ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Mejoramiento del Sistema de Vapor y Condensado en una Industria Cartonera"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Marcelito Neptalí Albuja Coello

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2005

AGRADECIMIENTO

Después de haber culminado este trabajo quiero dejar constancia de mis más sinceros agradecimientos al Ing. Ignacio Wiesner Director de Tesis, hombre de una amplia preparación académica y de un espíritu de bien para sus semejantes.

Agradezco además al personal de LA FERRETERA C.A. en especial a su Gerente Ing. Mariano Gonzalez B. y los Ingenieros del Departamento Tecnico, Ivi Criollo, Carola Sanchez, , Joffre Haro y en especial a mi amigo Fausto Godoy quienes con su apoyo técnico, pudo ser posible culminar este trabajo.

DEDICATORIA

El triunfo de mi preparación académica va dedicado a mis padres Maria Cristina Coello y Neptalí Albuja Bravo, a mis hermanos Msc Holguer, Dra Elsa Tec. Benjamín Msc Washington Albuja Coello.

De la misma manera dedico este trabajo a mi esposa Sra. Cristina Albuja R. y en especial a mis hijos Marcelo Wladimir, Domenica Cristina y Christian Xavier Albuja Albuja, que han sido el impulso para la culminación de este informe

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS

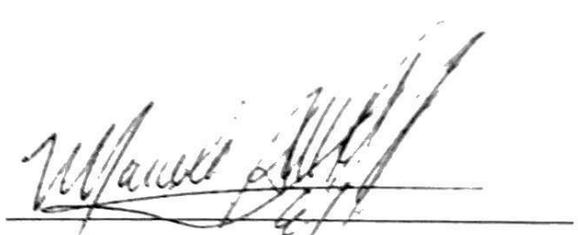
Ing. Eduardo Donoso P.
VOCAL

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Marcelito Neptalí Albuja Coello

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....II

INDICE GENERAL.....IV

ABREVIATURAS.....VI

SIMBOLOGIA.....VIII

INDICE DE FIGURAS.....IX

INDICE DE TABLAS.....X

INDICE DE PLANOS.....XI

INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO 1

1 PROBLEMAS EXISTENTES EN LOS SISTEMAS DE VAPOR

1.1 Descripción del Proceso de producción del Cartón…….....3

1.2 Descripción de los componentes del sistema.....6

1.3 Problemas existentes en los sistemas de vapor y retorno de condensado…….....10

1.4 Evaluación de los problemas críticos…….22

CAPÍTULO 2

2 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR Y CONDENSADO

2.1 Dimensionamiento de tuberías de vapor…….....60

2.2 Dimensionamiento de tuberías de retorno de condensado.....69

2.3 Registro de trampas y accesorios actuales.....75

2.4 Temperaturas recomendadas de cilindros y planchas calientes…...80

2.5 Calculo de carga de condensado de los equipos existentes…….84

2.6 Dimensionamiento del aislamiento en líneas de vapor y retorno de condensado……..102

3 EVALUACION DE CAMBIOS A REALIZARSE

3.1 Costo de perdidas por fugas de trampas…….....109

3.2 Costo de perdidas por no aislamiento….....122

3.3 Inversión y Amortización de los equipos para un eficiente sistema de vapor y recuperación de condensado.....126

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones….....142

4.2 Recomendaciones…….....122

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

RESUMEN

Esta tesis empieza con una breve descripción del proceso de producción del cartón corrugado, análisis de los problemas existentes en el sistema de vapor y retorno de condensado para los diferentes equipos del proceso como son rodillos secadores, planchas calientes, serpentines, etc.

El objetivo principal de este Informe Técnico, es el de “Mejorar el sistema de vapor y retorno de condensado en una Industria Cartonera“, para esto, se ha tomado en cuenta la instalación de los diferentes equipos consumidores de vapor, así como también el análisis de todo lo referente a la extracción y retorno de condensado, además se analizaron los diferentes puntos de desperdicio de vapor y condensado que influyen de forma negativa en la eficiencia global de operación del sistema de total de vapor.

Luego se dimensionó y seleccionó el sistema de vapor y condensado, por lo que se hicieron cálculos de costos de generación de vapor los cuales era de $ 7.02 las 1000 lb antes de los cambios, luego de los mismos llegaron a $ 6.48 las 1000 lb; se calcularon las cargas de condensado de los equipos existentes, selección de trampas de vapor, dimensionamiento del aislamiento, etc. Esto nos permitió comparar el sistema actual con lo dimensionado y así poder proyectar las mejoras del sistema.

Adicionalmente se evaluaron los cambios a realizarse, que estan ligados con la inversión de los equipos para el mejoramiento de la planta, unidos con los costos de perdidas por fugas de trampas y por no aislamiento se pudo proyectar la amortización de los equipos para contar con un sistema eficiente.

Como conclusiones de esta tesis se pudieron evaluar los mayores puntos de desperdicio de vapor así como la ineficiencia por mal uso o mala instalación de los equipos en el sistema.

INTRODUCCIÓN

Este estudio está basado en datos y especificaciones reales de operación de los distintos equipos instalados en esta Industria Cartonera, más lo observado y recogido durante el recorrido de inspección en la Planta, los datos de especificaciones y parámetros de funcionamiento fueron proporcionados por medio de la ayuda de los Ingenieros de Planta.

Como sabemos hoy en día, que el uso del vapor en esta Planta Cartonera, representa en gran medida la fuerza motriz que ayuda a la transformación de las materias primas (papel) o semielaborados en productos terminados (carton).

Con estos datos de operación obtenidos de los diferentes equipos (Rodillos secadores, planchas calientes, serpentines, etc), se procederá a realizara un análisis de balance energético de vapor, que servirá para compararlo con el valor de producción nominal de los calderos instalados en esta Industria Cartonera y se realizará un análisis de costos.

También, vemos la enorme importancia que representa el vapor para la supervivencia y el normal desenvolvimiento de esta Industria, el tema del

vapor en nuestro medio, aún no alcanza toda la dimensión que su papel preponderante le confiere como nervio-motor de los distintos procesos productivos. La preocupación y atención que le brindemos al vapor puede hacer la diferencia con la competencia; esta consideración se vuelve mas critica en una economía actualmente globalizada, donde la reducción de costos es la única manera de garantizar una competitividad en el mercado.

Adicionalmente, hay que indicar que las recomendaciones dadas en este informe están dadas a conformidad con los catálogos de instalación y operación de equipos de vapor diseñados por la empresa Armstrong, así como la empresa Johnson Corporation especialista en sistemas de secado en papeleras y cartoneras.

ABREVIATURAS

A_i	Área transversal interna de la tubería
ASTM	Sociedad Americana de Comprobación y Materiales
Btu.	Unidad Térmica Británica.
Btu /Gal	Unidad Térmica Británica por galón.
Btu /Lbm-ºF	Unidad Térmica Británica por libra masa–grado Fahrenheit.
$\Delta P_{100'}$	Caída de presión por cada cien pies de tubería.
ΔP	Cambio de Energía Potencial.
ΔS	Cambio de Entropía
cm.	Centímetro.
CO_2	Dióxido de Carbono.
CO	Monóxido de Carbono.
Kcal. / Kg.	Kilo caloría por kilogramo.
Cev_R	Consumo Especifico real de Vapor.
Cev_I	Consumo Especifico ideal de Vapor.
ΔT	Diferencial de temperatura.
ec.	Ecuación.
Ft^2	Pies Cuadrados.
Ft / h	Pies por hora.
Ft-Lb_m / Lb_f –S^2	Pies-Libra masa/ Libra fuerza-segundo cuadrado.
Ft^3 / min.	Pies cúbicos por minuto.
Ft^3/ Lb_m	Pies cúbicos por Libra masa.
Gal.	Galones.
º C	Grados Centígrados
ºF	Grados Fahrenheit.
H_o	Salto térmico disponible.
H_i	Salto térmico utilizado.
Has	Hectáreas.
Hp	Caballos de fuerza (Potencia Mecánica).
in^2	Pulgada cuadrada.
Kg.	Kilogramo.

Kg./ m^3	Kilogramo por metro cúbico.
Kcal. / h	Kilocaloría por hora.
Kg. / h	Kilogramo por hora.
Kg_{VAPOR}. / h	Kilogramo de vapor por hora.
Kw.	Kilovatio.
Lb. / h.	Libra por hora.
Lb_{vapor}/hr	Libras de vapor por hora.
m.	Metro.
m / s^2	Metro por Segundo cuadrado.
m^2/ s	Metro cuadrado por Segundo.
$\dot{m}_{vapor}$	Flujo másico de vapor
Mph	Millas por hora.
Nº	Número.
P	Presión.
PRV	Válvula Reductora de Presión.
Psia.	Presión absoluta.
Psig.	Presión manométrica.
“	Pulgadas.
$\eta_{Ri\text{-}Turbina}$	Rendimiento relativo interno de la Turbina
Tm.	Tonelada métrica.
TCH	Tonelada de caña por hora.
T	Temperatura.
T_{Sa}	Temperatura de Saturación.
T_S	Temperatura superficial externa de la tubería.
T_∞	Temperatura del medio (aire).
$\bar{T}_f$	Temperatura de película.
T_C	Temperatura constante.
Vs.	Versus.
V	Velocidad.
V_S	Volumen Específico
v_S	Volumen específico del vapor
$\bar{V}$	Velocidad promedio del vapor.
VCI	Poder calorífico Inferior del Combustible.
W	Trabajo.
$W_{t\text{-}ideal}$	Trabajo ideal de la turbina.
$W'_{t\text{-}ideal}$	Trabajo real de la turbina.
WT.	Fuelle Termostático.

SIMBOLOGÍA

X	Calidad o Título.
β	Coeficiente de Expansión térmica volumétrica
g_o	Constante proporcional de Newton.
σ	Constante de Stefan–Boltzmann
J	Constante de Joule.
K	Conductividad térmica.
h_C	Coeficiente de transferencia de calor por convección.
h_R	Coeficiente de transferencia de calor por radiación.
ρ	Densidad.
ϕ	Diámetro.
ϕ_i	Diámetro interno de la tubería
$	Dólares US.
ε	Emisividad de la tubería
h	Entalpía
h_g	Entalpía de Vapor Saturado
h_{fg}	Entalpía de Evaporación.
h_f	Entalpía de Líquido Saturado.
S	Entropía.
g	Gravedad
=	Igual
μ	Micras.
P_r	Número de Prandtl
Re_D	Número de Reynolds
Ra_D	Numero de Rayleigh
%	Porcentaje.
$r_{cr.}$	Radio critico.
$r_{tubería}$	Radio de la tubería.
ν	Viscosidad cinemática.

CAPÍTULO 1

1. PROBLEMAS EXISTENTES EN EL SISTEMA DE VAPOR Y CONDENSADO

1.1 Descripción del Proceso de producción del Cartón

Para elaborar el cartón se utilizan 2 tipos de maquinarias: línea Corrugadora y las máquinas Impresoras.

La línea Corrugadora está conformada por diferentes secciones de máquinas, siendo cada de una de ellas importante para la elaboración de una plancha de buena calidad.

Estas secciones son:

a) Precalentador Liner Single facer C: Este equipo consta de un rodillo secador que transfiere temperatura al papel liner.

b) Single Facer C: Equipo que consta de los rodillos corrugador superior, corrugador inferior, rodillo de presión, gemelo superior y gemelo inferior, donde se une el papel liner del precalentador con el papel medium a través de la goma por efecto de la temperatura y la presión de los rodillos. En esta máquina se forma la cara simple de mayor calibre.

c) Preacondicionador Medium Single facer C: Rodillo que calienta al medium para permitir un buen pegado con el liner en el Single Facer C.

d) Precalentador Liner Single facer B: Este equipo consta de un rodillo secador que transfiere temperatura al papel liner.

e) Single Facer B: Equipo que consta de los mismos rodillos que tiene el Single Facer C y donde se unen el papel liner con el papel medium a través de la temperatura y la presión de los rodillos. Aquí se forma la cara simple de calibre mediano.

f) Preacondicionador Medium Single facer B: Rodillo que calienta al medium para permitir un buen pegado con el liner en el Single Facer B.

g) Precalentador Liner Single Facer E: Este equipo tiene de un rodillo secador que transfiere temperatura al papel liner.

h) Single Facer E: Equipo que consta de un rodillo corrugado superior, corrugado inferior, rodillo de presión y precalentador de 10”. En este equipo se une el papel liner del precalentador con el papel medium por efecto de la temperatura y la presión de los rodillos, obteniendo la cara simple de menor calibre.

i) Precalentador Triple: En estos rodillos se calienta la cara simple que viene de uno o dos de los singles facer para tener la temperatura correcta y así pegarse con el liner de los elevadores de bobina en la Engomadora Doble.

j) Engomadora Doble: Equipo donde se aplica la goma y mantiene la temperatura en la o las caras simples con el liner a través de dos rodillos fijos.

k) Double Facer: Equipo conformado por 20 planchas y una media luna, donde se procede a realizar el último pegado de las caras simples para formar el cartón de pared sencilla o el cartón de pared doble.

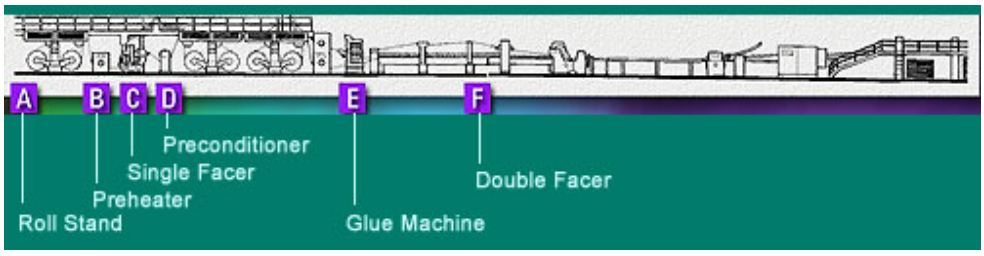


FIGURA 1.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DEL CARTON

1.2 Descripción de los Componentes del sistema

Existen varios sistemas de vapor en el mercado hoy en día, pero todos tienen que cumplir lo siguiente:

a) Simplicidad
b) Bajo costo inicial
c) Requerimientos mínimos de mantenimiento

El vapor es empleado en la operación de las unidades corrugadoras para optimizar lo siguiente:

- Mezclado y precalentamiento del material a corrugar antes de los rodillos corrugadores.
- Mantener la temperatura en las superficies de calentamiento de los rodillos corrugadores, rodillos de presión, precaletadores, preacondicionadotes y sistema de planchaje.

Los elementos que constituyen de manera general el sistema de vapor y retorno de condensado son:

Generador De Vapor.

El generador de vapor, o llamado también caldera, es el corazón de la energía térmica en este proceso de producción.

- Un aspecto importante que hay que considerar, es que el generador de vapor utilizado es la caldera pirotubular de la marca Cleaver Brooks de 600 HP, con presión de operación de 180 psi. ver figura 1.2, que trabaja con combustible líquido (fuel oil Nº 6).

FIGURA 1.2 CALDERO PIROTUBULAR DE 600 BHP.

Sistemas Distribuidores Y Recolectores De Vapor.

Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita energía calorífica.

Los componentes principales de un sistema de distribución de vapor son:

- Los cabezales(Distribuidores de vapor),
- Las tuberías principales
- Los ramales de vapor.
- Reguladoras de Presión
- Reguladoras de Temperatura
- Válvulas de Control
- Solenoides

Cada componente cumple con ciertas funciones específicas en un sistema de vapor que contribuyen al uso eficiente del vapor.

Sistemas Recolectores De Condensado.

Los sistemas de recolección de condensado deben recoger todo el condensado generado en los equipos que utilizan vapor y realizan una transferencia calorífica.

Estos sistemas de recolección deben transportar el condensado desde su fuente hasta el tanque recolector el cual debe estar lo más cercano a la caldera, para que de esta manera pueda ser reutilizado lo más rápido posible a la misma.

Los componentes principales de un sistema de recolección de condensado en las cartoneras son:

- Juntas Rotativas
- Sifones
- Sepadores de vapor - condensado
- Trampas
- Venteadores
- Tanques de Flasheo
- Tanque de Retorno

Cada componente cumple con ciertas funciones especificas en un sistema de retorno que contribuyen a la eficiencia del sistema.

1.3 Problemas Existentes En Los Sistemas De Vapor Y Retorno De Condensado.

Problemas existentes en los sistemas distribuidores de vapor.

Los problemas comunes que se presentan en plantas que utilizan vapor, son los problemas que se encuentran en las líneas principales de distribución al momento de arranque de un equipo (caldera).

Estos problemas se caracterizan por influir directamente en la eficiencia de un equipo, entre estos problemas podemos mencionar los siguientes

- La presencia de **Aire** en los sistemas de distribución y equipos,
- Presencia del **Golpe de ariete** en las líneas de distribución,
- Por último el **Choque Térmico**

Aire en los Sistemas de Distribución de Vapor.

El aire es uno de los problemas indeseables que se pueden encontrar en los sistemas de distribución de vapor ya que este se encuentra disperso en el medio ambiente.

Efecto del Aire en la Transferencia de Calor

Cuando el vapor lleva consigo aire y otros gases no condensables durante su flujo normal hacia el interior de un equipo, (por ejemplo,

en los distribuidores de vapor), estos se acumulan y si no son removidos de la unidad, poco a poco llenan el interior del sistema bloqueando así el flujo de vapor, no permitiendo así que el calor latente que posee el vapor sea transferido de una manera eficiente.

Estos gases, debido a que no se condensan y no se pueden ser drenados por gravedad, forman una barrera entre el vapor y las superficies de calentamiento

Por lo que las excelentes propiedades aisladoras del aire reducen la transferencia de calor, de hecho bajo ciertas condiciones, así tenemos que con un porcentaje tan bajo como **0.5 %** de aire en el volumen de vapor, este puede reducir en un **50 % la eficiencia** de transferencia de calor .

Efecto del Aire en la Temperatura del Vapor

Cuando el aire y otros gases se meten al sistema de vapor, lógicamente estarán ocupando parte del espacio que debería estar ocupado únicamente por el vapor. Y la temperatura de la mezcla aire/ vapor va a ser menor que la que sería para vapor puro.

Por ejemplo:

Supongamos que tenemos una línea principal de vapor saturado con una presión absoluta de 10 bares ,veamos ahora como la ausencia y presencia de aire influyen tanto en la presión del vapor como en la temperatura de este sistema.

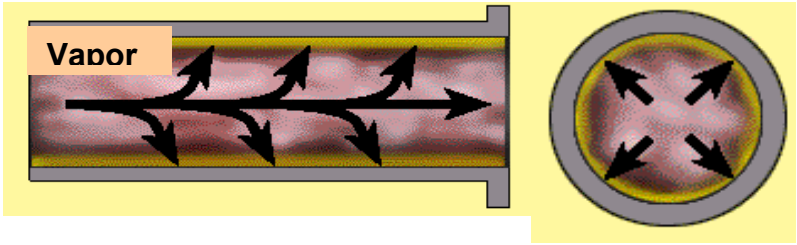


FIGURA 1.3 TUBERÍA LIBRE DE PRESENCIA DE AIRE, 100% VAPOR

La Figura 1.3, muestra el primer caso donde se tiene ausencia de aire, así tenemos que la presión total en la línea es de 10 bar ,la temperatura del vapor saturado es de 179.9 º C , y la presión de vapor para este caso será de 10 bar.

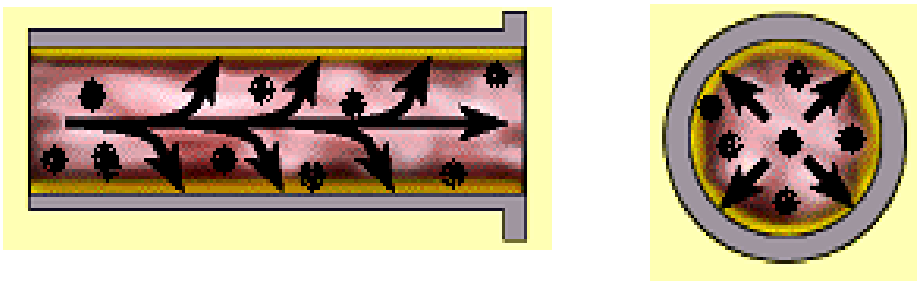


FIGURA 1.4 TUBERÍA 90% DE VAPOR Y 10% DE AIRE

La figura 1.4, muestra el primer caso donde se tiene la presencia de un 10% de aire en la línea, así tenemos que la presión total en la línea será de 10 Bar , pero la presión de vapor será ahora de 9 Bar., con una temperatura del vapor de 175.38 º C.

Este efecto de la presencia de aire en cantidades de porcentaje lo podemos ver más claramente en la tabla1 .

TABLA 1

REDUCCIÓN EN TEMPERATURA CAUSADA POR EL AIRE

LÍNEA	Presión de Vapor (psig)	Temperatura del Vapor (esperada, °F)	Temperatura del Vapor (tomada °F)
Línea Principal	175	377	308
Línea de entrada a rodillos	175	377	307
Línea de entrada a Planchas	175	377	306
		Promedio	307

La figura 1.5 muestra la reducción en temperatura causada por diferentes porcentajes de aire a varias presiones.

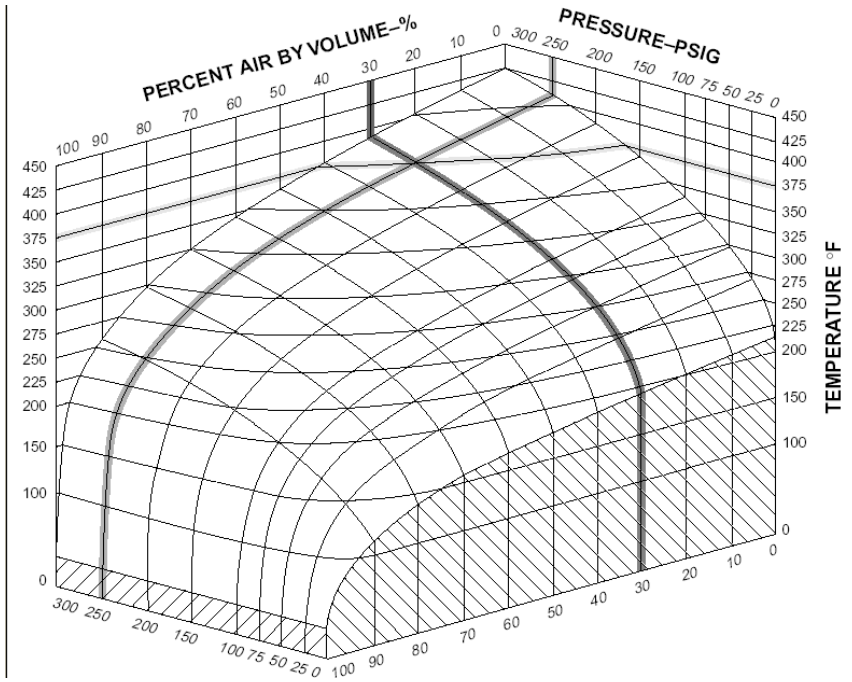


FIGURA 1.5 MEZCLA AIRE – VAPOR

¿Como podemos evitar la presencia de Aire en los sistemas?

Para evitar todos estos efectos indeseables que disminuyen la eficiencia del sistema se recomienda la instalación de venteadores termostáticos ver figura 1.6, los cuales trabajan mediante un fuelle que se abre en el momento que la temperatura baje, desalojando solo el aire y los gases no condensables contenido en el vapor, en el momento que aumente la temperatura entonces este se cierra impidiendo así que el vapor valioso salga.

Para un desalojo eficiente de estos fluidos no deseables se recomienda el uso de este accesorio cada 200 metros.

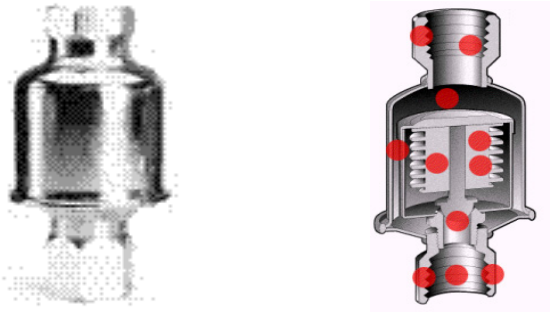


FIGURA 1.6 VENTEADOR TERMOSTATICO

Golpe de Ariete en los Sistemas Distribuidores de Vapor.

El Golpe de Ariete también denominado golpeteo hidráulico, es una onda de choque que es similar a golpear con un martillo una pieza de acero. La onda de choque por presión de cerca de 600 Psi es reflejada hacia atrás y hacia delante hasta que la energía es disipada.

¿ Dónde ocurre el Golpe de Ariete?

Generalmente ocurre en cualquier línea de suministro de agua caliente o fría, sus efectos pueden ser más pronunciados en sistemas heterogéneos o bifásicos.

Los **Sistemas bifásicos** transportan agua en dos estados, como líquido y gas., dado que esta condición existe en un sistema de vapor donde el condensado coexiste con vapor vivo o vapor flash.

El golpe de ariete puede ocurrir en las cartoneras en :

- Intercambiadores de calor,
- Líneas tracer
- Líneas principales de distribución de vapor,
- Líneas de retorno de condensado,
- Líneas de descarga de bombas.

Condiciones causantes del Golpe de Ariete.

Se han identificado tres condiciones capaces de causar los golpes de ariete, las cuales son :

- Choque hidráulico,
- Choque térmico,
- Choque diferencial.

Choque Térmico.

En sistemas bifásicos, algunas burbujas de vapor pueden verse atrapadas en piscinas de condensado en una línea principal

inundada, un ramal o una línea tracer, también pueden ocurrir en tuberías de intercambiador de calor y líneas de bombeo de condensado. Dado que la temperatura del condensado está casi siempre bajo el punto de saturación, el vapor inmediatamente colapsará.

Una libra de vapor a 0 psig ocupa 1600 veces el volumen de una libra de agua en condiciones atmosféricas. Esta relación cae proporcionalmente cuando la presión se incrementa. Cuando el vapor colapsa, el agua es acelerada hacia el vacío resultante desde todas las direcciones. Esto ocurre cuando una trampa de vapor descarga relativamente a alta presión, creandose el vapor flash del condensado en la línea de descarga.

Problemas Existentes En Los Sistemas Retorno De Condensado.

Corrosión en las líneas de retorno de Condensado

El proceso de corrosión en las líneas de retorno de condensado se debe dos causas principales para la formación de sarro y para la corrosión son el bióxido de carbono (CO_2) y oxígeno.

Presencia de Oxígeno

Oxígeno entra al sistema como un gas disuelto en el agua de alimentación. El oxígeno hace más grave aún el efecto del ácido carbónico, incrementando la corrosión y picando las superficies de hierro y acero figura 1.7

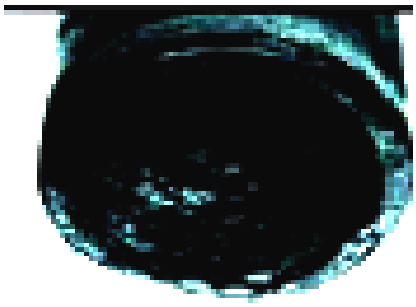


FIGURA 1.7 OXIGENO EN EL SISTEMA AUMENTA CORROSIÓN Y CAUSA PICADURAS EN LAS TUBERÍAS

Presencia de Bióxido de carbono (CO2).

Bióxido de carbono (CO2) entra al sistema en los carbonates que están disueltos en el agua de alimentación, y cuando ésta se mezcla con el condensado enfriado se crea ácido carbónico.

El ácido carbónico es extremadamente corrosivo y puede destruir las tuberías y los intercambiadores de calor figura.1.8.

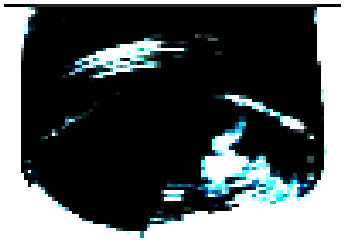


FIGURA 1.8 LA PRESENCIA DE CO2 EN EL CONDENSADO FORMA ÁCIDO CARBÓNICO QUE CORROE A LAS TUBERÍAS

La necesidad de remover aire y CO2.

Aire siempre está presente durante el arranque del equipo y en el agua de alimentación a la caldera. Además, el agua de alimentación puede tener disueltos ciertos carbonatos que liberan bióxido de carbono.

La velocidad a que fluye el vapor empuja estos gases hacia las paredes de los intercambiadores de calor, lo que puede resultar en el bloqueo del flujo del calor.

Esto empeora el problema del drenaje de condensados dado que estos gases deben de ser removidos del sistema junto con el condensado.'

Vapor Flash (vapor secundario)

Cuando la presión se reduce, una cierta cantidad de Calor Sensible es liberado. Este calor es entonces absorbido en la forma de Calor Latente, lo cual causa que una cantidad del agua se convierta en Vapor Flash.

Cálculo del Vapor Flash

El porcentaje del condensado que se convertirá en Vapor Flash se calcula usando la ecuación 1.1:

$$\textbf{\% Vapor Flash} = (Sa - Sb) \times 100 / LL \qquad \text{ec. 1.1}$$

Donde :

Sa = Calor Sensible del condensado a alta presión, antes de ser descargado.

Sb = Calor Sensible del condensado a baja presión, a la cual se descarga.

LL = Calor Latente del vapor a baja presión a la cual se descargó.

Línea Principal de distribución de Vapor

Analicemos la figura 1.9, donde existe una fuga tanto de vapor vivo a través de la válvula antes de la trampa, pero a la vez podemos darnos cuenta que la trampa de vapor no solamente esta descargando condensado sino que se pierde vapor vivo mezclado con vapor flash, ver figura 1.9.

FIGURA 1.9 PRESENCIA DE VAPOR VIVO Y VAPOR FLASH

Condiciones involucrados para el Cálculo de Vapor Flash

Para esto la figura 1.9 tiene las siguientes condiciones de operación:

Presión en la línea: 180 Psig ≅ 195 Psia.

Temperatura vapor: 480 ºF

Presión de descarga (atmosfera): 0 Psig ≅ 15 Psia.

Utilizando las condiciones anteriores y utilizando a la vez el uso de tablas de propiedades termodinamicas del vapor por Keenan y Keyes tenemos lo siguiente:

Sa = 353.10 Btu / Lbm

Sb = 180.00 Btu / Lbm

LL = 970.30 Btu / Lbm

Utilizando la ecuación 1.1 tenemos lo siguiente:

$$\textbf{\% Vapor Flash} = \frac{(353.10 - 180.00)}{970.30} * 100$$

% Vapor Flash = 17.84 %

1.4 Evaluación de Problemas Críticos

Se consideraron para la evaluación de los problemas críticos las instalaciones que presentan mayores inconvenientes y que no cumplen con las normas y estándares recomendadas.

En muchos casos, los defectos encontrados en ciertas instalaciones, se repiten a lo largo del proceso, por lo tanto,

cuando esto ocurra se hará referencia a procesos o instalaciones similares.

Sala De Calderos

Esta Cartonera dispone, para la generación de vapor, de un caldero pirotubular de la marca Cleaver Brooks de 600 HP, con presión de operación de 180 psi.

Este caldero ha sido fabricado en 2003, y entro en funcionamiento a inicios del 2004. Al momento de la inspección el termómetro de la chimenea indicaba 110°C; esta es una lectura errónea, ya que la temperatura de los gases debe ser 50°C por encima y no mayor de 100 °C de la temperatura de saturación de vapor de la presión de trabajo. Por lo tanto la temperatura de la chimenea debería de estar entre 243 a 293°C.

Recomendamos cambiar el termómetro de la chimenea, para poder realizar un mejor control de la eficiencia de combustión del caldero.

FIGURA 1.10 CALDERO DE 600 BHP

Válvulas de Purga de Caldero

Poseen dos válvulas de purga rápida y dos válvulas para la purga lenta. Las válvulas de purga rápida son las adecuadas, debido a que son del tipo de disco autolapeante, el mismo que gira sobre un asiento cuyo diseño evita que las incrustaciones o sólidos expulsados puedan obstruir la válvula.

FIGURA 1.11 PURGAS DE FONDO DE CALDERO

Como podemos observar en la foto adjunta, las válvulas usadas para la purga lenta no son las recomendadas por que son del tipo pistón, donde los lodos y sólidos pueden obstruir el sellado de la válvula con el asiento permitiendo fugas de agua del caldero. Actualmente se han instalado dos válvulas en serie como medida de seguridad para que en caso de que una válvula tenga fuga la otra selle la salida del agua. El uso de dos válvulas pudo haberse evitado utilizando la válvula adecuada para esta aplicación, la cual sería la válvula para purga lenta de 2". En esta válvula, al igual que la de purga rápida, el cierre se lo realiza a través de un disco autolapeante, siendo su única diferencia el tipo de accionamiento, el cual es mediante un volante con tornillo, el cual hace que su apertura y cierre sea lento.

Con las válvulas de purga lenta instaladas actualmente se podrían producir fugas de agua, lo cual se refleja en mayor consumo de agua del caldero para mantener su nivel de agua.

El motivo de usar válvulas de purga rápida y purga lenta es con el objetivo de evitar:

a) Pérdida rápida del nivel de agua en el caldero con el correspondiente paro del equipo por indicación del controlador de nivel automático.

b) Mayor consumo de agua de alimentación de caldero por la pérdida continua del agua del caldero; por la falta de un sello hermético en las válvulas, no son las adecuadas para la purga lenta.

c) Turbulencia de los sólidos al realizar la purga debido a la salida rápida del agua de purga, lo que no asegura la evacuación correcta de los sólidos presentes.

INSTALACIÓN

VÁLVULA #1: La válvula de apertura rápida es localizada junto al caldero, instalada con el flujo directo al disco.

VÁLVULA #2: La válvula de apertura lenta es instalada posterior a las descargas de las válvulas de apretura rápida con el flujo directo al disco.

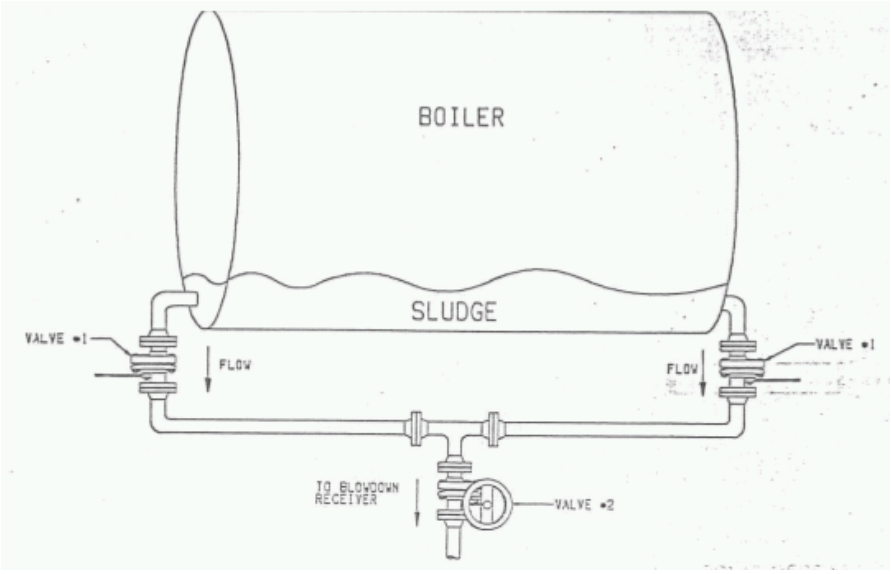


FIGURA 1.12 INSTALACION IDEAL DE PURGAS DE CALDERO

Distribuidor de vapor

Esta planta no dispone de manifold a la salida del caldero. El manifold, como su nombre lo indica, es un repartidor de vapor. Existe una línea de vapor de ¾" que sale de la línea de 4" de

salida del caldero. Esta línea está cerrada y se conecta a la válvula reguladora de presión del desaereador. Esta línea es de ¾" y tiene un recorrido de 10 metros aproximadamente, al estar cerrada se va a tener condensado acumulado, lo que provocará daños de la tubería y la válvula por corrosión.

Cuando se requiere vapor para alimentar otras secciones independientes de la línea de Corrugado, o en el futuro al montar otra línea de Corrugado, es importante la instalación de un manifold, con el objetivo de independizar la línea de vapor del Corrugador de otras secciones de la planta que requieran el uso del vapor. Otro beneficio del manifold es el de evitar que agua de arrastre del caldero sea llevada a la línea de vapor principal. Esto se evita con el trampeo que se instala en el manifold y su venteo para eliminar aire en el sistema de vapor.

El diámetro del manifold dimensionado es de 8" y su diseño se lo puede ver en el diagrama de diseño (ver plano 15/25).

Línea principal de vapor

Esta línea tiene un diámetro de 4” y en el recorrido realizado se notó la ausencia de la instalación de las correspondientes piernas colectoras (ver plano 1/25).

Para el problema de arrastre de condensado en las líneas se deben colocar: piernas colectoras bien dimensionadas y trampas de vapor del tipo balde invertido cada 75 m pero no más de 120 m para este tipo de aplicación, pero como la longitud de la línea principal es de 50 m, solo se necesitará una en el fin de línea.

En la figura adjunta se enfatiza en la remoción del condensado del distribuidor a través del uso de dos patas de goteo, ubicadas en cada extremo.

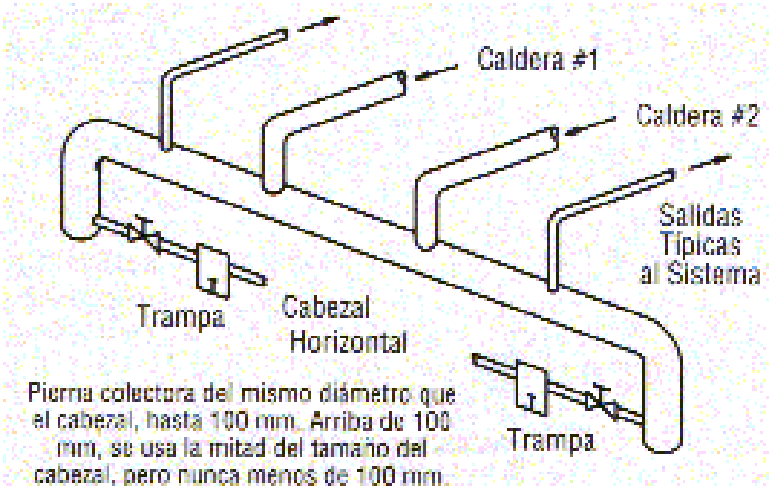


FIGURA 1.13 INSTALACION DE DISTRIBUIDOR DE VAPOR

En función de las características más importantes que se necesitan en esta aplicación, como son: la capacidad de responder inmediatamente a la acumulación de condensado, la excelente resistencia al impacto hidráulico, la capacidad de lidiar con partículas, y el funcionamiento eficiente con bajas cargas son las características que hacen al Balde Invertido (BI) la mejor opción de trampa de vapor para esta aplicación. Por estas y otras razones presentamos un cuadro comparativo de características vs. Modelos de trampas, en distribuidores de vapor:

La primera elección para esta aplicación es la trampa de balde invertido, la alternativa es la trampa de flotador y termostato.

Tanque de retorno de condensado

Como se puede apreciar en la figura 1.14, la línea de retorno de condensado entra al tanque desaereador.

La planta actualmente no dispone de un tanque de retorno de condensado, esto trae como consecuencia una posible contaminación por corrosión al caldero, debido al arrastre de partículas corrosivas y lodos que existen en el sistema.

El condensado que es recuperado es enviado al tanque desaereador, el cual está realizando una doble función, la de recolector de condensado y el de eliminar el oxigeno presente en el agua para evitar problemas de corrosión en los tubos del caldero.

FIGURA 1.14 TANQUE DESAERADOR

Para el correcto manejo y recuperación del condensado se debe instalar un tanque de retorno de condensado conectado a un tanque desaereador, para que a medida que el caldero requiera agua para generar vapor, este tanque de retorno envíe condensado al desaereador y de ahí al caldero. El agua que sale de los ablandadores también es llevada al tanque desaereador para de ahí ser llevada al caldero.

Para el tamaño del tanque de retorno adjuntamos tabla de medidas y gráfico de tanque y sus partes en función del HP del Caldero.

Corrugadora

A continuacion describiremos los principales problemas encontrados en ala corrugadora.

Single Facer C

- Instalación no correcta del sistema de trampeo
- Mal instalación y dimensionamiento de las mangueras de las juntas
- Se purga al exterior, perdida de condensado.

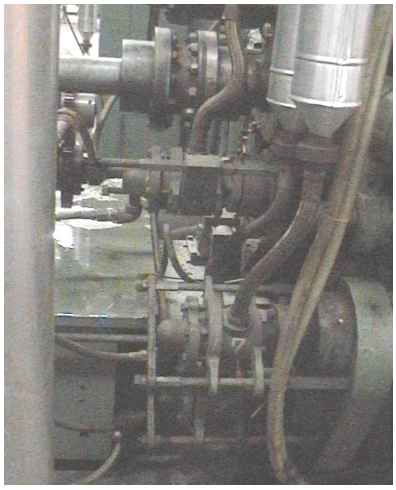


FIGURA 1.15 JUNTAS Y MANGUERAS EN SINGLE FACER C

Los problemas de mal trampeo y mal dimensionamiento de juntas y mangueras, nos llevan a lo siguiente:

- Estrangulamiento del sistema
- Aumento de la velocidad de vapor
- Disminución la capacidad de ingreso de vapor
- Aumento de la velocidad de condensado
- Disminución la capacidad de desalojo de condensado.
- Disminución de la temperatura de los rodillos

Por otra parte, es importante, la posición de los sifones de las juntas giratorias, para el correcto drenaje del condensado; ya que por el diseño de la máquina las junta giratorias de los gemelos queda en posición inclinada, por eso sugerimos que al fijar el sifón en la junta, este quede perpendicular al diámetro interior del rodillo, debiendo ser el claro entre el sifón y el diámetro interno del rodillo de 1/8” (0,12”) para altas velocidades; en caso de no instalarlo con las recomendaciones indicadas, no se podrá eliminar todo el condensado del rodillo, lo que se traduce en una temperatura baja.

Además se pudo apreciar que las mangueras no están instaladas correctamente. Estas deben ser instaladas lo más rectas posibles

entre las uniones para permitir el movimiento axial de la junta a medida que se desgasta el carbón sello como se muestra en el Apencice C.

El tiempo de vida de los carbones, está en función de:

- Correcta selección de junta
- Alineación correcta de la junta incluyendo en esta alineación de los rodillos y soportes

El desalineamiento de la junta giratoria, provoca daños en el cuerpo de la junta, y demás elementos internos. La incorrecta instalación de mangueras y tuberías, también desalinearán a la junta con los daños en sus elementos.

Las juntas Johnson tanto los modelos 2500JAHD como los modelos 3500SBPHQ, requieren tener movimiento libre axial a medida que se van desgastando los carbones, para mantener el sellado. Es por eso que sugerimos chequear las juntas tipo 2500JAHD, donde la placa que une las 2 barras de soporte debe estar a una distancia de 8 mm con respecto a la cabeza de la junta. Una distancia menor impedirá el sellado y lo que sucederá es que el carbón se ira desgastando, hasta llegar a un punto donde la junta no podrá desplazarse por lo

que el carbón sello no hará contacto con las partes de sellado de la junta con la correspondiente fuga de vapor y pérdida de temperatura. En el caso de que la distancia entre la placa que une las 2 barras de soporte de la junta sea mayor a la indicada por Johnson, se romperá el carbón sello con la correspondiente fuga de vapor y desgaste de los elementos internos de la junta Johnson.

Para el caso de la junta 3500SBPHQ, sugerimos la instalación de las mangueras como se indica en la gráfica de instalación de mangueras Johnson. Además se debe chequear que esta junta también tenga instalada la placa de control de desgaste del carbón sello, para que se pueda desplazar axialmente hasta una distancia máxima de 8 mm. Estas juntas tienen un orificio en el cuerpo para la instalación de un tubo cedula 80 para el efecto antigiro de la junta, el cual debe tener un diámetro de 6.5 mm. Recomendamos instalar esta barra antigiro.

Una barra muy pesada provocará que el cuerpo de la junta de desalinee con el desgaste del cuerpo y del nipple. La barra antigiro debe estar instalada de tal forma que no impida el movimiento axialmente la junta, con los problemas indicados en la junta anteriormente citada.

Por este motivo es importante la alineación de las juntas y su correcta instalación.

Tanque Flash del Single Facer C

Este tanque no esta operativo, ya que la trampa ARMSTRONG 882 de ¾" que esta instalada es una trampa que esta subdimensionada para la carga de condensado que recibe de todos los rodillos del Single facer y Precalentador del Liner, lo que trae como problema de que el condensado se acumule en los rodillos de la máquina, disminuyendo la temperatura de los mismos y afectando en la velocidad de la máquina, cartón soplado y hasta la detención del proceso de elaboración de la plancha de cartón.

FIGURA 1.16 TANQUE FLASH SINGLE FABER C

Recomendamos llevar el condensado que sale de cada uno de los rodillos a las trampas recomendadas por nosotros y de ahí a un colector, el cual poseen en su instalación, para luego llevarlo a la trampa seleccionada, para ser enviado a la línea principal de retorno de condensado.

Este tanque debe ser eliminado, ya que el vapor flash que se usa en las duchas del Single Facer se obtiene del tanque flash # 3 que recibe el condensado de la sección de planchas calientes de Double Facer indicado en el plano 11/25.

Actualmente todo el condensado es expulsado al exterior.

FIGURA 1.17 DESCARGA DE VAPOR Y CONDENSADO

Lo que representa dinero que se esta perdiendo. Para este caso se puede enviar todo el condensado generado en los rodillos del Single Facer C y precalentador del Liner a la línea principal de retorno de condensado. Es importante que cada línea de retorno disponga de la instalación de la válvula check respectiva siempre y cuando este condensado deba de subir una columna o haya posibilidad de contra presión de otras líneas.

Retorno de condensado del Preacondicionador del Medium Single Facer C.

Tiene una trampa marca TLV modelo 15 x 21 size ¾" 300 psi. Esta trampa retorna el condensado generado en el rodillo secador a la línea principal de condensado. El by-pass debe ser eliminado, ya que un problema de trampeo se elimina con un mantenimiento preventivo de las trampas.

La secuencia de accesorios es la correcta (válvula, filtro, trampa, válvula). Haría falta colocar la válvula check antes de la subida a la línea de retorno principal.

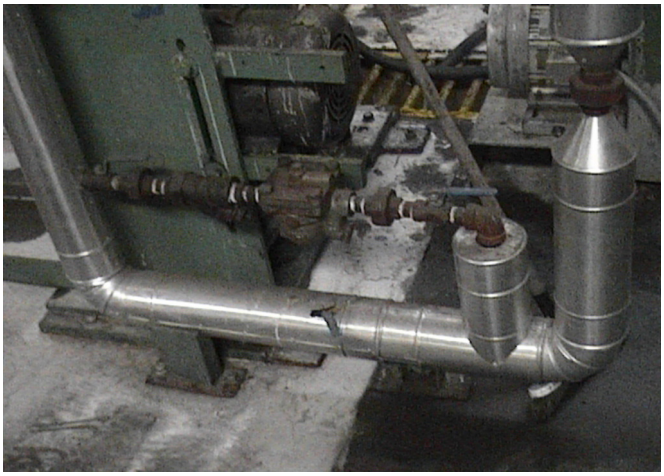


FIGURA 1.18 TRAMPEO DEL PREACONDICIONADOR DEL MEDIUM, SINGLE FACER C

Nosotros recomendamos la trampa de Control Diferencial modelo 82-DC por los beneficios indicados en el anexo # 1, ya que la trampa instalada no posee el mecanismo de separación y regulación de la cantidad de vapor flash, lo que la hace menos eficiente sobre todo para el objetivo de obtener una alta temperatura en la superficie del rodillo secador.

El modelo de trampa sobre la base de nuestro programa de selección es la ARMSTRONG Control Diferencial 82-DC x 200 x 0rificio 1/8" x ¾". Nuestra segunda alternativa será la trampa ARMSTRONG Balde Invertido 812 x 200 psi x orificio 1/8" x ¾" o ½". Luego de ser trampeado este condensado es dirigido a la línea de retorno principal de condensado.

Para obtener una excelente temperatura en la superficie de todos lo rodillos sean estos del Single Facer, Precalentador y Preacondicionador es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Instalar las correctas trampas que manejen las cargas de condensado generadas en los rodillos. Esto lo logramos a través de nuestro programa de selección.

b) Realizar la correcta instalación las trampas es decir realizar la instalación de válvula, filtro, trampa y válvula.

c) Verificar que la junta este correctamente alineada, y con sus accesorios de control de desgaste del carbón sellos y barra antigiro.

d) Que las mangueras de entrada de vapor y salida de condensado de la junta este rectas con respecto a las conexiones de las juntas.

e) Verificar que el sifón este perpendicular al diámetro interior del rodillo secador y a una distancia de 1/8” con respecto a este diámetro interior.

Una junta no alineada tendrá un movimiento continuo de “baile” al girar el rodillo, el cual afectará al sifón ya que este por este movimiento tendrá por momentos contacto con el diámetro interior del rodillo, lo que puede provocar en el peor de los casos que el sifón se desconecte de la junta y caiga dentro del rodillo secador, con la consecuente acumulación de condensado y una disminución de la temperatura del rodillo secador.

Recomendamos la construcción de patrones de los rodillos secadores en el taller de mantenimiento donde se muestre todas las medidas del rodillo. Con el objetivo de que en el caso de los rodillos del Single Facer que son rodillos de diámetro exterior de 12” y 10”, se pueda dar la curvatura correcta del sifón para que este quede a una distancia de 1/8”, y para el caso de los precalentadores que son rodillos de 36” y 24”, donde se usan sifones con codo, se pueda determinar la longitud correcta del sifón como se indica en Apendice D.

En el apendice D encontramos las dimensiones del sifón JOHNSON para los rodillos secadores.

En caso instalar estos sifones hay que chequear el largo de entrada de vapor del rodillo, el diámetro interior de la entrada de vapor del rodillo, diámetro interior del secador, largo del cilindro secador, para verificar si es posible o no realizar la instalación.

Single Facer B

Los problemas que encontramos en los rodillos del single facer C se repiten en el B, por lo que presentaremos algunas acotaciones de estos problemas, siendo las recomendaciones las mismas que el anterior single facer.

Como podemos apreciar, hace falta la instalación de las correspondientes trampas de condensado para cada rodillo secador. Actualmente todas las líneas de retorno que salen de las juntas giratorias van a un recibidor y de ahí se dirigen a un tanque flash el cual tiene su correspondiente trampa de condensado.

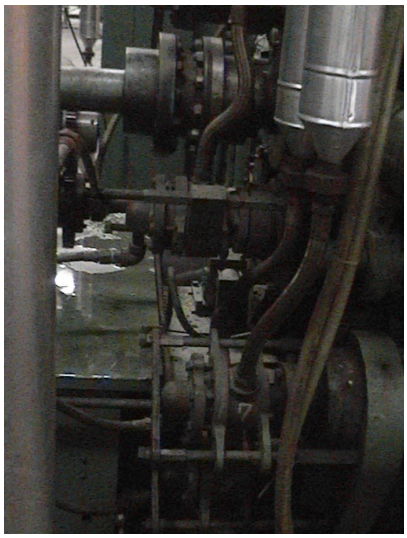


FIGURA 1.19 JUNTAS Y MANGUERAS EN SINGLE FACER B

La trampa del tanque flash es una trampa 812 de Balde invertido, la cual es una trampa que esta subdimensionada provocando la acumulación de condensado en los rodillos del Single Facer con los problemas de disminución de la temperatura de los rodillos, lo que se traduce en baja velocidad, cartón soplado, y para parada del equipo. Además de cortocircuito al trapear todos los rodillos a una sola trampa, por eso la recomendación de una trampa por cada rodillo, para evitar este problema.

Siendo una trampa subdimensionada además es un trampa que no es tan eficiente como la trampa de control diferencial por el hecho de no desalojar tan rápido el condensado debido a su diseño lo que afecta en una buena temperatura en la superficie del rodillo. Información que explicamos en el anexo 2.

Por todos estos motivos recomendamos la instalación de una trampa por cada rodillo con la instalación correcta de secuencia válvula, filtro, trampa, válvula

Single Facer E

Los problemas que encontramos en los rodillos de los otros dos single facer se repiten, por lo que aremos algunas acotaciones de estos problemas.

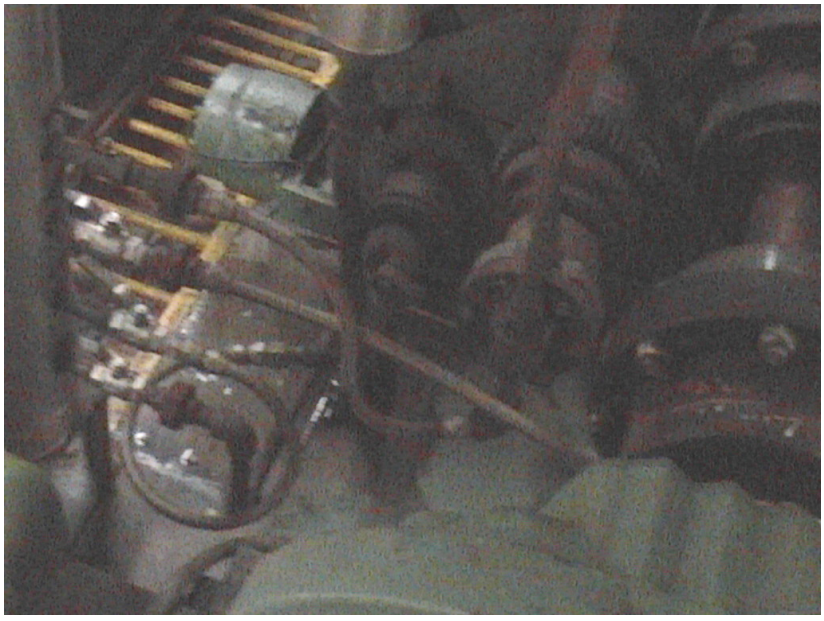


FIGURA 1.20 JUNTAS Y MANGUERAS EN SINGLE FACER E

Este Single Facer consta de un rodillo corrugador superior, corrugador inferior, rodillo de presión y un rodillo precalentador de 10”. Al igual que en el Single facer B, recomendamos la instalación de las trampas de retorno de condensado para cada uno de los rodillos secadores. Ya que actualmente todas las líneas de retorno van a un colector y de ahí se dirigen a un tanque flash el cual tiene su correspondiente trampa de Balde Invertido 882 de ¾” 200 psi, la cual es una trampa que esta subdimensionada con referencia a la suma de condensado de todos estos rodillos, lo que provocaría los problemas indicados anteriormente en el Single Facer en la referencia al tanque flash. Al estar todas las líneas de condensado conectadas a una sola trampa se puede dar el problema de cortocircuito.

Siendo una trampa subdimensionada además es una trampa que no es tan eficiente como la trampa de control diferencial por el hecho de no desalojar tan rápido el condensado debido a su diseño lo que afecta en una buena temperatura en la superficie del rodillo.

Por todos estos motivos recomendamos la instalación de una trampa por cada rodillo con la instalación correcta de secuencia válvula, filtro, trampa, válvula.

Precalentador Triple

Este tanque recibe el condensado de los tres precalentadores. El vapor flash va a la línea principal. El condensado va a la respectiva trampa de vapor.

La trampa instalada es una ARMSTRONG balde invertido 882 con filtro incluido. Esta trampa esta subdimensionada, por lo que el condensado que se genera en los tres rodillos no es evacuado eficientemente provocándose acumulación de condensado en los rodillos, lo que afecta en la temperatura en la superficie de los precalentadores. Por este problema del condensado, actualmente se esta descargando condensado al exterior a través de la línea de prueba de la trampa.

Nosotros recomendamos la instalación de trampas de vapor para cada precalentador para eliminar los problemas de acumulación de condensado en los rodillos debido a la capacidad de descarga de la trampa, evitar el efecto de cortocircuito por estar trampeados los rodillos a una sola trampa, y así poder obtener en la superficie del rodillo una temperatura alta que nos permita poder operar a mayores velocidades.

FIGURA 1.21 TANQUE FLASH DE PRECALENTADOR TRIPLE

En lo referente a las juntas y sifones las recomendaciones son las mismas que las de los single facer.

Engomadora Doble del Double Facer

Este equipo recibe vapor a dos rodillos fijos, los cuales reciben las caras simples de los Single Facer y Liner del Elevador de Bobina Martin para realizar el pegado en los rodillos engomadores. El calor sirve para que el almidón alcance el punto de Gel para el correcto pegado.

En esta sección hay que corregir toda la alimentación de vapor y de retorno, de tal manera que de una solo ramal de vapor de la línea principal salga la alimentación de vapor cada rodillo secador. En la actualidad a esta máquina le falta instalar las respetivas juntas de vapor para cada rodillo, ya que solo se observa entrada de vapor a cada uno de los secadores sin líneas de retorno, por lo que estos rodillos tendrían en su interior condensado.

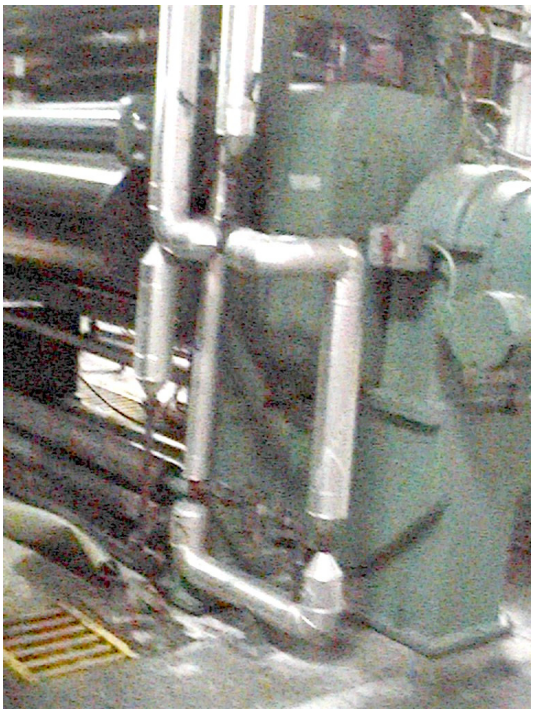


FIGURA 1.22 ALIMENTACION DE VAPOR Y RETORNO DE ENGOMADORA DE DOBLE FACER

Nosotros recomendamos que se instalen las juntas del equipo con sus respectivos sifones, para de ahí realizar el trampeo de cada rodillo.

Tiene instalada una ARMSTRONG balde invertido 881 con filtro incluido como final de la tubería de alimentación a los rodillos.

Recomendamos la instalación de trampas de vapor para cada precalentador para eliminar los problemas de acumulación de condensado en los rodillos debido a la capacidad de descarga de la trampa, evitar el efecto de cortocircuito. Con estas recomendaciones la trampa 881 sería eliminada.

Alimentación de vapor vivo las Planchas Calientes del Doble Backer

La alimentación de vapor a las planchas calientes en vista a lo revisado es una mezcla de vapor vivo y vapor flash. En la gráfica adjunta se muestra la línea de vapor vivo de 2-1/2” que es conectada a un manifold de 3” de diámetro instalado debajo de la máquina, el cual tiene una longitud que abarca las 20 planchas y 1 media luna.

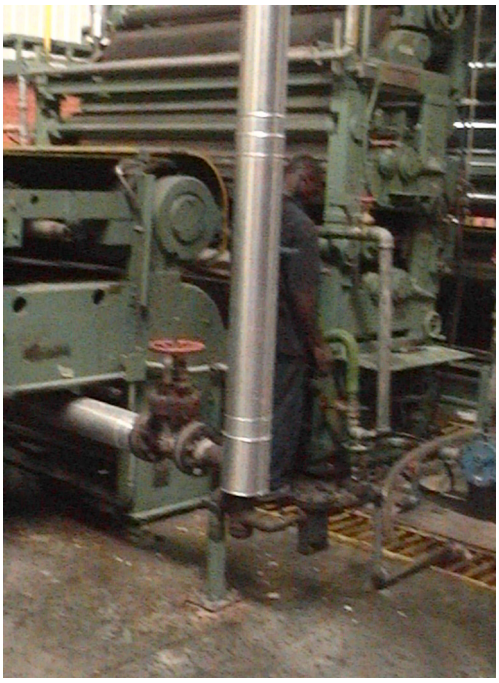


FIGURA 1.23 ALIMENTACION DE VAPOR Y RETORNO DE PLANCHAS CALIENTES (DOBLE BACKER)

Las planchas tienen un ancho de 97" y un largo de 24". Según lo indicado por el personal de esta Cartonera, estas planchas calentaban aceite, y son de doble sección en el interior. Por lo que tienen 2 entradas de vapor y 2 salidas de condensado. En la actualidad las entradas de vapor y las de condensado están intercaladas de una plancha a otra como se muestra en el dibujo "Planchas Calientes 1" y "Planchas Calientes 2".

La alimentación de vapor antes de conectarse al manifold de 3" tiene su correspondiente pata de goteo, a la cual va instalada una trampa

de Balde invertido 882 de ¾” 200 psi. El condensado de esta trampa es desalojado al exterior.

FIGURA 1.24 SISTEMA DE TANQUES FLASH EN PLANCHAS CALIENTES

Recomendamos eliminar las dos líneas de vapor flash que salen de los tanques de flash # 1 y #2 para que se conecten al manifold de alimentación de vapor de las planchas como se indica en el plano 22/25 “ Planchas calientes”, con el objetivo de alcanzar la temperatura de 370°C requerida para poder operar a alta velocidad. Además a este manifold hay que instalarle la correspondiente pata

de goteo con su respectiva trampa para evacuar el condensado y el venteador termostático para eliminar la presencia de aire en el sistema. La pata de goteo respectiva sera de diámetro 3" y la trampa debe ser de balde Invertido ARMSTRONG 812 x 250 x orificio x ½" o 3/4".

Tanque Flash # 1 Sección Planchas Calientes del Double Backer

Este tanque recibe el condensado del colector de retorno de 3" de la primer sección de 13 planchas. Debido al diseño de la máquina hay planchas donde no se puede realizar la conexión de vapor desde el manifold de alimentación vapor del Double Backer en las dos tomas al igual que en las dos salidas de condensado de la plancha. Esto es debido a que la barra del mecanismo para elevar la banda del Double Facer coincide con la ubicación de las tomas de ciertas planchas.

Para estas planchas, puede reflejarse un problema de temperatura uniforme en la superficie externa de la misma. Recomendamos corregir este problema de conexión para mejor transferencia de calor a las planchas.

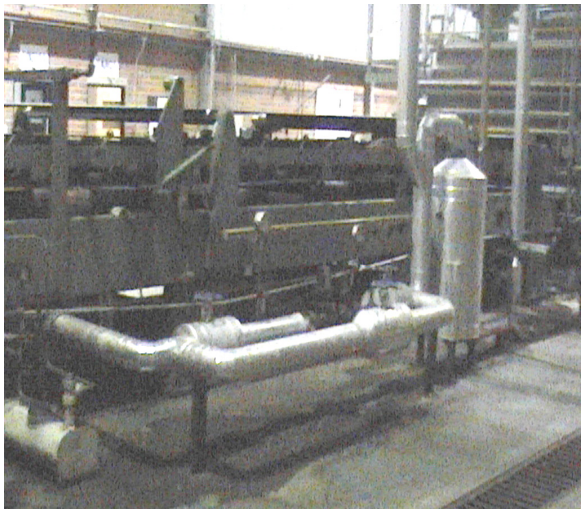


FIGURA 1.25 TANQUE FLASH # 1 DE PLANCHAS CALIENTES

Al ingresar condensado al tanque flash, se genera vapor flash y condensado. Este condensado es evacuado por una trampa ARMSTRONG de balde invertido 814 ¾" 180 psi. Actualmente este condensado es expulsado al exterior a través de la línea de prueba de la trampa. Recomendamos la instalación de trampas de vapor por cada plancha caliente para evitar el problema de cortocircuito, y de ahí enviarlo a la línea principal de retorno.

Las trampas recomendadas de acuerdo al programa de selección serían las ARMSTRONG de Balde Invertido 811 x 250 x orificio # 38 x ½" o ¾". Con la instalación de válvulas, filtros, trampas y válvulas.

Alimentación de Vapor Flash de Tanque #1 a Manifold de Vapor Vivo

En la actualidad el vapor flash que sale del tanque #1 es dividido en dos flujos, uno dirigido a la línea principal de flash y el otro flujo es conectado al manifold de 3" de alimentación de vapor del Double facer a las planchas calientes.

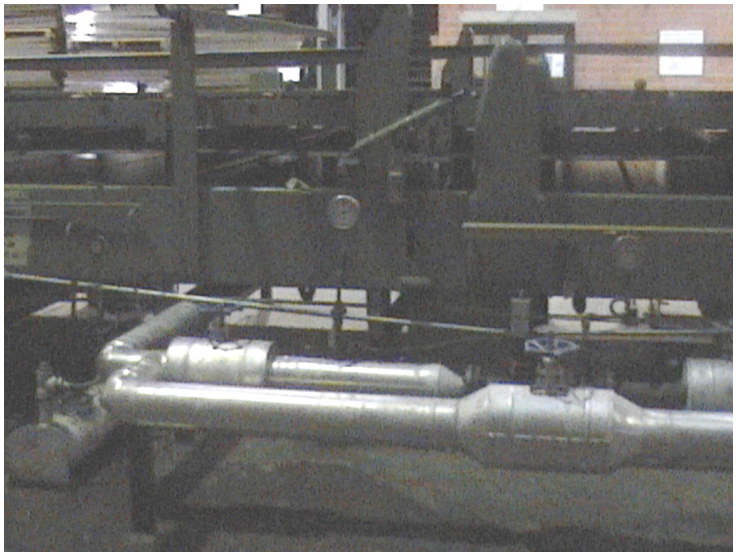


FIGURA 1.26 MANIFOLD DE VAPOR VIVO PARA PLANCHAS CALIENTES

Este sistema de alimentación y regulación del vapor flash a secciones de las planchas era usado antes y era conocido como el Sistema de Cascada, pero en la actualidad se usan otros sistemas y

uno de ellos es el ingresar vapor vivo a todas las planchas calientes con el objetivo de obtener altas temperaturas en las planchas y poder operar a altas velocidades. Por este motivo para obtener temperaturas de 370 °F, requerida para poder trabajar a altas velocidades, es necesario eliminar la instalación de la válvula reguladora de presión, el by-pass y el tanque flash #1 que se conectan al manifold de vapor vivo del Double Facer. Esto debido a que al mezclar el vapor vivo con el vapor flash se afecta a la calidad de vapor disminuyendo el calor latente y por ende la capacidad de transferencia de calor a las planchas. La cantidad de calor que debe recibir el cartón que viaja a lo largo de todas las planchas calientes puede ser controlado por el sistema INTER-FEED que poseen en la primera sección. Donde de acuerdo al gramaje del papel y humedad, se activan las cantidades de placas para la transferencia de calor entre la plancha y el cartón.

Tanque Flash # 2 Sección Planchas Calientes

Este tanque recibe también el condensado del colector de retorno de la primera sección de Planchas Calientes. Al ingresar el condensado al tanque se genera vapor flash y condensado.

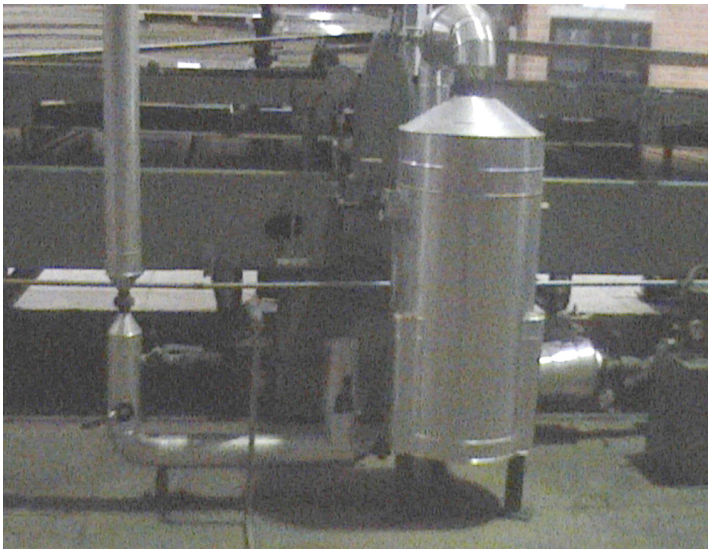


FIGURA 1.25 TANQUE FLASH # 2 DE PLANCHAS CALIENTES

Este condensado es llevado a la línea principal de retorno a través de una trampa AMSTRONG de Balde Invertido 882 ¾", pero en la actualidad este condensado es expulsado al exterior por la línea de prueba de la trampa. Como indicamos anteriormente s recomendamos el trampeo individual de cada plancha y la recuperación del condensado para obtener temperaturas de 370 °F, requerida para poder trabajar a altas velocidades, Este retorno lo realizaremos conectando las mangueras en las tomas de salida de las planchas calientes. Siendo las tomas de salida de las planchas de 2", será necesario la instalación en la toma de un neplo de 2" y luego instalar una reducción de 2" a ¾" para de ahí conectar un neplo de ¾" y realizar la conexión de la manguera flexible para vapor

para luego realizar la instalación correspondiente de trampeo de válvula, filtro, trampa y válvula y de ahí enviar este condensado al colector para luego el condensado ser llevado a la línea principal de retorno.

Alimentación de vapor flash a las Planchas Calientes

El vapor flash que se genera del tanque # 2, es conectado al manifold de vapor vivo de las planchas calientes.

Para obtener la temperatura requerida en las planchas calientes recomendamos eliminar la línea de vapor flash que se conecta al manifold de vapor vivo de las planchas calientes al igual que el tanque de flash. El motivo es debido a que al mezclar vapor vivo con vapor secundario esta obteniendo un vapor que no tiene la misma calidad del vapor seco que se obtiene de la línea de vapor principal, sino que estamos mezclándolo con un vapor que arrastra cierta cantidad de condensado, que afecta disminuyendo el calor latente y por ende afectando a una mejor transferencia de calor.

FIGURA 1.28 ALIMENTACION DE VAPOR FLASH EN PLANCHAS CALIENTES

Tanque Flash # 3 Sección Planchas calientes

Este tanque recibe el condensado del colector de la segunda sección de las 7 últimas planchas calientes. En este tanque se genera vapor flash que es llevado a la línea principal de flash y el condensado es llevado a la línea principal de retorno a través de la trampa ARMSTRONG de balde Invertido 812 de ¾". La ubicación de la trampa no es la correcta, ya que esta debe ir en el nivel inferior

del tanque y el by-pass debe ser eliminado, siempre y cuando se realice la instalación correcta de trampeo de válvula, filtro, trampa y válvula y se realice el mantenimiento preventivo de las trampas. Nuestra recomendación es trampear individualmente cada plancha caliente con una trampa, su instalación correcta y dirigirla al tanque de flash #3 con el objetivo de que el vapor flash generado siga siendo utilizado en las mismas aplicaciones actuales las cuales son ducha para banda del Double facer, ducha de la Engomadora Doble, Cámara de vapor del Single facer E, ducha del Preacondicionador del Medium Single Facer B, ducha de vapor del Single Facer B, ducha del Preacondicionador del Medium del Single Facer C y ducha del Single Facer C.

El condensado que sale de este tanque será llevado a la línea de retorno principal de condensado a través de la correspondiente trampa de vapor, ya que en la actualidad este condensado es expulsado al exterior por la línea de prueba de la trampa. Recomendamos para este tanque flash la trampa Armstrong Balde Invertido modelo 814 x 250 x 5/8” x 1” y eliminar el by-pass para este tanque flash siempre y cuando se realice la correcta instalación.

CAPÍTULO 2

2. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR Y CONDENSADO

2.1 DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE VAPOR.

Como ya mencionamos en el capítulo 1, el sistema de distribución de vapor constituye el objetivo principal de la generación de vapor desde la caldera hacia los diferentes puntos o centros de consumo.

Entonces un incorrecto dimensionamiento y montaje de las tuberías de vapor hace que no llegue a la presión y temperatura deseadas, además puede provocar golpes de ariete y erosiones en las tuberías.

El aire y la humedad son dos elementos indeseables en el vapor por las siguientes causas:

- El aire contenido en el vapor hace disminuir la temperatura;
- La humedad en cambio hace disminuir su valor o poder calorífico.

Parámetros Necesarios para Dimensionar Tuberías de Vapor.

Los parámetros necesarios para dimensionar tuberías de vapor que utilizan vapor recalentado serán los siguientes:

Caudal másico: El caudal másico representa la cantidad de vapor que fluye a través de la tubería de vapor, que se quiere dimensionar.

Presión de vapor: Es aquella presión que se registra al comienzo de la tubería que se va a dimensionar.

Temperatura de vapor : Si bien es cierto este es otro parámetro importante y junto con la presión definen las diferentes propiedades termodinámicas que posee el vapor recalentado

Caída de presión máxima admisible: Es la máxima caída de presión que se puede admitir en el tramo de la tubería que se está dimensionando. Esta caída de presión no debe exceder 20% de la presión máxima en la caldera. Este valor debe incluir todas las

caídas de presión originadas en los tubos, en los codos, y en las válvulas. Recuérdese que una caída de presión es una pérdida de energía.

Existen por lo tanto factores importantes que definen el diámetro de las tuberías en un sistema de vapor, así tenemos:

- Mientras más baja sea la presión, mayor tamaño de tubería se requerirá debido al incremento del volumen específico.

- A mayor caudal (mayor velocidad) se incrementa la caída de presión para un determinado diámetro de tubería

- **Velocidad de vapor:** La velocidad incrementa el nivel de erosión y ruido en las tuberías, debido a la alta velocidad que acompaña a toda caída de presión, ver tabla 2.

- Potencial de crecimiento en el futuro, el tamaño de las tuberías se debe definir sobre la base de las condiciones contempladas para el futuro.

TABLA 2

VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

CONDICIONES			Velocidad Razonable	
Fluído	Presión (Lbs / Pulg ^{2})	Usuarios	Pies / Min	Km / Hr
Agua.	50 -150	Servicios Generales	300 - 600	5.4 - 11
Agua.	> 150	Alimentación a Calderas	600 - 1,200	11–22
Vapor Saturado.	0 -15	Calefacción	4,000 - 6,000	73 - 109
Vapor Saturado.	> 50	Varios	6,000 - 10,000	109 - 182
Vapor Sobrecalentado ó vapor recalentado.	> 200	Turbinas a vapor	9,000 - 13,500	165 - 247

Procedimiento de Cálculo de Tuberías de vapor.

Dimensionamiento de tuberías que conducen vapor saturado.

El primer paso es determinar la velocidad del vapor, por ese motivo en la tabla 2 , se muestra diferentes rangos de velocidades del vapor saturado dependiendo de las presiones, por tal motivo una velocidad óptima promedio que puede ser utilizada para dimensionar tuberías que conducen vapor de saturado será $\bar{V}$ = 6,000 Pies/ min.)

Paso 1 : Utilizando el grafico del apéndice E, ingresamos por la parte inferior izquierda con el caudal de vapor que va a circular por el

tramo de la tubería, luego es necesario desplazarse horizontalmente hacia la derecha hasta interceptar la línea de presión que corresponda a dicho caudal.

Paso 2: A partir de este punto de intercepción se asciende verticalmente en el diagrama hasta interceptar con la línea de velocidad óptima promedio ($\bar{V}$ = 6,0000 Pies/Min), que se encuentre dentro del rango recomendado, tabla 2.

Paso 3: Inmediatamente se deberá leer el diámetro de la tubería, el cual se indica en las líneas inclinadas. Si el punto de intersección se encuentra entre dos líneas de estas, se deberá tomar el diámetro inmediato superior.

Paso 4: Posteriormente, se calcula la caída de presión empleando monograma del Apéndice F, para dicho efecto, se entra al monograma ubicando los valores de caudal de vapor y presión en la línea, luego trazamos una línea que pase por estos valores hasta interceptar la línea pivote, luego de esto, nuevamente trazamos una línea que intercepte la línea de pivote con el valor del diámetro conocido (paso 3).

Paso 5: A partir de este punto de intercepción, leemos el valor de caída de presión por cada 100 ft de tubería.

Hay que indicar que los valores tabulados en el nomograma Apéndice F, son valores derivados de la ecuación de Darcy ($\Delta P_{100'} = \frac{6.44X10^{-3}\,\dot{m}_{vapor}^{1.83}}{d^{4.83}P^{0.913}}$), y la aproximación del factor de fricción de ($^{0.1778}\!/_{R^{0.17}}$).

Dimensionamiento de Tuberías de vapor para los diferentes equipos.

Un eficiente sistema de vapor es aquel que además de la correcta selección de las trampas para el retorno de condensado, y de las válvulas de control del proceso, también posea una correcta selección de los diámetros de tubería tanto de las líneas de suministro de vapor como también de las de retorno de condensado. Existen por lo tanto factores importantes que definen el diámetro de las tuberías en un sistema de vapor, así tenemos:

- La presión inicial en la caldera y la caída de presión permitida por todo el sistema de tuberías. La caída total de presión no debe

exceder 20% de la presión máxima en la caldera. Este valor debe incluir todas las caídas: en los tubos, en los codos, en las válvulas, etc. Recuérdese que una caída de presión es una pérdida de energía.

- Velocidad de vapor. La velocidad incrementa el nivel de erosión y ruido en las tuberías. Las velocidades recomendadas para vapor de proceso son de 6000 a 8000fpm.

- Potencial de crecimiento en el futuro. El tamaño de las tuberías se debe definir sobre la base de las condiciones contempladas para el futuro.

Una vez aplicada la metodologia de calculo, a continuación mostráremos el cuadro de dimensionamiento de tuberías general para cada equipo instalado en esta Industria Cartonera, donde se puede indica la tubería que se encuentra instalada y la tubería que se recomienda, ver tabla 4 :

TABLA 3

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS QUE CONDUCEN VAPOR SATURADO

ITEM	EQUIPO	PRESIÓN PSIG	CARGA DE VAPOR LB/HR	DIÁMETRO DE TUBERÍA INSTALADO	CAÍDA DE PRESIÓN PSI x 100 ft	DIÁMETRO DE TUBERÍA RECOMENDADO	CAÍDA DE PRESIÓN PSI x100 ft
1	LÍNEA PRINCIPAL A CORRUGADORA	200	16560	4"	3.02	4"	3.02
2	LÍNEA A SINGLE FACER C	200	2254	2"	1.83	2"	1.83
3	LÍNEA A SINGLE FACER B	200	2254	2"	1.83	2"	1.83
4	LÍNEA PRECALENTADOR LINER SF E	200	664	1"	5.6	1"	5.6
5	LÍNEA A SINGLE FACER E	200	1391	2"	0.5	2"	0.5
6	LÍNEA PRECALENTADOR TRIPLE	200	2187	2"	1.72	2"	1.72
7	ENGOMADORA DOUBLE FACER	200	692	2"	0.2	2"	0.2
8	LÍNEA A PLANCHAS CALIENTES	200	1040	2"	0.4	2"	0.4
SINGLE FACER C							
9	PREACONDICIONADOR MEDIUM	200	459	1"	2.7	1"	2.7
10	DUCHA GAIRLOCK	200	30	1"	0	1"	0
11	CORRUGADOR SUPERIOR	200	235	1"	0.7	1"	0.7
12	CORRUGADOR INFERIOR	200	235	1"	0.7	1"	0.7
13	GEMELO SUPERIOR	200	198	1"	0.5	1"	0.5
14	GEMELO INFERIOR	200	198	1"	0.5	1"	0.5
15	RODILLO DE PRESIÓN	200	235	1"	0.7	1"	0.7
16	PRECALENTADOR LINER	200	664	1"	5.6	1-1/4"	1.3
SINGLE FACER B							
17	PREACONDICIONADOR MEDIUM	200	459	1"	2.7	1"	2.7
18	DUCHA GAIRLOCK	200	30	1"	0	1"	0
19	CORRUGADOR SUPERIOR	200	235	1"	0.7	1"	0.7
20	CORRUGADOR INFERIOR	200	235	1"	0.7	1"	0.7
21	GEMELO SUPERIOR	200	198	1"	0.5	1"	0.5
22	GEMELO INFERIOR	200	198	1"	0.5	1"	0.5
23	RODILLO DE PRESIÓN	200	235	1"	0.7	1"	0.7

TABLA 4

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS QUE CONDUCEN VAPOR SATURADO

ITEM	EQUIPO	PRESIÓN PSIG	CARGA DE VAPOR LB/HR	DIÁMETRO DE TUBERÍA INSTALADO	CAÍDA DE PRESIÓN PSI x 100 ft	DIÁMETRO DE TUBERÍA RECOMENDADO	CAÍDA DE PRESIÓN PSI x100 ft
SINGLE FACER E							
25	PREACONDICIONADOR MEDIUM	200	459	1"	2.7	1"	2.7
26	CÁMARA DE VAPOR	200	30	1"	0	1"	0
27	CORRUGADOR SUPERIOR	200	235	1"	0.7	1"	0.7
28	CORRUGADOR INFERIOR	200	235	1"	0.7	1"	0.7
29	GEMELO SUPERIOR	200	198	1"	0.5	1"	0.5
30	RODILLO DE PRESIÓN	200	235	1"	0.7	1"	0.7
PRECALENTADOR TRIPLE							
31	PRECALENTADOR SUPERIOR	200	729	1"	2.7	1"	2.7
32	PRECALENTADOR MEDIO	200	729	1"	0	1"	0
33	PRECALENTADOR INFERIOR	200	729	1"	0.7	1"	0.7
ENGOMADOR DOBLE							
34	ENGOMADOR SUPERIOR	200	346	1"	0.4	1"	0.4
35	ENGOMADOR INFERIOR	200	346	1"	0.4	1"	0.4
PLANCHAS CALIENTES							
36	DISTRIBUIDOR DE PLANCHAS	200	1020	3"	0.05	3"	0.05
37	PLANCHA CALIENTE 1 (SON 20)	200	51	1"	0	1"	0

Como nos podemos dar cuenta el único problema de dimensionamiento de tubería es en el precalentador lainer el cual tiene una pequeña variación que es de ¼", la misma que no es tan critica, ya que si se mantiene la tubería actual de 1", tendrán como problema básico un pequeño aumento en la caída de presión.

2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE RETORNO DE CONDENSADO

Distribución de las tuberías de Retorno de Condensado.

Una vez que el vapor ha cedido el calor latente requerido en el proceso, retorna en forma de condensado, por un sistema de tuberías , conocido con el nombre de sistema de retorno de condensado.

En la mayoría de los casos , la distribución de estas tuberías de retorno de condensado siguen el mismo recorrido de las tuberías de vapor.

Cálculo y Dimensionamiento de las Tuberías de Retorno de Condensado.

Las tuberías de retorno de condensado no se pueden dimensionar como si se tratara simplemente de tuberías de agua, el principal problema reside en el efecto de revaporizado.

El condensado antes de ser descargado por las trampas de vapor, es agua caliente a la presión de trabajo de la instalación; una vez descargado pasa a ser agua caliente a la presión de la línea de condensado, más cierta cantidad de revaporizado.

No obstante, para casos prácticos y como aproximación se puede seguir un procedimiento de cálculo basado en los tres períodos de funcionamiento de la planta de vapor:

Puesta en marcha: Periodo durante el cual el aire y el condensado frío son descargados a través de las trampas de vapor.

Precalentamiento: La trampa de vapor descarga gran cantidad de condensado frío (de 2 a 3 veces el de régimen), debido a que la instalación no llega a la temperatura de régimen. Durante este periodo, se tiene una gran caída de presión en el aparato, por lo que se producirá una cantidad muy pequeña de revaporizado (vapor Flash).

Régimen: Es cuando realmente se alcanza el caudal operativo de la caldera. La instalación alcanza la temperatura normal de trabajo y el caudal de condensado se reduce al normal de régimen, pero como el condensado tiene ahora una temperatura próxima a la del vapor, se tendrá revaporizado.

La experiencia indica que si se diseñan las tuberías de retomo de condensado como si se trataran de tuberías de agua con el caudal correspondiente a las condiciones de precalentamiento (2 veces el caudal de régimen), serán capaz de transportar el condensado y revaporizado de régimen.

Para el dimensionamiento de las tuberías de retomo de condensado se recomienda usar una velocidad de **5000 ft / min.**, con la finalidad de que la mezcla condensado - revaporizado circule sin producir presiones excesivas y deterioro en la tubería, la tabla 2 mostrada a continuación considera la velocidad anteriormente mencionada.

Por otro lado, para no reducir la capacidad de descarga de las trampas de vapor, especialmente en el momento de la puesta en marcha (bastante condensado y poca presión), se recomienda dimensionar las tuberías de retomo de condensado con caídas de presión menores a **0.1 kg / cm^2** ($\cong$ 1.42 Psig) por **cada 100 metros** de recorrido.

La tubería utilizada en el sistema de recuperación de condensado en esta Industria Cartonera es una tubería de acero al carbono, Schedule 40.

Parámetros necesarios para dimensionar tuberías de Retorno de Condensado:

Los parámetros necesarios para el dimensionamiento de esta clase de tuberías son las siguientes :

- Caudal de condensado,
- Presión de vapor,
- Presión en la tubería de retomo,
- Velocidad permisible en la tubería de retorno (para nuestro caso 5000 ft / min.)

De acuerdo con los parámetros especificados en el párrafo anterior, utilizando la tabla del apéndice G y con la ayuda de las siguientes ecuaciones :

$$V_2 = \frac{V_1 W_2}{W_1}$$

Donde:

V_1 = Velocidad de condensado recomendada (5000 Ft / min.)

V_2 = Velocidad corregida de acuerdo a la tabla (Ft / min.)

W_1 = Flujo de condensado leído de la tabla (Lb / Hr)

W_2 = Flujo de condensado corregido de acuerdo al valor leído de la tabla (Lb / Hr)

Para la caída de presión :

$$P_2 = \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2 P_1$$

Donde:

P_1 = Caída de presión leído de la tabla (Psig * 100 Ft de tubería.)

P_2 = Caída de presión corregida (Psig * 100 Ft de tubería.)

W_1 = Flujo de condensado leído de la tabla (Lb / Hr)

W_2 = Flujo de condensado corregido de acuerdo al valor leído de la tabla (Lb / Hr)

Hay que indicar que si los valores de presión de retorno no se encuentran en la tabla, se puede realizar una interpolación del flujo directamente de igual manera se aplica para la caída de presión.

El valor leído en la tabla 6 corresponde a valores de capacidades máximas que pueden conducir estas tuberías

TABLA 5

DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONDENSADO DE CARTONERAS

ITEM	EQUIPO	PRESIÓN PSIG	CARGA DE VAPOR LB/HR	DIÁMETRO DE TUBERÍA INSTALADO	DIÁMETRO DE TUBERÍA RECOMENDADO	CAÍDA DE PRESIÓN PSI x100 ft
1	LÍNEA PRINCIPAL DE RETORNO	180	8217	3"	3"	1
2	SINGLE FACER C	180	1793	1"	1"	1.5
3	PRE ACONDICIONADOR MEDIOS FC	180	459	1"	1"	0.75
4	SINGLE FACER B	180	1793	1"	1"	1.5
5	PRE ACONDICIONADOR MEDIOS FB	180	459	1"	1"	0.75
6	PRECALENTADOR TRIPLE	180	2185	3/4"	1-1/4"	1.5
7	SINGLE FACER E	180	2055	1"	1-1/4"	1.5
8	ENGOMADORA DOUBLE FACER	180	692	3/4"	3/4"	1.3
9	TANQUE FLASH 3	180	838	—	1"	1
10	RETORNO DE DISTRIBUIDOR PRINCIPAL	180	1656	—	1"	1.3

Como nos podemos dar cuenta los problemas de dimensionamiento de tubería estan en el precalentador triple y single facer el cual tiene una variación de medidas, las misma que incidirán en el normal desalojo de condensado, lo cual se vera reflejado en baja

temperatura y por lo tanto disminución de la eficiencia del equipo que se esta drenando el condensado.

2.3 REGISTRO DE TRAMPAS Y ACCESORIOS ACTUALES

El condensado debe ser retirado de cualquier recipiente rápidamente para permitir que ingrese vapor nuevo, pero no se debe permitir que el vapor que tanto ha costado conseguir se escape.

Por lo tanto, para realizar una correcta extracción de condensado, los componentes mas importantes son:

- Trampas de vapor
- Juntas Rotativas
- Sifones

Al realizar la revisión del sistema de condensado, chequeamos dichos componentes, los cuales mostramos en las siguientes tablas:

TABLA 6

REGISTRO DE TRAMPAS Y ACCESORIOS

ÍTEM	LOCALIZACIÓN	MODELO	CONEXIÓN	PRESION (psig)			EQUIPO	V	F	V	A	CONDICIÓN	OBSERVACIONES
				P-ENTRAD. / P-SALIDA	CARGA	DdescarG.							
CALDERO													
1	Intercambiador de calor para búnker	TLV B.I.	1/2"	180 / 5	C	RETORNO	Intercambiador bunker	x	x	x	-		Se debe cheuear si el condesado es recuperado.
PRECALENTADOR SINGLE FACER C													
2	Precalentador C	TLV 21K	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	-	Instalación no correcta. Purga al exterior
SINGLE FACER C													
3	Corrugado Superior	812 B.I.	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	ok	Instalación no correcta. Purga al exterior
4	Corrugado Inferior	812 B.I.	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	ok	Instalación no correcta.Purga al exterior
5	Rodillo de Presión	812 B.I.	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	ok	Instalación no correcta.Purga al exterior
6	Gemerlo Superior	812 B.I.	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	ok	Instalación no correcta.Purga al exterior
7	Gemelo Inferior	812 B.I.	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	ok	Instalación no correcta.Purga al exterior
8	Ducha de vapor	812 B.I.	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	ok	Instalación no correcta.Purga al exterior
9	Colector de Condensado de Single Facer C Y Precalentador	882 B.I.	3/4"	160 / 5	C	RETORNO	Tanque flash	x	x	x	-	-	No operativo. Mala selección e instalacion
PREACONDICIONADOR DEL SINGLE FACER C													
10	Preacondicionador	TLV 15 X29	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	x	x	-		Falta instalar válvula check. Se recupera condensado.
SINGLE FACER B													
11	Precalentador B	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	check	-	No tienen instalado sistema de trampeo
12	Corrugado Superior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
13	Corrugado Inferior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
14	Rodillo de Presión	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
15	Gemerlo Superior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
16	Gemelo Inferior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
17	Ducha de vapor	-	3/4"	180/5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
18	Colector de Condensado de Single Facer B Y precalentador	812 B.I.	3/4"	160 / 5	C	RETORNO	Tanque flash	x	-	x	-	-	No operativo. Trampa mal seleccionada e instalada.
19	Preacondicionador	TLV 15 x21	3/4"	180/5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	x	x	-	-	Trampa con filtro y mal instalada. Falta válvula check

TABLA 6 (CONTINUACION)

REGISTRO DE TRAMPAS Y ACCESORIOS

ÍTEM	LOCALIZACIÓN	MODELO	CONEXIÓN	PRESION (psig)			EQUIPO	V	F	V	A	CONDICIÓN	OBSERVACIONES
				P-ENTRAD. P-SALIDA	CARGA	DESCARG.							
SINGLE FACER E													
20	Precalentador E	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	check	-	No tienen instalado sistema de trampeo
21	Corrugado Superior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
22	Corrugado Inferior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
23	Rodillo de Presión	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
24	Precalentador de 10"	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
25	Camara de vapor	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	x	-	-	-	-	No tienen instalado sistema de trampeo
26	Colector de Condensado de Single Facer E Y precalentador	882 B.I.	3/4"	160/5	C	RETORNO	Tanque flash	x	-	x	-	-	No operativo. Corregir dirección de la trampa. Trampa subdimensionada
PRECALENTADOR TRIPLE													
27	Precalentador Superior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	-	No tienen instalado sistema de trampeo
28	Precalentador Medio	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	-	No tienen instalado sistema de trampeo
29	Precalentador Inferior	-	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Rodillo Secador	-	-	x	check	-	No tienen instalado sistema de trampeo
30	Colector de Condensado de Precalentador Triple	882 B.I.	3/4"	160 / 5	C	RETORNO	Tanque flash	x	x	x	-	ok	Descarga al exterior por línea de prueba. Trampa subdimensionada y con filtro
ENGOMADORA DOBLE DEL DOUBLE FACER													
31	Precalentador Fijo Superior	-	-	-	-	-	Rodillo Secador	-	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
32	Precalentador Fijo Inferior	-	-	-	-	-	Rodillo Secador	-	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
33	FIN DE LINEA DE ENGOMADORA DOBLE	881 B.I.	3/4"	180 / 5	C	RETORNO	Pata de goteo	x	x	x			Mala instalación de vapor.
DOUBLE FACER													
34	INGRESO DE VAPOR A MANIFOLD DE DOUBLE FACER	882 B.I.	3/4"	180 / 0	C	AL EXTERIOR	Pata de goteo	-	x	x	-	ok	Purga al exterior por línea de prueba corregir. Corregir instalación y selección.
35	MANIFOLD DE VAPOR DE DOUBLE FACER	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
	PLANCHA: SECCIÓN 1												
36	MEDIA LUNA	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
37	PLANCHA CALIENTE 1	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
38	PLANCHA CALIENTE 2	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo

TABLA 6 (CONTINUACION)

REGISTRO DE TRAMPAS Y ACCESORIOS

ÍTEM	LOCALIZACIÓN	MODELO	CONEXIÓN	PRESION (psig)			EQUIPO	V	F	V	A	CONDICIÓN	OBSERVACIONES
				P-ENTRAD. P-SALIDA	CARGA	DESCARG.							
39	PLANCHA CALIENTE 3	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
40	PLANCHA CALIENTE 4	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
41	PLANCHA CALIENTE 5	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
42	PLANCHA CALIENTE 6	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
43	PLANCHA CALIENTE 7	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
44	PLANCHA CALIENTE 8	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
45	PLANCHA CALIENTE 9	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
46	PLANCHA CALIENTE 10	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
47	PLANCHA CALIENTE 11	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
48	PLANCHA CALIENTE 12	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
49	PLANCHA CALIENTE 13	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
50	COLECTOR DE CONDENSADO TANQUE DE FLASHEO #1	814 B.I.	3/4"	160 / 5	C	RETORNO	Tanque flash # 1	x	-	x	-	ok	Purga al exterior por línea de prueba corregir. Corregir instalación y selección.
51	COLECTOR DE CONDENSADO TANQUE DE FLASHEO #2	882 B.I.	3/4"	160 / 5	C	RETORNO	Tanque Flash # 2	x	x	x	-	ok	Purga al exterior por línea de prueba corregir. Corregir instalación y selección.
PLANCHA: SECCIÓN 2													
52	PLANCHA CALIENTE 14	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
53	PLANCHA CALIENTE 15	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
54	PLANCHA CALIENTE 16	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
55	PLANCHA CALIENTE 17	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
56	PLANCHA CALIENTE 18	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
57	PLANCHA CALIENTE 19	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
58	PLANCHA CALIENTE 20	-	-	180	-	-	-	x	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo
59	COLECTOR DE CONDENSADO TANQUE DE FLASHEO #3	812 B.I.	3/4"	160 / 5	C	RETORNO	Tanque Flash # 3	x	-	x	-	ok	Purga al exterior por línea de prueba corregir. Corregir instalación y selección.
FIN DE LINEA													
60	FIN DE LINEA DEL SISTEMA DE VAPOR	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	Falta instalar sistema de trampeo

TABLA 7

REGISTRO DE JUNTAS ROTATIVAS Y SUS ACCESORIOS

					JUNTA				VAPOR			CONDENSADO				
Nº	UBICACIÓN	TEMP. RODILLO °F	PVAPOR Psig.	PRETORNO Psig.	MARCA DE JUNTA	MODELO DE JUNTA	TIPO DE CONEXIÓN	ESTADO JUNTA	CONEXIÓN VAPOR	POSICIÓN FLEXIBLE	ESTADO FLEXIBLE	CONEXIÓN CONDENSO	POSICIÓN FLEXIBLE	ESTADO FLEXIBLE	TIPO DE SIFÓN	COMENTARIOS
1	PRECALENTADOR LINER DEL SINGLE FACER C	370	180	0	Jhonson	3550SBHQ	QUICK RELEASE	OK	3/4"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
2	SINGLE FACER C: CORRUGADO SUPERIOR	334.4	180	0	Jhonson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	OK	1"	curvada	ok	1/2"	cruvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
3	SINGLE FACER C: CORRUGADO INFERIOR	284	180	0	Jhonson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	OK	3/4"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
4	SINGLE FACER C: RODILLO DE PRESION	307.4	180	0	Jhonson	3500SBHQ	QUICK RELEASE	OK	3/4"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
5	SINGLE FACER C: GEMELO SUPERIOR	334.4	180	0	Jhonson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	OK	3/4"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
6	SINGLE FACER C: GEMELO INFERIOR	341.6	180	0	Jhonson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	OK	3/4"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
7	PREACONDICIONADSOR MIDIUN FLAUTA C	105	180	0	Jhonson	3500SBQ	QUICK RELEASE	OK	3/4"	vertical	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
8	PRECALENTADOR LINER DEL SINGLE FACER B	---	180	---	Jhonson	3550SBHQ	QUICK RELEASE	-	1"	vertical	ok	1/2"	vertical	ok	estacioanrio	instalar mecanismo de control de desgaste
9	SINGLE FACER B: CORRUGADO SUPERIOR	---	180	---	Jhonson	3500SHQ	QUICK RELEASE	-	3/4"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
10	SINGLE FACER B: CORRUGADO INFERIOR	---	180	---	Johnson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
11	SINGLE FACER B: RODIILLO DE PRESION	---	180	---	Johnson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
12	SINGLE FACER B: GEMELO SUPERIOR	---	180	---	Jhonson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
13	SINGLE FACER B: GEMELO INFERIOR	---	180	---	Jhonson	2500JAHDI	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
14	PREACONDICIONADOR MIDIUN FLAUTA B	---	180	---	Jhonson	3500SBHQ	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
15	PRECALENTADOR LINER DEL SINGLE FACER E	---	180	---	Jhonson	3550SBHQ	QUICK RELEASE	-	3/4"	vertical	ok	1/2"	vertical	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
16	SINGLE FACER E: CORRUGADO SUPERIOR	---	180	---	Jhonson	3500SBHQ	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
17	SINGLE FACER E : CORRUGADO INFERIOR	---	180	---	Jhonson	3500SBHQ	QUICK RELEASE	-	3/4"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
18	SINGLE FACER E : RODILLO DE PRESION	---	180	---	Jhonson	3500SBHQ	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
19	SINGLE FACER E : PRECALENTADOR 10"	---	180	---	Johnson	3400SBHQ	QUICK RELEASE	-	1"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
20	PRECALENTADOR TRIPLE SUPERIOR	127.4	180	0	Jhonson	3300S	ROSCADA	OK	1/2"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
21	PRECALENTADOR TRIPLE MEDIO	323.6	180	0	Jhonson	3550SBHQ	QUICK RELEASE	OK	1/2"	curvada	ok	1/2"	curvada	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
22	PRECALENTADOR TRIPLE INFERIOR	356	180	0	Jhonson	3500SBHQ	QUICK RELEASE	FUGA	3/4"	curvada	ok	1/2"	vertical	ok	estacioanrio	posición de mangueras debe ser corregida
23	ENGOMADORA DOBLE : SUPERIOR	325.4	180	---	---	---	---	---	---	---	---	---				
24	ENGOMADORA DOBLE : INFERIOR	293	180	---	---	---	---	---	---	---	---	---				

2.4 TEMPERATURAS RECOMENDADAS DE CILINDROS Y PLANCHAS CALIENTES

En el lenguaje especializado sobre vapor, todas las unidades calentadas son llamadas recipientes de vapor. Cuando se esta trabajando con cartón de ancho completo, a velocidad máxima, con una presión de vapor de 180 psig, todos los recipientes completamente calentados deben tener una temperatura superficial de alrededor de 360 F.

Generalmente no se puede usar termómetros con sondas superficiales bimetalicas o par termoelectrico en superficies giratorias por que la fricción añade calor de manera impredecible a la superficie de la sonda y genera lecturas falsas. La temperatura debe ser registrada inmediatamente tras detener la maquina después de un proceso normal.

Los instrumentos infrarrojos para la medición del calor son los mas fáciles de usar en los rodillos giratorios, pero el instrumento debe ser calibrado primero con los rodillos calientes y detenidos.

Utilizando el termómetro infrarrojo tomamos las lecturas de las superficies calientes de la corrugadora, la misma que presentamos en la Tabla 9.

TABLA 8

REGISTRO DE TEMPERATURAS ACTUALES Y RECOMENDADAS EN LOS EQUIPOS

ITEM	EQUIPO	PRESIÓN PSIG	TEMPERATURA ACTUAL °F	TEMPERATURA RECOMENDADA °F	OBSERVACIONES
1	PRECALENTADOR LINER DEL SINGLE FACER C	180	360	360	Descarga de condensado al exterior.
2	SINGLE FACER C : CORRUGADO SUPERIOR	180	334.4	360	Descarga de condensado al exterior.
3	SINGLE FACER C : CORRUGADO INFERIOR	180	284	360	Descarga de condensado al exterior.
4	SINGLE FACER C: RODILLO DE PRESION	180	307.4	360	Descarga de condensado al exterior.
5	SINGLE FACER C : GEMELO SUPERIOR	180	334.4	360	Descarga de condensado al exterior.
6	SINGLE FACER C : GEMELO INFERIOR	180	341.6	360	Descarga de condensado al exterior.
7	PREACONDICIONADOR MIDIUN FLAUTA C	0	105	360	Válvula estaba cerrada
8	PRECALENTADOR TRIPLE SUPERIOR	180	127.4	360	Fuga de condesado por tapa de rodillo
9	PRECALENTADOR TRIPLE MEDIO	180	323.6	36	Descarga de condensado al exterior.
10	PRECALENTADOR TRIPLE INFERIOR	180	356	360	Fuga de condesado por tapa de rodillo
11	ENGOMADORA DOBLE : RODILLO SUPERIOR	180	325.4	360	Falta línea de descarga de condesado del rodillo
12	ENGOMADORA DOBLE : RODILLO INFERIOR	180	293	360	Falta línea de descarga de condesado del rodillo
13	MEDIA LUNA DE PLANCHAS CALIENTES	180	341.6	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
14	PLANCHA CALIENTE # 1	180	311	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
15	PLANCHA CALIENTE # 2	180	204.8	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
16	PLANCHA CALIENTE # 3	180	316.4	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
17	PLANCHA CALIENTE # 4	180	321.8	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
18	PLANCHA CALIENTE # 5	180	307.4	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
19	PLANCHA CALIENTE # 6	180	300.2	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
20	PLANCHA CALIENTE # 7	180	312.8	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
21	PLANCHA CALIENTE # 8	180	318.2	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
22	PLANCHA CALIENTE # 9	180	318.2	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
23	PLANCHA CALIENTE # 10	180	341.6	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
24	PLANCHA CALIENTE # 11	180	323.6	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
25	PLANCHA CALIENTE # 12	180	327.2	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.
26	PLANCHA CALIENTE # 13	180	321.8	360	Mezcla de vapor vivo con vapor flash, no correcto.

Como podemos observar en el cuadro anterior las temperaturas en el 70% de los puntos críticos se encuentran fuera del rango óptimo de trabajo, esto se ve reflejado en disminución de productividad y eficiencia en la corrugadora. Para mejorar presentamos una lista de las recomendaciones generales para alcanzar las temperaturas requeridas de trabajo.

TABLA 9

RECOMENACIONES GENERALES EN LAS DIFERENTES SECCIONES DE LA PLANTA

SECCION	RECOMENDACIONES GENERALES
CALDEROS	1. Colocar válvulas de purga lenta 2. Colocar by-pass en sistema de regulación 3. Instalar manifold con pata de goteo 4. Instalación del tanque de retorno de condensado
PRECALENTADOR SINGLE FACER C	1. Instalación de stma. trampeo (válvula-filtro-trampa-válvula) 2. Instalación de trampa de Control diferencial 83-DC 3. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾"
SINGLE FACER C Distribuidor Corrugado superior Corrugado inferior Rodillo de presión Gemelo Superior Gemelo inferior Ducha de vapor Colector de condensado	1. Instalación de stma. Trampeo 2. Trampa de BI 811 en distribuidor de vapor 3. Instalación de trampas de Control Diferencial 81-DC 4. Alinear las mangueras de las juntas rotativas 5. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾" 6. Eliminar tanque flash del sistema porque no cumplen su función pues no llega al sist. De retorno de condensado. Ver plano No 13/25 en los anexos 7. Instalar trampa BI 813 en colector de condensado
PREACONDICIONADOR SINGLE FACER C	1. Instalación de stma. Trampeo 2. Instalación de válvula check 3. Instalación de trampa de Control Diferencial 82-DC 4. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾"
SINGLE FACER B Distribuidor Corrugado superior Corrugado inferior Rodillo de presión Gemelo Superior Gemelo inferior Ducha de vapor Colector de condensado	1. Instalación de stma. Trampeo 2. Trampa de BI 811 en distribuidor de vapor 3. Instalación de trampas de Control Diferencial 81-DC 4. Alinear las mangueras de las juntas rotativas 5. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾" 6. Cambiar a junta Johnson 2500 JAHDI en corrugado superior 7. Eliminar tanque flash del sistema porque no cumplen su función pues no llega al sist. De retorno de condensado. Ver plano No 13/25 en los anexos 8. Instalar trampa BI 813 en colector de condensado
PREACONDICIONADOR DE SINGLE FACER B	1. Instalación de stma. Trampeo 2. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾"

TABLA 9 (CONTINUACION)

RECOMENACIONES GENERALES PARA LAS DIFERENTES SECCIONES DE LA PLANTA

SECCION	RECOMENDACIONES GENERALES
PRECALENTADOR SINGLE FACER E	1. Instalación de stma. trampeo (válvula-filtro-trampa-válvula) 2. Instalación de trampa de Control diferencial 83-DC 3. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾"
SINGLE FACER E	1. Instalación de stma. Trampeo 2. Trampa de BI 811 en distribuidor de vapor 3. Instalación de trampas de Control Diferencial 81-DC 4. Alinear las mangueras de las juntas rotativas 5. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾" 6. Eliminar tanque flash del sistema porque no cumplen su función pues no llega al sist. De retorno de condensado. Ver plano No 13/25 en los anexos 7. Instalar trampa BI 813 en colector de condensado
PRECALENTADOR TRIPLE	1. Instalación de stma. trampeo (válvula-filtro-trampa-válvula) 2. Instalación de trampa de Control diferencial 83-DC 3. Las mangueras de vapor deben ser de 1 ¼" y para el condensado de ¾" 4. Eliminar tanque flash del sistema porque no cumplen su función pues no llega al sist. De retorno de condensado. Ver plano No 13/25 en los anexos 5. Colocar trampa 813 en colector de condensado
ENGOMADORA DOBLE DEL DOUBLE FACER	1. Instalación de stma. trampeo (válvula-filtro-trampa-válvula) 2. Instalación de trampa de Control diferencial 82-DC 3. Instalar juntas originales del equipo
DOUBLE FACER	1. Instalación de stma. trampeo (válvula-filtro-trampa-válvula) 2. Instalación de trampa de Balde Invertido 811x250 psi 3. Eliminar tanque flash # 1 del sistema porque no cumplen su función pues no llega al sist. De retorno de condensado. Ver plano No 13/25 en los anexos 4. Eliminar tanque flash # 2 del sistema porque el vapor flash no debe mezclarse con el vapor vivo. Ver plano 11/25 de anexos 5. Mantener tanque flash # 3 instalando la trampa BI 814

Con estas recomendaciones se podrá alcanzar temperaturas mínimas promedio de 360°F y obtener una velocidad de trabajo de 160 MPM promedio que se considera como aceptable para este tipo de operación.

2.5 CÁLCULO DE CARGAS DE CONDENSADO DE LOS EQUIPOS EXISTENTES

Para realizar los cálculos de cada uno de los equipos se utilizo las formulas siguientes:

Piernas de Goteo:

$$C \qquad \frac{A \times U \times (T1 - T2)\, E}{20 \text{ días}}$$

Donde:

C = Carga de condensado (lb/hr-ft)

A = Area exterior de la tubería en pies^2 (Apéndice H, Col 2)

U = Btu/sq ft/ºF/hr de grafica de curva de perdidas (Apéndice I)

T1 = Temperatura de vapor en ºF

T2 = Temperatura de aire en ºF

E = 1 menos la eficiencia del aislamiento térmico

H = Calor latente del vapor (Tablas vapor saturado, Apéndice J)

Distribuidor de Vapor:

$$C = CC \times AA$$

Donde:

C = Carga de condensado (lb/hr)

CC = Carga conectada a la caldera

AA = Acarreo anticipado (típicamente 10%)

Secadoras rotatorias con Drenaje por Sifón:

$$C = 3.14\ D \times R \times W$$

Donde:

C = Carga de condensado (lb/hr)

D = Diámetro de la secadora, en ft

R = Capacidad de condensación (lb/sq ft-hr) (típicamente de 6 – 9)
(normalmente se utiliza 7.5)

W = Ancho de la secadora , en ft

Equipos con Cámaras de Vapor Cerradas y Estacionarias

$$C \qquad A \times R$$

Donde:

C = Carga de condensado (lb/hr)

A = Area total de la superficie de las placas en contacto con el producto, en sq ft

R = Capacidad de condensación (lb/sq ft-hr) (típicamente se utiliza 3)

Para dimensionar la trampa se debe de tomar en cuenta los arranques de los equipos, donde gran cantidad de condensado debe ser desalojado, es por eso que se utiliza un factor de seguridad en el calculo de carga de condensado para la trampas de vapor.

En el Apéndice K se presenta una tabla donde totaliza las recomendaciones sobre las trampas que probablemente son las mas eficientes para ciertas aplicaciones, así como su respectivo factor de seguridad.

A continuación mostramos las especificaciones y resultados de los equipos y líneas consumidoras de vapor.

LÍNEA PRINCIPAL DE VAPOR

ESPECIFICACIONES	
P_{in} $P_{retorno}$ Diámetro de tubería Longitud de tubería	200 psi 5 psi 4” 82 ft
RESULTADOS	
Carga de condensado	40 lb/hr FS 2: 80 lb/hr

FIN DE LÍNEA PRINCIPAL DE VAPOR

ESPECIFICACIONES	
P_{in} $P_{retorno}$ Diámetro de tubería Longitud de tubería	200 psi 5 psi 4” 82 ft
RESULTADOS	
Carga de condensado	40 lb/hr FS 3: 120 lb/hr

SINGLE FACER C

DISTRIBUIDOR SINGLE FACER C

ESPECIFICACIONES	
P_{in} $P_{retorno}$ Carga del caldero	200 psi 5 psi 2254 lb/hr

RESULTADOS	
Carga de condensado	226 lb/hr FS 1.5: 339 lb/hr

PRECALENTADOR LINER

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	36 in
Longitud del cilindro	93 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	664 lb/hr FS 3: 1992 lb/hr

GEMELO SUPERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	10 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	198 lb/hr FS 3: 594 lb/hr

GEMELO INFERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	10 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	198 lb/hr FS 3: 594 lb/hr

RODILLO DE PRESIÓN

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	12 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

CORRUGADOR SUPERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	12 in
Longitud del cilindro	98 in

RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

CORRUGADOR INFERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	12 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

PREACONDICIONADOR MEDIUM

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	24 in
Longitud del cilindro	97 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	459 lb/hr FS 3: 1377 lb/hr

DUCHA GAIRLOCK

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Largo	14 in
Ancho	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	30 lb/hr FS 3: 90 lb/hr

ANTES DE DUCHAS

ESPECIFICACIONES	
P_{in}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro de tubería	3”
Longitud de tubería	82 ft
RESULTADOS	
Carga de condensado	40 lb/hr FS 2: 80 lb/hr

COLECTOR DE SINGLE FACER C

Carga de condensado	1795 lb/hr FS 1.5: 2693 lb/hr

SINGLE FACER B

DISTRIBUIDOR SINGLE FACER B

ESPECIFICACIONES	
P_{in}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Carga del caldero	2254 lb/hr
RESULTADOS	
Carga de condensado	226 lb/hr FS 1.5: 339 lb/hr

PRECALENTADOR LINER

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	36 in
Longitud del cilindro	93 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	664 lb/hr FS 3: 1992 lb/hr

GEMELO SUPERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	10 in
Longitud del cilindro	98 in

RESULTADOS	
Carga de condensado	198 lb/hr FS 3: 594 lb/hr

GEMELO INFERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	10 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	198 lb/hr FS 3: 594 lb/hr

RODILLO DE PRESIÓN

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	12 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

CORRUGADOR SUPERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	12 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

CORRUGADOR INFERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	12 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

PREACONDICIONADOR MEDIUM

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	24 in
Longitud del cilindro	97 in

RESULTADOS	
Carga de condensado	459 lb/hr FS 3: 1377 lb/hr

DUCHA GAIRLOCK

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Largo	14 in
Ancho	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	30 lb/hr FS 3: 90 lb/hr

ANTES DE DUCHAS

ESPECIFICACIONES	
P_{in}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro de tubería	3”
Longitud de tubería	82 ft
RESULTADOS	
Carga de condensado	40 lb/hr FS 2: 80 lb/hr

COLECTOR DE SINGLE FACER B

Carga de condensado	1795 lb/hr FS 1.5: 2693 lb/hr

SINGLE FACER E

DISTRIBUIDOR SINGLE FACER E

ESPECIFICACIONES	
P_{in} $P_{retorno}$ Carga del caldero	200 psi 5 psi 1795 lb/hr
RESULTADOS	
Carga de condensado	180 lb/hr FS 1.5: 270 lb/hr

PRECALENTADOR LINER

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor} $P_{retorno}$ Diámetro del cilindro Longitud del cilindro	200 psi 5 psi 36 in 93 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	664 lb/hr FS 3: 1992 lb/hr

GEMELO SUPERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	10 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	198 lb/hr FS 3: 594 lb/hr

GEMELO INFERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	10 in
Longitud del cilindro	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	198 lb/hr FS 3: 594 lb/hr

RODILLO DE PRESIÓN

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	12 in
Longitud del cilindro	98 in

RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

CORRUGADOR SUPERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor} $P_{retorno}$ Diámetro del cilindro Longitud del cilindro	200 psi 5 psi 12 in 98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

CORRUGADOR INFERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor} $P_{retorno}$ Diámetro del cilindro Longitud del cilindro	200 psi 5 psi 12 in 98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	235 lb/hr FS 3: 705 lb/hr

CÁMARA DE VAPOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Largo	14 in
Ancho	98 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	30 lb/hr FS 3: 90 lb/hr

COLECTOR DE SINGLE FACER E

Carga de condensado	1795 lb/hr FS 1.5: 2693 lb/hr

PRECALENTADOR TRIPLE

PRECALENTADOR SUPERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	36 in
Longitud del cilindro	102 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	729 lb/hr FS 3: 2187 lb/hr

PRECALENTADOR MEDIO

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	36 in
Longitud del cilindro	102 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	729 lb/hr FS 3: 2187 lb/hr

PRECALENTADOR INFERIOR

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor}	200 psi
$P_{retorno}$	5 psi
Diámetro del cilindro	36 in
Longitud del cilindro	102 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	729 lb/hr FS 3: 2187 lb/hr

COLECTOR PRECALENTADOR TRIPLE

Carga de condensado	2185 lb/hr FS 1.5: 3278 lb/hr

PLANCHAS CALIENTES

DISTRIBUIDOR PLANCHAS CALIENTES

ESPECIFICACIONES	
P_{in} $P_{retorno}$ Carga del caldero	200 psi 5 psi 1020 lb/hr
RESULTADOS	
Carga de condensado	102 lb/hr FS 1.5: 153 lb/hr

PLANCHAS CALIENTES (20 planchas)

ESPECIFICACIONES	
P_{vapor} $P_{retorno}$ Ancho de la plancha Largo de la plancha	200 psi 5 psi 97 in 24 in
RESULTADOS	
Carga de condensado	51 lb / hr FS 3: 153 lb / hr

TANQUE FLASH

ESPECIFICACIONES	
P_{in} $P_{retorno}$ Carga de condensado al tanque	200 psi 5 psi 1020lb/hr

RESULTADOS	
Carga de condensado	838 lb/hr FS 3: 2514 lb/hr

LÍNEA HACIA DUCHAS

ESPECIFICACIONES	
P_{in} $P_{retorno}$ Diámetro de tubería Longitud de tubería	200 psi 5 psi 3” 82 ft
RESULTADOS	
Carga de condensado	40 lb/hr FS 2: 80 lb/hr

2.6 Dimensionamiento del aislamiento en líneas de vapor y retorno de condensado

El aislamiento térmico es un elemento que retarda la transmisión de calor reduciendo el flujo de energía térmica, su utilización se relaciona con los siguientes elementos:

- Evitar pérdidas por transferencia en equipos de proceso, y redes de distribución.
- Conservar condiciones fisicoquímicas de los fluidos,

- Proteger a los operadores y evitar la transmisión de calor a otros equipos.

Propiedades de los Aislantes:

Una de las propiedades más importante de los aislantes es la conductividad térmica, la cual varia según la temperatura. Esta propiedad es medida experimentalmente, que indica la cantidad de calor que se transfiere a través de un material homogéneo en 1 hora, a través de 1 pie cuadrado de aislamiento, de 1 plg. de espesor, con una diferencia de temperatura de 1 °F.

Cada aplicación de un aislante térmico tiene un requerimiento específico, se puede tener como referencia que una alta densidad del aislante térmico reduce el costo del aislamiento, adicionalmente con la temperatura de operación del aislante, cambia la importancia del mecanismo de transferencia de calor

Los diferentes tipos de aislantes térmicos se clasifican según:

- Tipo de material utilizado,
- Temperatura de servicio,
- Conductividad térmica.

Los aislamientos térmicos para tuberías de vapor y retorno de condensado pueden ser de dos formas: flexibles y rígidos. En el mercado existe una amplia variedad de aislamientos por lo presentaremos los mas comerciales:

Silicato de calcio: Que es un material que posee las siguientes características:

- No es combustible;
- Mantiene su integridad física a muy altas temperaturas;
- Es más costoso que los aislamientos fibrosos.

Vidrio celular (Lana de vidrio): Que es un material que posee características como:

- Material completamente inorgánico;
- No absorbe líquidos ni vapores;
- Es quebradizo,
- Instalación rápida completamente atóxica,
- Incombustible,
- Eficiente desde el punto de vista térmico.

Roca mineral: También denominado **lana mineral**:

- Su límite de temperatura es mayor que el de la fibra de vidrio;
- Utiliza aglomerantes orgánicos;
- La vibración y el maltrato físico le pueden causar daños severos

Selección de materiales

Entre las consideraciones a tener presente en la selección de un aislante térmico tenemos:

- Conservación de la energía,
- Baja absorción de humedad,
- Incombustibilidad superficial,
- Resistencia a esfuerzos mecánicos,
- Resistencia a la vibración,
- Poco peso,
- Facilidad de aplicación,
- Baja corrosividad,
- Resistencia a choques térmicos,
- Economía.

Es importante que el aislante se mantenga seco y no se comprima, debido a que su efectividad está relacionada con la porosidad

característica del material y si estos espacios propios originados por esa porosidad desaparecen, entonces las características aislantes se modificarán.

En función de sus características, la lana de vidrio ha sido la seleccionada como el aislante a aplicar en las tuberías, la misma que se la instalara en su presentación de cañuelas

Lana de Vidrio (Cañuelas):

Las cañuelas son utilizadas para aislamiento térmico en tuberías de vapor o cualquier otro fluido circulante cuya temperatura esté dentro del rango de (86 - 662°F)≈ (30 - 350°C).

Las cañuelas están construidas con lana superfina de vidrio preformada con resina aglutinante y una sal de elevada resistencia a la temperatura que fortalece la incombustibilidad de la fibra, además está blindada con una hoja de aluminio calibre 0.10 mm de espesor , de fácil instalación, ver figura 2.1.

Presentación:

Largo:	91cm ≈ 36”
Diámetro:	de ½” a 25”

Espesor de pared: de 1” a 5”

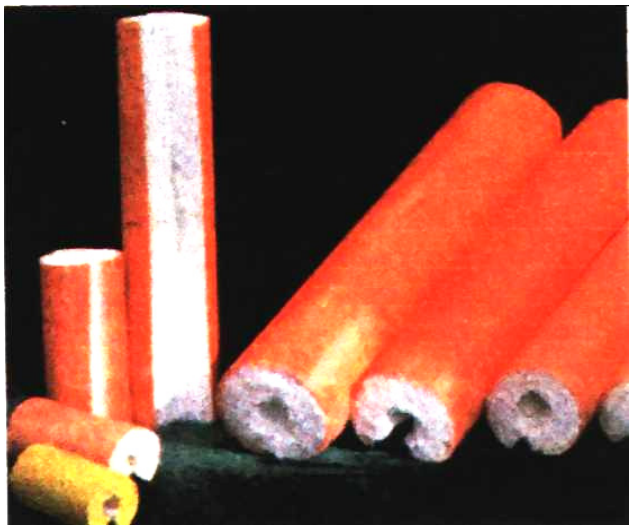


FIGURA 2.1 CAÑUELAS DE LANA DE VIDRIO

Cálculo del Espesor Óptimo

Para el cálculo se debe considerar los siguientes parámetros:

- Diámetro nominal de la tubería;
- Temperatura de operación;
- Tipo de fluido y material aislante.

Teóricamente, lo que realmente se calcula es el radio crítico del aislamiento:

$$r_{cr.} = k / h$$

Donde:

K : Coeficiente de conductividad térmica (f: temperatura y material)

H: Coeficiente de transferencia de calor por convección (f: material, fluido y temperatura)

Por lo tanto, el espesor se calcula:

$$| r_{cr.} - r_{tubería} | = \text{espesor}$$

Para agilitar el proceso del dimensionamiento del aislamiento para las tuberías, utilizamos la tabla de selección del espesor de aislamiento proporcionada por Andifibras, necesitando como datos para su calculo, el diámetro de la tubería, la temperatura superficial de la tubería y la temperatura que se requiere que llegue

De la tabla del Apéndice L dimensionamos el espesor de la cañuela de fibra de vidrio, y la mostramos en la Tabla 11

TABLA 10

ESPESORES SELECCIONADOS PARA TUBERIAS

	TUBERÍA AISLADA		
$\phi_{tubería}$	Espesor recomendado	$T_{superficial\ hierro}$ (°C)	$T_{superficial\ aislamiento}$ (°C)
TUBERÍAS DE VAPOR			
1"	1 1/2"	153	34
1-1/4"	1 1/2"	153	35
2"	1 1/2"	153	35
4"	2"	155	34
TUBERÍAS DE CONDENSADO			
3"	1-1/2"	110	30
1 1/4"	1-1/2"	105	29
1"	1-1/2"	98	31
3/4"	1"	97	32

CAPÍTULO 3

3. EVALUACION DE CAMBIOS A REALIZARSE

3.1 COSTOS DE PÉRDIDAS POR FUGAS DE TRAMPAS.

Para poder cuantificar las perdidas monetarias por fugas de vapor y condensado en trampas, debemos calcular el costo de las 1000 lb de vapor.

Calculo del costo de las 1000 lbs de vapor

El costo de las mil libras de vapor se calculará a partir de los costos para producción de vapor mensual proporcionados por los funcionarios de esta cartonera, los mismos que se detallan a continuación:

Combustible	$ 33,190.00
Agua	$ 3,214.67
Energía Eléctrica	$ 1,150.00
Quimicos	$ 2,200.00
Mano De Obra	$ 925.00
Repuestos	$ 2,550.00
TOTAL	**$ 43,229.67**

Como se mencionó anteriormente, un caldero pirotubular de la marca Cleaver Brooks para la generación de vapor; el cual es de 600 bhp, y que trabaja con una presión promedio de 180 psig.

Teóricamente una caldera con estas características consume 166.84 gph de combustible para producir los 600 bhp. Para encontrar el consumo real en planta, usaremos el dato de gasto de combustible:

$$\frac{\$\ 33{,}190.00}{\text{mes}} \times \frac{1\ \text{mes}}{25\ \text{dia}} \times \frac{1\ \text{dia}}{24\ \text{horas}} = \frac{\$\ 55.32}{\text{hr}}$$

El costo de un galón de búnker es: $0.64

$$\frac{\$\ 55.32}{\text{hr}} \times \frac{1\ \text{gal}}{\$\ 0.64} = \frac{\mathbf{86.43}\ \text{gal}}{\mathbf{hr}}$$

Lo que en realidad se está suministrando a la caldera son 86.43 gal / hr de combustible, valor que expresaremos en términos de

porcentaje para usarlo en cálculos posteriores, para esto usamos una regla de tres:

$$\begin{array}{lcc} 166.84 \text{ gal / hr} & \rightarrow & 100\% \\ 86.43 \text{ gal / hr} & \rightarrow & ? \end{array}$$

Si el caldero trabajara a su máxima capacidad, usaría el 51.81% del combustible que teóricamente se le ingresa.

De la misma manera, la teoría nos dice que este caldero generaría 20'085,000 BTU/hr, pero para conocer la generación real, usamos el porcentaje anteriormente calculado, ya que la generación de energía está relacionada directamente con el consumo de combustible:

$$\begin{array}{lcc} 20'085{,}000 \text{ BTU / hr} & \rightarrow & 100\% \\ ? & \rightarrow & 51.81\ \% \end{array}$$

Lo que genera el caldero si trabajara a su máxima capacidad es 8'671,204.14 BTU / hr, energía que a razón de 180 psi, con calor latente de 844.9 BTU / lb nos da:

$$\frac{8'671{,}204.14 \text{ BTU / hr}}{844.9 \text{ BTU / lb}} = \mathbf{10{,}262{,}99 \text{ lb / hr}}$$

Los costos en los que se incurre mensualmente por la generación de vapor por hora son:

$$\frac{\$\ 43{,}229.67}{\text{mes}} \times \frac{1\ \text{mes}}{25\ \text{días}} \times \frac{1\ \text{día}}{24\ \text{horas}} = \frac{\$\ 72.05}{\text{hr}}$$

Lo que significa que generar 10,262.99 libras de vapor cuesta $ 72.05 por hora; por lo tanto 1000 libra de vapor cuesta:

0,262.99 lb → $ 72.05

1000 lb → ? = **$ 7.02**

Por lo tanto, las 1000 lb de vapor tienen un costo de $ 7.02

Este valor nos servirá para calcular posteriormente a más de las pérdidas energéticas, pérdidas monetarias por desperdiciar vapor.

Pérdida De Vapor Por Trampas Abiertas

El vapor que utiliza una industria es vital para el correcto desarrollo de sus procesos, es por esto que uno de los elementos que lo mantiene en buen estado, como lo es una trampa de vapor, debe

estar funcionando correctamente desalojando únicamente el condensado que se genere en el sistema y evitar las fugas que se puedan dar por el orificio de este equipo.

Si una trampa no está funcionando bien, las pérdidas de vapor pueden causar serios gastos económicos, ya que no se está aprovechando toda la energía contenida en él, perdiendo la inversión realizada en combustible, tratamiento realizado al agua y energía eléctrica.

De acuerdo al chequeo realizado, se encontraron algunos puntos de fuga de vapor debido a las trampas; como lo vemos en la tabla 12

Pérdidas Por Desperdicio De Vapor Flash

Adicionalmente al desperdicio de condensado, parte de este se reevapora, creándose vapor flash, el cual su porcentaje fue calculado en el capitulo 2, que fue 17.84%

En la tabla 13 presentamos los puntos de desperdicio de condensado de los equipos

TABLA 11

PERDIDAS DE VAPOR POR TRAMPAS ABIERTAS

ITEM	UBICACIÓN	MODELO	CONEXIÓN (in)	PRESIÓN (PSIG)	ORIFICIO (in)	PÉRDIDA (lb/hr)	TRAMPA RECOMENDADA
1	INTERCAMBIADOR DE CALDERO	TLV	1/2"	30	1/8	3.52	BI 800 x 80 x orif 1/8" conex 1/2"
SINGLE FACER C							
1	PRECALENTADOR LINER	TLV 21K	3/4"	200	1/8	16.93	BI 83 DC x 250 x orif 3/16" conex 3/4"
2	CORRUGADO SUPERIOR	BI 812	3/4"	200	1/8	16.93	BI 81 DC x 200 x orif 7/64" conex 3/4"
3	CORRUGADO INFERIOR	BI 812	3/4"	200	1/8	16.93	BI 81 DC x 200 x orif 7/64" conex 3/4"
4	RODILLO DE PRESIÓN	BI 812	3/4"	200	1/8	16.93	BI 81 DC x 200 x orif 7/64" conex 3/4"
5	GEMELO SUPERIOR	BI 812	3/4"	200	1/8	16.93	BI 81 DC x 250 x orif #38 conex 3/4"
6	GEMELO INFERIOR	BI 812	3/4"	200	1/8	16.93	BI 81 DC x 250 x orif #38 conex 3/4"
7	PREACONDICIONADOR	TLV 15 X 29	3/4"	200	5/32	26.45	BI 82 DC x 200 x orif 1/8" conex 3/4"
8	DUCHA DE VAPOR	BI 812	3/4"	200	1/8	16.93	BI 811 x 250 x orif # 38 conex 1/2"
9	TANQUE FLASH	BI 882	3/4"	200	1/8	16.93	----------
SINGLE FACER B							
10	PREACONDICIONADOR	TLV 15 X 21	3/4"	200	5/32	26.45	BI 82 DC x 200 x orif 1/8" conex 3/4"
11	TANQUE FLASH	BI 812	3/4"	200	1/8	16.93	----------
SINGLE FACER E							
12	TANQUE FLASH	BI 882	3/4"	200	1/8	16.93	----------
PRECALENTADOR TRIPLE							
13	TANQUE FLASH*	BI 882	3/4"	200	1/8	---	----------
ENGOMADORA DOBLE							
14	PATA DE GOTEO	BI 881	3/4"	200	#38	11.18	----------
DOUBLE FACER							
15	PATA DE GOTEO*	BI 882	3/4"	200	1/8	---	BI 811 x 250 x orif # 38 conex 1/2"
16	TANQUE FLASH 1*	BI 814	3/4"	200	1/4	---	----------
17	TANQUE FLASH 2*	BI 882	3/4"	200	1/8	---	----------
18	TANQUE FLASH 3*	BI 882	3/4"	200	1/8	---	BI 816 x 250 x orif 3/8" conex 2"
						236.90	

***: Ver detalle de pérdidas en la siguiente página**

Cálculos: Se ha tomado en cuenta un día de 24 horas y 25 días al mes

Costo de las mil libras de vapor: $7.02

PÉRDIDAS DE VAPOR VIVO TOTALES POR TRAMPAS ABIERTAS

PÉRDIDAS POR HORA	**$1.66**
PÉRDIDAS POR DÍA	**$39.91**
PÉRDIDAS POR MES	**$997.82**
PÉRDIDAS POR AÑO	**$11,973.87**

Como podemos apreciar la perdida anual es $11,973.87 , la cual puede eliminarse cambiando las trampas recomendadas en la tabla anterior.

TABLA 12
DESPERDICIO DE CONDENSADO

EQUIPOS	CARGA DE CONDENSADO
Single Facer C:	**1795 lb/hr**
Precalentador Triple:	**89 lb/hr**
Planchas calientes	**356 lb/hr**
Engomadora doble	**692 lb/hr**
TOTAL	**2932 lb/hr**

De aquí utilizando la formula encontramos el total de vapor flash

$$Total\ VF = (\%VF \times Desperdicio\ Condensado)$$

Resultando el desperdicio de condensado en vapor flash es:

TOTAL DE V F = 523.06 LB/HR

Entonces el desperdicio de condensado real será:

$$Total\ Condensado = Desperdici\ o\ de\ Condensado - Total\ VF$$

TOTAL CONDENSADO = 2408.94 LB/HR

Las perdidas de vapor flash por energía calorífica son:

- Calor Latente
- Calor Sensible

Para el cálculo de la energía perdida por calor latente utilizamos la siguiente formula:

$$\boxed{Pérd.VFh = \left(Total\,VF \times H\right)}$$

Donde:

H = Calor latente (Tablas vapor saturado, Apéndice J)

Obteniendo como resultado:

PERD. VF h = 507529.20 BTU/HR

Para el cálculo de la energía perdida por calor Sensible utilizamos la siguiente formula:

$$\boxed{Pérd.VF_{cs} = \dot{m}c_p\Delta T}$$

Donde:

m = Carga de condensado desperdiciado (lb/hr)

Cp = Calor Especifico a 60F (1 Btu/lb-F para el agua)

Realizando el cálculo tenemos:

PERD VF. cs = 48121.91 BTU/HR

Por lo tanto las pérdidas totales por vapor flash serán:

$$Pérd.Totales = Pérd.VF_h + Pérd.VF_{cs}$$

PERD TOTALES VF = 55,5651.11 BTU/HR

Esta pérdida de energía se lo ve reflejada en el consumo de combustible, para lo cual tenemos la siguiente formula:

$$Consumo.Comb. = \frac{Pérd.Totales}{(Poder\ Calorífico \times \eta_c)}$$

Donde:

η_c = Eficiencia de la caldera (80 %)

Poder Calorífico = 130,000 BTU/Galón (Bunker)

CONSUMO COMB. = 5.34 GAL/HR

Para el gasto de combustibles utilizamos la siguiente formula

$$Gasto\ Comb. = Consumo.\ Comb. \times Costo\ Comb$$

Donde:

Costo Comb = $0.65 / galon bunker

Obteniendo el siguiente resultado:

GASTO COMB. = $ 5.34 /HR

Así como el vapor flash tiene pérdidas por energía que se ven en el consumo de combustible, también existen perdidas de agua, las cuales son:

$$Costo\ de\ Agua = Costo..agua \frac{\$}{m^3} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\ Lt} \times \frac{3.7854 Lt}{Gal}$$

Donde:

Costo..agua = $0.15 / m^3

Por lo tanto el costo de agua por galón es:

Costo de Agua = $0.0005678 /GAL

Conocido el costo encontramos el gasto de agua por perdidas por vapor flash

$$Gasto\ Agua = Total\ VF \times 0.12 \frac{GPH}{Lbs/hr} \times Costo\ de\ Agua$$

Gasto Agua = $0.03564 /HR

De aquí obtenemos que las pérdidas por vapor flash más importantes por combustible y condensado son:

$$Pérdidas\ de\ VF\ C\ \&\ A = Gasto\ Comb. + Gasto\ Agua$$

PERDIDAS DE VF C & A = $3.51 /HR

Pérdidas Por Desperdicio De Condensado

En esta sección se indicará la cantidad de condensado que se está desperdiciando, para determinar potenciales de ahorro y mejora del sistema.

Si tenemos que las pérdidas más importantes por desperdicio de condensado son:

- Calor sensible (combustible)
- Agua

Para las pérdidas de condensado por calor sensible utilizamos la siguiente formula:

$$Pérd.\ Cond_{cs} = \dot{m} c_p \Delta T$$

Donde:

m = Carga de condensado real desperdiciado (lb/hr)

Cp = Calor Especifico a 60F (1 Btu/lb-F para el agua)

Realizando el cálculo tenemos:

PERD. COND. Cs = 221622.09 BTU/HR

Esta pérdida de energía se lo ve reflejada en el consumo de combustible, para lo cual tenemos la siguiente formula:

$$Consumo.Comb. = \frac{Pérd.Cond_{cs}}{(Poder\ Calorífico \times \eta_c)}$$

Donde:

η_c = Eficiencia de la caldera (80 %)

Poder Calorifico = 130,000 BTU/Galon (Bunker)

Realizando el cálculo tenemos:

CONSUMO COMB. = 2.13 GAL/HR

Para el gasto de combustibles utilizamos la siguiente formula

$$Gasto\ Comb. = Consumo.Comb. \times Costo\ Comb$$

Donde:

Costo Comb = $0.65 / galon bunker

Obteniendo el siguiente resultado:

GASTO COMB. = $ 1.39 /HR

Para las pérdidas de condensado por agua utilizamos la siguiente formula:

$$Gasto\ Agua = Total\ Condens. \times 0.12 \frac{GPH}{Lbs/hr} \times Costo\ de\ Agua$$

Donde:

Costo de Agua = $0.15 / m^3

Realizando el cálculo obtenemos el gasto de agua:

GASTO AGUA = $0.16 /HR

De aquí obtenemos que las pérdidas de condensado más importantes por combustible y condensado son:

$$Pérdidas\ \ Condensado\ \ C\ \&\ A = Gasto\ \ Comb. + Gasto\ \ Agua$$

PERDIDAS CONDENSADO C & A = $ 1.55 /HR

Además se ha considerado que se trabaja 24 horas al día, 25 días mensuales, los 12 meses del año.

De aquí que las pérdidas totales por condensado y vapor flash son:

PÉRDIDAS TOTALES DE CONDENSADO Y VAPOR FLASH

PERDIDA TOTAL = (PERDIDA VF + PERDIDA C.) * TIEMPO OPERACION (HR)

PERDIDA TOTAL = $ 36,415.70

3.2 COSTO DE PÉRDIDAS POR NO AISLAMIENTO.

Tuberías de Vapor y condensado sin aislar.

La radiación es una de las formas de transferencia de calor que se debe considerar en todo sistema de vapor, especialmente en aquellas áreas carentes de aislamientos térmicos que impida la rápida pérdida de energía calorífica del vapor, produciéndose mayores cantidades de condensado antes de haber sido utilizado en su propósito real.

Con los datos proporcionados, más lo observado y obtenido en planta, se procederá a calcular las pérdidas por tuberías desnudas y

aisladas, para esto usaremos un software que toma en cuenta las pérdidas por conducción, convección y radiación.

Debido a que no tenemos datos de longitudes específicos, los cálculos los dejaremos expresados por metro lineal. En todos los casos se mostrarán los datos proporcionados y los obtenidos de tablas, las mismas que se indicarán en los anexos.

Para incluir los efectos antes mencionados, debemos encontrar los respectivos coeficientes, los cuales son:

- Conducción: Depende del material del aislante
- Convección: Depende del medio que lo rodea
- Radiación: Se utilizará una emisividad de 0.8

Para hallar la cantidad de vapor necesitaremos el calor latente del mismo, ya que este calor es el que hace posible la transferencia de calor desde el vapor al producto a calentar. Debido a que las tuberías están sujetas a diferentes presiones de operación, se calcularán las pérdidas para cada caso.

Presentamos un ejemplo de los cálculos realizados para la obtención de los costos de las perdidas.

TUBERÍAS DE VAPOR

TUBERÍA DESNUDA de 2" a 175 psig

Definiciones:

- β: Coeficiente de dilatación volumétrica
- ΔT: Diferencial de temperatura entre la temp. de superficie y temp. de aire en calma (ºK)
- g: gravedad (m2/s.)
- D: diámetro (m.)
- ν: viscosidad cinemática (m2/s.)
- k: conductividad térmica (W/m2 ºK)
- Pr: Número de Prandl
- Ra_D: Número de Rayleigh
- ε: emisividad de la tubería
- σ: Const. de Stefan-Boltzman (5.67 E-8 W/m2 ºK4)

Datos:

ϕde tubería:	2	in	0,0508 m
Tde aire en calma:		27 ºC	300 ºK
Tde presión en línea:		191 ºC	464 ºK
ε:		0,9	
Longitud de tubería:		1 m	

Propiedades evaluadas a la temperatura de masa de película T_{mp}

T_{mp}= 382 ºK

$$\beta = \frac{1}{T}$$

ν = 2,36E-05 m2/s
k = 0,03202 W/m ºK
Pr = 0,69

$$Ra_D = \frac{\beta \cdot \Delta T \cdot g \cdot D^3}{\nu^2} * Pr$$

Ra_D= 6,85E+05

Nu_D = 11,594714

h_c = 7,3083215 W/m2 ºK

h_r = 11,902551 W/m2 ºK

Q = 502,81071 W
Q = 1715,492 BTU/hr

TUBERÍA DE CONDENSADO

TUBERÍA DESNUDA de 3” a 175 psig

Definiciones:

β: Coeficiente de dilatación volumétrica
ΔT: Diferencial de temperatura entre la temp. de superficie y temp. de aire en calma (ºK)
g: gravedad (m2/s.)
D: diámetro (m.)
ν: viscosidad cinemática (m2/s.)
k: conductividad térmica (W/m2 ºK)
Pr: Número de Prandl
Ra_D: Número de Rayleigh
ε: emisividad de la tubería
σ: Const. de Stefan-Boltzman (5.67 E-8 W/m2 ºK4)

Datos:

$\phi_{de\ tubería}$:	3 in	0.0762 m
$T_{de\ aire\ en\ calma}$:	27 ºC	300 ºK
$T_{de\ presión\ en\ línea}$:	88 ºC	361 ºK
ε:	0.9	
$L_{ongitud\ de\ tubería}$:	1 m	

Propiedades evaluadas a la temperatura de masa de película T_{mp}

T_{mp}= 330.5 ºK

$$\beta = \frac{1}{T}$$

ν = 1.84E-05 m2/s
k = 0.0287 W/m ºK
Pr = 0.69

$$Ra_D = \frac{\beta \cdot \Delta T \cdot g \cdot D^3}{\nu^2} * Pr$$

Ra_D= 1.63E+06

Nu_D = 14.315513

h_c = 5.3918008 W/m2 ºK

h_r = 7.4316102 W/m2 ºK

Q = 187.25708 W
Q = 638.88461 BTU/hr

En la siguiente tabla se muestran los resultados a manera resumen de todos los cálculos realizados junto con las pérdidas energéticas y monetarias. El aislamiento utilizado es cañuela de fibra de vidrio.

TABLA 13

PERDIDAS POR NO AISLAMIENTO DE TUBERIAS

		TUBERÍA DESNUDA		TUBERÍA AISLADA				
$\phi_{tubería}$	Presión (psig)	Pérdida calórica (BTU/hr-mt)	Pérdida monetaria ($/año-mt)	Espesor recomendado	Pérdida calórica (BTU/hr-mt)	$T_{superficial}$ (°C)	Pérdida monetaria ($/año-mt)	Porcentaje de reducción
TUBERÍAS DE VAPOR								
1-1/4"	175	1129.06	**31.56**	1 1/2"	103.76	34	**2.90**	90.8
1"	175	1007.05	**28.15**	1 1/2"	114.41	35	**3.20**	88.6
2"	175	1715.49	**47.95**	1 1/2"	119.10	35	**3.33**	93.1
4"	175	3550.34	**99.24**	2"	181.50	34	**5.07**	94.9
TUBERÍAS DE CONDENSADO								
3"	175	643.71	**17.99**	1-1/2"	68.52	30	**1.92**	89.4
1 1/4"	175	370.70	**10.36**	1-1/2"	43.20	29	**1.21**	88.3
1"	175	337.80	**9.44**	1-1/2"	39.13	31	**1.09**	88.4
3/4"	175	290.60	**8.12**	1"	32.11	32	**0.90**	89.0

En el Apéndice N, podemos apreciar algunos métodos ilustrativos de instalación de aislamiento térmico en tuberías.

3.3 INVERSION Y AMORTIZACION DE LOS EQUIPOS PARA UN EFICIENTE SISTEMA DE VAPOR Y RECUPERACION DE CONDESADO.

Inversión Recomendada

En las siguientes tablas se muestra la inversión que se recomendó para el mejoramiento del sistema de retorno de condensado, en el que incluyen: trampas, accesorios, tanque de retorno y demás elementos que se recomiendan para que el sistema funcione adecuadamente, además se muestran los accesorios para facilitar la prueba de las trampas:

TABLA 14

INVERSION RECOMENENDADA PARA LINEAS Y AREA CALDEROS

Cantidad	Descripción	Conexión	Precio Unitario	Precio Total
INTERCAMBIADOR DE CALDERO				
1	BI 800 x 125 x orif. 1/8"	1/2"	$115,44	$115,44
2	Válvula de compuerta	1/2"	$20,39	$40,78
1	Filtro de vapor	1/2"	$14,71	$14,71
1	Válvula de retención vertical	1/2"	$26,42	$26,42
DISTRIBUIDOR PRINCIPAL				
1	BI 813 X 250 X orif. 3/16"	3/4"	$407,37	$407,37
1	Manómetro 0 - 400 / 2-1/2	1/4"	$14,13	$14,13
1	Venteador TV 2	1/2"	$180,93	$180,93
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32,29	$64,58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16,93	$16,93
1	Válvula de compuerta	1/2"	$25,45	$25,45
1	Rabo de chancho	1/4"	$4,20	$4,20
1	Válvula de compuerta	1/4"	$28,88	$28,88
2	Unión	1/4"	$0,32	$0,64
1	Filtro de vapor	1/2"	$14,71	$14,71
1	Válvula de globo	2"	$146,97	$146,97
LÍNEA PRINCIPAL DE VAPOR				
2	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153,18	$306,36
3	Válvula de compuerta	3/4"	$32,29	$96,87
3	Filtro de vapor	3/4"	$16,93	$50,79
1	Venteador TV 2	3/4"	$180,93	$180,93
			Subtotal	$1.737,09

TABLA 15

INVERSION RECOMENENDADA PARA SINGLE FACER C

Cantidad	Descripción	Conexión	Precio Unitario	Precio Total
DISTRIBUIDOR PRINCIPAL				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
1	Manómetro 0-400 psig Vert.	1/4"	$14.13	$14.13
1	Venteador TV2	1/2"	$180.93	$180.93
3	Válvula de compuerta	1/2"	$25.45	$76.35
2	Filtro de vapor	1/2"	$14.71	$29.42
1	Válvula de retención vertical	1/2"	$26.42	$26.42
1	Rabo de chancho	1/4"	$4.20	$4.20
1	Válvula de compuerta	1/4"	$28.88	$28.88
2	Unión	1/4"	$0.32	$0.64
PRECALENTADOR LINER				
2	Válvula de compuerta	1"	$44.32	$88.64
1	Filtro de vapor	1"	$24.98	$24.98
CORRUGADOR SUPERIOR, INFERIOR, RODILLO DE PRESIÓN				
6	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$193.74
3	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$50.79
GEMELO SUPERIOR, INFERIOR				
4	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$129.16
2	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$33.86
PREACONDICIONADOR MEDIUM				
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
DUCHA GAIRLOCK				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
			Subtotal	$1,351.52

TABLA 16

INVERSION RECOMENENDADA PARA SINGLE FACER B

Cantidad	Descripción	Conexión	Precio Unitario	Precio Total
DISTRIBUIDOR PRINCIPAL				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
1	Manómetro 0-400 psig Vert.	1/4"	$14.13	$14.13
1	Venteador TV2	1/2"	$180.93	$180.93
3	Válvula de compuerta	1/2"	$25.45	$76.35
2	Filtro de vapor	1/2"	$14.71	$29.42
1	Válvula de retención vertical	1/2"	$26.42	$26.42
1	Rabo de chancho	1/4"	$4.20	$4.20
1	Válvula de compuerta	1/4"	$28.88	$28.88
2	Unión	1/4"	$0.32	$0.64
PRECALENTADOR LINER				
1	83 DC x 250 x orif. 3/16"	1"	$1,030.00	$1,030.00
2	Válvula de compuerta	1"	$44.32	$88.64
1	Filtro de vapor	1"	$24.98	$24.98
CORRUGADOR SUPERIOR, INFERIOR, RODILLO DE PRESIÓN				
3	81 DC x 200 x orif. 7/64"	3/4"	$645.00	$1,935.00
6	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$193.74
3	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$50.79
GEMELO SUPERIOR, INFERIOR				
2	81 DC x 250 x orif. #38	3/4"	$645.00	$1,290.00
4	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$129.16
2	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$33.86
PREACONDICIONADOR MEDIUM				
1	82 DC x 200 x orif. 1/8"	3/4"	$775.00	$775.00
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
DUCHA GAIRLOCK				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
			Subtotal	$6,381.52

TABLA 17

INVERSION RECOMENENDADA PARA SINGLE FACER E

Cantidad	Descripción	Conexión	Precio Unitario	Precio Total
DISTRIBUIDOR PRINCIPAL				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	1/2"	$153.18	$153.18
1	Manómetro 0-400 psig Vert.	1/4"	$14.13	$14.13
1	Venteador TV2	1/2"	$180.93	$180.93
3	Válvula de compuerta	1/2"	$25.45	$76.35
2	Filtro de vapor	1/2"	$14.71	$29.42
1	Válvula de retención vertical	1/2"	$26.42	$26.42
1	Rabo de chancho	1/4"	$4.20	$4.20
1	Válvula de compuerta	1/4"	$28.88	$28.88
2	Unión	1/4"	$0.32	$0.64
PRECALENTADOR LINER				
1	83 DC x 250 x orif. 3/16"	1"	$1,030.00	$1,030.00
2	Válvula de compuerta	1"	$44.32	$88.64
1	Filtro de vapor	1"	$24.98	$24.98
CORRUGADOR SUPERIOR, INFERIOR, RODILLO DE PRESIÓN				
3	81 DC x 200 x orif. 7/64"	3/4"	$645.00	$1,935.00
6	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$193.74
3	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$50.79
GEMELO SUPERIOR				
1	81 DC x 250 x orif. #38	3/4"	$645.00	$645.00
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
PREACONDICIONADOR MEDIUM				
1	82 DC x 200 x orif. 1/8"	3/4"	$775.00	$775.00
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
CÁMARA DE VAPOR				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
			Subtotal	$5,655.01

TABLA 18

INVERSION RECOMENENDADA PARA SISTEMAS CALIENTES POSTERIORES

Cantidad	Descripción	Conexión	Precio Unitario	Precio Total
RECEPTOR DE SINGLE FACER C, B, E				
1	BI 813 x 250 x orif. 3/16"	3/4"	$407.37	$407.37
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
PRECALENTADOR TRIPLE				
PRECALENTADOR SUPERIOR, MEDIO, INFERIOR				
3	83 DC x 250 x orif. 3/16"	1"	$1,030.00	$3,090.00
6	Válvula de compuerta	1"	$44.32	$265.92
3	Filtro de vapor	1"	$24.98	$74.94
RECEPTOR DE PRECALENTADOR TRIPLE				
1	BI 813 x 250 x orif. 3/16"	3/4"	$407.37	$407.37
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
ENGOMADORA DOBLE				
2	82 DC x 250 x orif. 7/64"	3/4"	$775.00	$1,550.00
4	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$129.16
2	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$33.86
PLANCHAS CALIENTES				
DISTRIBUIDOR DE VAPOR VIVO				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
3	Válvula de compuerta	1/2"	$25.45	$76.35
3	Filtro de vapor	1/2"	$14.71	$44.13
1	Válvula de retención vertical	1/2"	$26.42	$26.42
1	Venteador TV2	1/2"	$180.93	$180.93
1	Manómetro 0-400 psig Vert.	1/4"	$14.13	$14.13
1	Válvula de compuerta	1/4"	$28.88	$28.88
1	Rabo de chancho	1/4"	$4.20	$4.20
2	Unión	1/4"	$0.32	$0.64
			Subtotal	$6,650.50

TABLA 18

INVERSION RECOMENENDADA PARA SISTEMAS CALIENTES POSTERIORES (CONTINUACION)

Cantidad	Descripción	Conexión	Precio Unitario	Precio Total
PLANCHAS CALIENTES				
PLANCHA CALIENTE, MEDIA LUNA				
21	TVS 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$294.00	$6,174.00
TANQUE FLASH				
1	BI 814 x 250 x orif. 5/8"	1"	$613.83	$613.83
2	Válvula de compuerta	1"	$44.32	$88.64
1	Filtro de vapor	1"	$24.98	$24.98
PATA DE GOTEO ENTRADA A DISTRIBUIDOR DE PLANCHAS				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
LÍNEA HACIA DUCHAS				
1	BI 811 x 250 x orif. #38	3/4"	$153.18	$153.18
2	Válvula de compuerta	3/4"	$32.29	$64.58
1	Filtro de vapor	3/4"	$16.93	$16.93
			Subtotal	$7,370.83

TABLA 19

INVERSION RECOMENENDADA EN JUNTAS, MANGUERAS Y SIFONES PARA LOS RODILLOS

Cantidad	Descripción	Conexión	Precio Unitario	Precio Total
RODILLOS				
6	Junta 3500 SXBPQ	3/4"	$976.99	$5,861.94
5	Sifon estacionario elbow	3/4"	$478.60	$2,393.00
12	Mangueras Flexibles	3/4"	$56.93	$683.16
8	Seal Ring SX3506R-AI	3/4"	$80.48	$643.84
3	Guide SX3510-1	3/4"	$63.50	$190.50
			Subtotal	$9,772.44

TANQUE DE RETORNO DE CONDENSADO DUAL, MODELO CT-900/GS: …….$16.000,00

Especificaciones:

Capacidad Nominal…..……900 gal

Diámetro Exterior…….. 1170 mm

Longitud Total…….. 2750 mm

Presión de Diseño……..……..….atmosférica

Bombas……..…… 2

Características técnicas:

- Tanque construido a partir de planchas de acero al carbono ASTM A36.

- Recipiente galvanizado mediante inmersión en caliente, para máxima resistencia a la corrosión.

- Apoyos construidos a partir de perfiles plegados de acero al carbono con acabado exterior de pintura anticorrosivo y esmalte.

- Visor de nivel de vidrio, válvula de reposición de agua (flotador) termómetro de dial, distribuidor de vapor interno (flauta), conector interno para sensor del termostato.

- Instalación de bombas por medio de tuberías y accesorios adecuados (filtros, codos, etc)

- Panel de control y mando para operación de bombas.

Inversión Total Recomendada en Materiales:

Materiales	$55,192.32
Desc. 10%	$5,519.23
Subtotal	$49,673.09
IVA 12%	$5,960.77
TOTAL	**$55,633.86**

Inversión Recomendada en Mano de Obra:

Incluye el suministro del siguiente personal para la realización de los trabajos de optimización del sistema de vapor y retorno de condensado (incluye chequeo de juntas y sifones, así como su reparación) en treinta días

Tres soldadores – armador

Tres auxiliares de soldadores

Un tubero con su maquina neplera y accesorios

Un auxiliar tubero

Un electricista calificado

Un ingeniero residente de obra

Un ingeniero supervisor de avance de obra que realizara dos visitas

Mano de Obra	$46,153.02
Desc. 10%	$4,615.30
Subtotal	$41,537.72
IVA 12%	$4,984.53
TOTAL	**$46,522.24**

Inversión Realizada

Luego de la revisión del estudio, la gerencia opto por realizar el 51% de la inversión presentada. La misma que comprenden:

- Trampas
- Juntas
- Sifones
- Mangueras
- Filtros
- Válvulas

- Accesorios

El valor invertido en materiales fue:

$ 22,964.42

Con respecto a la mano de obra, se realizo lo siguiente:

- Montaje de los equipos
- Instalación de líneas de condensado
- Chequeo de sifones
- Puesta en marcha de equipos

El valor invertido en mano de obra fue:

$ 29,276.24

Por lo que el valor total de la inversión realizada fue:

$ 52,240.66

Amortización

En esta sección se presentará el retorno de la inversión proyectada y la real obtenida.

Amortización Proyectada

Si tomamos en cuenta la inversión vs., las perdidas tendremos:

La inversión en materiales y mano de obra es de:

$ 102,156,10

Las pérdidas anuales por vapor flash y condensado desperdiciado son:

$ 36,415.70

Las perdidas anuales por fugas de vapor en trampas son:

$ 11,973.87

TOTAL DE PÉRDIDAS: $48,389.57

Esto es de $ 48,389.57 anuales, al invertir en trampas y accesorios tenemos:

$$\frac{\$\ 102{,}156.10}{\$\ 48{,}389.57 \text{ / año}} = \quad 2.11 \text{ años}$$

Es decir que la inversión se recuperará aproximadamente en 25 meses.

Adicionalmente se calcularon las pérdidas por no producción, las cuales son:

COSTO DE LA TON DE CARTON $ 800.00

	Ton/año	VALOR
PRODUCCION 2003	50040	$ 40,032,000.00
PROYECCION CON LOS CAMBIOS	64800	$ 51,840,000.00

No nos proporcionaron los valores de utilidad neta por ventas

Pero hemos estimado un aproximado de 2% de utilidad

PRODUCCION (Ton/año)	GANANCIA ANUAL
50,040.00	$ 800,640.00
64,800.00	$ 1,036,800.00
PERDIDA POR NO PRODUCCION	**$ 236,160.00**

Con esta pérdida por no producción, tendremos que las pérdidas totales serán:

TOTAL DE PERDIDAS: $ 284,549.57

Por lo tanto su amortización es:

$$\frac{\$\ 102{,}156.10}{\$\ 284{,}549.57\ /\ \text{año}} = \quad 0.36\ \text{años}$$

Es decir que la inversión se recuperará aproximadamente en 5 meses.

Amortización Real

Al realizar los cambios de aproximadamente el 51% de la inversión presentada, se obtuvieron los siguientes ahorros:

COSTOS DE COMBUSTIBLE POR TONELADA CARTON

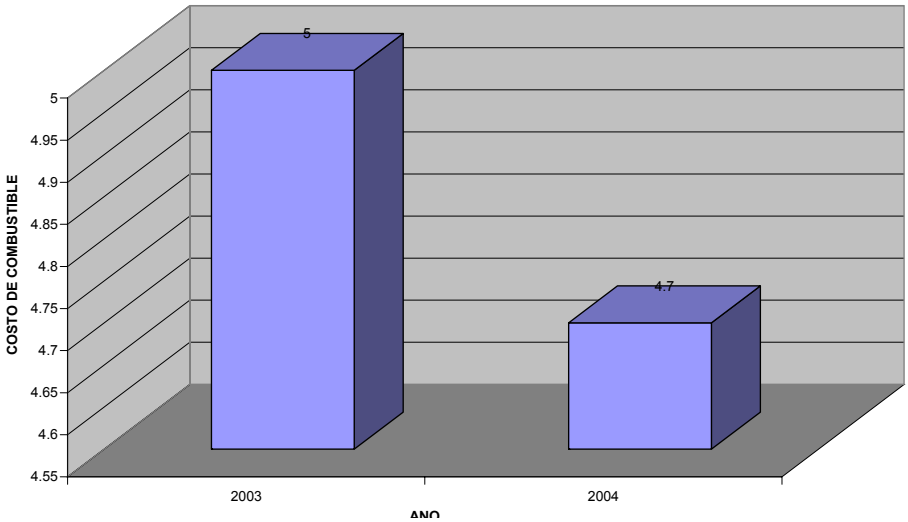


FIGURA 3.1 COSTO DE COMBUSTIBLE POR TONELADA CARTON

Ahorro en Combustible:

COSTO COMBUSTIBLE POR TON CARTON 2003	$ 5.00
COSTO COMBUSTIBLE POR TON CARTON 2004	$ 4.70

		VALOR
PRODUCCION 2004	54000	$ 270,000.00
PRODUCCION 2004	54000	$ 253,800.00
AHORRO ANUAL POR COMBUSTIBLE		**$ 16,200.00**

Ganancias por incremento en producción:

COSTO DEL KG DE CARTON	$ 0.80
COSTO DE LA TON DE CARTON	$ 800.00

	(Ton/año)	VALOR
PRODUCCION 2003	50,040.00	$ 40,032,000.00
PRODUCCION 2004	54,000.00	$ 43,200,000.00

PRODUCCION (Ton/año)	GANANCIA ANUAL
50,040.00	$ 800,640.00
64,800.00	$ 864,000.00
AUMENTO POR PRODUCCION	**$ 63,360.00**

AHORRO TOTALES

Estos fueron los ahorros totales dados

$ 79,560.00

Por lo que su amortización se la vio en:

$$\frac{\$\ 52{,}240.66}{\$\ 79{,}560.00} = 7.88 \text{ meses}$$

Es decir que la inversión se la recupero aproximadamente en 8 meses.

AMORTIZACIÓN POR TUBERÍAS NO AISLADAS:

En el estudio se determinaron pérdidas de calor en tuberías no aisladas, las mismas que fueron cuantificadas por metro lineal, estas cantidades deben ser calculadas en función de sus longitudes totales.

A continuación indicamos un comparativo de pérdidas por tuberías no aisladas contra inversión por metro lineal:

Diámetro de tubería	Espesor de la cañuela	Pérdida monetaria (por 1 mt)	Pérdida monetaria (por 91 cm)	Inversión	Amortización (meses)
½”	1 ½”	$ 7.97	$ 7.25	$ 11.69	20
1 ¼”	1 ½”	$ 14.48	$ 13.18	$ 12.10	11
1 ¼”	2”	$ 31.56	$ 28.72	$ 15.44	7
1 ½”	2”	$ 37.08	$ 33.74	$ 16.04	6
2”	2 ½”	$ 47.95	$ 43.64	$ 24.88	7
2 ½”	2 ½”	$ 58.60	$ 53.33	$ 27.74	7
3”	2 ½”	$ 74.59	$ 67.88	$ 30.43	6
6”	3”	$ 129.99	$ 118.29	$ 58.16	6
4”	1 ½”	$ 23.07	$ 20.99	$ 21.92	13
2 ½”	1 ½”	$ 15.20	$ 13.83	$ 18.55	16

Nota: Las cañuelas tienen una longitud de 91 cm.

Esta inversión no fue realizada, por lo que quedo para una fase posterior.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones dadas a continuación, son basadas de acuerdo al análisis realizado al sistema de distribución de vapor y de retorno de condensado, así como a cada equipo existente en cada sección, a la vez las recomendaciones se basan en consideraciones técnicas (obtenidas a través de manuales, y de experiencia en instalaciones de equipos), las cuales son brindadas por las empresas que se encargan de construir dispositivos de vapor con el objetivo obtener la mayor eficiencia de consumo de vapor en los equipos.

4.1 CONCLUSIONES

1. El sistema estaba muy deficiente lo cual arrojo perdidas de $48,389.57 en energía y una perdida de ganancias por no producción de $ 236,160.00

2. El cambio del 51% de la inversión recomendada para el mejoramiento del sistema de vapor y condensado hizo que existiera un ahorro de $ 16,200.00 en combustible y un incremento en las ganancias por aumento de producción de $ 63,360.00

3. La eliminación de fugas de vapor y su utilización adecuada, hizo que reduzcan los costos de de generación de las 1000 lbs de vapor a $ 6.48., acercándose a lo proyectado que fue $ 6.00.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Continuar con la inversión recomendada, el cual permitirá, disminución de costos de producción (vapor) y aumento de la producción.

2. Invertir también en aislamiento ya que se encontraron varios tramos sin aislar y otros tramos estaban en mal estado lo cual representa considerables pérdidas de energía (calor), que a lo largo del tiempo se convierten en significantes perdidas de dinero con la consecuencia de tener un sistema menos eficiente.

3. Instalar el tanque de retorno de condensado, que nos ayudara a disminuir el trabajo del desaerador y eliminar problemas de arrastre de incrustaciones al caldero.

4. Para llevar un control eficiente para el consumo general de vapor en la planta recomendamos instalar medidores de flujo de vapor. Estos medidores pueden ser conectados a una computadora y llevar un control directo de eficiencia general de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE A. EUGENE , BAUMEISTER THEODORE , Marks Manual del Ingeniero Mecánico , Tercera Edición , Tomo I , Editorial Mc. Graw - Hill.

2. CARRIER , Manual de Aire Acondicionado , Marcombo S.A. , Boixareu Editores 1972 , ,Barcelona / España.

3. TYLER G. HICKS , Manual de cálculos para las Ingenierías, Tomo II , Tercera Edición , 2001.

4. FAIRES M. VIRGIL , Termodinámica , Primera Edición , Editorial Uteha – Noriega , México 1972.

5. LANGSTON , Como Mejorar la Calidad del Cartón y Aumentar la Eficiencia Operativa , USA 1996.

6. LANGSTON , Curso de Mejoramiento en la Corrugadora, Goettsch Internacional, Inc. USA 1996.

7. INCROPERA FRANK P. , Fundamentos de transferencia de Calor , Cuarta Edición , Editorial Prentice – Hall , México 1999.

8. THE JOHNSON CORPORATION, Rotary Pressure Joints for the Corrugating Industry, USA 1992.

9. Keenan Y KEYES , Tablas de Propiedades Termodinámicas del vapor, Primera Edición, New-York. John Wiley & Sons Inc., Noviembre 1959.

10. ARMSTRONG INTERNATIONAL, INC. , Solution Source for Steam Air and Water Systems , USA 2004.

11. ARMSTRONG INTERNATIONAL, INC. , Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensado, Catálogo N – 101S , 1998.

12. SPIRAX - SARCO , Hook – Up Designs for Steam and Fluid Systems , USA 1998.

13. MICHEL G. BUCHANAN, How Corrugator Speed Affects Rotary Pressure Joints and Condensate Removal, Tappi Journal, Vol. 73, No 7, USA, Julio 1990.

14. THE JOHNSON CORPORATION, Products and Technology, USA, 2000.

15. TBL CONSULTING GROUP, Seminario internacional " Ahorro de Energía en la Industria ", Septiembre-2002 , Guayaquil - Ecuador.

16. VARGAS Z. ÁNGEL , Calderas Industriales y Marinas , Segunda Edición , Editorial V. Z. , Guayaquil – Ecuador.

17. VARGAS Z. ÁNGEL , Montaje de Maquinaría Industrial , Tomo I , Editorial V. Z. , Guayaquil – Ecuador, 1982.

18. EVERLASTING VALVE COMPANY, INC., Boiler Blow Down Valve, USA, 1999

19. SPIRAX SARCO, Curso de Vapor, USA, 1999

20. PRECISION BOILERS, LLC, Condensate Return / Boiler Feedwater Systems

ANEXOS

ANEXO A

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL AIRE A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

T (^{o} K)	ρ (Kg / m^3)	$\nu * 10^6$ (m^2/ s)	K $*10^3$ (W / m ^{o}K)	Pr
100	3,5562	2	9,34	0,786
150	2,3364	4,426	13,8	0,758
200	1,7458	7,59	18,1	0,737
250	1,3947	11,44	22,3	0,72
300	1,1614	15,89	26,3	0,707
350	0,995	20,92	30	0,7
400	0,8711	26,41	33,8	0,69
450	0,774	32,39	37,3	0,686
500	0,6964	38,79	40,7	0,684
550	0,6329	45,57	43,9	0,683
600	0,5804	52,69	46,9	0,685
650	0,5356	60,21	49,7	0,69
700	0,4975	68,1	52,4	0,695
750	0,4643	76,37	54,9	0,702
800	0,4354	84,93	57,3	0,709
850	0,4097	93,8	59,6	0,716
900	0,3868	102,9	62	0,72
950	0,3666	112,2	64,3	0,723
1000	0,3482	121,9	66,7	0,726
1100	0,3166	141,8	71,5	0,728

REFERENCIA : Fundamentos de Transferencia de Calor.
Frank Incropera

ANEXO B

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL MATERIAL AISLANTE

Densidad (140 Kg / m^3 ≈ 9 Lb / Ft^3) , este material puede utilizarse a temperaturas de hasta 1200º F

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL MATERIAL AISLANTE		
TEMPERATURA MEDIA DEL VAPOR ºF	**CONDUCTIVIDAD K (Btu-pulg / Pie^2 -ºF-H_r)**	**CONDUCTIVIDAD K (W / m-ºC)**
100	0,25	0,036055
200	0,30	0,043266
300	0,38	0,05480
400	0,47	0,06778
500	0,58	0,083647

REFERENCIA : CALORCOL - COPACABANA- COLOMBIA

ANEXO C

PÉRDIDA DE COMBUSTIBLE SEGÚN EL POR CIENTO DE CO_2 EN LOS GASES DE SALIDA DE LA CALDERA

% de CO_2	% de Pérdida en Combustible
2	90,00
3	60,00
4	45,00
5	36,00
7	26,00
8	23,00
9	20,00
10	18,00
11	16,00
12	15,00
13	14,00
14	13,00
15	12,00

REFERENCIA : Manual de Cálculo Rápido para la Industria Azucarera - Ing. Pedro Rodriguez-Cuba

ANEXO D

INDICADORES OPERACIONALES PARA EL ANÁLISIS DEL SISTEMA TERMOENERGETICO

Índices Globales

- Costo de 1000 lb de Vapor = $ 6.00
- Consumo de Vapor de Equipo = Carga de Condensado de Equipo
- Consumo de Vapor de Fabrica = Carga de Condensado de equipos + Vapor Flash Generado + Vapor Vivo Utilizado + Fugas de Vapor existentes
- Vapor expulsado a la Atmósfera ➔ **(0 psig)**
- Agua de reposición para las calderas = Agua de alimentación a calderas – Condensados puros en la fábrica

Generador de Vapor

- Eficiencia del generador de Vapor para Calderos nuevos ➔ **85 %**
- Temperatura del agua de alimentación a calderas ➔ mayor que **95 ºC**

APENDICES

APENDICE A

REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DE OPERACIÓN DE DIFERENTES TRAMPAS DE VAPOR

	Característica	Balde Invertido	F&T	Disco	Termostático	Controlador diferencial
A	Método de operación	Intermitente	Continuo	Intermitente	Intermitente	Continuo
B	Ahorro de energía (en tiempo de servicio)	Excelente	Buena	Deficiente	Adecuada	Excelente
C	Resistencia al desgaste	Excelente	Buena	Deficiente	Adecuada	Excelente
D	Resistencia a la corrosión	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente
E	Resistencia al impacto hidráulico	Excelente	Deficiente	Excelente	Deficiente	Excelente
F	Venteo de aire y CO_2 a la temperatura del vapor	Si	No	No	No	Si
G	Capacidad para ventear aire a presiones muy bajas (1/4 psig)	Deficiente	Excelente	No recomendable	Buena	Excelente
H	Capacidad para manejar cargas de aire al arranque	Adecuada	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
I	Funcionamiento al existir contrapresión	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
J	Resistencia a daños por congelamiento	Buena	Deficiente	Buena	Buena	Buena
K	Capacidad para purgar el sistema	Excelente	Adecuada	Excelente	Buena	Excelente
L	Desempeño con cargas muy ligeras	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente	Excelente
M	Respuesta a formación rápida de condensado	Inmediata	Inmediata	Retardada	Retardada	Inmediata
N	Capacidad para lidiar con suciedad	Excelente	Deficiente	Deficiente	Adecuada	Excelente
O	Tamaño relativo	Grande	Grande	Pequeño	Pequeño	Grande
P	Capacidad para manejar Vapor Flash	Adecuada	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Excelente
Q	Falla mecánica	Abierta	Cerrada	Abierta	Abierta	Abierta

REFERENCIA: Guia de Conservación de Energia. **Armstrong**

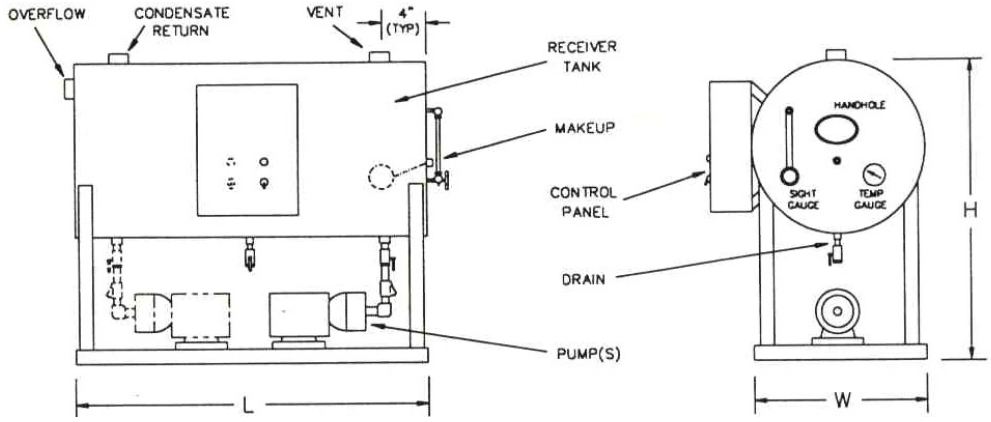
APENDICE B

TABLA PARA DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE DE RETORNO DE CONDENSADO POR POTENCIA DE CALDERO

MODEL NUMBERS, RATINGS and DIMENSIONS

Tank Capacity (gal)	Max Boiler Rating**		Dimensions			Standard Connections (NPT)			Approx Ship Wt (Lbs)****
	Hp	KW	L	W	H***	Return & Vent	Over-Flow	Make-up & Drain	
20	15	150	24"	16"	48"	1-1/2"	1-1/2"	1/2"	250
30	23	230	36"	16"	48"	1-1/2"	1-1/2"	1/2"	275
40	30	300	30"	20"	54"	1-1/2"	1-1/2"	1/2"	325
50	38	380	38"	20"	54"	1-1/2"	1-1/2"	1/2"	350
60	45	450	45"	20"	54"	1-1/2"	1-1/2"	1/2"	375
75	56	560	40"	24"	60"	2"	2"	3/4"	450
100	75	750	52"	24"	60"	2"	2"	3/4"	475
125	95	940	66"	24"	60"	3"	2"	3/4"	500
145	110	1090	48"	30"	66"	3"	3"	3/4"	600
180	135	1350	60"	30"	66"	3"	3"	3/4"	650
215	160	1610	72"	30"	66"	3"	3"	3/4"	700
260	200	1950	60"	36"	72"	4"	3"	1"	850
315	240	2360	72"	36"	72"	4"	3"	1"	900
365	275	2740	84"	36"	72"	4"	3"	1"	950
430	325	3230	72"	42"	78"	4"	3"	1-1/4"	1150
500	375	3750	84"	42"	78"	4"	3"	1-1/4"	1225
650	490	4880	84"	48"	84"	5"F	4"	1-1/2"	1400
750	560	5630	96"	48"	84"	5"F	4"	1-1/2"	1500
850	640	6380	108"	48"	84"	5"F	4"	1-1/2"	1600
950	720	7130	120"	48"	84"	5"F	4"	1-1/2"	1700

■ DIMENSIONAL DRAWING ■



REFERENCIA: Selección de Tanques en Calderas. **Precision Boliler**

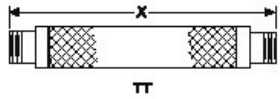
APENDICE C

INSTALACIÓN DE MANGUERAS JOHNSON Y LONGITUDES MÁXIMAS

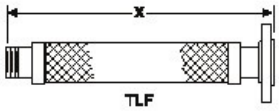
TUBO FLEXIBLE

El tubo flexible Johnson ha sido ideado especialmente para el uso en las conexiones de entrada y salida de las juntas rotativas Johnson. Previene que las cargas en la tubería creen tensión o fatiga e la junta rotativa., y no limita la flexibilidad intrínseca de la junta. Los tubos flexibles de Johnson están disponibles en tamaños entre DN 6 y DN 200; los acoplamientos son roscados, con bridas o mixtos. La construcción de la serie 300 de acero inoxidable con revestimiento de acero inoxidable ondulado. La tabla a continuación enumera las distancias mínimas recomendadas para cada tamaño, se pueden fabricar otras longitudes y tamaños según la aplicación.

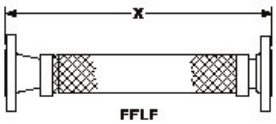
TAMAÑO DE TUBERIA	LONGITUD MINIMA (X)
DN 6	203
DN 10	254
DN 15	254
DN 20	305
DN 25	380
DN 32	455
DN 40	455
DN 50	530
DN 65	560
DN 80	610
DN 100	710
DN 125	760
DN 150	840
DN 200	915



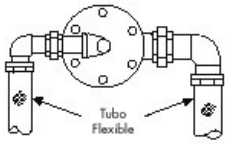
TT

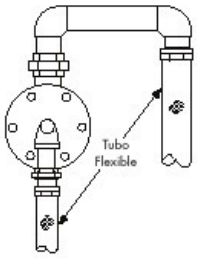


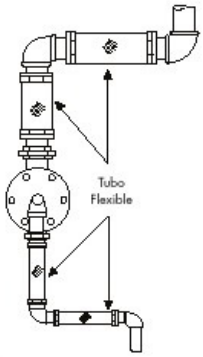
TLF



FFLF







Se recomiendan dos tubos flexibles, uno para la conexión de entrada y otro para la conexión de salida para juntas autosoportadas y para las soportadas por varillas.

Las medidas están en milímetros y sólo para referencia. Tenemos disponibles dibujos certificados bajo petición.

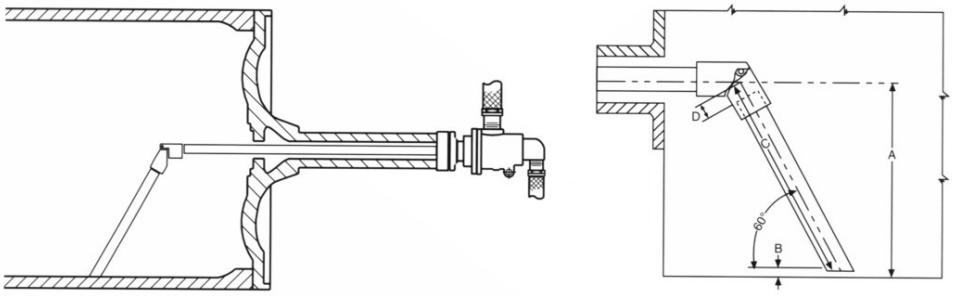
REFERENCIA: Productos y Tecnologia. **Johnson Corporation**

ANEXO D

DETERMINACION E INSTALACION DE CODOS SIFON

CODOS SIFÓN

Los codos sifón Johnson están disponibles en ángulos de 60° y de 90°. El ángulo convencional de 60° tiene una superficie grande donde el cojinete para el eje de la bisagra y por sus materiales aumenta el rendimiento y la resistencia a la tensión. El codo de 90°, pendiente de patente, está diseñado para máxima fiabilidad y rendimiento. Como un componente integral de la junta de vapor, el codo de 90° es el codo sifón con menos mantenimiento y fiable que se pueda conseguir.



Determinando la longitud del tubo del sifón con un codo de 60°

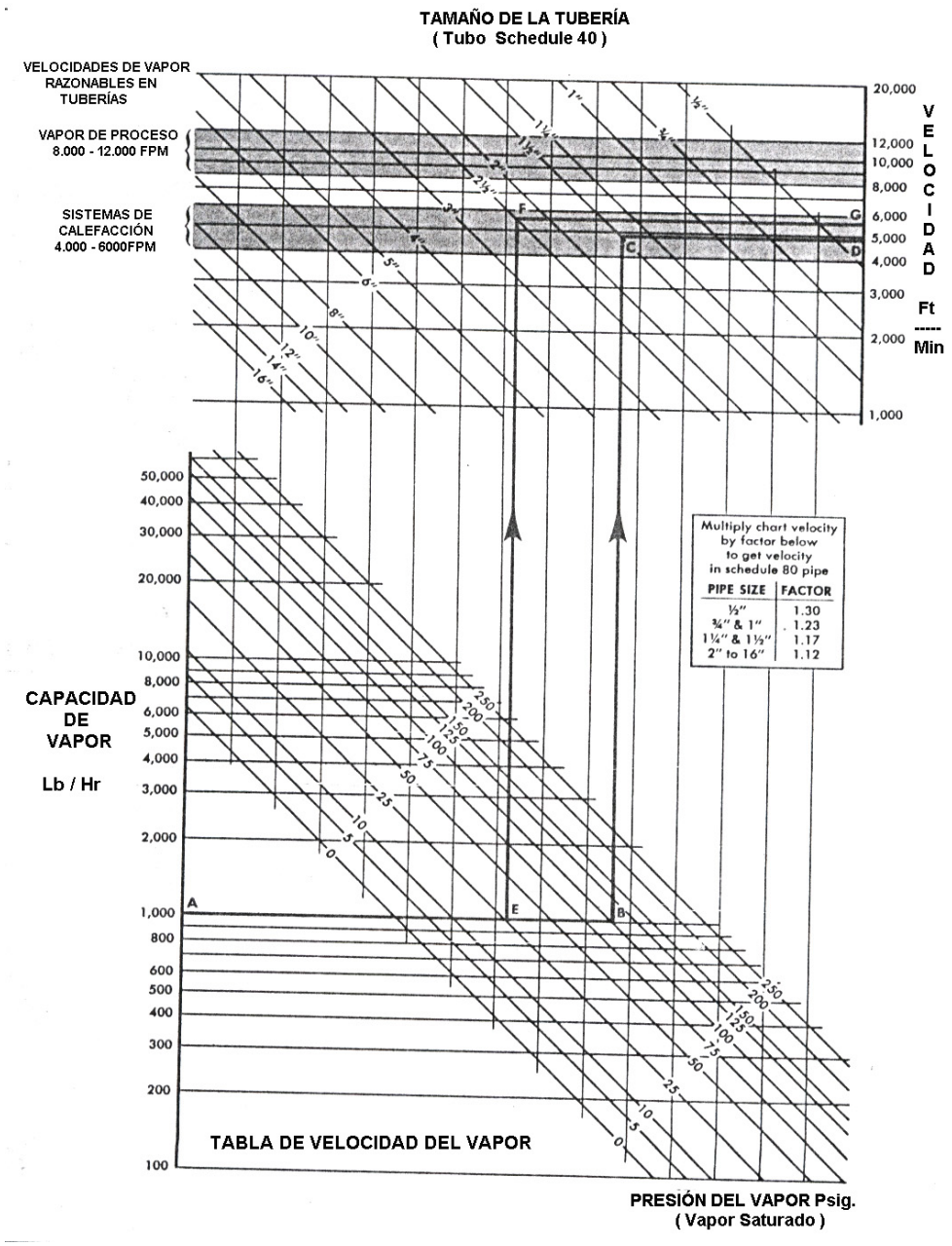
1. Calcular la medida "A" dividiendo el diámetro interno del cilindro entre 2.
2. Restar el espacio libre deseado ("B") y restarlo a "A" y multiplicar el resultado por 1,55 para obtener la medida "C".
3. Buscar la medida "D" en la tabla y restar "D" a "C" para saber la longitud de tubería en ángulo, incluida la rosca.

Tamaño de codo	"D"	Número de repuesto RH BSPT	Número de repuesto RH NPT	Número de repuesto LH BSPT	Número de repuesto LH NPT
1/4"	25.4	990.102	990.112	990.121	990.131
3/8"	25.4	990.104	990.114	990.122	990.132
1/2"	22.2	990.106	990.116	990.123	990.133
3/4"	39.7	990.108	990.118	990.124	990.134
1"	43.0	990.110	990.120	990.125	990.135

REFERENCIA: Productos y Tecnologia. **Johnson Corporation**

ANEXO E

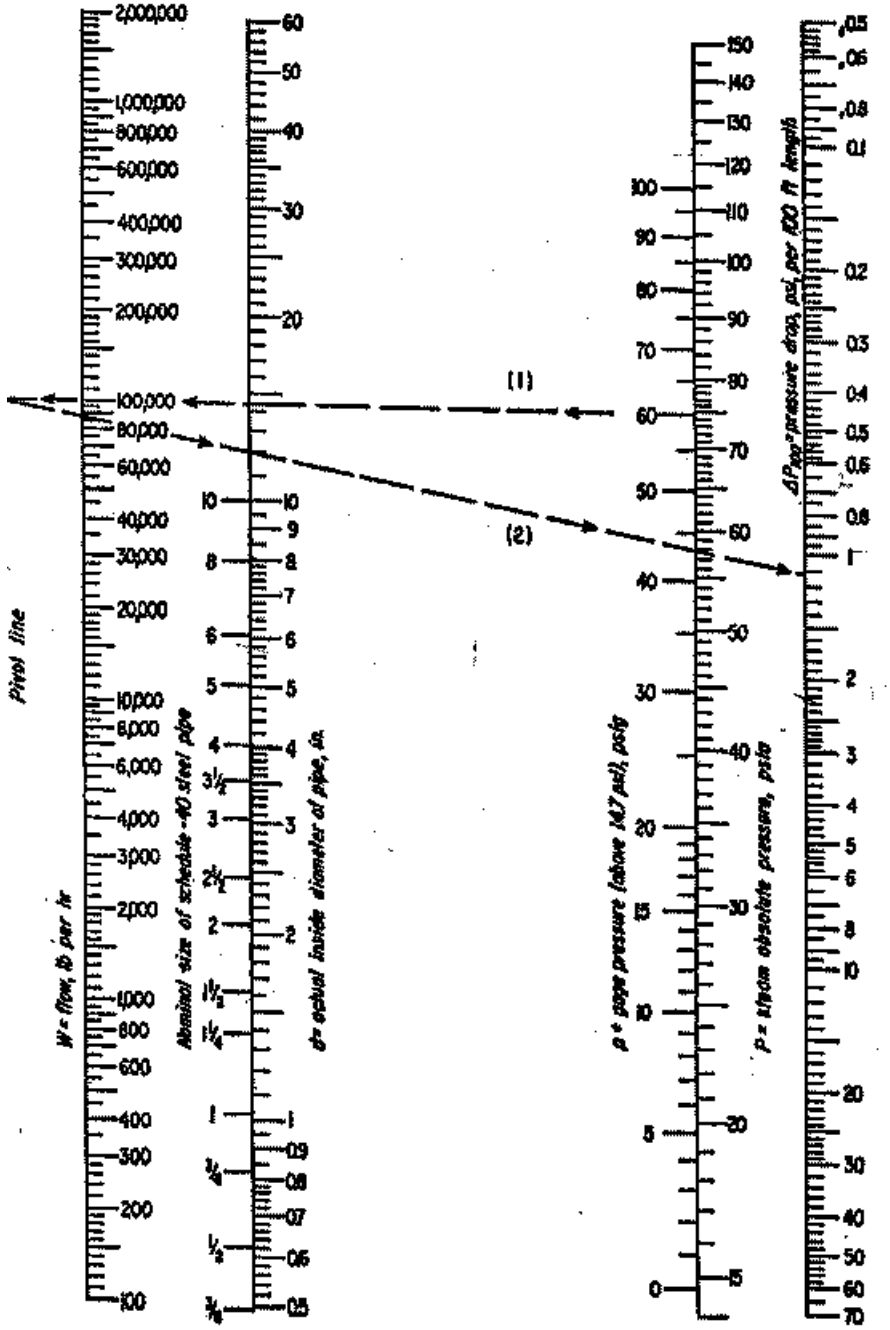
DIAGRAMA PARA DIMENSIONAR TUBERÍAS DE VAPOR



REFERENCIA: Disign of Fluid Systems. **Spirax Sarco**

ANEXO F

NOMOGRAMA PARA DETERMINAR CAÍDAS DE PRESION POR CADA 100 Ft DE TUBERÍA QUE CONDUCEN VAPOR SATURADO



Referencia: ARMSTRONG MACHINE WORKS-Three Rivers-Michigan,USA

ANEXO G

CAPACIDADES DE CONDENSADO EN LÍNEAS DE RETORNO CON CAÍDAS DE PRESIÓN POR CADA 100 ft DE TUBERÍA CONSIDERANDO UNA VELOCIDAD DE 5000ft / min.

SUPPLY PRESS* PSIG		5	15		30			60				100				
RETURN PRESS PSIG		0	0	5	0	5	10	0	5	10	20	0	5	10	20	30
PIPE SIZE IN INCHES SCHEDULE 40 PIPE	1/2	1425 4.0	590 4.0	1335 5.3	360 4.0	640 5.3	1055 6.5	235 4.0	370 5.3	535 6.5	1010 8.9	180 4.0	270 5.3	370 6.5	615 8.9	955 11.3
	3/4	2495 2.35	1035 2.35	2340 3.14	635 2.35	1125 3.14	1855 3.88	415 2.35	650 3.14	940 3.88	1770 5.32	310 2.35	470 3.14	645 3.88	1085 5.32	1675 6.72
	1	4045 1.53	1680 1.53	3790 2.04	1030 1.53	1820 2.04	3005 2.51	670 1.53	1055 2.04	1520 2.51	2865 3.44	505 1.53	765 2.04	1045 2.51	1755 3.44	2715 4.36
	1¼	7000 .95	2905 .95	6565 1.26	1780 .95	3150 1.26	5200 1.55	1155 .95	1830 1.26	2635 1.55	4960 2.13	875 .95	1320 1.26	1810 1.55	3035 2.13	4695 2.69
	1½	9530 .73	3955 .73	8935 .97	2425 .73	4290 .97	7080 1.20	1575 .73	2490 .97	3585 1.20	6750 1.64	1190 .73	1795 .97	2465 1.20	4135 1.64	6395 2.07
	2	15710 .48	6525 .48	14725 .64	3995 .48	7070 .64	11670 .79	2595 .48	4105 .64	5910 .79	11125 1.08	1965 .48	2960 .64	4060 .79	6810 1.08	10540 1.37
	2½	22415 .36	9305 .36	21005 .48	5700 .36	10085 .48	16650 .59	3705 .36	5855 .48	8430 .59	15875 .81	2800 .36	4225 .48	5795 .59	9720 .81	15035 1.03
	3	34610 .26	14370 .26	32435 .34	8800 .26	15570 .34	25710 .42	5720 .26	9045 .34	13020 .42	24515 .58	4325 .26	6525 .34	8950 .42	15005 .58	23220 .73
	3½	46285 .21	19220 .21	43380 .27	11765 .21	20825 .27	34385 .34	7650 .21	12095 .27	17410 .34	32785 .46	5785 .21	8725 .27	11970 .34	20070 .46	31050 .59
	4	59595 .17	24745 .17	55855 .23	15150 .17	26815 .23	44275 .28	9850 .17	15575 .23	22415 .28	42210 .38	7450 .17	11235 .23	15410 .28	25840 .38	39980 .49
	5	93655 .12	38890 .12	87780 .16	23810 .12	42140 .16	69580 .20	15480 .12	24475 .16	35230 .20	66335 .05	11705 .12	17660 .16	24220 .20	40610 .05	62830 .17
	6	135245 .10	56160 .10	126760 .13	34385 .10	60855 .13	100480 .04	22350 .10	35345 .13	50875 .04	95795 .05	16905 .10	25500 .13	34975 .04	58645 .05	90735 .01
	8	234195 .02	97245 .02	219505 .02	59540 .02	105380 .02	173995 .01	38705 .02	61205 .02	88095 .01	165880 .01	29270 .02	44160 .02	60565 .01	101550 .01	157115 .01

REFERENCIA : Armstrong Machine Works Three Rivers USA Carta 1121

ANEXO H

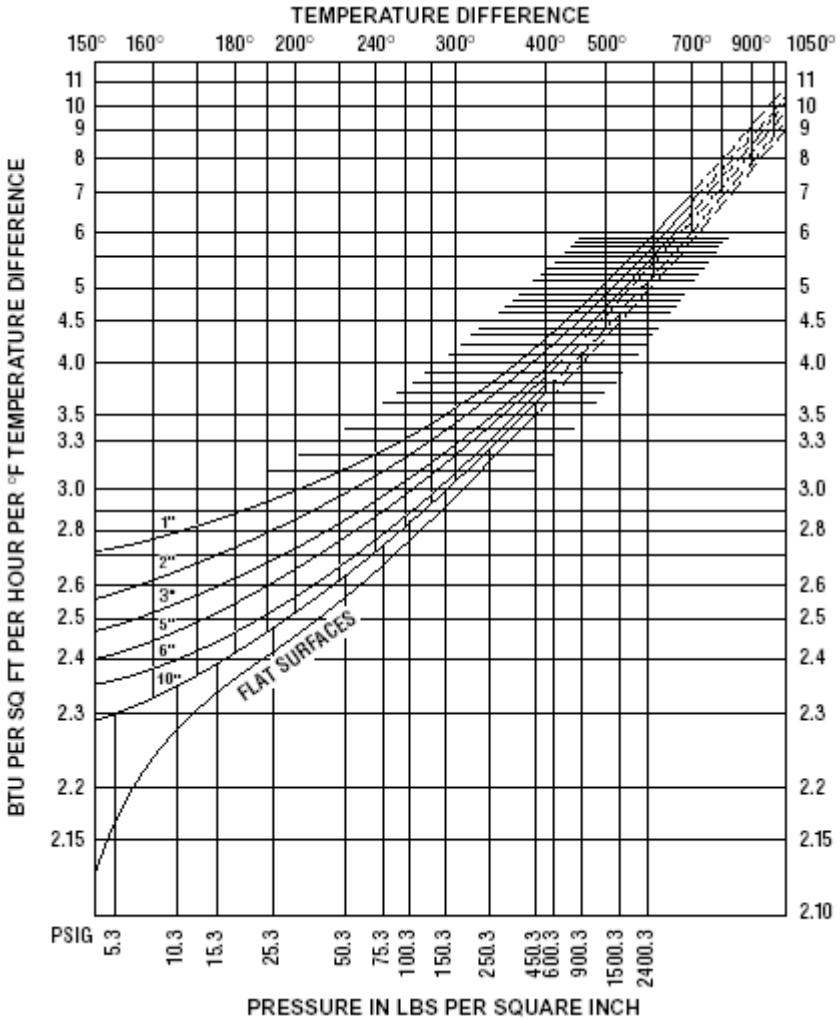
ARRASTRE DE CONDENSADO EN TUBERIAS DE VAPOR SATURADO CON AIRE A 70F (AISLAMIENTO CON EFICIENCIA DEL 75%)

Pressure, psig		15	30	60	125	180	250	450	600	900
Pipe Size (in)	sq ft Per Lineal ft	Pounds of Condensate Per Hour Per Lineal Foot								
1	.344	.05	.06	.07	.10	.12	.14	.186	.221	.289
1-1/4	.434	.06	.07	.09	.12	.14	.17	.231	.273	.359
1-1/2	**.497**	**.07**	**.08**	**.10**	**.14**	**.16**	**.19**	**.261**	**.310**	**.406**
2	.622	.08	.10	.13	.17	.20	.23	.320	.379	.498
2-1/2	.753	.10	.12	.15	.20	.24	.28	.384	.454	.596
3	**.916**	**.12**	**.14**	**.18**	**.24**	**.28**	**.33**	**.460**	**.546**	**.714**
3-1/2	1.047	.13	.16	.20	.27	.32	.38	.520	.617	.807
4	1.178	.15	.18	.22	.30	.36	.43	.578	.686	.897
5	**1.456**	**.18**	**.22**	**.27**	**.37**	**.44**	**.51**	**.698**	**.826**	**1.078**
6	1.735	.20	.25	.32	.44	.51	.59	.809	.959	1.253
8	2.260	.27	.32	.41	.55	.66	.76	1.051	1.244	1.628
10	**2.810**	**.32**	**.39**	**.51**	**.68**	**.80**	**.94**	**1.301**	**1.542**	**2.019**
12	3.340	.38	.46	.58	.80	.92	1.11	1.539	1.821	2.393
14	3.670	.42	.51	.65	.87	1.03	1.21	1.688	1.999	2.624
16	**4.200**	**.47**	**.57**	**.74**	**.99**	**1.19**	**1.38**	**1.927**	**2.281**	**2.997**
18	4.710	.53	.64	.85	1.11	1.31	1.53	2.151	2.550	3.351
20	5.250	.58	.71	.91	1.23	1.45	1.70	2.387	2.830	3.725
24	**6.280**	**.68**	**.84**	**1.09**	**1.45**	**1.71**	**2.03**	**2.833**	**3.364**	**4.434**

REFERENCIA: Guia de Conservación de Energia. **Armstrong**

ANEXO I

CURVAS DE PERDIDA DE CALOR



REFERENCIA: Guia de Conservación de Energia. **Armstrong**

ANEXO J

TABLAS DE LAS PROPIEDADES TERMODINAMICAS DEL VAPOR SATURADO

	Col. 1 Gauge Pressure	Col. 2 Absolute Pressure (psia)	Col. 3 Steam Temp. (F°)	Col. 4 Heat of Sat. Liquid (Btu/lb)	Col. 5 Latent Heat (Btu/lb)	Col. 6 Total Heat of Steam (Btu/lb)	Col. 7 Specific Volume of Sat. Liquid (cu ft/lb)	Col. 8 Specific Volume of Sat. Steam (cu ft/lb)
Inches of Vacuum	29.743	0.08854	32.00	0.00	1075.8	1075.8	0.096022	3306.00
	29.515	0.2	53.14	21.21	1063.8	1085.0	0.016027	1526.00
	27.886	1.0	101.74	69.70	1036.3	1106.0	0.016136	333.60
	19.742	5.0	162.24	130.13	1001.0	1131.0	0.016407	73.52
	9.562	10.0	193.21	161.17	982.1	1143.3	0.016590	38.42
	7.536	11.0	197.75	165.73	979.3	1145.0	0.016620	35.14
	5.490	12.0	201.96	169.96	976.6	1146.6	0.016647	32.40
	3.454	13.0	205.88	173.91	974.2	1148.1	0.016674	30.06
	1.418	14.0	209.56	177.61	971.9	1149.5	0.016699	28.04
PSIG	0.0	14.696	212.00	180.07	970.3	1150.4	0.016715	26.80
	1.3	16.0	216.32	184.42	967.6	1152.0	0.016746	24.75
	2.3	17.0	219.44	187.56	965.5	1153.1	0.016768	23.39
	5.3	20.0	227.96	196.16	960.1	1156.3	0.016830	20.09
	10.3	25.0	240.07	208.42	952.1	1160.6	0.016922	16.30
	15.3	30.0	250.33	218.82	945.3	1164.1	0.017004	13.75
	20.3	35.0	259.28	227.91	939.2	1167.1	0.017078	11.90
	25.3	40.0	267.25	236.03	933.7	1169.7	0.017146	10.50
	30.3	45.0	274.44	243.36	928.6	1172.0	0.017209	9.40
	40.3	55.0	287.07	256.30	919.6	1175.9	0.017325	7.79
	50.3	65.0	297.97	267.50	911.6	1179.1	0.017429	6.66
	60.3	75.0	307.60	277.43	904.5	1181.9	0.017524	5.82
	70.3	85.0	316.25	286.39	897.8	1184.2	0.017613	5.17
	80.3	95.0	324.12	294.56	891.7	1186.2	0.017696	4.65
	90.3	105.0	331.36	302.10	886.0	1188.1	0.017775	4.23
	100.0	114.7	337.90	308.80	880.0	1188.8	0.017850	3.88
	110.3	125.0	344.33	315.68	875.4	1191.1	0.017922	3.59
	120.3	135.0	350.21	321.85	870.6	1192.4	0.017991	3.33
	125.3	140.0	353.02	324.82	868.2	1193.0	0.018024	3.22
	130.3	145.0	355.76	327.70	865.8	1193.5	0.018057	3.11
	140.3	155.0	360.50	333.24	861.3	1194.6	0.018121	2.92
	150.3	165.0	365.99	338.53	857.1	1195.6	0.018183	2.75
	160.3	175.0	370.75	343.57	852.8	1196.5	0.018244	2.60
	180.3	195.0	379.67	353.10	844.9	1198.0	0.018360	2.34
	200.3	215.0	387.89	361.91	837.4	1199.3	0.018470	2.13
	225.3	240.0	397.37	372.12	828.5	1200.6	0.018602	1.92
	250.3	265.0	406.11	381.60	820.1	1201.7	0.018728	1.74
		300.0	417.33	393.84	809.0	1202.8	0.018896	1.54
		400.0	444.59	424.00	780.5	1204.5	0.019340	1.16
		450.0	456.28	437.20	767.4	1204.6	0.019547	1.03
		500.0	467.01	449.40	755.0	1204.4	0.019748	0.93
		600.0	486.21	471.60	731.6	1203.2	0.02013	0.77
		900.0	531.98	526.60	668.8	1195.4	0.02123	0.50
		1200.0	567.22	571.70	611.7	1183.4	0.02232	0.36
		1500.0	596.23	611.60	556.3	1167.9	0.02346	0.28
		1700.0	613.15	636.30	519.6	1155.9	0.02428	0.24
		2000.0	635.82	671.70	463.4	1135.1	0.02565	0.19
		2500.0	668.13	730.60	360.5	1091.1	0.02860	0.13
		2700.0	679.55	756.20	312.1	1068.3	0.03027	0.11
		3206.2	705.40	902.70	0.0	902.7	0.05053	0.05

REFERENCIA: Principios de Termodinamica . **Keenan and Keyes**

ANEXO K

SELECCIÓN DE TIPOS TRAMPAS Y FACTORES DE SEGURIDAD

Aplicación	1era Opción	2da Opción	Factor de Seguridad
Cabezal de la Caldera	IBLV	F&T	1.5
(Sobrecalentado)	IBCV - Pulido	Wafer	Carga al Arranque
Tuberías Principales de Vapor & Ramales de las Tuberías (Sin Congelamiento)	IB (CV si la presión varía)	F&T	2; 3 si estaría al final de la tubería, antes de la válvula, o en un ramal
(Congelamiento)	IB	Termostática o Disco	(Mismo que arriba)
Separador de Vapor	IBLV	DC	3
Calidad del vapor del 90% o menos	DC		3
Venas de Vapor	IB	Termostática o Disco	2
Unidades de Calentamiento y de Manejo de Aire (Presión Constante)	IBLV	F&T	3
(Presión Variable 0 - 1 bar) (Presión Variable 1 - 2 bar) (Presión Variable > 2 bar)	F&T F&T F&T	IBLV IBLV IBLV	2, a presión diferencial de 0.034 bar 2, a presión diferencial de 0.14 bar 3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Radiadores Aletados & Tubos Serpentín (Presión Constante)	IB	Termostática	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
(Presión Variable)	F&T	IB	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
Calentadores de Aire de Proceso (Presión Constante)	IB	F&T	2
(Presión Variable)	F&T	IBLV	3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Máquina de Absorción de Vapor (Enfriador)	F&T	IB, con Venteador Externo	2, a presión diferencial de 0.034 bar
Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza & Serpentines de Tubo y Estampados (Presión Constante)	IB	DC o F&T	2
(Presión Variable)	F&T	DC o IBT (IBLV, a más de 2 bar)	< 1 bar: 2, a 0.034 bar; 1 - 2 bar: 2, a 0.14 bar > 2 bar: 3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Evaporadores de Un Paso y de Pasos Múltiples	DC	IBLV o F&T	**2;** 3, con cargas de 22,700 kg/hr
Ollas con Camisas de Vapor (Drenado por Gravedad)	IBLV	F&T o Termostática	3
(Drenado por Sifón)	DC	IBLV	3
Secadoras Rotatorias	DC	IBLV	3, para DC; 8, para IB a presión constante; 10, para IB presión variable
Tanques de Flasheo	IBLV	DC o F&T	3

IBLV = Balde Invertido con Venteador Grande
IBCV = Balde Invertido con Válvula Check Interna
IBT = Balde Invertido con Venteador Térmico
F&T = Flotador y Termostática
DC = Controlador Diferencial de Condensado
Thermo = Termostática

Use una IB con venteador de aire externo cuando se excedan las limitaciones de presión de la F&T, o si el vapor está sucio. Todos los factores de seguridad son para la presión diferencial de operación, al menos que se indique lo contrario.

REFERENCIA: Guia de Conservación de Energia. **Armstrong**

ANEXO L

SELECCIÓN DE AISLAMIENTO PARA TUBERÍAS

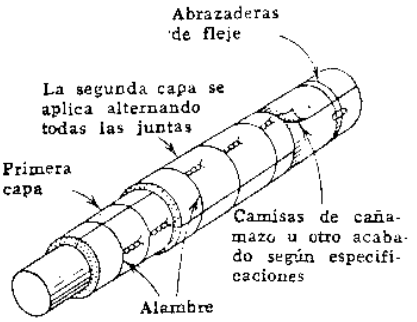
		MEDIDA NOMINAL DE TUBERÍA									
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
TEMPERATURA DE TRABAJO		**ESPESOR DEL AISLAMIENTO**									
150 °F (65 °C)	EA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tsa	80	81	81	81	82	82	82	83	83	83
	Q	19	21	25	29	31	37	42	49	54	60
	Tst	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	Q	66	83	104	131	150	188	227	277	316	356
250 °F (121 °C)	EA	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
	Tsa	88	89	83	84	84	85	85	86	86	87
	Q	53	60	56	54	70	80	92	105	117	127
	Tst	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
	Q	198	248	310	392	490	561	679	827	944	1063
350 °F (177 °C)	EA	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2
	Tsa	90	91	93	95	95	96	92	93	93	94
	Q	82	92	104	118	129	149	142	162	178	193
	Tst	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
	Q	368	460	575	727	832	1040	1259	1533	1750	1971

EA: Espesor del aislamiento
Q: Perdida de calor BTU/hr m
Tsa: Temperatura en la superficie del aislamiento
Tst: Temperatura en la superficie de la tuberia
Emisividad con aislamiento 0.2
Emisividad sin aislamiento 0.3

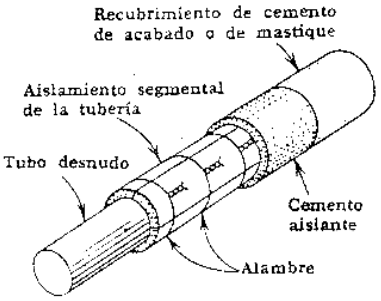
REFERENCIA: Catalogo de Aislamiento en Lana de Vidrio. **Andifibras**

ANEXO N

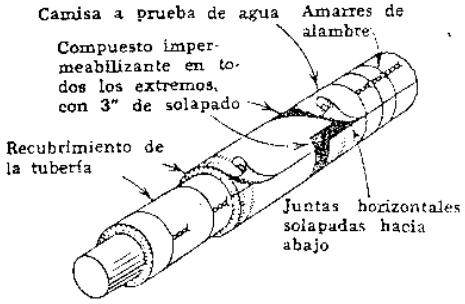
MÉTODOS ILUSTRATIVOS DE INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO EN TUBERÍAS



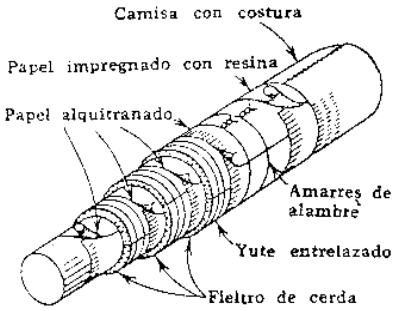
Recubrimiento seccional de dos capas de lana mineral



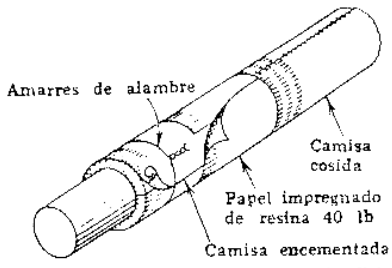
Lana mineral segmentada, con acabado de cemento



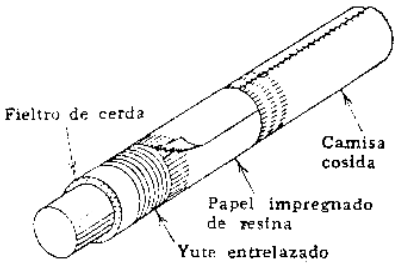
Aplicación de revestimiento a prueba de agua



Estructuración de recubrimiento anticongelante con fieltro de cerda



Recubrimiento anticondensante de fieltro de cerda para líneas de agua fría



Aislamiento propio para líneas de agua fría