mencionado anteriormente, donde entra el vapor al cuerpo de la trampa y al comenzar a condensar hace subir una esfera flotante; la diferencia con el anterior es que ahora la esfera está conectada a una palanca, la que a su vez está conectada con la válvula de salida o drenaje.

Así, cuando el nivel del condensado empieza a subir también lo hace la válvula de salida, la que gradualmente descargará el condensado.

Al igual que la trampa de flotador libre ésta mantiene una descarga continua del condensado.

Una vez terminada la descarga, el flotador baja y nuevamente se acomoda sobre un asiento, impidiendo así el escape del vapor.

Uno de los inconvenientes de la trampa de flotador y palanca, al igual que la trampa de flotador libre es que en ambas el aire que se mantiene dentro de la trampa no puede salir por la válvula de drenaje, por esto a veces se instala una válvula de escape del aire y gases no condensables en la parte superior de la trampa.

Entre algunas ventajas de este tipo de trampa el drenado puede ir del mínimo al máximo de condensado con igual eficiencia sin verse afectado por los grandes cambios de presión.

Existe una variedad de ésta trampa, en vez de llevar una válvula manual que descargue el aire y gas no condensable posee una válvula automática (eliminador termostático de aire), la cual posee un elemento termostático que se dilata o contrae según la temperatura del fluido; se dilata y cierra el orificio de salida cuando el vapor llega, y se contrae y abre una vez que se ha producido el condensado. Luego cuando tenga aire nuevamente, éste ira a la parte superior y automáticamente se descargará.

5.2.2 Grupo termodinámico:

Este tipo de trampas de vapor opera con el principio de diferencia entre flujo de vapor sobre la superficie comparado con el flujo del condensado. Al entrar el vapor este viene con una velocidad mayor y el disco que se usa como válvula se cierra, se abre al presentarse la baja velocidad del condensado (figura 2).

Su funcionamiento es relativamente simple, ya que en su interior solo poseen una sola pieza en movimiento, un disco flotante.

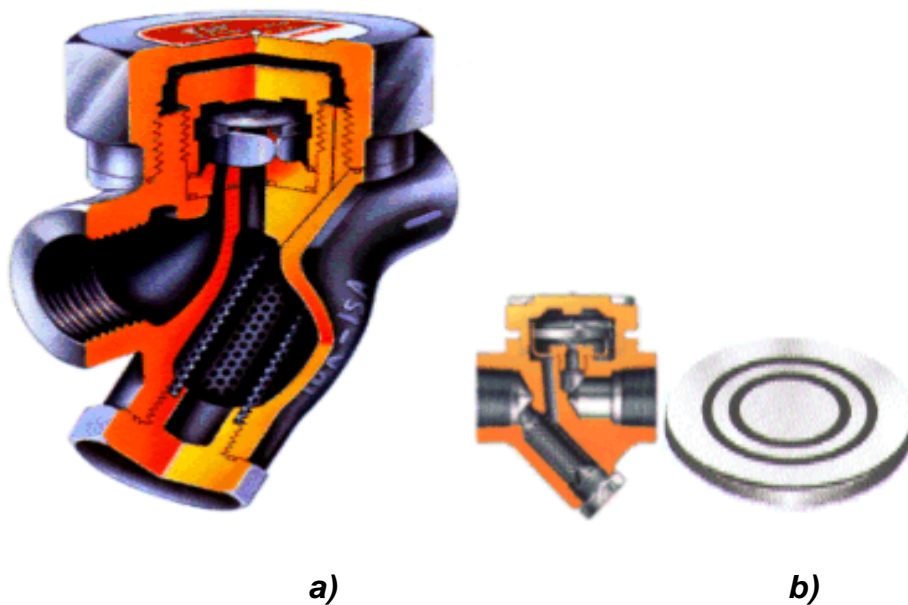


Figura 2. a) Trampa termodinámica en corte, b) disco

En el comienzo, la presión del condensado y/o aire levanta el disco de su asiento. El flujo es radial debajo del disco, hacia la salida. La descarga prosigue hasta que el condensado se acerca a la temperatura del vapor.

Un chorro de vapor “flash” reduce la presión debajo del disco y al mismo tiempo por recompresion, origina presión en la cámara de control encima del disco, esto empuja a este último contra su asiento, asegurando un cierre perfecto, sin perdida de vapor.

Luego, al acumularse condensado, se reduce el calor en la cámara de control, conforme se va condensando el vapor bloqueado en la cámara la presión se reduce. El disco es levantado por la presión de entrada y se descarga el condensado. Estas trampas tienen una gran cantidad de descarga en comparación con su tamaño, ya que son ligeras, simples y compactas. Además debido a que la única parte en movimiento es el disco, es posible hacer un mantenimiento fácil (figuras 2 y 3). [12]

5.2.3 Grupo termostático:

Estas trampas operan mediante un sensor de temperatura, el que identifica la temperatura del vapor y del condensado. Como el vapor se condensa adquiere una temperatura menor a la del vapor, cuando ésta temperatura del condensado llega a un valor específico, la trampa abrirá para drenar el condensado (figura 3.)

Entre algunas de este tipo tenemos:

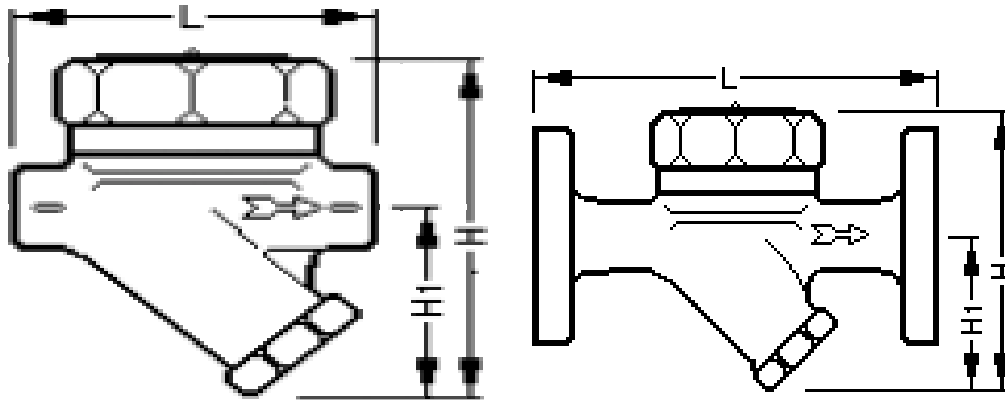


Figura 3. Trampa Termodinámica marca Armstrong.

- ❖ **Trampa tipo bimetalico:** El funcionamiento de esta trampa es simple, al igual que las anteriores, pero antes de entrar en lo que es el funcionamiento tal de la trampa, veremos lo que es llamado bimetálico.

Entonces el funcionamiento de las trampas bimetalicas es el siguiente: la trampa está abierta en su totalidad en el arranque, donde descargará el aire y el condensado que se encuentre al interior del cuerpo ya que la temperatura de éste es menor que la del condensado (figura 4).



Figura 4. Diferentes modelos de Trampas Termostáticas marca Armstrong.

6. ANALISIS FISICOQUIMICO

La Industria Licorera de Caldas, no cuenta con una caracterización detallada de las materias primas que se utilizan en el Area de Elaboración de Licores para el cocimiento de Ron- mezcla, por eso se decidió hacer un análisis tanto de uva pasa como de algarrobo. Se analizaron muestras antes y después de hacerse la lixiviación.

6.1 Caracterización.

❖ Materias primas.

Para hacer la caracterización, se utilizaron muestras de las materias primas con las cuales se trabajó la alimentación al proceso durante el mes de abril del año en curso.

Los resultados en el laboratorio fueron los siguientes:

Tabla N°1. Caracterización de materias primas

	UVA PASA	ALGARROBO
Acidez	6.1mg ácido/g	8.21mg ácido/g
Humedad	31.35%	30.5%
Proteína	8.77%	26.36 %
Grasa	0.67%	1.12%
Azúcar	57.85%	41.54%
Cenizas	1.36%	0.48%

❖ Residuos.

Se analizó el contenido de azúcar y acidez en las muestras obtenidas después de la extracción en el mes de abril.

El rango de los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tabla N°2. Caracterización de Residuos.

		RANGO
UVA PASA	Azúcar	6.5% - 12.21%
	Humedad	24% - 35%
	Acidez	6.7 - 7.5 (mg ácido/g)
ALGARROBO	Azúcar	6.5% - 8.6%
	Humedad	40% - 48%
	Cenizas	3.6% - 5.9%
	Acidez	4.8 - 5.6 (mg ácido/g)

Los datos reportados muestran que la extracción que se hace en la planta no es buena, debido a que el contenido de azúcar es alto (entre 20 y 30% de su contenido total de azúcar), presentándose así pérdidas con las materias primas debido a que los residuos se desechan.

❖ Ron-mezcla.

Los resultados para la caracterización de Ron-mezcla se muestran en la Tabla N°3.

Tabla N°3. Caracterización de Ron-mezcla.

Determinación	g/100g de muestra
Humedad	0.5876
Proteína	0.0566
Grasa	0.0213
Azúcar	0.3125
Cenizas	0
Otros	0.022

Datos adicionales.

Grado Brix (28°C)	73.8
Viscosidad (25°C)	10 192.00 mPa s
Densidad	1.05 gr/cm ³
pH	4.62

6.2 Cálculo de las capacidades caloríficas.

Con la siguiente correlación se pueden calcular capacidades caloríficas para alimentos.^[12]

$$C_{pmezcla} = 1.424X_a + 1.549X_p + 1.675X_g + 0.873X_c + 4.187 X_{H_2O} \quad (6.1)$$

La anterior ecuación viene dada en kJ / kg °C.

Donde

X_a : Fracción másica de azúcar

X_p : Fracción másica de proteína

X_g : Fracción másica de grasa

X_c : Fracción másica de cenizas

X_{H_2O} : Fracción másica de agua

De la caracterización del Ron-mezcla (tabla N°3), se pueden obtener los datos necesarios para obtener la capacidad calorífica de la solución:

$$C_{p_{mezcla}} = 1.424(0.3125) + 1.549(0.0566) + 1.675(0.0213) + 4.187(0.5876)$$

$$C_{p_{mezcla}} = 3.027 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$$

Con los datos de la tabla (2) se obtiene se obtiene la capacidad calorífica del algarrobo:

$$C_{p_{algarrobo}} = 1.424(0.4154) + 1.549(0.2636) + 1.675(0.012) + 0.873(0.0048) + 4.187(0.305)$$

$$C_{p_{algarrobo}} = 2.4128 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$$

Con los datos de la tabla (2) se obtiene la capacidad calorífica de la uva pasa:

$$C_{p_{uvapasa}} = 1.424(0.5785) + 1.549(0.0877) + 1.675(0.0067) + 0.873(0.00136) + 4.187(0.3135)$$

$$C_{p_{uvapasa}} = 2.5671 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$$

Con los datos de la tabla (3) se obtiene la capacidad calorífica del algarrobo en el residuo.

$$C_{p_{\text{algarres}}} = 1.424(0.076) + 1.549(0) + 1.675(0) + 0.873(0.108) + 4.187(0.4)$$

$$C_{p_{\text{algarres}}} = 1.8794 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$$

Con los datos de la tabla (3) se obtiene se obtiene la capacidad calorífica de la uva pasa en el residuo:

$$C_{p_{\text{uvares}}} = 1.424(0.065) + 1.549(0) + 1.675(0) + 0.873(0) + 4.187(0.24)$$

$$C_{p_{\text{uvares}}} = 1.0255 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$$

7. ANALISIS TERMICO DE LA MARMITA.

7.1 Evaluación física del equipo:

Observando las marmitas se encontró que:

- Están deterioradas físicamente. Figuras (5) y (8)
- Los medidores de presión y de temperatura están dañados
- Presentan corrosión en la mayoría de sus partes. Figuras (5), (8), (9) y (10)
- El sistema de evacuación de sólidos se lleva a cabo con una polea que se encuentra en muy mal estado (oxidado). Figura (5)
- La extracción de azúcar no es completa: para precisar esto se analizaron varias muestras (tabla N°3).



Figura 5. Tamiz con el sistema de evacuación de sólidos.

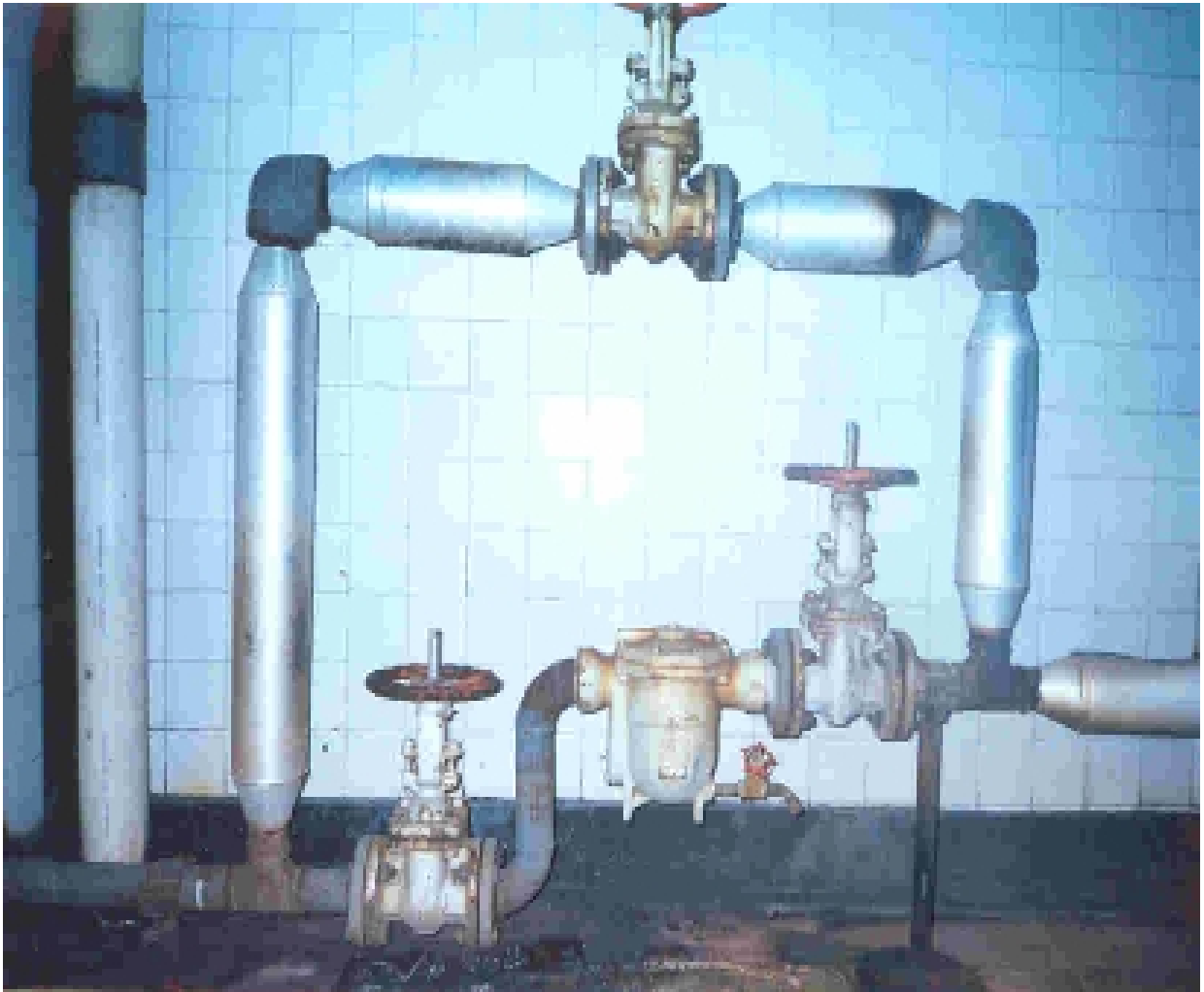


Figura 6. Tubería



Figura 7. Serpentin con el que la marmita trabaja en la actualidad.

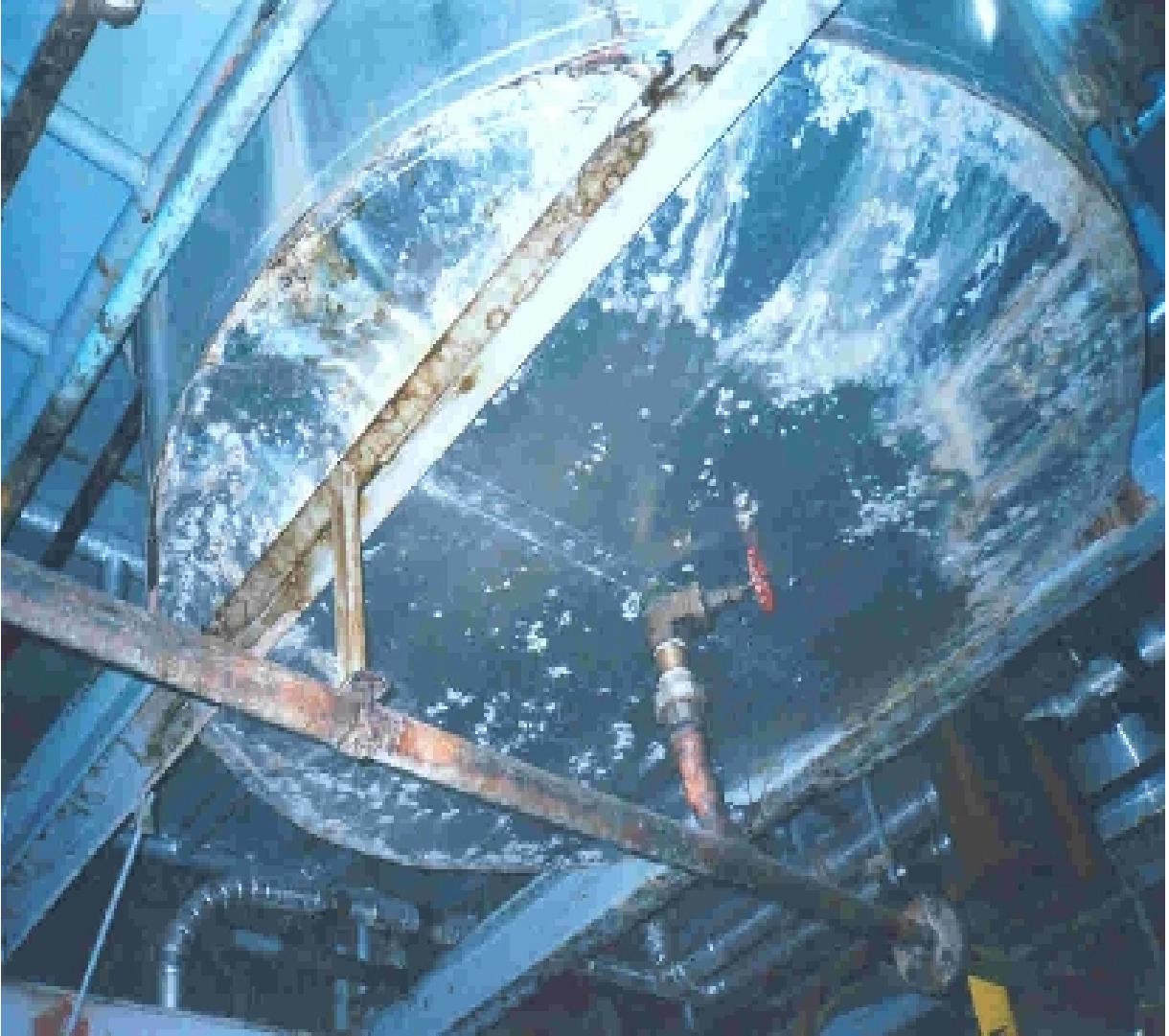


Figura 8. Parte inferior de la marmita.

La línea de vapor presenta algunos problemas, como son:

- La trampa de vapor tiene desgaste de sus partes, reduciendo así la eficiencia del sistema y aumentando los costos.
- Las cañerías presentan corrosión.
- Hay pérdidas de vapor debidas a partes desgastadas.
- En el orificio de las válvulas se han alojado pedazos de incrustaciones.
- Las trampas de vapor no tienen filtros
- El sistema no es alimentado con vapor, sino con agua caliente

7.2 Evaluación cuantitativa:

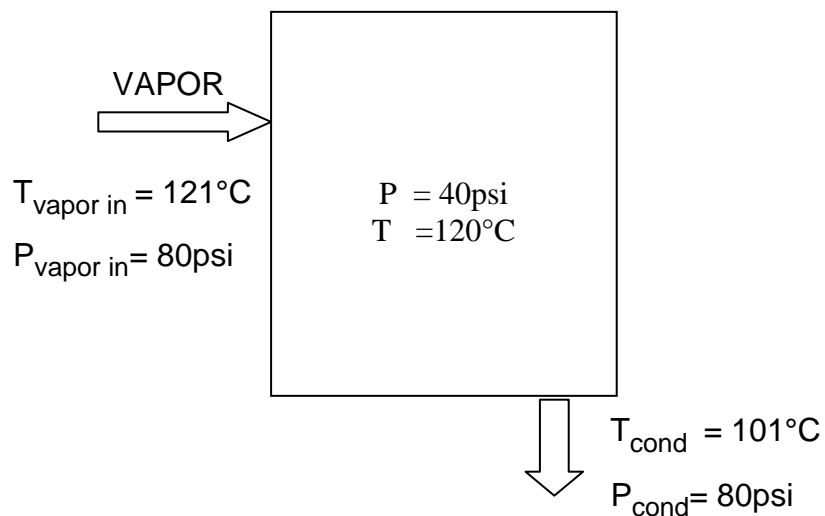


Figura 9. Diagrama del sistema con sus variables

A la $P_{\text{vapor in}} = 80\text{psi}$, de tablas de vapor, se tiene que la temperatura de saturación ($T_{\text{satur.in}}$) es de $155.6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

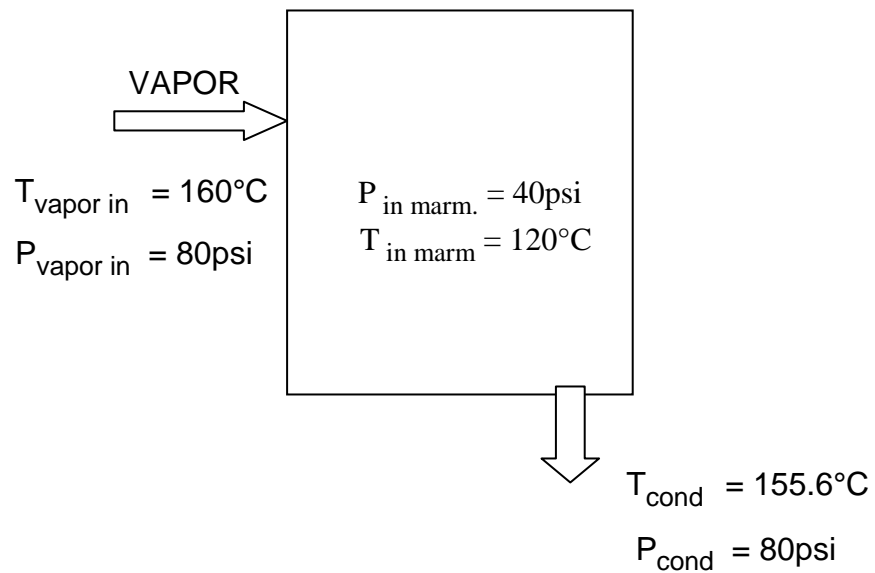


Figura 10. Diagrama del sistema a condiciones ideales

Se llama a condición ideal debido a que el vapor solo entregará el calor latente no el calor sensible por lo que no cambia ni la temperatura ni la presión.

❖ Cálculo de la masa de vapor usado.

Se usa entonces la siguiente correlación:^[8]

$$\ln[(T_1 - t_1) / (T_2 - t_1)] = (wc/MC)[(K_1 - 1) / K_1]\theta \quad (7.1)$$

Teniendo en cuenta que:

$$K_1 = e^{UA/wC} \quad (7.2)$$

Donde:

T : Son fluidos calientes (°F)

t : Son fluidos frío (°F)

M : Caudal del fluido caliente (lb).

w : Caudal del fluido frío (lb/h)

C : Capacidad calorífica del fluido caliente en Btu/(lb)(°F)

c : Capacidad calorífica del fluido frío en Btu/(lb)(°F)

θ : Tiempo de calentamiento (h)

U: Coeficiente total de transferencia de calor en Btu/(h)(pie²)(°F)

A: Area de transferencia de calor (pies²)

Despejando UA de la ecuación (8.2):

$$UA = wc \ln K_1 \quad (7.3)$$

Se despeja K_1 de la ecuación (8.1)

$$K_1 = 1 / [1 - (MC \ln\{(T_1 - t_1) / (T_2 - t_1)\}) / \theta wc] \quad (7.4)$$

Remplazando los datos

$$\ln(T_1 - t_1) / (T_2 - t_1) = \ln((75.4^\circ\text{F} - 93.6^\circ\text{F}) / (239.4^\circ\text{F} - 93.6^\circ\text{F})) = 0.2207$$

$$K_1 = 1 / [1 - (14422.62 \text{ lb} \cdot 1.7091 \text{ Btu}/(\text{lb})(^\circ\text{F}) \cdot 0.2207) / 13188.036 \text{ lb} / \text{h} \cdot 5 \text{ h} \cdot 0.4299 \text{ Btu}/(\text{lb})(^\circ\text{F})]$$

Se obtiene

$$K_1 = 1.2374$$

Con el anterior dato y la ecuación (3) se obtiene UA:

$$UA = 5669.53 \text{ Btu}/(\text{h})(^\circ\text{F}) \ln 1.2374$$

$$UA = 1207.68 \text{ Btu}/(\text{h})(^\circ\text{F}) \quad (7.5)$$

❖ Cálculo del coeficiente total de transferencia de calor (U).

Calculando el Area de transferencia de calor (A):

$$A = 2 * \pi * r' * L$$

Donde

r' = Mitad del diámetro del serpentín

L = Longitud del serpentín

Tomando los datos del serpentín de la marmita

$$r' = 0.12 \text{ m}$$

$$L = 4.45 \text{ m}$$

$$A = 2 * \pi * (0.03\text{m})(11.45 \text{ m})$$

$$A = 2.1582 \text{ m}^2 = 23.2322 \text{ pies}^2$$

Reemplazando el área en la ecuación (7.5)

$$U = 1207.68 \text{ Btu}/(\text{h})(^\circ\text{F}) / 23.2322 \text{ pies}^2$$

$$U = 51.98 \text{ Btu/(h)(pie}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

❖ Calor total agregado al sistema (q_1): [8]

$$q_1 = Z (T_0 - T_f) \quad (7.6)$$

Z corresponde a una Capacidad calorífica conjunto:

$$C_{p\text{conjunto}} = [(M/M + M_L)C_{p\text{Cu}} + (M_L/M_L + M) C_{pL}] M + M_L$$

Donde:

M = Masa del metal (cobre) en kg

$C_{p\text{Cu}}$ = Capacidad calorífica del cobre en kJ/(kg)(K)

C_{pL} = Capacidad calorífica del líquido en kJ/(kg)(K)

M_L = Masa del líquido en kg

Entonces

$$Z = C_{p\text{conjunto}} = MC_{p\text{Cu}} + M_L C_{pL} \quad (7.7)$$

Con las temperaturas medidas en el proceso:

$$T_0 = 394 \text{ K}$$

$$T_f = 374 \text{ K}$$

Para calcular Z se necesitan los datos que se dan a continuación:

Datos preliminares para el cobre: [3]

$$\rho_{\text{Cu}} = 8890 \text{ kg / m}^3$$

$$C_{p\text{Cu}} = 3.354 \cdot 10^2 \text{ J / (kg)(K)} = 0.3854 \text{ kJ / (kg)(K)}$$

Para calcular la masa de Cobre se tomaron las dimensiones de la marmita y la malla necesarias para hacer los cálculos:

RECIPIENTE EXTERIOR (MARMITA)

Altura $h = 1.20 \text{ m}$

Diámetro $r = 0.835 \text{ m}$

Espesor $e = 0.005 \text{ m}$

MALLA

Altura $H = 1.18 \text{ m}$

Diámetro $R = 0.46 \text{ m}$

Espesor $e' = 0.005 \text{ m}$

Para calcular el volumen de cobre en la marmita:

Cálculo del área de la marmita:

El $A_{\text{cáscara}}$ es un nombre técnico dado a esta parte por la Industria Licorera de Caldas

$$A_{\text{cáscara}} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

Con los datos medidos :

$$A_{\text{cáscara}} = 2\pi (0.835\text{m})(1.20\text{m})$$

$$\mathbf{A_{\text{cáscara}} = 6.295 \text{ m}^2}$$

Cálculo del área de las tapas A_{tapas} :

$$A_{\text{tapas}} = 2 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$A_{\text{tapas}} = 2\pi(0.835\text{m})^2$$

$$\mathbf{A_{\text{tapas}} = 4.3818 \text{ m}^2}$$

Area total en la marmita $A_{\text{Totalmarmita}}$:

$$A_{\text{totalmarmita}} = A_{\text{cascara}} + A_{\text{tapas}}$$

$$A_{\text{Totalmarmita}} = 2*\pi*r*h + 2*\pi*r^2$$

$$A_{\text{Totalmarmita}} = 6.295 \text{ m}^2 + 4.3808 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{A_{\text{Totalmarmita}} = 10.675 \text{ m}^2}$$

$A_{\text{Totalmarmita}}$ se refiere a la superficie de contacto del líquido con el metal.

Cálculo del volumen de la marmita V_{marmita} :

$$V_{\text{marmita}} = A_{\text{Totalmarmita}} * e = (10.675 \text{ m}^2)(0.005 \text{ m})$$

$$\mathbf{V_{\text{marmita}} = 0.0533 \text{ m}^3}$$

Cálculo del área de la malla:

$$A_{\text{cáscara malla}} = 2 * \pi * R * H$$

$$A_{\text{cáscara malla}} = 2\pi (0.46\text{m})(1.18\text{m})$$

$$\mathbf{A_{\text{cáscara malla}} = 3.4105 \text{ m}^2}$$

El $A_{\text{cáscara malla}}$ es un término técnico dado por la empresa a esta parte.

Cálculo del área de las tapas $A_{\text{tapasmalla}}$:

$$A_{\text{tapamalla}} = 2 * \pi * R^2$$

$$A_{\text{tapamalla}} = 2\pi(0.46\text{m})^2$$

$$\mathbf{A_{\text{tapamalla}} = 1.3295 \text{ m}^2}$$

Área total en la malla $A_{\text{Totalmalla}}$:

$$A_{\text{totalmalla}} = A_{\text{cáscara malla}} + A_{\text{tapamalla}}$$

$$A_{\text{Totalmalla}} = 2 * \pi * R * H + 2 * \pi * R^2$$

$$A_{\text{Totalmalla}} = 3.4105 \text{ m}^2 + 1.3295 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Totalmalla}} = 4.74 \text{ m}^2$$

Se utilizará un factor de 0.8 por los huecos de la malla:

$$A_{\text{Totalmalla}} = 4.74 \text{ m}^2 * 0.8$$

$$A_{\text{totalmalla}} = 3.792 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen de la marmita V_{malla} :

$$V_{\text{malla}} = A_{\text{totalmalla}} * e' = (3.792 \text{ m}^2)(0.005 \text{ m})$$

$$V_{\text{malla}} = 0.01896 \text{ m}^3$$

El volumen total de cobre en la marmita es:

$$V_{\text{TOTALCOBRE}} = V_{\text{malla}} + V_{\text{marmita}}$$

$$V_{\text{TOTALCOBRE}} = 0.01896 \text{ m}^3 + 0.0533 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{TOTALCOBRE}} = 0.07226 \text{ m}^3$$

La masa total de Cobre es M:

$$M = V_{\text{TOTALCOBRE}} * \rho_{\text{Cu}}$$

$$M = 0.07226 \text{ m}^3 * 8890 \text{ kg / m}^3$$

$$M = 642.3914 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (7) y los datos anteriormente calculados se obtiene Z:

$$Z = (642.387 \text{ kg})(0.3854 \text{ kJ}/(\text{kg})(\text{K})) + (6542\text{kg})(3.9755\text{kJ}/(\text{kg})(\text{K}))$$

$$Z = 26255.3 \text{ kJ / K}$$

De la ecuación (6) el calor total agregado al sistema es:

$$q_1 = 26255.3 \text{ kJ / K (394K - 374K)}$$

$$q_1 = 525106 \text{ kJ}$$

❖ Cálculo del tiempo que tarda en estabilizarse el sistema:

Para saber el tiempo que tarda en estabilizarse el sistema se tomaron datos de la temperatura de mezcla cada 5 minutos a lo largo de las 5 horas de la lixiviación.

Los resultados se muestran en el siguiente gráfico N°1.

Temperatura de la mezcla vs tiempo

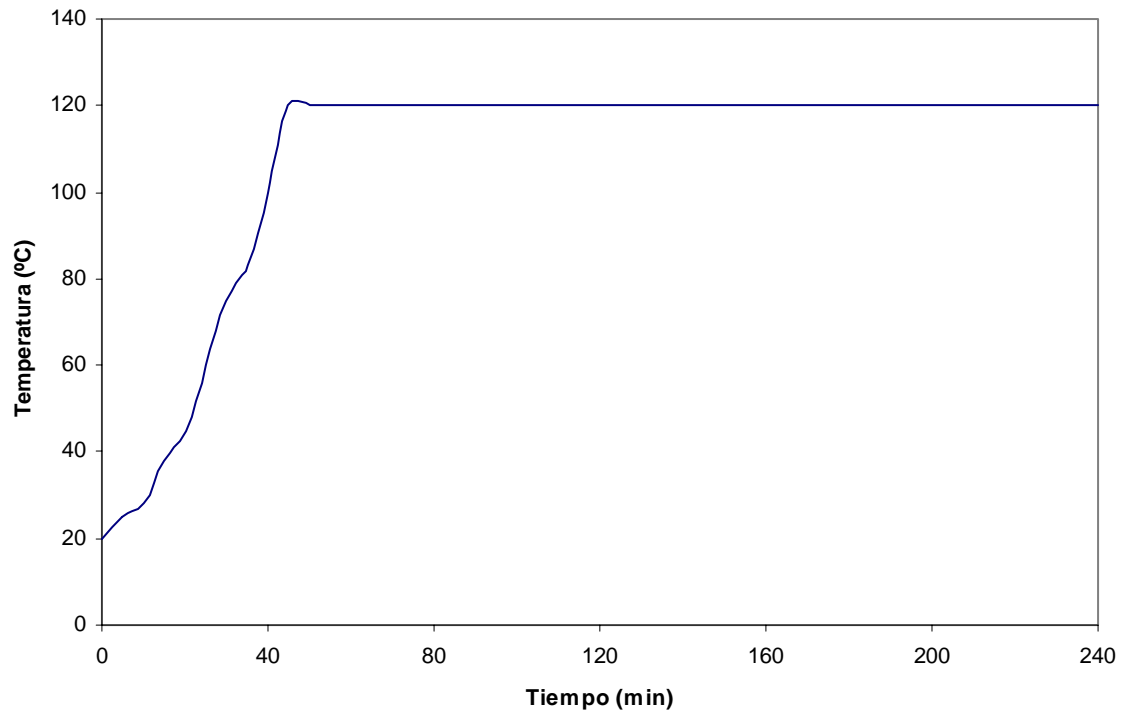


Gráfico N°1. Temperatura de mezcla vs tiempo.

Del gráfico se obtiene que el sistema se estabiliza a 120°C

Tiempo total = 5 h = 300 min

Tiempo en estado transitorio = 50 min

Tiempo en estado estable = 250 min

$F_{VVC} = 5000 \text{ lt/h}$

Donde F_{vvc} es el flujo de vapor vivo de caldera

Haciendo el balance de energía para calcular el calor suministrado en estado estable ($T=120^{\circ}\text{C}$) q_2 :

$$q_2 = F_{vvc} \rho_{vvc} (H_{ent} - H_{sal}) * 250 \text{ min} * 1\text{h}/60\text{min}$$

A 121°C , 80psi y a 101°C , 80psi de las tablas de propiedades termodinámica del agua respectivamente

$$H_{ent} = 503.71 \text{ kJ/kg}$$

$$H_{sal} = 419.04 \text{ kJ/kg}$$

Reemplazando datos:

$$q_2 = 5000 \text{ lt/h} * 0.9431 \text{ kg/lt} (84.67 \text{ kJ/kg}) * 4.17 \text{ h}$$

Entonces la cantidad de calor suministrado en estado estable es

$$q_2 = 1663589.104 \text{ kJ}$$

Finalmente se obtiene la cantidad de vapor usado:

$$\text{Masa de vapor usado} = (q_1 + q_2) / \lambda \quad (7.8)$$

De tablas de vapor obtenidas de la enciclopedia Química industrial se obtuvo:

$$\lambda_{40\text{psi}} = 2174.2 \text{ kJ/kg}$$

Con los datos hallados anteriormente y la ecuación (7.8):

$$q_1 = 525106 \text{ kJ}$$

$$q_2 = 1663589.104 \text{ kJ}$$

$$\text{Masa de vapor usado} = (525106 \text{ kJ} + 1663589.104 \text{ kJ}) / (2174.2 \text{ kJ/kg})$$

$$\text{Masa de vapor usado} = 1006.67 \text{ kg}$$

Esta cantidad de masa de vapor usado, fue la consumida por el proceso por hora de lixiviación en el mes de abril del año en curso.

El vapor real consumido por la marmita en el mismo tiempo fue de 2175.704 kg (dato reportado por el área de destilación de La Industria licorera de Caldas). La diferencia entre el dato reportado y el dato calculado se debe a pérdidas por fugas en la tubería, chaquetas y accesorios defectuosos.

7.1.3 Eficiencia del equipo

Con el dato de masa de vapor usado y el dato reportado por la empresa.

$$\text{EFICIENCIA} = [\text{Valor teórico} / \text{Valor real}] * 100$$

$$\text{EFICIENCIA} = [1006.67 \text{ kg} / 2175.704 \text{ kg}] * 100$$

$$\text{EFICIENCIA} = 46.26 \%$$

Para el análisis se tomara como factor la economía, teniendo en cuenta que a la empresa el kg de vapor le cuesta \$1300 (Fuente: costos Área de calderas Industria Licorera de Caldas).

Teniendo en cuenta el dato reportado por la empresa y que las marmitas en el mes de abril trabajaron 60 horas.

$$\text{COSTO OPERACIÓN REAL} = 2175.704 \text{ kg} / \text{h} * 1300 \$ / \text{kg} * 60 \text{ h} / \text{mes}$$

$$\text{COSTO OPERACIÓN REAL} = 169'704.912 \$ / \text{mes}$$

Con el dato calculado de la masa de vapor consumido.

$$\text{COSTO DE OPERACIÓN IDEAL} = 1006.67 \text{ kg / h} * 1300 \text{ \$ / kg} * 60 \text{ h / mes}$$
$$\text{COSTO DE OPERACIÓN IDEAL} = 78'520.260 \text{ \$ / mes}$$

Las pérdidas por vapor en términos económicos serían:

$$\text{PERDIDAS} = \text{COSTO DE OPERACIÓN REAL} - \text{COSTO DE OPERACIÓN IDEAL}$$

$$\text{PERDIDAS} = 169'704.912 \text{ \$ / mes} - 78'520.260 \text{ \$ / mes}$$

$$\text{PERDIDAS} = 91'184.652 \text{ \$ / MES}$$

Cabe anotar que estas pérdidas se deben únicamente a vapor y no a otros factores como son energía eléctrica, mano de obra, etc.

Se llega a la conclusión que el sistema de calentamiento de la marmita está muy deteriorado, es decir, se debe mejorar la eficiencia térmica para que el flujo de vapor se acerque al ideal y los costos de operación sean mínimos.

7.1.4 Estudio de la estabilidad del proceso

1. Durante el tiempo que tarda en estabilizarse el sistema (50 min), se calentó el sistema con un flujo de vapor al máximo desde una temperatura inicial de 20°C hasta una temperatura final 120°C y a una presión de 40 psi.

2. Al cabo de los 50 min se cerró la válvula de vapor e inmediatamente se tomó la lectura de masa de condensado que se había obtenido hasta ese momento (17600 kg).

3. Se esperó a que la temperatura bajara 1 Kelvin y se volvió a suministrar vapor, hasta que la temperatura subiera nuevamente a la temperatura de operación (120°C). Durante el tiempo de cocimiento (5 horas), se repitió el procedimiento 4 veces, en las cuales se tomó nuevamente la lectura de masa de condensado, la cual en cada toma fue de 950 kg.

OBSERVACIONES: Durante la prueba no se permitió la salida de vapor del sistema, en otras palabras no hubo evaporación de la mezcla, lo cual se logró regulando manualmente la válvula.

BALANCES DE ENERGIA

Asumiendo que la evaporación fue cero.

Haciendo el balance de energía

$$Q_{\text{entregado vapor}} = Q_{\text{ganado mezcla}}$$

Sabiendo que

$$Q_{\text{entregado vapor}} = F_{vvc} \rho_{vvc} (H_{\text{ent}} - H_{\text{sal}})$$

$$Q_{\text{ganado mezcla}} = m_{\text{mezcla}} C_{p\text{mezcla}} \Delta T$$

Entonces

$$F_{vvc} \rho_{vvc} (H_{\text{ent}} - H_{\text{sal}}) = m_{\text{mezcla}} C_{p\text{mezcla}} \Delta T$$

De donde

$$m_{vvc} = F_{vvc} \rho_{vvc} \Delta T \quad y \quad = 1 \text{ kelvin}$$

Entonces

$$m_{vvc} (H_{\text{ent}} - H_{\text{sal}}) = m_{\text{mezcla}} C_{p\text{mezcla}} \Delta T$$

Despejando la masa de vapor

$$m_{vvc} = m_{\text{mezcla}} C_{p\text{mezcla}} \Delta T / (H_{\text{ent}} - H_{\text{sal}})$$

Remplazando los datos obtenidos previamente:

$$m_{\text{vvc}} = [4542 \text{ kg} * 3.027 \text{ kJ}/(\text{kg})(\text{K}) * 1 \text{ K}] / 84.67 \text{ kJ/kg}$$

$$m_{\text{vvc}} = 162.37 \text{ kg}$$

Como en las 5 horas se hicieron 4 regulaciones, entonces la masa de vapor para mantener el sistema a la temperatura de 120°C es:

$$m_{\text{vvc}} = 162.37 \text{ kg} * 4$$

$$m_{\text{vvc}} = 649.52 \text{ kg}$$

❖ Masa de vapor en estado transitorio $m_{\text{vvcE.T.}}$.

$m_{\text{vvcE.T.}}$: es el vapor que se consume para llegar a T y P ideales

$$m_{\text{vvcE.T.}}(H_{\text{ent}} - H_{\text{sal}}) = m_{\text{mezcla}} C_{p\text{mezcla}} \Delta T$$

Haciendo los cálculos

$$m_{\text{vvcE.T}} = [m_{\text{mezcla}} C_{p\text{mezcla}} \Delta T] / (H_{\text{ent}} - H_{\text{sal}})$$

Haciendo los cálculos con $\Delta T = (120^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = (393\text{K} - 293\text{K}) = 100\text{K}$

$$m_{\text{vvcE.T}} = [4542 \text{ kg} * 3.027 \text{ kJ}/(\text{kg})(\text{K}) * 100\text{K}] / 84.67 \text{ kJ/kg}$$

$$m_{\text{vvcE.T}} = 16237.90 \text{ kg}$$

La masa de vapor total en 5 horas es:

$$m_{\text{vvcTotal}} = m_{\text{vvc}} + m_{\text{vvcE.T}}$$

$$m_{\text{vvcTotal}} = 649.52 \text{ kg} + 16237.90 \text{ kg}$$

$$m_{\text{vvcTotal}} = 16887.42 \text{ kg}$$

En forma de flujo (aproximado) m_{vvc}

$$m_{\text{vvc}} = m_{\text{vvcTotal}} / 5\text{h}$$

$$m_{\text{vvc}} = 3377.484 \text{ kg/h}$$

La diferencia entre la cantidad de masa de vapor real (17600 kg) y la obtenida teóricamente (16887.42 kg), se debe a que en planta no se puede controlar del

todo que la evaporación (disipación de energía) y las pérdidas de calor por pared sean cero.

❖ Cálculo de la masa de agua evaporada m :

Por balances de energía

$$q_2 = m q_{\text{calentamiento}} + m \lambda_{40\text{psi}}$$

A condiciones $T=120^\circ\text{C}$ y $P=40\text{psi}$ de tablas $\lambda_{40\text{psi}} = 2174.2 \text{ kJ/kg}$

$$1663589.104 \text{ kJ} = m C_{p\text{mezcla}} (T_{\text{sat.40psi}} - 120^\circ\text{C}) + m \lambda_{40\text{psi}}$$

$$1663589.104 \text{ kJ} = m (4.186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}) (130^\circ\text{C} - 120^\circ\text{C}) + m (2174.2 \text{ kJ/kg})$$

Entonces la masa de agua evaporada

$$m = 750.76 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores se tiene que se evaporan 750.76 kg de agua de la mezcla.

Cantidad final de Ron-mezcla.

Los datos de la tabla (4) proporcionan un promedio de la mezcla final de la lixiviación 4909.5 lt. Este dato es el arrojado por las tres marmitas entonces por cada marmita la cantidad de Ron-mezcla obtenido es de 1636.5 lt aproximadamente, dato que es muy cercano al valor teórico hallado de la siguiente manera:

Cantidad inicial de agua = 2000 lt = 1994 kg

Cantidad de agua evaporada = 750.76 kg

Cantidad de mezcla final = 1243.24 kg

Tabla N°4. Volumen de Ron-mezcla obtenido en cada lixiviación

FECHA	Cantidad final de Ron-mezcla (lt)
Abr-29	4700
Abr-31	4000
May-02	4400
May-05	4000
May-06	4900
May-07	4800
May-09	4700
May-10	4600
May-13	4500
May-14	5000
May-16	4500
May-19	5000
May-20	4900
May-21	5000
May-22	4600
May-23	4600
May-26	5000
May-27	5100
May-28	4800
May-29	5000
May-30	5000

Para el calculo de la densidad de Ron – mezcla se utilizó un picnometro de 5 ml y el valor obtenido a una temperatura de 20°C fue = 1.05 gr /cm³

Tomando el dato promedio se obtiene:

Cantidad de Ron – mezcla obtenida = 1243.24 lt * 1.05 kg/lt

Cantidad de Ron – mezcla obtenida = 1305.4 kg

La diferencia entre las cantidades de mezcla final obtenida teóricamente (1243.24 kg) y la real (1305.4 kg) es muy pequeña dando como resultado buena aproximación.

8. POSIBLES MEJORAMIENTOS.

Debido a los problemas que presenta el equipo surgen dos alternativas con el fin de hacer el proceso más moderno y eficiente; estas propuestas vienen enfocadas en corregir el principal problema del equipo, que es el de mejorar la eficiencia de la transferencia de calor.

8.1 Alternativas: Para hacer los mejoramientos se plantean dos alternativas

- ❖ Cambio parcial
- ❖ Cambio total

8.1.1 Cambio parcial:

Para evaluar el cambio parcial se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Sistema de evacuación de sólidos:
- Mantenimiento de equipos e instrumentos
- Mantenimiento de la tubería: Se tendría en cuenta:

- Aislamiento de la tubería
- Revisión de las trampas de vapor
- Revisión de las válvulas

8.1.1.1 Propuesta económica del cambio parcial:

En los dos primeros puntos saldría más costoso repararlos que cambiarlos, ya que estos presentan corrosión en la mayoría de sus partes, se tendría que cambiar totalmente los medidores de presión y de temperatura porque están totalmente dañados, la canasta de la marmita también esta muy deteriorada.

Se pidieron cotizaciones a diferentes empresas para poder hacer una evaluación económica de este cambio. Se tomo como base las cotizaciones suministradas por GlassFiber. La solución en ahorro de energía.

1. En cuanto al mantenimiento de la tubería:

- El aislamiento de la tubería cuesta \$100.000 por metro y son 240 m por lo que cuesta \$24'000.000.
- Mantenimiento de trampas.

Hacer una evaluación del estado de la trampa cuesta aproximadamente \$100000 por cada trampa. La línea tiene 7 trampas, entonces:

$$\text{Evaluación trampas} = \$700000$$

Después de ver el resultado de la revisión se tomará la decisión de si deben o no deben ser cambiadas, que por lo mencionado en el análisis cualitativo las trampas de vapor presentan desgaste de sus partes y no tienen filtros razones por las cuales sería mejor cambiarlas.

Cambio de trampas de vapor: El costo de cada una es de \$500000

Como son 7:

$$\text{Cambio trampas} = \$3\,500.000$$

- Evaluación de las válvulas: Son válvulas solenoides (on/off)

El costo de la evaluación cuesta aproximadamente \$50000 por cada válvula.

La línea tiene 24 válvulas, entonces:

$$\text{Costo evaluación válvulas} = \$1\,200.000$$

Lo mismo que en las trampas, la evaluación decidirá si se cambian o no.

Cambio de válvulas: Cada una cuesta \$300000

Como son 24:

$$\text{Costo cambio válvulas} = 7'200.000$$

1. Mantenimiento de marmita y sistema de evacuación de sólidos.

$$\text{Costo} = \$10'000.000$$

4. Instrumentos:

$$\text{Costo de un sensor de presión} = \$1'000.000$$

$$\text{Costo de un sensor de temperatura} = \$400.000$$

COSTO CAMBIO PARCIAL: \$ 48'000.000

- NOTA: El costo total no incluye instalaciones.

El siguiente es el costo de operación del cambio parcial.

Como se enuncio anteriormente los 1300\$/Kg de vapor fueron suministrados por la empresa.

$$\text{COSTO DE OPERACIÓN} = 2175.704 \text{ kg / h} * 1300 \text{ $ / kg} * 60 \text{ h / mes}$$

COSTO DE OPERACIÓN = 169'704.912 \$ / mes

8.1.1.2 Ventajas del cambio parcial:

- Menor consumo de vapor.
- Llegaría vapor a la marmita.

8.1.1.3 Desventajas cambio parcial:

- No quita la oxidación que presenta el equipo
- Hay que tener en cuenta que la caldera (acuotubular de alta presión) en muchas ocasiones tiene que prenderse sólo para abastecer el proceso de Ron-mezcla, esto implica una gran pérdida de energía; y el hecho de reparar la línea de vapor, no implica que el problema mencionado se solucione.
- Tiempo de vida útil del equipo: la empresa considera que la marmita ya cumplió su tiempo de vida por llevar trabajando el proceso durante más de 40 años.

8.1.2 Cambio total:

Se tendría en cuenta:

- Cambio de la marmita
- Cambio del sistema de evacuación de sólidos
- Adquirir una caldera apropiada para abastecer solamente este proceso.

8.1.2.1 Propuesta económica del cambio total:

◆ COTIZACION TEKNIK LTDA.

MARMITA PARA VAPOR. CON CAPACIDAD DE OPERACIÓN DE 6000 lt.

Con los siguientes accesorios: Válvula de salida 3" diámetro, y válvula de seguridad.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SEGÚN EL DISEÑO

- CAPACIDAD DE OPERACIÓN : 6000 lt
- TIPO : VERTICAL
- MATERIAL : ACERO INOXIDABLE 304
- DIMENSIONES : DIÁMETRO 1.95 m

- | | | | |
|---------|---|----------|--------|
| | | ALTURA | 1.6 m |
| • TAMIZ | : | DIÁMETRO | 1.15 m |
| | | ALTURA | 1.25 m |
| | | ESPESOR | 3.0 mm |
- PRESIÓN DE TRABAJO : 25 psi – 45 psi
- TEMPERATURA : 118°C - 160°C

PRECIO

Valor unitario	\$ 35'500.000
----------------	---------------

Como son 3 marmitas:

Costo total marmitas = \$106'500.000

◆ **COTIZACION FEDEACEROS DE COLOMBIA.**

Sistema de evacuación de sólidos de polea.

PRECIO

Valor unitario	\$ 5'000.000
----------------	--------------

COSTO CAMBIO TOTAL: \$185'000.000

Este incluye:

- 3 marmitas por un precio de \$35'500.000 por cada marmita
- Caldera por un precio de \$60.000.000
- 1 sistema de evacuación de sólidos por un precio de \$5.000.000

Nota: la cotización hecha para el cambio total incluye los costos de instalación.

8.1.2.2 Ventajas del cambio total:

- El coeficiente de transferencia de calor aumentaría considerablemente.
- Garantía total.
- El proceso no dependería del área de calderas para abastecer el proceso, tendría proceso independiente.

8.1.2.3 Desventajas del cambio total:

- Gran inversión.

8.2 Conclusiones de los mejoramientos hechos.

Analizando los dos cambios nos damos cuenta que en cuanto a inversión la mejor propuesta es la del cambio parcial.

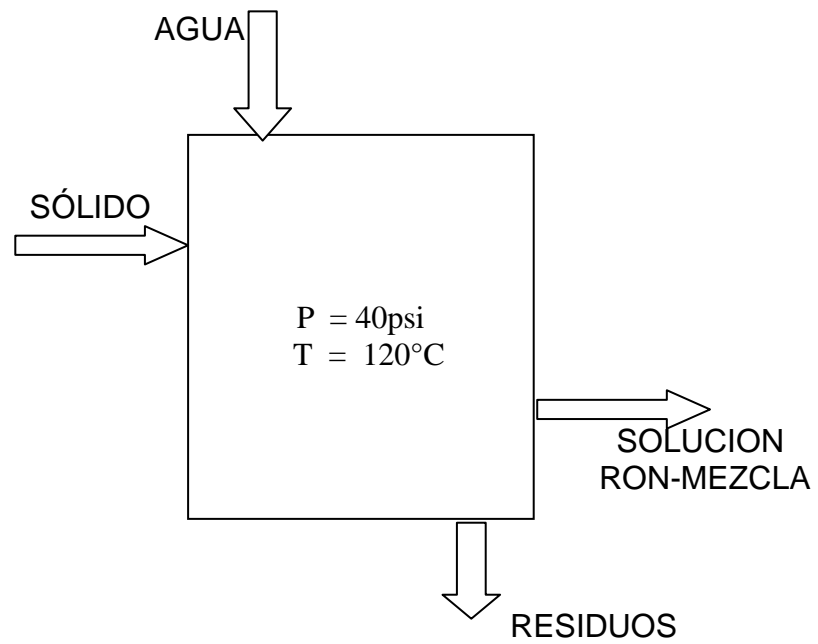
En cuanto a economía es mejor el cambio total debido a que los costos de operación son mucho menores.

Si se mira hacia el futuro el cambio parcial no sería el mejor porque los costos de operación son muy grandes.

Finalmente se podría decir que la inversión que se haga en el cambio total se recuperaría en dos meses y con ganancias.

9. DISEÑO DE LA MEJOR OPCION.

A condiciones ideales $P = 40 \text{ psi}$ y $T = 120^\circ\text{C}$



Haciendo un balance de energía

$$w_{\text{H}_2\text{O}} * h_{\text{H}_2\text{O},T,P} + w_{\text{sol}} * h_{\text{sol},T,P} = Q + w_{\text{sln}} * h_{\text{sln}} + w_{\text{residuos}} * h_{\text{residuo}} \quad (9.1)$$

Asumiendo $T_{\text{ref}} = 0^{\circ}\text{C}$

Donde

$W_{\text{H}_2\text{O}}$: Masa de agua

$h_{\text{H}_2\text{O},T,P}$: Entalpía de agua a T,P

W_{sol} : Masa de sólidos

$h_{\text{sol},T,P}$ = Entalpía de sólidos

Q = Calor a condiciones ideales

W_{soln} = Masa de la solución

h_{soln} = Entalpía de la solución

W_{residuos} = Masa de los residuos

h_{residuo} = Entalpía de los residuos

Se tienen los siguientes datos

$W_{\text{H}_2\text{O}} = 1994 \text{ kg}$

$h_{\text{H}_2\text{O},T,P} = 702.68 \text{ kJ/kg}$ (tablas propiedades termodinámicas del agua)

Entonces

$$w_{H_2O} * h_{H_2O,T,P} = 1994 \text{ kg} * 702.68 \text{ kJ/kg}$$

$$\mathbf{w_{H_2O} * h_{H_2O,T,P} = 1'401.144 \text{ kJ}}$$

Cálculo de $w_{sol} * h_{sol,T,P}$:

$$w_{sol} * h_{sol,T,P} = (w_{algarrobo} C_{palgarrobo} + w_{uvapasa} * C_{puvapasa}) (T - T_{ref})$$

Tomando los datos necesarios calculados en la caracterización de las materias primas tenemos:

$$w_{sol} * h_{sol,T,P} = [240\text{kg} * 2.4128 \text{ kJ}/(\text{kg})(^\circ\text{C}) + 320 \text{ kg} * 2.5671 \text{ kJ}/(\text{kg})(^\circ\text{C})] (120-0)^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{w_{sol} * h_{sol,T,P} = 168065.28 \text{ kJ}}$$

Cálculo de $w_{sln} * h_{sln}$:

$$w_{sln} = V_{sln} * \rho_{sln}$$

Con los datos suministrados en el análisis fisicoquímico

$$w_{\text{sln}} = 1636.5 \text{ lt} * 1.05 \text{ kg/lt}$$

$$w_{\text{sln}} = 1718.325 \text{ kg}$$

Para calcular la entalpía de la solución

$$h_{\text{sln}} = C_{p_{\text{mezcla}}} (T - T_{\text{ref}})$$

Con el $C_{p_{\text{mezcla}}}$ calculado en el análisis fisicoquímico

$$h_{\text{sln}} = 3.027 \text{ kj/(kg)(}^\circ\text{C)} (120 - 0)^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{sln}} = 363.24 \text{ kj/kg}$$

Con los datos anteriores

$$w_{\text{sln}} * h_{\text{sln}} = 1718.325 \text{ kg} * 363.24 \text{ kJ/kg}$$

$$\mathbf{w_{\text{sln}} * h_{\text{sln}} = 624164.37 \text{ kJ}}$$

Cálculo de $w_{\text{residuos}} * h_{\text{residuo}}$:

$$w_{\text{residuos}} * h_{\text{residuo}} = (w_{\text{residuos}} C_{p_{\text{residuos}}} + w_{\text{residuos}} * C_{p_{\text{residuos}}}) (T - T_{\text{ref}})$$

Con los datos suministrados en el análisis fisicoquímico y reemplazando

$$w_{\text{residuos}} * h_{\text{residuo}} = (w_{\text{algarres}} C_{p \text{ algarres}} + w_{\text{uvares}} * C_{p \text{ uvares}}) (T - T_{\text{ref}})$$

El peso total de los residuos es de 506.74kg, se asume que el peso del residuo del algarrobo y el residuo de la uva pasa es de 206 kg y 300.74 kg respectivamente.

$$w_{\text{residuos}} * h_{\text{residuo}} = [206\text{kg} * 1.8794 \text{ kJ}/(\text{kg})(^{\circ}\text{C}) + 300.74\text{kg} * 1.0255\text{kJ}/(\text{kg})(^{\circ}\text{C})] (120-0)^{\circ}\text{C}$$

$$w_{\text{residuos}} * h_{\text{residuo}} = 83467.83 \text{ kJ}$$

Despejando Q y reemplazando todos los datos calculados en la ecuación (10.1), se obtiene el calor a condiciones ideales del equipo:

$$Q = w_{\text{H}_2\text{O}} * h_{\text{H}_2\text{O},T,P} + w_{\text{sol}} * h_{\text{sol},T,P} - w_{\text{sln}} * h_{\text{sln}} - w_{\text{residuos}} * h_{\text{residuo}}$$

$$Q = 1'401.144 \text{ kJ} + 168065.28 \text{ kJ} - 624164.37 \text{ kJ} - 83467.83 \text{ kJ}$$

$$Q = 861577.05 \text{ kJ} = 826602.94 \text{ Btu}$$

Cálculo de la masa de vapor m_v :

Sabiendo que $Q = m_v * \lambda_{40psi}$

Despejando m_v :

$$m_v = Q / \lambda_{40psi}$$

Reemplazando los datos obtenidos previamente

$$m_v = 861577.05 \text{ kJ} / 2174.2 \text{ kJ/kg}$$

$$m_v = 396.27 \text{ kg}$$

En forma de flujo

$$F_v = m_v / 5h$$

$$F_v = 79.254 \text{ kg/h}$$

Cálculo del área de diseño (\dot{A})

Utilizando la ecuación de fourier

$$Q = U_{\text{Diseño}} \dot{A} \Delta T$$

Despejando de allí el área

$$\dot{A} = Q / U \Delta T$$

El $U_{\text{diseño}} = 100 \text{ Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2)(^\circ\text{F})$. Dato suministrado por uno de los fabricantes, específicamente por Fedeceros de Colombia.

$$T = 120^\circ\text{C} = 276.6^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{ref}} = 0^\circ\text{C} = 93.6^\circ\text{F}$$

Entonces

$$U_{\text{diseño}} \Delta T = 100 \text{ Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2)(^\circ\text{F}) * (276.6 - 93.6)^\circ\text{F}$$

$$U_{\text{diseño}} \Delta T = 18300 \text{ Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2)$$

Finalmente el área de diseño es:

$$\dot{A} = 832602.94 \text{ Btu} / (18300 \text{ Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2) * 5 \text{ h})$$

$$\dot{A} = 9.034 \text{ pie}^2$$

Una cotización muy aproximada al diseño deseado la suministró Fedeaceros de Colombia:

COTIZACION FEDEACEROS DE COLOMBIA.

MARMITA PARA VAPOR: Con capacidad de operación de 2000 lt.

Tipo cilíndrica vertical, con tapa cónica 10° y fondo cónico 10°. En acero inoxidable. Con accesorios: manómetro y termómetro.

Canasta fabricada en lámina perforada de Acero inoxidable SS-304 de diámetro 1.180 mm y altura 1.750 mm; espesor de 3.0 mm. Con tres (3) asas de izaje.

Tapa canasta superior hermética de diámetro 1200 mm con doce (12) tornillos volcables y bisagra.

Material. Cuerpo, tapa y fondo en lámina 3.0 mm. Acero inoxidable 304. Cubierta en lámina de 1.5 mm. Acero inoxidable 304.

Alimentación superior con canasta de cierre independiente.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SEGÚN EL DISEÑO

- CAPACIDAD DE OPERACION : 2000 lt
- TIPO : VERTICAL
- PRESIÓN DE TRABAJO : 30 psi – 45 psi
- TEMPERATURA : 118°C - 130°C
- MATERIAL : ACERO INOXIDABLE SS-304

- DIMENSIONES : DIÁMETRO 1.45 m
ALTURA 1.8 m

PRECIO

Valor unitario \$ 41.490.000

Se recomienda que el sistema de evacuación de sólidos se cambie por otro más moderno con tolva para recepción y un volteador para tamiz, facilitando así al operario el sistema de evacuación.

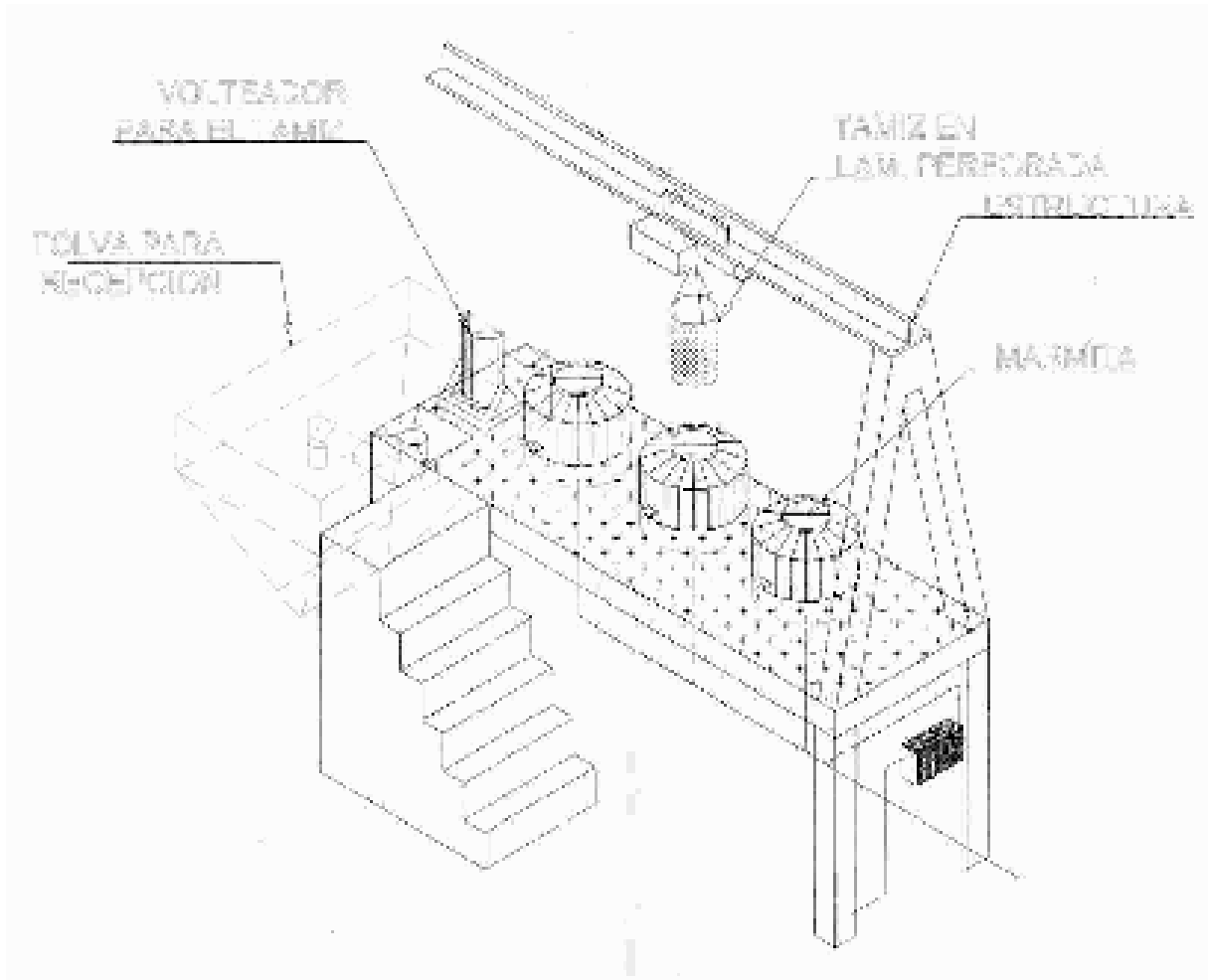


Figura 11. Diseño de la posible distribución del proceso.

10. CONCLUSIONES

Al término de este trabajo modalidad pasantía, la INDUSTRIA LICORERA DE CALDAS en el área de Elaboración de licores tiene opciones para poder cambiar la marmita y el calderín que le proporcionará vapor para hacer un cocimiento en menor tiempo, y que este cocimiento que equivale a extraer el azúcar de las materias primas sea más rentable y efectivo que el que se está llevando a cabo en la actualidad. Ello conlleva:

- Que el proceso sea más moderno.
- Que se reduzca el tiempo de cocimiento.
- Pérdidas de vapor mínimas.
- Mejorar la transferencia de calor.

Con el 46.26% de eficiencia del equipo, se concluye que para que el proceso no tenga las pérdidas que hasta el momento esta presentando, el equipo necesita un cambio inmediato.

Como se analizó anteriormente las pérdidas del proceso son de aproximadamente \$ 91'000.000 mensuales y el costo del cambio total que es el que se recomienda es de aproximadamente \$ 185'000.000. Finalmente se podría decir que la inversión que se haga en el cambio total se recuperaría en menos de un trimestre.

BIBLIOGRAFÍA

1. GEANKOPLIS. **Procesos de transporte y Operaciones Unitarias**. México. Compañía Editorial Continental S.A.
2. PAUL SINGH and DENNIS HELDMAN. **Introduction to Food Engineering**. **Estados Unidos**. Academic Press. 1984.
3. ROBERT H. Perry. **Biblioteca del Ingeniero Químico**. Decimoquinta edición. México. Mc-Graw Hill. 1991.
4. ULLMAN, Fritz. **Enciclopedia de la Química Industrial**. Segunda edición. España. Editorial Gustavo Gil.
5. G.V. Reklaitis. **Balances de Materia y Energía**. México. Mc-Graw Hill. 1989.
6. SMITH y VAN NESS. **Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química**. Cuarta edición. México. Mc-Graw Hill. 1991.

7. McCABE SMITH. **Operaciones básicas de Ingeniería Química**. Reverté S.A. 1981.
8. DONALD Q. KERN. **Procesos de transferencia de calor**. Vigésima octava reimpresión. México. 1997.
9. <http://www>. Descripción de la producción de ron.
10. <http://www>. Algarrobo
11. <http://www>. Uva pasa
12. <http://www>. Elprisma.com
13. Bauer, J. L. ,1986. Lixiviación: Introducción a la parte microbiológica de la Biohidro-metalurgia con sp. de Thiobacillus. Revista de la ANBIOP, 3(2): 53-60.
14. Catálogos en la línea Armstrong ,<http://www.armstrong-intl.com/products/traps>.
15. Válvulas industriales S.A.