

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción.**

“Reingeniería del Sistema de Vapor para un Laboratorio
Farmacéutico”

TESIS DE GRADO.

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO.

Presentada por:

Gabriel José Gallegos Grunauer.

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2008

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que me han ayudado en la elaboración del presente trabajo y especialmente al Ing. Jorge Duque Director de Tesis, por su ayuda; y mis compañeros de BMS, que siempre me apoyaron de forma desinteresada y oportuna en la adquisición de datos de los diferentes sistemas.

DEDICATORIA.

A mis padres, por su ayuda
y por brindarme lo más
importante de este mundo,
tenacidad

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.



Ing. Mario Patiño A.
DELEGADO DEL DECANO DE
LA FIMCP
VOCAL – PRESIDENTE

Ing. Jorge Duque Rivera
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Gonzalo Zabala O.
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).


Gabriel José Gallegos Grunauer

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla la Reingeniería de los sistemas de generación y distribución de vapor y retorno de condensado de un laboratorio farmacéutico de la ciudad de Guayaquil. Los sistemas antes mencionados, dentro de la empresa, son considerados sistemas críticos, ya que de estos sistemas dependen todos los procesos de manufactura que se dan dentro de las instalaciones.

Es necesario mencionar que el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado del laboratorio entraron en funcionamiento hace ya 24 años y considerando el tiempo que servicio, el aumento en los costos operación y mantenimiento debido a la presencia de roturas en tramos de las líneas de distribución, debido al desgaste del material, así como fugas de vapor y desgaste en el forro aislante de la tubería; es necesario realizar una revisión del estado actual de este sistema con el fin de hacer una actualización integral de todos los equipos y accesorios que forman este sistema.

La metodología que se siguió en desarrollo de este estudio empezó estableciendo una línea base de cada uno de los sistemas para luego determinar su consumo de vapor y entonces establecer la o las mejoras posibles cada uno y finalmente hacer mejoras globales al sistema de distribución de vapor y retorno de condensado. En el capítulo final de esta

tesis se podrá realizar una comparación entre el sistema existente y el sistema propuesto en esta tesis, así como el cálculo de retorno de inversión dada los costos de implantación del sistema propuesto.

ABREVIATURAS

PEC	Pierna de extracción de condensado
SRP	Sistema de Reducción de presión de vapor
SRC	Sistema de Retorno de condensado
Kg/h	Kilogramo por hora
lb/h	Libra por hora
Pulg	Pulgadas
N.L.	Área No Lactamicos
Cefas	Área Cefalosporinas
psig	Libras por pulgada cuadrada (pound square inch)
N/A	No disponible
Bhp	Caballo Caldera (Boiler Horse power)
gph	Galones americanos por hora
Lts/min	Litros por minuto
	Carga de condensado
	Caudal de agua
	Aumento de temperatura
Cp	Calor específico
sg	Gravedad específica
r	Calor latente del vapor
ρ	Densidad del fluido

SIMBOLOGÍA

\emptyset, D	Diámetro
h	Tiempo en horas
V	Volumen, velocidad del fluido
sg	Gravedad específica del fluido
C_p	Calor específico del fluido
T_i	Temperatura inicial
T_f	Temperatura final
ΔT	Diferencial de temperatura
r	Calor latente del fluido
	Caudal del fluido
Q_c	Carga de condensado
k	Conductividad térmica
ρ	Densidad del fluido
A	Sección transversal del fluido
v	Volumen específico del vapor
L	Longitud de la tubería
P_i	Presión en la tubería
ΔP	Diferencial de presión

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Descripción de los equipos de generación de vapor.....5
Tabla 2	Consumo de combustible de los equipos de generación de vapor6
Tabla 3	Características principales de las líneas de distribución de Vapor9
Tabla 4	Puntos de consumo de vapor, presión de trabajo y diámetro de tubería de alimentación de vapor13
Tabla 5	Equipos y/o Sistemas de extracción de condensado, Tipo de trampa en servicio y diámetro de tubería de retorno de condensado16
Tabla 6	Consumo de vapor por equipos y su presión de trabajo37
Tabla 7	Consumo de vapor por equipos y su presión de trabajo en el sistema de distribución de vapor nuevo43
Tabla 8	Punto de consumo de vapor, diámetro de tuberías aguas arriba y aguas abajo de la válvula reductora de presión111
Tabla 9	Temperatura de servicio y pérdidas de calor en tuberías de acero con aislamiento142
Tabla 10	Flujo de agua en tuberías de acero154
Tabla 11	Tamaño recomendado de la pierna de extracción de condensado de tuberías principales y secundarias157
Tabla 12	Cantidad de vapor condensado en 50 m de tubería cédula 40 en condiciones de servicio (kg/h.....160
Tabla 13	Cantidad de condensado de las PEC de los cuartos de Lavado de equipos Cefas, Manufactura de líquidos y Manufactura de Cremas.....185
Tabla 14	Cantidad de condensado a 100psig por equipo188
Tabla 15	Cantidad de condensado a 60psig por equipo191
Tabla 16	Tipo de Trampas de Vapor seleccionadas por equipos o sistemas..... 214
Tabla 17	Costo de fugas de vapor según el tamaño de la fuga a 7 barg.....326
Tabla 18	Costo del Sistema de Distribución de vapor y Retorno de Condensado.....331
Tabla 19	Costo de la cañuela aislante334
Tabla 20	Costo del Sistema de Recuperación de Vapor335

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Diseño actual de los sistemas de reducción de presión10
Figura 1.2	Sistema de reducción de presión y sistema de extracción de condensado del cuarto de estabilidad11
Figura 1.3	Esquema del distribuidor de vapor existente18
Figura 1.4	Condiciones de operación del tanque de agua deionizada caliente23
Figura 1.5	Diagrama de funcionamiento del secador de granulado26
Figura 1.6	Condiciones de operación del tanque de agua destilada caliente29
Figura 2.1	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la caída de presión - línea de distribución de vapor Anexo 2
Figura 2.2	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la caída de presión - línea de distribución de vapor principal50
Figura 2.3	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la caída de presión - línea aguas arriba del SRP del intercambiador53
Figura 2.4	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido Anexo 2
Figura 2.5	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas abajo del SRP del intercambiador57
Figura 2.6	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la caída de presión – Cuarto de aguas especiales63
Figura 2.7	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido – Cuarto de aguas especiales64
Figura 2.8	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas arriba del SRP del cuarto de manufactura cremas68
Figura 2.9	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas abajo del SRP del cuarto de manufactura cremas73

Figura 2.10	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas arriba del SRP del tanque de agua desionizada caliente	77
Figura 2.11	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas abajo del SRP del tanque de agua desionizada caliente	82
Figura 2.12	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas arriba del SRP del cuarto de manufactura de líquidos	86
Figura 2.13	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas abajo del SRP del cuarto de manufactura líquidos	90
Figura 2.14	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas arriba del SRP del Autoclave de Control de Calidad	94
Figura 2.15	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas abajo del SRP del Autoclave de Control de Calidad	98
Figura 2.16	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas arriba del SRP del Cuarto de recubrimiento	102
Figura 2.17	Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor – respecto a la velocidad del fluido - línea aguas abajo del SRP del Cuarto de recubrimiento.....	106
Figura 2.18	Diseño de los sistemas de reducción de vapor del sistema propuesto.	113
Figura 2.19	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle	Anexo 2
Figura 2.20	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle del Intercambiador	117
Figura 2.21	Diseño alternativo de los sistema de reducción de presión.....	120
Figura 2.22	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle del Cuarto de recubrimiento	123
Figura 2.23	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle de Autoclave de control de calidad	127

Figura 2.24	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle del Tanque de agua desionizada caliente	131
Figura 2.25	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle del Cuarto de Preparación de Líquidos	134
Figura 2.26	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle del Cuarto de preparación de cremas.....	139
Figura 2.24	Carta de dimensionamiento de los fabricantes de separadores tipo baffle del Tanque de agua desionizada caliente	131
Figura 3.1	Diseño de la pierna de extracción de condensado	156
Figura 3.2	Carta para el dimensionamiento de tuberías de condensado	158
Figura 3.3	Diseño de las PEC y de la línea de retorno de condensado del distribuidor de vapor.....	162
Figura 3.4	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado del distribuidor de vapor.	163
Figura 3.5	Diseño de PEC de las líneas de distribución de vapor	165
Figura 3.6	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado para las PEC de la línea de principal de distribución de vapor.	167
Figura 3.7	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado del distribuidor de vapor.	171
Figura 3.8	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado del autoclave de control de calidad	178
Figura 3.9	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado del tanque de agua desionizada caliente	181
Figura 3.10	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado del Cuarto de aguas especiales.....	186
Figura 3.11	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado principal a 100 psig.....	190
Figura 3.12	Esquema del diseño de la tubería de retorno de condensado a 60 psig	192
Figura 3.13	Carta para el dimensionamiento de la tuberías de retorno de condesado principal a 60 psig	194
Figura 3.14	Pantalla inicial para la selección de trampas de vapor	199
Figura 3.15	Ingreso de datos para la selección de la trampa de vapor del distribuidor de vapor	201
Figura 3.16	Factores de selección de las trampas	202

Figura 3.17	Selección del material y dirección del flujo al interior de la trampa de vapor.....	203
Figura 3.18	Notas para la correcta aplicación de la trampa de vapor	204
Figura 3.19	Pantalla de selección de diámetro de conexión	205
Figura 3.20	Ingreso de datos para la selección de la trampa de vapor del separador de humedad del intercambiador de calor.....	207
Figura 3.21	Factores de selección de la trampa de vapor del separador de vapor del intercambiador de calor	208
Figura 3.22	Notas para la correcta aplicación de la trampa de vapor	210
Figura 3.23	Ingreso de datos para la selección de la trampa de vapor del intercambiador de calor	211
Figura 3.24	Características y Notas para la correcta aplicación de la trampa de vapor.....	213
Figura 3.25	Configuración típica de los sistemas de extracción de condensado	216
Figura 3.26	Diseño general del sistema de recuperación de vapor.....	221
Figura 3.27	Selección del diámetro de la conexión de la trampa de vapor del tanque flash	224
Figura 3.28	Nomograma de dimensionamiento de la tuberías de condensado del tanque flash.....	225
Figura 3.29	Nomograma de dimensionamiento de la tuberías de vapor respecto a la velocidad del fluido para el vapor recuperado.	227
Figura 3.29	Selección de la válvula de contrapresión del tanque flash.....	229
Figura 4.1	Detalle de las partes internas de la VRP.	272
Figura 4.2	Detalle de las partes internas de la válvula de contrapresión.....	281
Figura 4.3	Alineación de las clavijas guías de la trampa de balde invertido.	293
Figura 4.4	Corte de la trampa de vapor F&T	298
Figura 4.5	Diagrama de alineación interior de la trampa F&T	304
Figura 5.1	Pérdida de calor en las tuberías de acero sin aislamiento	323

INDICE DE PLANOS

		Pág.
Plano 1	Sistema de vapor actual	Anexo 1
Plano 2	Sistema de vapor propuesto.....	Anexo 1

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nace en la necesidad de una Industria farmacéutica, de contar con un sistema de distribución de vapor y retorno de condensado que le permita satisfacer los requerimientos de este insumo por las diferentes áreas de esta fábrica, disminuir los costos de operación y mantenimiento de estos sistemas; y, garantizar la seguridad del personal que labora dentro de sus instalaciones.

El sistema actual de distribución de vapor y retorno de condensado entró en funcionamiento hace 24 años. El sistema de generación de vapor cuenta con dos calderas Cleaver Brooks, la principal de 100 BHp, manufacturada en 2004, y la de respaldo de 70 BHp, manufacturada en 1977; ambas calderas generan vapor a 100psig de presión.

En la actualidad el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado presenta problemas en los diferentes componentes de estos sistemas, como son desgaste en el forro aislante, golpe de ariete al arranque de la calderas, mal funcionamiento en trampas de vapor, desgaste de la tubería, entre otros.

Uno de los problemas que aqueja a estas instalaciones es la falta de una política de mantenimiento preventivo de los equipos que componen el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado, falta de un estudio de los consumos de vapor de las diferentes áreas de la planta, además de

que los costos de mantenimiento de estos sistemas se han visto incrementado año a año sin poder asegurar una buena operatividad de estos sistemas.

En la presente tesis se realizará el dimensionamiento y selección de los diferentes equipos y/o accesorios que conforman de los sistemas de distribución de vapor y retorno de condensado, además de desarrollar un Plan de Mantenimiento Preventivo de estos equipos, con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento y el máximo aprovechamiento del vapor en los equipos que se nutren de este insumo durante los diferentes procesos de manufactura que se dan dentro de fábrica.

Para realizar de una forma correcta la selección y dimensionamiento de los equipos y accesorios, primero se calculó los consumos de vapor por área y/o equipo, se analizó su presión de trabajo, para ver si era factible aportar cambios y/o adecuaciones que mejoren su funcionamiento y obtener un ahorro energético y por ende un ahorro económico en comparación con el sistema que actual.

En el presente proyecto también se propone la instalación de un sistema de recuperación de vapor flash con el fin de obtener una mayor eficiencia térmica del sistema y así obtener un ahorro general mayor y disminuir el tiempo del retorno de la inversión hecha por la industria farmacéutica para realizar el sistema aquí propuesto.

CAPITULO 1

1. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN, DISTRIBUCIÓN VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO EXISTENTE.

A continuación se hará la descripción del sistema de vapor que se encuentra operando, el mismo que está en funcionamiento desde el comienzo de las operaciones de la fabrica hace ya 24 años y que presenta algunos inconvenientes, los mismos que se harán referencia en este capítulo.

La descripción del sistema de vapor se realizará desde la etapa de generación, distribución a los puntos de consumo y culminando con el sistema de retorno de condensado

1.1 Descripción del Sistema de Generación actual.

En el plano #1 de la sección de anexos, se puede observar el esquema isométrico de la instalación de vapor el cual es tema de este estudio.

El sistema de generación de vapor está constituido por dos calderas Cleaver Brooks, cuyas capacidades se indican en la tabla 1. En el plano # 2 se muestra el esquema isométrico del sistema de generación de vapor.

TABLA 1
DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE GENERACIÓN

Datos de Placa / Caldera	CB 600-70	CB 100-100
Potencia (BHp)	70	100
Consumo de Combustible aprox. (gph)	19	30
Presión de Trabajo máxima (psig)	150	150
Fecha de Manufactura	Abril / 1977	Octubre / 2004

La cantidad de combustible consumido mensualmente por cada una de las calderas, tomando jornadas de trabajo de 6 días seguidos, 24 horas cada día y a toda su capacidad, es de 10944 galones y 17280 galones para la caldera de 70Bhp y 100 Bhp respectivamente.

Tomando en cuenta que la caldera CB 600-70 fue manufacturada ya hace 29 años, se considera que la eficiencia de este equipo ha decaído en por lo menos un 10%, lo que daría un consumo mensual de combustible de aproximadamente 12038 galones.

En la tabla 2, se puede apreciar el consumo mensual de combustible de cada una de las calderas.

TABLA 2
CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Caldera CB 600-70	Caldera CB 100-100
12038	17280

Los registros de funcionamiento de la planta muestran que para suplir las necesidades de este insumo, los operadores alternan el uso de las calderas una semana cada una.

Es importante mencionar que el mantenimiento de las calderas y del ablandador se ejecuta acorde a un plan basado en las horas de funcionamiento de cada una de estas.

En cuanto a los controles de operación de las calderas, éstas por ser calderas piro tubulares menores que 6000 Kg/h de capacidad

tienen control de nivel de agua de “un solo elemento” de tipo “todo o nada” (on-off) con dos alarmas de nivel alto y bajo apagando o poniendo en funcionamiento la bomba de alimentación. Las calderas también cuentan con un control de bajo nivel de agua con interruptor y alarma McDonnell tipo 150.

1.2 Análisis del Sistema de Distribución actual.

El sistema de distribución de vapor que actualmente está en funcionamiento está constituido por un distribuidor de vapor de 6 pulgadas de diámetro y 1.2 metros de longitud, el cual posee cuatro tuberías, dos para el ingreso del vapor que se genera en cada caldera y dos para distribuir el vapor hacia el piso técnico (línea principal) y otra línea que llega hasta el intercambiador de calor del cuarto de máquinas (línea 3). La línea principal se compone de dos ramales, la primera (línea 1) que nace en el distribuidor de vapor y llega hasta el autoclave localizado en el cuarto de microbiología; y el ramal secundario (línea 2) que nace del ramal principal y llega hasta el cuarto de aguas especiales.

En la tabla 3 se muestra las características principales de los ramales principal y secundario.

Como mencionamos al inicio de este capítulo, el sistema de distribución presenta varios puntos en donde se pueden apreciar un diseño inadecuado, los mismos que se enumeran a continuación:

- El distribuidor y los ramales principales y secundarios de distribución de vapor no cuentan con una trampa de venteo. Éste equipo es importante debido a que en el arranque, cuando las líneas se encuentran llenas de aire, estos equipos ayudan a desplazar los gases no condensables fuera de las líneas de vapor, aumentando de ésta forma la eficiencia global del sistema y disminuir la corrosión en tuberías, entre otros beneficios.
- En lo referente a los sistemas de reducción de presión, se puede acotar que estos sistemas en su gran mayoría poseen un diseño inadecuado, debido a que en muchos de estos emplean dos trampas de vapor, una aguas arriba y otra aguas abajo de la válvula reductora de presión (ver figura 1.1).

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.

	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Diámetro de la tubería.	3 pulgadas	1.5 pulgadas	1 pulgada
Longitud Total de la Tubería.	41.8 metros	34.7 metros	15.6 metros
Material.	Acero ASTM A52	Acero ASTM A52	Acero ASTM A52
Espesor de la tubería.	Cédula 80	Cédula 40	Cédula 40
Espesor del aislamiento.	1 pulgada	1 pulgada	1 pulgada
Tipo de aislamiento	Lana de vidrio con cubierta de tala, yeso y cal.	Lana de vidrio con cubierta de tala, yeso y cal.	Lana de vidrio con cubierta de tala, yeso y cal.
Estado de la tubería.	Regular	Regular	Regular
Estado general aislamiento.	Deteriorado	Deteriorado	Deteriorado
Tiempo de servicio.	24 años	24 años	24 años

Este diseño de los sistemas reductores de presión es inadecuado debido a que al elevar un tramo de la tubería, en el punto más bajo de esa sección se formará un sello de agua, por lo que es necesario instalar una trampa de vapor adicional, aguas abajo de la válvula reductor de presión, aumentando así los costos y tiempo de mantenimiento. Un diseño más adecuado de estos sistemas se mostrará más adelante, en este proyecto.

Es importante destacar que los equipos que forman parte del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado (VRP, trampas de vapor, etc), no forman parte del plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de la planta.

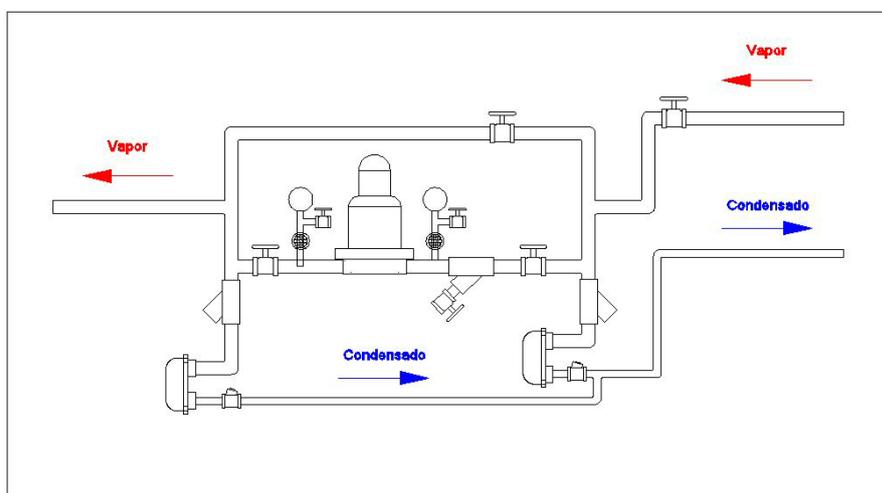


FIGURA 1.1 DISEÑO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN.

- En la tubería aguas abajo del sistema que reduce la presión del vapor del cuarto de estabilidad (figura 1.2) se puede apreciar la existencia de tres tramos de tubería en los cuales se aumenta su cota de elevación sin que exista su correspondiente pierna de extracción de condensado, ocasionando que se formen sellos o acumulaciones de agua en los puntos en donde se aumenta la cota, produciendo golpe de ariete y aumentando la corrosión en la línea.

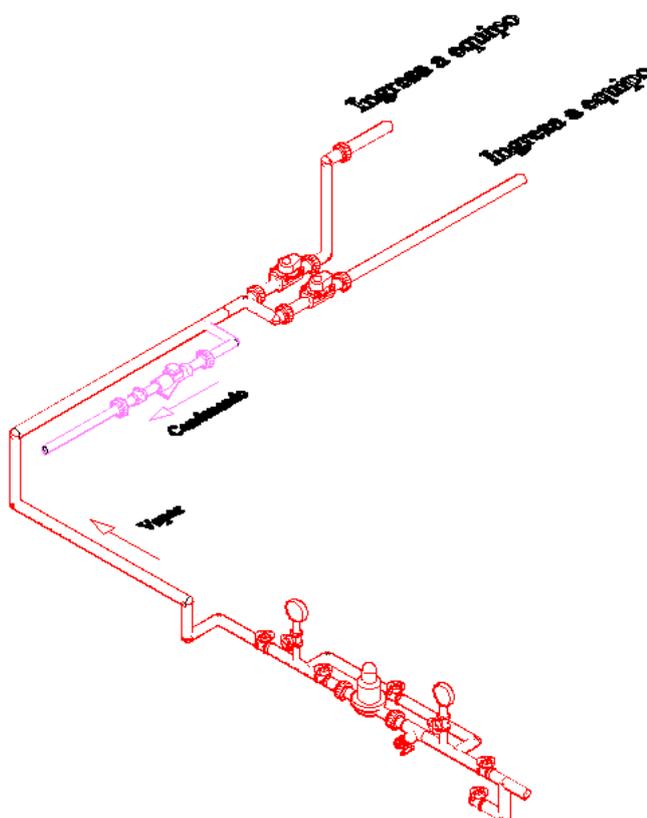


FIGURA 1.2 SISTEMA DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN Y SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE CONDENSADO DEL CUARTO DE ESTABILIDAD

- El cuarto de estabilidad, los fines de semana, cuando la caldera se apaga; pierde su condición de mantener la temperatura interior a 40°C, teniendo que poner calefactores de resistencia eléctrica para evitar el impacto adverso que tendría en la evaluación de los productos que se encuentran en esta área.
- Existen equipos los cuales están prestando servicio a una presión mayor a la necesaria para efectuar su trabajo, estos equipos son el intercambiador de calor, el tanque de agua deionizada caliente. En la tabla # 4 se detallan los equipos y la presión de trabajo el diámetro de la tubería de suministro de vapor.
- La línea de alimentación de vapor que llega hasta el cuarto de aguas especiales presenta problemas de golpes de aires y ruido durante el arranque.

En la línea de distribución # 1 existen cinco puntos de extracción de vapor y en la línea # 2 existen ocho puntos de extracción, cada uno de estos puntos cuentan con su respectivo sistema reductor de presión, sistema de extracción recondensado y línea de retorno de condensado. En la tabla # 4 se detallan los puntos de consumo, su presión de trabajo y el diámetro de la tubería de suministro de vapor.

TABLA 4

PUNTOS DE CONSUMO VAPOR, PRESIÓN DE TRABAJO Y DIÁMETRO DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE VAPOR.

Punto de Consumo	Presión (Pulg)	Ø Tubería (pulgadas)
Intercambiador de Calor	100	1
Cuarto de Estabilidad	30	½
Equipo Deshumidificador	100	1-½
Cuarto de Recubrimiento	60	½
Cuarto de Granulación	Modulante	1
Autoclave Control de Calidad	60	½
Tanque de agua deionizada	100	½
Cuarto de lavado equipos N.L.	100	½
Cuarto de preparación de líquidos	60	½
Cuarto de preparación de cremas	60	½
Autoclave área No Lactámicos	60	½
Autoclave área Cefalosporinas	60	½
Cuarto de lavado de equipos Cefas	100	½
Cuarto de aguas especiales	100	1-½

Como se vio en la tabla # 3, las líneas de distribución de vapor se encuentran en funcionamiento desde los inicios de las operaciones de la fábrica con excepción de los ramales que van desde la línea 1 hasta el cuarto de estabilidad y el equipo deshumidificador y desde la línea 2 hasta los cuartos de lavado de ampolla, lavado de equipos Cefas y el cuarto de aguas especiales; que tienen aproximadamente 5 años trabajando.

1.3 Análisis del Sistema de Retorno de Condensado actual.

El sistema de retorno de condensado está compuesto básicamente por los diferentes sistemas de extracción de condensado de los sistemas de reducción de presión, por las trampas de vapor de los equipos, las líneas de retorno de condensado, y por último, por el tanque de retorno de condensado.

La línea de retorno de condensado está compuesta por dos líneas principales que van paralelas a las líneas principales de vapor y que tienen un diámetro de 2 pulgadas; y por ramales secundarios y terciarios que conectan las trampas de vapor a la línea de retorno de condensado principal. Estos ramales secundarios y terciarios tienen 1/2 pulgada de diámetro en la mayoría de los casos.

Hay que resaltar dos puntos en cuanto al diseño actual de las líneas de retorno de condensado: el primero, que las líneas de retorno de condensado principales no cuentan con la pendiente adecuada que facilite el traslado del condensado hasta el tanque de retorno de condensado, ya que las líneas se encuentran en posición horizontal, lo que nos dice que las líneas de retorno de condensado se encuentran la mayor parte del tiempo inundada; y segundo, que todo el condensado que proviene de los equipos, se encuentre a 100 psig o a 30 psig, llegan a la línea principal de retorno de condensado, lo que disminuye la capacidad de las trampas de remover el condensado de los equipos que consumen vapor.

Las trampas de vapor que se encuentran trabajando en la actualidad son de dos tipos principalmente, trampas termodinámicas y trampas de flotador y termodinámicas.

En la tabla # 5 se detallan los diferentes sistemas de extracción de condensado y equipos que poseen trampas de vapor, así como el tipo de trampa de vapor que se encuentra instalada al momento del proyecto.

TABLA 5

EQUIPOS Y/O SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE CONDENSADO, TIPO DE TRAMPA EN SERVICIO Y DIÁMETRO DE TUBERÍA DE RETORNO DE CONDENSADO.

EQUIPO Y/O SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE CONDENSADO	TIPO DE TRAMPA	Ø TUBERÍA (PULGADAS)
Distribuidor de Vapor	Termodinámica	1
Intercambiador de calor	F&T	½
PEC Intercambiador Calor	F&T	1
Cuarto de Estabilidad	Termostática	½
Equipo Deshumidificador	Termodinámica	1-½
Cuarto de Recubrimiento	Termostática	½
PEC Cuarto Recubrimiento	F&T	½
Cuarto de Granulación N.L.	F&T	1
Control de Calidad	F&T	½
PEC Control Calidad	F&T	½
Tanque de agua deionizada	F&T	½
PEC Tanque agua deionizada	F&T	½
Cuarto Preparación Líquidos	Termostática	½
PEC Cuarto Prep. Líquidos	F&T	½
Cuarto Preparación cremas.	Termostática	½
PEC Cuarto Prep. Cremas.	F&T	½
Autoclave N. L.	Termostática	½
PEC Autoclave área N. L.	F&T	½
Autoclave Cefas	Termostática	½
PEC Autoclave Cefas	F&T	½
PEC Lavado Equipos Cefas	N/A	½

Al igual que se hizo en el punto anterior, a continuación se especifican los puntos en donde el sistema de retorno de condensado presentan problemas:

- En la figura 1.3 se puede apreciar que la pierna de extracción de condensado del distribuidor de vapor está subdimensionada tomando en consideración que el distribuidor tiene 6 pulgadas (150mm) de diámetro, y la pierna de extracción de condensado tiene 1 pulgada (25mm) de diámetro, lo que produce problemas al arranque del sistema tales como golpe de ariete y vibraciones en la tuberías.
- La pierna de extracción de condensado del cuarto de estabilidad (figura 1.2), si bien posee la dimensión y longitud adecuada, ésta no se encuentra dispuesta en una orientación correcta, ya que se está instalada horizontalmente y debería estar dispuesta verticalmente, de tal forma que facilite la remoción del condensado que se ha formado en la tubería. Este es un problema debido a que está llegando el condensado que se formó en la tubería de distribución de vapor a los radiadores de ésta área y esto puede afectar en el desempeño y control que se necesita tener.

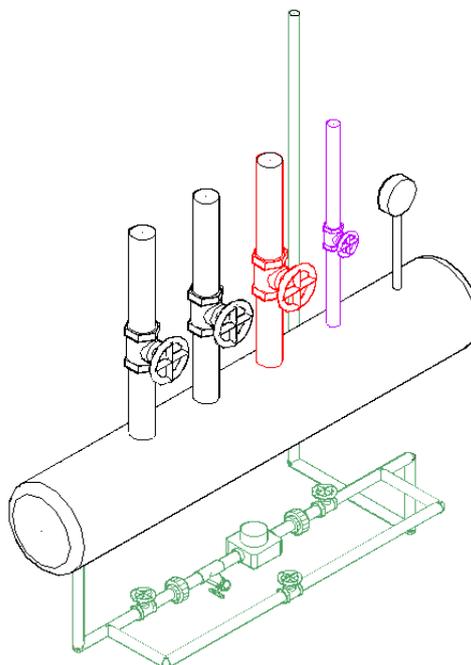


FIGURA 1.3. ESQUEMA DEL DISTRIBUIDOR DE VAPOR EXISTENTE.

- A lo largo de toda la línea de distribución de vapor se puede apreciar la inexistencia de piernas de extracción de condensado que sirven para remover éste fluido de la tubería y que deben estar dispuestas cada 30 a 50 metro de tubería.
- Existen tramos de la tubería de distribución de vapor en los cuales se aumenta su cota vertical sin que exista la correspondiente pierna de extracción de condensado en ese punto.
- Se ha podido constatar, efectuando pruebas con el personal de mantenimiento, el mal funcionamiento de algunas trampas de vapor,

lo que origina pérdidas de éste fluido. Actualmente estos equipos ya han recibido mantenimiento.

- La temperatura del agua de alimentación que se encuentra en el tanque de retorno de condensado siempre está a una temperatura superior a los 85°C y emanando una estela de vapor flash por el venteo del equipo, lo que nos indica que aún existen inconvenientes con las trampas de vapor que no han sido detectadas.

1.4 Determinación de los requerimientos de vapor del laboratorio farmacéutico.

Para determinar los requerimientos de vapor de cada una de las áreas de la planta primero se recurrió a revisar los respectivos manuales de cada uno de los equipos para luego, en caso de no haber esta información, hacer una estimación empleando un análisis termodinámico y aproximaciones dadas por los fabricantes de trampas de vapor.

A continuación se procederá a hacer la Valoración del Consumo de Vapor de cada equipo para presentar al final de este punto una tabla donde se puedan observar los equipos consumidores de vapor con sus respectivas necesidades de este insumo.

1. Intercambiador de vapor.

El intercambiador de vapor que se encuentra en operación en el laboratorio es del tipo Tubo y Coraza y se emplea para calentar agua, la misma que ingresa a 50°C aproximadamente en servicio y se desea llevar hasta los 70°C. Sabiendo que la presión de trabajo actual del intercambiador es de 100 psig y que el flujo de agua que se desea calentar es de 180 lts/min.

Para calcular la cantidad de vapor que se consume para calentar el agua de 50°C a 70°C en una hora, recurrimos a la siguiente ecuación.

$$Q_c = \frac{\dot{m} \cdot \Delta t \cdot C_p \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot sg}{r} \quad (2) \quad \text{Ecuación 1.1}$$

De las tablas de vapor obtenemos los siguientes datos:

En estado estable tenemos:

$$\dot{m} = 180 \text{ lts} / \text{min}$$

$$C_p = 4.18 \text{ KJ} / \text{Kg} \cdot ^\circ \text{C}$$

$$sg = 1$$

$$r_{@100 \text{ psig}} = 2065 \text{ KJ} / \text{Kg} \quad (2)$$

$$\Delta t = 20^\circ \text{C}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 1.1, nos da un consumo de vapor de:

$$Q_c = \frac{180 \cdot 20 \cdot 4.18 \cdot 60 \cdot 1}{2065} = 437.23 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / \text{h}$$

2. Tanque de agua Deionizada caliente.

Este tanque se emplea para mantener a una temperatura constante el agua deionizada que es producida por el equipo respectivo, así como el agua que viene del sistema de recirculación que lo reinyecta con una diferencia de temperatura de unos 15°C.

Diariamente en la planta se consumen alrededor de 11500 litros de agua deionizada en un día laboral de 16 horas, la misma que siempre debe ser despachada a una temperatura de 70°C para que llegue a unos 60°C al último punto de uso.

Para calcular el consumo de vapor en el tanque de agua deionizada, empleamos la ecuación 1.2 que es la siguiente:

$$Q_c = \frac{V \cdot \Delta t \cdot C_p \cdot sg}{r \cdot h} \quad (2) \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Las condiciones de servicio son las siguientes.

$$V = 11500 \text{ lts}$$

$$C_p = 4.18 \text{ KJ} / \text{Kg} \cdot ^\circ \text{C}$$

$$sg = 1$$

$$r_{@100\text{psig}} = 2065 \text{ KJ/Kg} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} T_i &= 30^\circ \text{C} \\ T_f &= 70^\circ \text{C} \end{aligned} \quad \rightarrow \Delta t = 40^\circ \text{C}$$

$$h = 16 \text{ horas}$$

Entonces, la cantidad de vapor necesaria para mantener el agua a 70°C es

$$\dot{Q}_c = \frac{11500 \cdot 40 \cdot 4.18 \cdot 1}{2065 \cdot 16} = 58.20 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/h$$

Para corroborar esta estimación haremos un análisis termodinámico empleando la Ley de la Conservación de la Energía cuando el tanque está en operación, el mismo que se muestra en la figura 1.4.

La Ley de Conservación de la Energía para un intervalo de tiempo Δt dice: “La cantidad de energía térmica y mecánica que ingresa en un volumen de control, más la cantidad de energía térmica que se genera dentro del volumen de control, menos la cantidad de energía térmica y mecánica que sale del volumen de control debe ser igual al incremento en la cantidad de energía almacenada en el volumen de control” (3).

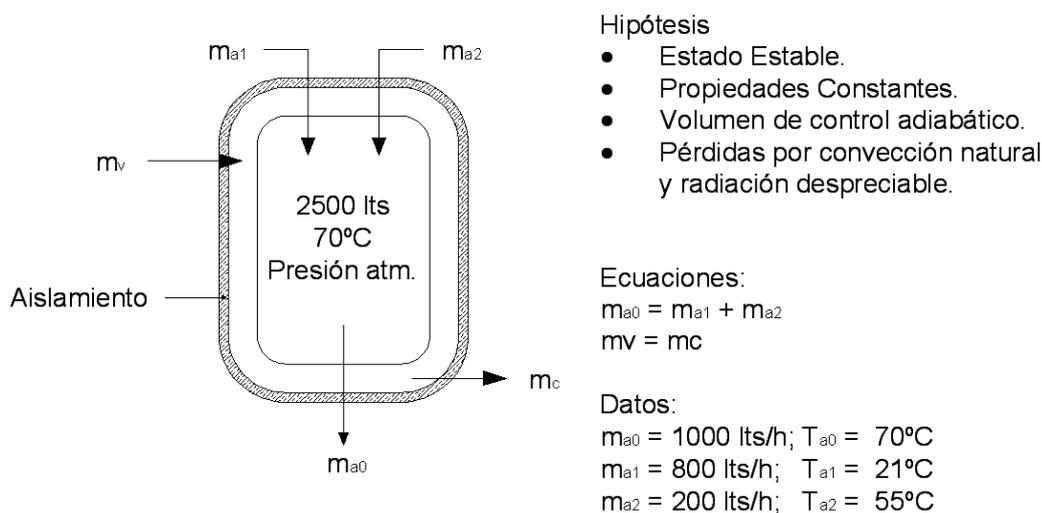


FIGURA 1.4 TANQUE DE AGUA DEIONIZADA CALIENTE.

$$E_i - E_o + E_g = E_{alm} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Tomando en consideración que: “El almacenamiento de energía es también un *fenómeno volumétrico* y los cambios dentro del volumen de control se deberán a cambios en las energías interna, cinética y/o potencial de su contenido... (3)”; y además, que: “El término *generación de energía* se asocia con la conversión de otra forma de energía (química, eléctrica, electromagnética o nuclear) a energía térmica. Es decir, ocurre dentro del volumen de control y es proporcional a la magnitud de su volumen... (3)”.

Como vemos en la figura 1.4, dentro del tanque de agua deionizada caliente no se genera ningún tipo de energía, y además, en él no se

desarrollan variaciones de energía potencial, cinética y/o interna dentro del volumen de control debido a que la tasa de agua que sale es rápidamente repuesta dando como resultado que la cantidad de agua dentro del tanque sean despreciables.

Entonces, la ecuación 1.3 queda de la siguiente forma:

$$E_i = E_o$$

$$\dot{m}_v h_v = \dot{m}_{a0} C_p T_{a0} - \dot{m}_{a1} C_p T_{a1} - \dot{m}_{a2} C_p T_{a2}$$

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{m}_{a0} C_p T_{a0} - \dot{m}_{a1} C_p T_{a1} - \dot{m}_{a2} C_p T_{a2}}{h_v} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

$$\dot{m}_v = \frac{1000 \text{ Kg/h} \cdot 4.18 \text{ KJ/Kg} \cdot 343^\circ \text{K} - 800 \cdot 4.18 \cdot 298 - 200 \cdot 4.18 \cdot 328}{2765.8 \text{ KJ/Kg}}$$

$$\dot{m}_v = \frac{163,020 \text{ KJ/h}}{2765.8 \text{ KJ/Kg}} \rightarrow \dot{m}_v = 58.94 \text{ Kg/h}$$

Entonces la cantidad de vapor consumida para mantener el agua deionizada caliente a 70°C, empleando este segundo método de cuantificación, es 58.94 Kg_{vapor}/h.

Como podemos ver, las dos estimaciones son sumamente aproximadas, teniendo un error del sólo 1.26%.

Para hacer una estimación más fidedigna del consumo de vapor de éste tanque tomamos la media aritmética de las cantidades antes calculadas, lo que nos da

$$\dot{m}_v = \frac{58.20 + 58.94 \text{ KJ/h}}{2}$$

$$\dot{m}_v = 58.57 \text{ Kg/h}$$

3. Cuarto de Granulación N. L.

El cuarto de granulación cuenta con un equipo secador de granulado, el mismo que trabaja bajo las siguientes condiciones:

$$T_{\text{aire frío}} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{aire interior}} = 65^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Flujo de aire} = 6.5 \text{ m}^3/\text{min}$$

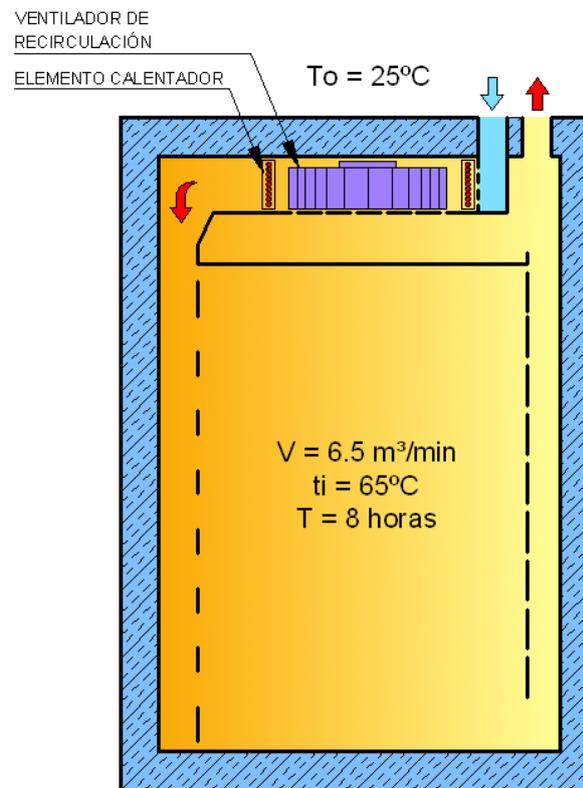


FIGURA 1.5 DIAGRAMA DEL INTERIOR DE LA SECADORA DE GRANULADO

La ecuación para calcular la cantidad de vapor que consume la estufa granuladora es la siguiente:

$$\dot{Q}_c = \frac{V \cdot C_{p_{\text{aire}}} \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot \Delta t}{r_{\text{vapor}}} \quad (2) \quad \text{Ecuación 1.5}$$

De la tabla de vapor y de la tabla CG-60-2⁽²⁾ obtenemos los siguientes datos.

$$V = 6.5 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$C_{p_a} = 1 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.2 \text{ Kg/m}^3 @ 15^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 40^\circ\text{C}$$

$$r_{\text{vapor}} = 2065 \text{ KJ/Kg (2)}$$

$$\dot{Q}_c = \frac{6.5 \text{ m}^3/\text{min} \cdot 1 \text{ KJ}/\text{Kg}^\circ\text{K} \cdot 1.2 \text{ Kg}/\text{m}^3 \cdot 60 \text{ min}/\text{h} \cdot 40^\circ\text{K}}{2065 \text{ KJ}/\text{Kg}}$$

$$\dot{Q}_c = 9.07 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

4. Cuarto de Estabilidad.

El cuarto de estabilidad es un área en donde se almacenan una parte de los productos manufacturados bajo condiciones controladas y sirve para determinar el comportamiento de estos fármacos en condiciones ambientales durante todo el periodo útil de los mismos. Los únicos requerimientos que tiene ésta área es mantener sus condiciones ambientales entre 40°C a 45°C y que el aire se renueve 20 veces por hora.

Para hacer una estimación de la cantidad de vapor que se empleará para mantener ésta área en condiciones controladas se empleará la ecuación 1.5 y tomando en consideración el volumen de aire a calentar durante una hora.

Las dimensiones del cuarto de estabilidad son 6.48x5.68x2.75.

Entonces, los datos para calcular la cantidad de vapor son:

$$V = 101.22 \text{ m}^3 \times 20 \text{ cambios / hora} = 2024.35 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ entonces } V = 33.74 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$C_{p_a} = 1 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.2 \text{ Kg/m}^3 @ 15^\circ\text{C}$$

$$T_i = 25^\circ\text{C}, T_o = 45^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t = 20^\circ\text{C}$$

$$r_{\text{vapor}} = 2065 \text{ KJ/Kg}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 1.4 nos queda:

$$\dot{Q}_c = \frac{33.74 \text{ m}^3/\text{min} \cdot 1 \text{ KJ}/\text{Kg}^\circ\text{K} \cdot 1.2 \text{ Kg}/\text{m}^3 \cdot 60 \text{ min}/\text{h} \cdot 20^\circ\text{K}}{2065 \text{ KJ}/\text{Kg}}$$

$$\dot{Q}_c = 23.53 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

5. Cuarto de Aguas Especiales.

- a. Tanque de agua destilada caliente: El tanque de agua destilada caliente debe mantener este insumo a una temperatura entre 85°C y 90°C y se encuentra venteado al ambiente con un filtro HEPA terminal del 0.2µm.

Las condiciones de operación de este tanque se muestran en la figura 1.6.

Para estimar la cantidad de vapor necesario para mantener a 90°C el agua destilada, repetiremos el procedimiento empleado para calcular el consumo de vapor del tanque de agua deionizada caliente pero tomando en consideración que sólo el agua destilada que es reinyectada desde la línea de retorno es la que hay que aumentar su temperatura.

Entonces, empleando la ecuación 1.2 que es la siguiente:

$$Q_c = \frac{V \cdot \Delta t \cdot Cp \cdot sg}{r \cdot h} \quad (2) \quad \text{Ecuación 1.2}$$

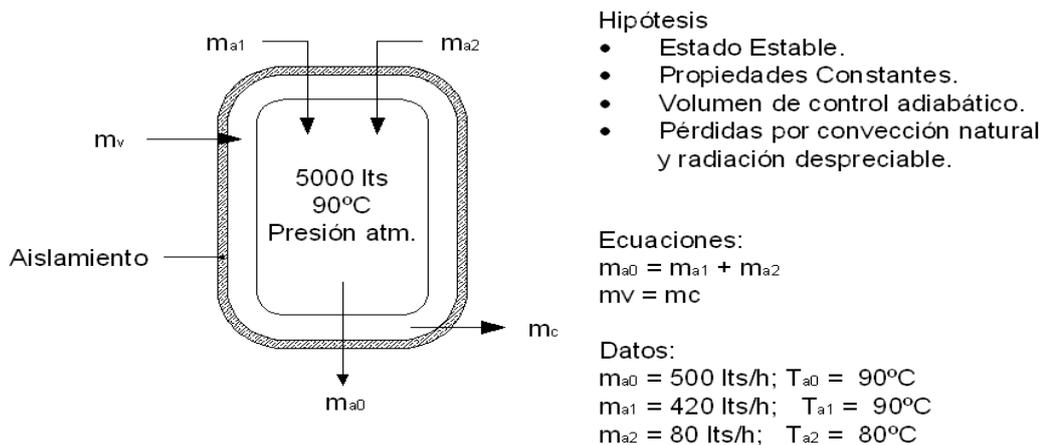


FIGURA 1.6 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL TANQUE DE AGUA DESTILADA CALIENTE.

Las condiciones de operación al arranque son las siguientes:

$$V = 80 \text{ lts}$$

$$Cp = 4.18 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$sg = 1$$

$$r_{@100 \text{ psig}} = 2065 \text{ KJ/Kg}$$

$$\begin{aligned} Ti &= 75^\circ\text{C} \\ Tf &= 90^\circ\text{C} \end{aligned} \rightarrow \Delta t = 15^\circ\text{C}$$

$$h = 8 \text{ horas}$$

Entonces, la cantidad de vapor necesaria para mantener el agua a 90°C es:

$$Q_c = \frac{80 \cdot 15 \cdot 4.18 \cdot 1}{2065 \cdot 8} = 2.43 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / h$$

Ahora reemplazando los datos suministrados en la figura 1.6 en la ecuación 1.4 tenemos el siguiente resultado:

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{m}_{a0} Cp_a T_{a0} - \dot{m}_{a1} Cp_a T_{a1} - \dot{m}_{a2} Cp_a T_{a2}}{h_v} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

$$\dot{m}_v = \frac{500 \text{ Kg/h} \cdot 4.18 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot 363^\circ\text{K} - 420 \cdot 4.18 \cdot 363 - 80 \cdot 4.18 \cdot 353}{2765.8 \text{ KJ/Kg}}$$

$$\dot{m}_v = \frac{3344 \text{ KJ/h}}{2765.8 \text{ KJ/Kg}} \rightarrow \dot{m}_v = 1.21 \text{ Kg/h}$$

Entonces, la cantidad de vapor consumida para mantener el agua deionizada caliente a 90°C, empleando este segundo método de cuantificación, es 1.21 Kg_{vapor}/h.

Para hacer una estimación más fidedigna del consumo de vapor de éste tanque tomamos la media aritmética de las cantidades antes calculadas, lo que nos da:

$$\dot{m}_v = \frac{2.43 + 1.21 \text{ KJ/h}}{2}$$

$$\dot{m}_v = 1.82 \text{ Kg/h}$$

b. Destilador de agua

El consumo de vapor que tiene éste equipo es de 391 Kg_{vapor}/h @ 100 psig. Éste dato es tomado del manual del fabricante del equipo.

6. Cuarto de Preparación de Líquidos.

El cuarto de preparación de líquidos cuenta con 5 marmitas. Estas marmitas tienen una capacidad de 3000, 750, 375, 200 y 120 litros.

Las dos primeras marmitas son llenadas con agua deionizada caliente a 70°C y las tres últimas con agua destilada caliente a 90°C.

Cuando se está manufacturando algún producto en las marmitas, la temperatura del agua debe mantener a 90°C. El tiempo del proceso de manufactura toma alrededor de 1:30 horas.

Para calcular la cantidad de vapor que se necesita para llevar a cabo el proceso en cada marmita empleamos la ecuación 1.2.:

$$Q_c = \frac{V \cdot \Delta t \cdot C_p \cdot sg}{r \cdot h} \quad (2) \quad \text{Ecuación 1.2}$$

a. Marmita 3000 litros.

Las condiciones de operación al arranque son las siguientes:

$$V = 3000 \text{ lts}$$

$$C_p = 4.18 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$sg = 1$$

$$r_{@60 \text{ psig}} = 2133 \text{ KJ/Kg} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} T_i &= 70^\circ\text{C} \\ T_f &= 90^\circ\text{C} \end{aligned} \rightarrow \Delta t = 20^\circ\text{C}$$

$$h = 1.5 \text{ horas}$$

Entonces, la cantidad de vapor necesaria para mantener el agua a 90°C es

$$Q_c = \frac{3000 \cdot 1 \cdot 4.18 \cdot 20}{2133 \cdot 1.5} = 78.39 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / h$$

Aplicando un procedimiento similar al anterior obtenemos que los consumos de vapor para las marmitas restantes son las siguientes:

b. Marmita 750 litros.

$$Q_c = \frac{750 \cdot 1 \cdot 4.18 \cdot 20}{2133 \cdot 1.5} = 19.60 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / h$$

Para las marmitas que trabajan con agua destilada supondremos una fluctuación de temperatura de 1°C para hacer nuestros cálculos.

c. Marmita 375 litros.

$$Q_c = \frac{375 \cdot 1 \cdot 4.18 \cdot 1}{2133 \cdot 1.5} = 0.49 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / h$$

d. Marmita 200 litros.

$$Q_c = \frac{200 \cdot 1 \cdot 4.18 \cdot 1}{2133 \cdot 1.5} = 0.26 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / h$$

e. Marmita 750 litros

$$Q_c = \frac{120 \cdot 1 \cdot 4.18 \cdot 1}{2133 \cdot 1.5} = 0.16 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / h$$

Entonces la cantidad total de vapor que se necesita en el cuarto de manufactura de líquidos es 98.9 Kg_{vapor}/hora.

7. Cuarto de Manufactura de cremas.

Los productos que se elaboran en gran parte en esta área son a base de vaselina y agua en cuatro marmitas de 1000 lts, 500 lts, 300 lts y 100 lts.

Para hacer el cálculo de cuanto calor se consume para la manufactura de cremas se empleará la ecuación 1.2, con las condiciones iniciales mostradas a continuación:

$$Q_c = \frac{V \cdot \Delta t \cdot C_p \cdot sg}{r \cdot h} \quad (2) \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Para calcular la capacidad calorífica de la vaselina recurrimos a la ecuación 1.5⁽⁶⁾, en donde se relaciona la temperatura del derivado del petróleo en estado líquido, en °C, y su gravedad específica.

$$C_p = \frac{1.685 + 0.039 \cdot T}{\sqrt{sg}} \left[\frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} \right] \quad \text{Ecuación 1.5}^{(6)}$$

La gravedad específica de la vaselina es 0.89 y la podemos encontrar en su MSDS que se encuentra en la parte de anexos de esta tesis.

Reemplazando los valores en la formula 1.5 tenemos que el calor específico de la vaselina es:

$$C_p = 5.82 \text{ KJ} / \text{Kg}^\circ \text{C} @ 100^\circ \text{C}$$

Las condiciones de servicio de las marmitas de esta área son las siguientes:

$$C_p = 5.82 \text{ KJ} / \text{Kg}^\circ \text{C}$$

$$sg = 0.89$$

$$r_{@30 \text{ psig}} = 2201 \text{ KJ} / \text{Kg} \quad (2)$$

$$T_i = 25^\circ \text{C} \quad \rightarrow \Delta t = 75^\circ \text{C}$$

$$T_f = 100^\circ \text{C}$$

$$h = 1.5 \text{ hora}$$

Entonces, para la marmita de 1000 litros tenemos:

$$Q_c = \frac{1000 \text{ lts} \cdot 75^\circ \text{C} \cdot 5.82 \text{ KJ} / \text{Kg}^\circ \text{C} \cdot 0.89}{2201 \text{ KJ} / \text{Kg} \cdot 1.5 \text{ h}} = 117.67 \text{ Kg} / \text{h}$$

Para la marmita de 500 litros tenemos:

$$Q_c = \frac{500\text{ts} \cdot 75^\circ\text{C} \cdot 5.82 \text{KJ}/\text{Kg}^\circ\text{C} \cdot 0.89}{2201 \text{KJ}/\text{Kg} \cdot 1.5\text{h}} = 58.83 \text{Kg}/\text{h}$$

Para la marmita de 300 litros tenemos:

$$Q_c = \frac{300\text{ts} \cdot 75^\circ\text{C} \cdot 5.82 \text{KJ}/\text{Kg}^\circ\text{C} \cdot 0.89}{2201 \text{KJ}/\text{Kg} \cdot 1.5\text{h}} = 35.30 \text{Kg}/\text{h}$$

Para la marmita de 100 litros tenemos:

$$Q_c = \frac{300\text{ts} \cdot 75^\circ\text{C} \cdot 5.82 \text{KJ}/\text{Kg}^\circ\text{C} \cdot 0.89}{2201 \text{KJ}/\text{Kg} \cdot 1.5\text{h}} = 11.77 \text{Kg}/\text{h}$$

Por lo tanto, se determina que la cantidad máxima de vapor que se consumiría en el cuarto de manufactura de cremas es de 223.57Kg/h.

En la tabla 6 se muestra el consumo de vapor por equipo y su presión de trabajo.

TABLA 6
CONSUMO DE VAPOR POR EQUIPOS Y SU PRESIÓN DE TRABAJO

Equipo	Presión (psig)	Consumo vapor Servicio (Kg/h)
Intercambiador de calor	100	437
Cuarto de Estabilidad	30	24
Equipo Deshumidificador	100	50*
Cuarto Recubrimiento	60	25*
Cuarto Granulación N.L.	Modulante	9
Lavado Equipos N. L.	100	15**
Control de Calidad	60	85**
Tanque agua deionizada	30	59
Cuarto Prep. Líquidos	60	99
Cuarto Prep. Cremas.	60	224
Autoclave N. L.	60	180*
Autoclave Cefas	60	155*
Lavado Equipos Cefas	100	15**
Cuarto Aguas Especiales	100	393

* Valor tomado del manual de fabricante

**Valor dado por personal de mantenimiento

CAPITULO 2

2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.

En este capítulo se desarrollará todo el trazado de las líneas de vapor, desde el distribuidor de vapor hasta los puntos de consumo, incluyendo el dimensionamiento y selección de accesorios tales como juntas de expansión, sistema reductores de presión, by-pass, etc.

Hay que tener en cuenta que las mejoras más importantes en cuanto a los sistemas de distribución de vapor y retorno de condensado, se enfocan a disminuir las pérdidas causadas por el mal funcionamiento, mala selección, falta de accesorias y/o un montaje inadecuado de los diferentes equipos y accesorios que componen este sistema, además

de reemplazar los sistemas menos eficientes o menos confiables por otro que de mayor confiabilidad en el proceso al interior de la planta.

A continuación se expondrán varios parámetros que servirán para obtener un correcto dimensionamiento y selección de cada una de las partes que componen el sistema de distribución de vapor .

2.1. Diseño del nuevo sistema de distribución de vapor.

El trazado del nuevo sistema de distribución de vapor es muy similar al sistema que actualmente se encuentra en funcionamiento en el laboratorio farmacéutico, debido a que una de las limitaciones del proyecto es el espacio por donde van a pasar las líneas y que se debe tratar de utilizar los soportes existentes en cuanto sea posible y factible técnicamente para disminuir los costos del proyecto.

Los cambios que son fácilmente apreciables en el sistema aquí desarrollado se enlistan a continuación:

- Mejora en el diseño de los sistemas de reducción de presión de vapor debido a que el diseño actual es obsoleto;
- Reemplazo del sistema de calefacción del cuarto de estabilidad que funcionaba con vapor por otro con resistencia eléctrica;

- Retiro de las líneas de alimentación de vapor industrial de los autoclaves de las áreas No Lactámicos y Cefalosporinas.
- Reducción de presión del intercambiador de calor de 100psig a 15psig; y,
- Reducción de presión del tanque de agua desionizada caliente de 100psig a 30psig.

En los planos #1 y #2 (ver anexo 1), se presentan los diseños que se encuentran en funcionamiento en el laboratorio farmacéutico y el diseño propuesto respectivamente.

Como puede percibirse, los cambios antes expuestos, hacen que los datos de la tabla # 6 sean erróneos en cuanto el consumo de vapor para el intercambiador de calor y el tanque de agua desionizada caliente, por lo que a continuación procederemos a recalcular el consumo de vapor de los equipos antes mencionados.

1. Intercambiador de vapor.

Empleando la ecuación 1.1 y los datos de la información que se suministró en el capítulo 1, el consumo de vapor a 15psig del intercambiador de calor será:

$$\dot{m} = 180 \text{ } \frac{\text{Lts}}{\text{min}}$$

$$C_p = 4.18 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$sg = 1$$

$$r_{@60 \text{ psig}} = 2257 \text{ KJ/Kg} \quad (2)$$

$$\Delta t = 20^\circ\text{C}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 1.1, nos da un consumo de vapor de:

$$Q_c = \frac{180 \cdot 20 \cdot 4.18 \cdot 60 \cdot 1}{2257} = 400.03 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / \text{h}$$

2. Tanque de agua Desionizada caliente.

Para calcular el consumo de vapor a 30psig por el tanque de agua desionizada caliente, empleamos la ecuación 1.2 y los datos dados en el capítulo 1. Las condiciones de operación de servicio son las siguientes:

$$V = 11500 \text{ lts}$$

$$C_p = 4.18 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$sg = 1$$

$$r_{@100 \text{ psig}} = 2201 \text{ KJ/Kg} \quad (2)$$

$$T_i = 30^\circ\text{C}$$

$$T_f = 70^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t = 40^\circ\text{C}$$

$$h = 16 \text{ horas}$$

Entonces, la cantidad de vapor necesaria para mantener el agua a 70°C es:

$$\dot{Q}_c = \frac{11500 \cdot 40 \cdot 4.18 \cdot 1}{2201 \cdot 16} = 54.60 \text{ Kg}_{\text{vapor}} / h$$

La tabla 7 presenta el consumo de vapor por equipos, con los cambios para el diseño de sistema que se propone en esta tesis.

2.2. Dimensionamiento de las tuberías de distribución de vapor.

El dimensionamiento correcto de los diferentes tramos de tubería que forman el sistema de distribución de vapor, yace en suministrar vapor con una temperatura, presión, cantidad y calidad que garanticen el óptimo desempeño de los equipos que hacen uso de este insumo.

Hay que tener en cuenta que para diseñar correctamente la tubería de suministro de vapor de cada equipo, hay que hacerlo dimensionando la tubería aguas arriba del sistema de reducción de presión y luego dimensionando la tubería aguas abajo del mencionado sistema.

TABLA 7
CONSUMO DE VAPOR POR EQUIPOS Y SU PRESIÓN DE TRABAJO.

Equipo	Presión (psig)	Consumo vapor Servicio (Kg/h)
Intercambiador de calor	15	400
Equipo Deshumidificador	100	50*
Cuarto Recubrimiento	60	25*
Cuarto Granulación N.L.	Modulante	9
Lavado Equipos N. L.	100	5**
Control de Calidad	60	85**
Tanque agua Desionizada	30	55
Cuarto Prep. Líquidos	60	99
Cuarto Prep. Cremas.	60	130
Lavado Equipos Cefas	100	5**
Cuarto Aguas Especiales	100	608*

* Valor tomado del manual de fabricante

**Valor dado por personal de mantenimiento

La velocidad que debe tener el vapor en una tubería oscilar entre 25m/s a 40 m/s. La velocidad de 40 m/s debe ser considerada como límite extremo debido a que a mayores velocidades se presentarán los problemas antes descritos⁽⁴⁾.

Con un correcto dimensionamiento del sistema de distribución de vapor también se evita una serie de problemas inherentes de una mala selección del diámetro de la tubería de distribución. En el caso de un subdimensionamiento, los problemas que se pudieran presentar son los siguientes:

- Menor presión en el punto de uso. Esto puede perjudicar el desempeño de equipo;
- Aumenta la velocidad del vapor en la tubería, acelerando la erosión a lo largo de toda la tubería;
- Aumenta el riesgo de que se presente golpe de ariete; y,
- Aumenta el ruido en la tubería durante el funcionamiento del sistema de distribución.

En el caso de un sobre dimensionamiento de la tubería, los inconvenientes serán los siguientes:

- Tubos, válvulas, accesorios, etc. serán más costosos que los necesarios;
- Mayores costos en el montaje y aislamiento; y,
- Tuberías de vapor más grandes significa mayor flujo de condensado, lo que incurre en mayor cantidad de sistemas de

remoción de condensado y la posibilidad de que vapor de baja calidad (vapor húmedo) llegue al punto de uso.

2.2.1. Dimensionamiento de la línea principal de distribución de vapor.

Para hacer el correcto dimensionamiento de la tubería de vapor y evitar los problemas antes citados, utilizaremos el método denominado “Caída de presión”. Este método consiste en determinar los “valores corregidos de longitud y de flujo de vapor” para reemplazar el primer valor encontrado en la ecuación 2.1 para determinar la caída de presión por cada 100 metros de tubería de una instalación en particular, para finalmente utilizar el nomograma de la figura 2.1, dado en el anexo 2, para calcular el diámetro de la tubería.

$$F = \frac{P1 - P2}{L} \times 100 \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde

F = Caída de presión cada 100 metros de tubería

P1 = Presión al inicio de la tubería

P2 = Máxima caída de presión permitida.

L = Distancia equivalente de tubería en metros.

Entonces los datos que se requieren son los siguientes:

Flujo de vapor = $1565 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$ (para una caldera de 100BHp ⁽¹⁾)

Longitud de la tubería = 105 metros

Presión al inicio de la tubería = 100 psig

Caída de presión al final de la tubería = 5 psig.

El primer paso de éste método consiste en adicionar una cantidad equivalente de tubería, en metros, para amortiguar la caída de presión debido a los accesorios a lo largo de la tubería. Como se desconoce el diámetro de la tubería, se sugiere seguir estos pasos:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.
- Si la longitud de la tubería es mayor de 100 metros y tiene poca cantidad de accesorios, entonces adhiera un 10% de la longitud de la tubería.
- Una longitud similar de tubería, pero con más accesorios, incrementaría a un 20% la cantidad de metros de tubería equivalente.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de

$$105\text{metros} + 20\% = 126\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería. Éste punto se fundamenta en que por la tubería también debe pasar el condensado que se forma por el calor cedido al ambiente, pero como no conocemos el diámetro de la tubería, una buena aproximación es adherir un 3.5% del flujo de vapor por cada 100m de la longitud corregida de la tubería aislada.

Entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{126}{100} \times 3.5\% = 1.304\%$$

$$1565 \text{ Kg/h} + 1.304\% = 1585.41 \text{ Kg/hora}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 2.1 se obtiene:

$$F = \frac{6.8 - 6.46}{126} \times 100 = 0.269 \text{ barg/100m}$$

El método que se sigue para utilizar el nomograma de la figura 2.1 (ver anexo 2) es el siguiente:

- Seleccione el punto a 6.8 barg en la línea de vapor saturado, y marque el punto A.
- Desde el punto A dibuje una línea horizontal hasta la flujo de vapor de 1585 Kg/h y marque el punto B.

- Desde el punto B dibuje una línea vertical hasta la parte superior del nomograma, punto C.
- Dibuje una línea horizontal desde 0.269 barg/100m en la escala de pérdida de presión (Línea DE).
- El punto en el cuál las líneas DE y BC se cruzan, indicarán la dimensión de la tubería requerida.

En éste caso el diámetro de la tubería que sale en el nomograma es de 90mm (figura 2.2), pero como este calibre no es comercial, para hacer la selección se utilizará el criterio de la velocidad del vapor saturado en tuberías, la cual debe encontrarse entre 25 a 40 m/s. La velocidad de 40 m/s debe ser considerada como límite extremo debido a que a mayores velocidades se presentarán los problemas antes descritos⁽⁴⁾.

Entonces, empleando la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías obtenemos que la velocidad del vapor en una tubería de 80mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 100 psig.

V = Velocidad del vapor.

A = Sección transversal de la tubería.

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{1585.41 \frac{Kg}{h} \cdot 4}{\left(0.2728 \frac{m^3}{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{seg}{h} \cdot \pi \cdot (0.08)^2}$$

$$V = 23.90 \frac{m}{s}$$

Como podemos apreciar, la velocidad del vapor en una tubería de 80mm de diámetro está justo por encima del límite inferior recomendado, por lo tanto se selecciona éste diámetro de tubería para la línea principal de distribución de vapor del nuevo sistema.

La caída de presión en la tubería principal de distribución de vapor es de 0.269 barg/100m, entonces la caída de presión por la tubería será:

$$0.269 \frac{\text{barg}}{100m} \cdot 126m = 0.339 \text{barg} (4.998 \text{psig})$$

Hay que recordar que en este valor ya están incluidas la caída de presión por accesorios.

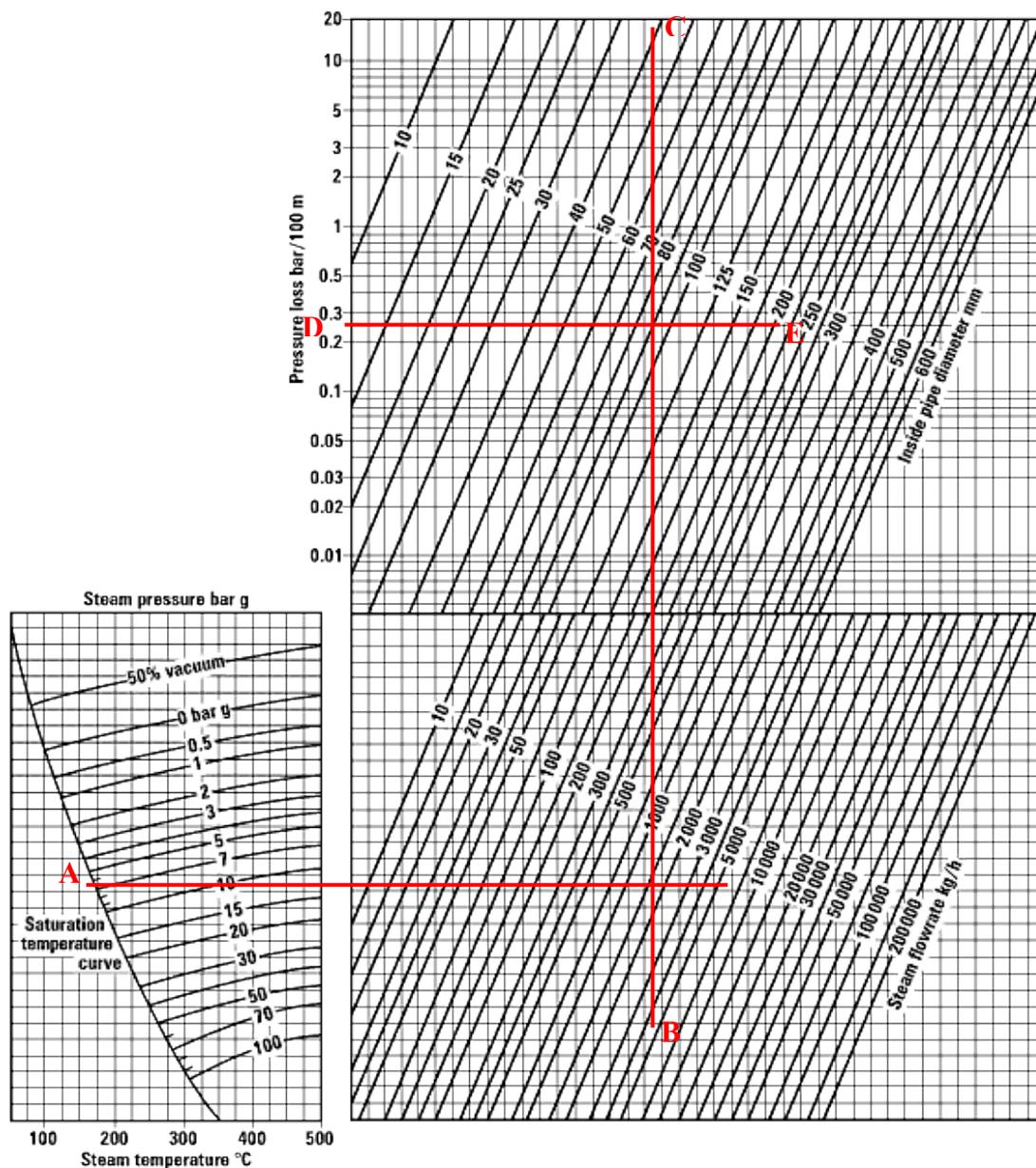


FIGURA 2.2 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR – RESPECTO A LA CAÍDA DE PRESIÓN - LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

2.2.2. Dimensionamiento de la línea de alimentación de vapor del intercambiador de calor del cuarto de máquinas.

Dimensionamiento de la tubería aguas arriba del SRP.

Para hacer una correcta selección del diámetro de la tubería utilizaremos el mismo método que se empleó para dimensionar la línea principal de distribución de vapor.

Entonces los datos que necesitamos son los siguientes:

Flujo de vapor = 400.03 Kg_{vapor}/hora (calculado en el capítulo anterior)

Longitud de la tubería = 19.15 metros

Presión al inicio de la tubería = 100 psig

Caída de presión al final de la tubería = 5 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$19.15\text{metros} + 5\% = 20.11\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{20.11}{100} \times 3.5\% = 0.208\%$$

$$400.03 \text{ Kg/h} + 0.208\% = 400.86 \text{ Kg/hora}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 2.1 nos queda:

$$F = \frac{6.8 - 6.46}{20.11} \times 100 = 1.69 \text{ barg/100m}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.1 (anexo 2), el mismo que nos da una tubería de 60mm de diámetro, mostrado en la figura 2.3. Para confirmar el resultado obtenido se empleará el criterio de la velocidad del vapor saturado en tuberías, la cual debe encontrarse entre 25 a 40 m/s. La velocidad de 40 m/s debe ser considerada como límite extremo debido a que a mayores velocidades se presentarán los problemas antes descritos⁽⁴⁾.

Empleando la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías se obtiene que la velocidad del vapor en una tubería de 60mm de diámetro.

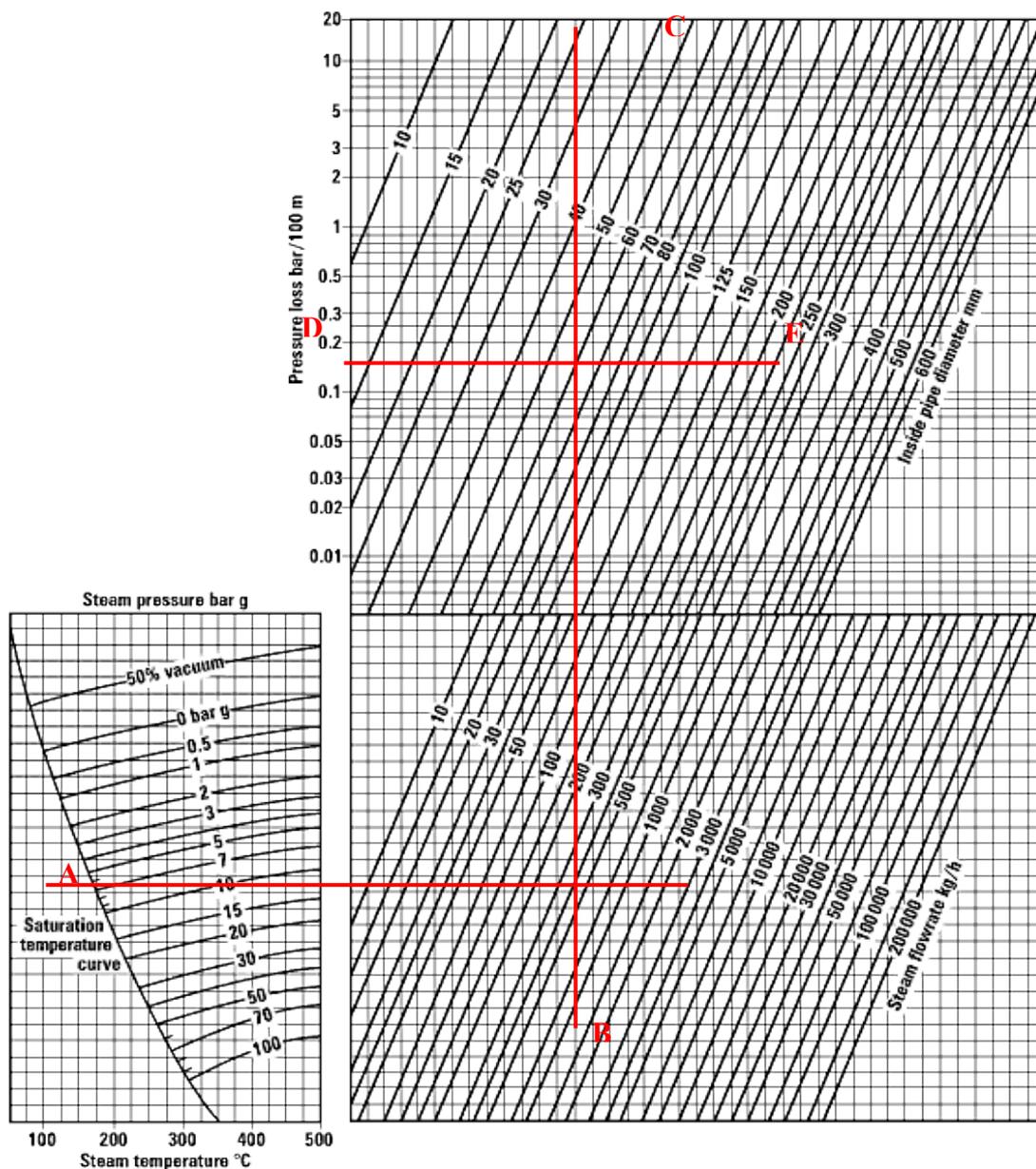


FIGURA 2.3 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE

TUBERÍAS DE VAPOR – RESPECTO A LA CAÍDA DE PRESIÓN – LÍNEA AGUAS ARRIBA DEL SRP INTERCAMBIADOR.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

\dot{m} = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 100 psig.

V = Velocidad del vapor.

A = Sección transversal de la tubería.

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{400.86 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 4}{\left(0.2728 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{\text{seg}}{\text{h}} \cdot \pi \cdot (0.06)^2}$$

$$V = 10.74 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Haciendo el mismo cálculo para una tubería de 40 mm de diámetro tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{400.86 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 4}{\left(0.2728 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{\text{seg}}{\text{h}} \cdot \pi \cdot (0.04)^2}$$

$$V = 24.17 \frac{m}{s}$$

Como se puede apreciar, la velocidad del vapor en una tubería de 60mm de diámetro está muy por debajo de la velocidad del vapor recomendada, mientras que para una tubería de 40mm la velocidad está justo por debajo del valor mínimo aconsejado. Por tal motivo, el diámetro de la tubería de alimentación de vapor para el intercambiador del cuarto de máquinas es de 40mm.

La caída de presión en la tubería de suministro de vapor al intercambiador de calor del cuarto de máquinas es de 1.69 barg/100m, entonces la caída de presión por la tubería será:

$$1.69 \frac{\text{barg}}{100m} \cdot 20.11m = 0.339 \text{barg} (4.995 \text{psig})$$

Hay que recordar que en este valor ya están incluidas la caída de presión por accesorios.

Dimensionamiento de la tubería aguas abajo del SRP.

Para hacer una correcta selección del diámetro de esta tubería utilizaremos un método similar al anterior pero ahora utilizando el nomograma de la figura 2.4, mostrado en el anexo 2, que es

la Carta para el dimensionamiento de líneas de vapor en relación a la velocidad del fluido.

Los datos que se requieren son los siguientes:

Flujo de vapor = 400.03 Kg_{vapor}/hora

Presión al inicio de la tubería = 15 psig

Como se puede apreciar, la velocidad del vapor en una tubería de 80mm de diámetro está en el rango de la velocidad del vapor recomendada, mientras que para una tubería de 60mm la velocidad está justo por encima del valor máximo aconsejado. Por tal motivo, el diámetro de la tubería de alimentación de vapor para el intercambiador del cuarto de máquinas es de 80mm mostrado en la figura 2.5.

Aplicando la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías, se obtiene que la velocidad del vapor en una tubería de 50mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 15 psig.

V = Velocidad del vapor.

A = Sección transversal de la tubería.

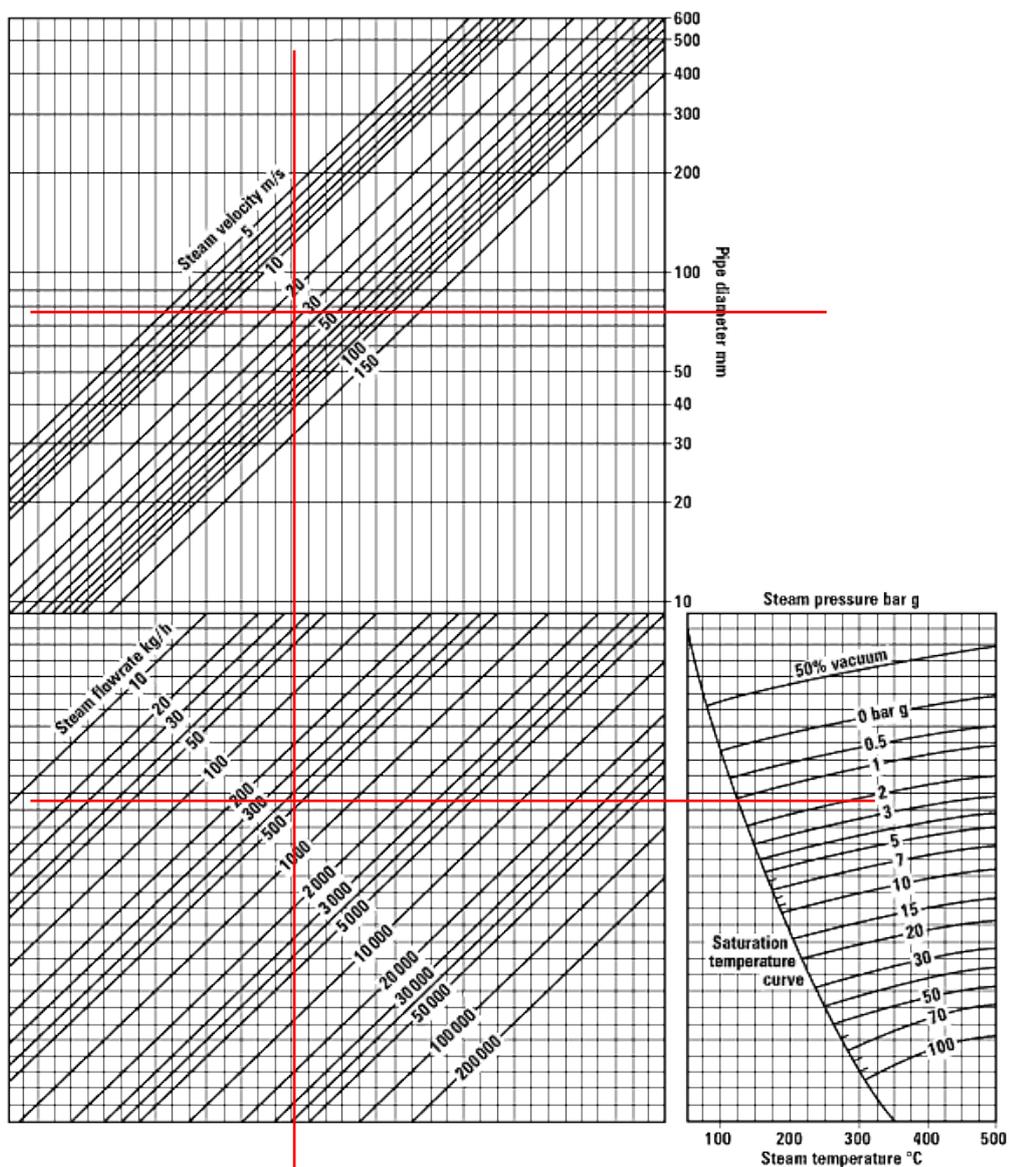


FIGURA 2.5 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO – LÍNEA AGUAS ABAJO DEL SRP INTERCAMBIADOR.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Despejando V y reemplazando los valores, se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{400.03 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(1.694 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.08)^2}$$

$$V = 37.45 \text{ m/s}$$

Haciendo el mismo cálculo para una tubería de 100 mm de diámetro, se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{400.03 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(1.694 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.1)^2}$$

$$V = 23.96 \text{ m/s}$$

Con este valor se confirma la selección de la tubería de 100mm de diámetro para el tramo aguas abajo del SRP del intercambiador de calor del cuarto de máquinas.

Ahora, para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de aguas especiales, se utiliza la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m^2}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 (4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m³/kg) @ 60psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{1.2 \cdot 1.694 \cdot (400.03)^2}{0.08 \cdot 100^5} = 4.07 \cdot 10^{-4} \text{ bar} (0.0059 \text{ psi})$$

2.2.3. Dimensionamiento de la línea de alimentación de vapor del Cuarto de Aguas Especiales.

El denominado cuarto de aguas especiales es un cuarto en donde se encuentran los sistemas de tratamientos de agua potable para obtener agua destilada y vapor puro. El alcance de éste punto se enfoca únicamente al dimensionamiento de la tubería de vapor que llega hasta este cuarto, por lo que no se incluye lo siguiente: el

dimensionamiento de las líneas de alimentación que llegan hasta los equipos que se encuentran en este cuarto, los sistemas de reducción de presión, y los sistemas de extracción de condensado de los autoclaves de las áreas cefalosporinas y no lactámicos, que son alimentados con vapor puro que es generado por uno de los equipos que se encuentran en ésta área. Esto se debe a que éste proyecto ya fue realizado al interior de la planta y ya se encuentra en servicio.

Para hacer una correcta selección del diámetro de la tubería se utiliza el mismo método que se empleó para dimensionar la línea principal de distribución de vapor.

Entonces los datos que se requieren son los siguientes:

Flujo de vapor = $795 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$.

Longitud de la tubería = 26 metros.

Presión al inicio de la tubería = 100 psig.

Caída de presión al final de la tubería = 5 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$26\text{metros} + 5\% = 27.3\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{27.3}{100} \times 3.5\% = 0.283\%$$

$$795 \text{ Kg/h} + 0.283\% = 797.25 \text{ Kg/hora}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 2.1 se obtiene:

$$F = \frac{6.8 - 6.46}{27.3} = 0.012 \text{ barg/100m}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.1 (ver anexo 2), el mismo que da una tubería de 125mm de diámetro (ver figura 2.6). Este resultado es ilógico debido a que para la tubería de vapor principal se seleccionó una tubería de 80 mm de diámetro a la misma presión de servicio.

Como un método alternativo empleamos el nomograma de la figura 2.4 (ver anexo 2) que es el nomograma para el dimensionamiento de tuberías de vapor con respecto a la velocidad del fluido.

Empleando este nomograma de la figura 2.4, el diámetro de distribución de vapor para el cuarto de aguas especiales debe tener 51 mm de diámetro para que la velocidad del vapor sea de 30 m/s aproximadamente (ver figura 2.7). Por ser 51mm un diámetro no comercial, se selecciona una tubería de 50 mm de diámetro.

Para verificar el resultado obtenido, se aplica la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías, obteniendo la velocidad del vapor en una tubería de 50mm de diámetro.

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{797.25 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(0.2728 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.05)^2}$$

$$V = 28.20 \text{ m/s}$$

Este resultado confirma la selección de la tubería de 50mm de diámetro para el suministro de vapor al cuarto de aguas especiales.

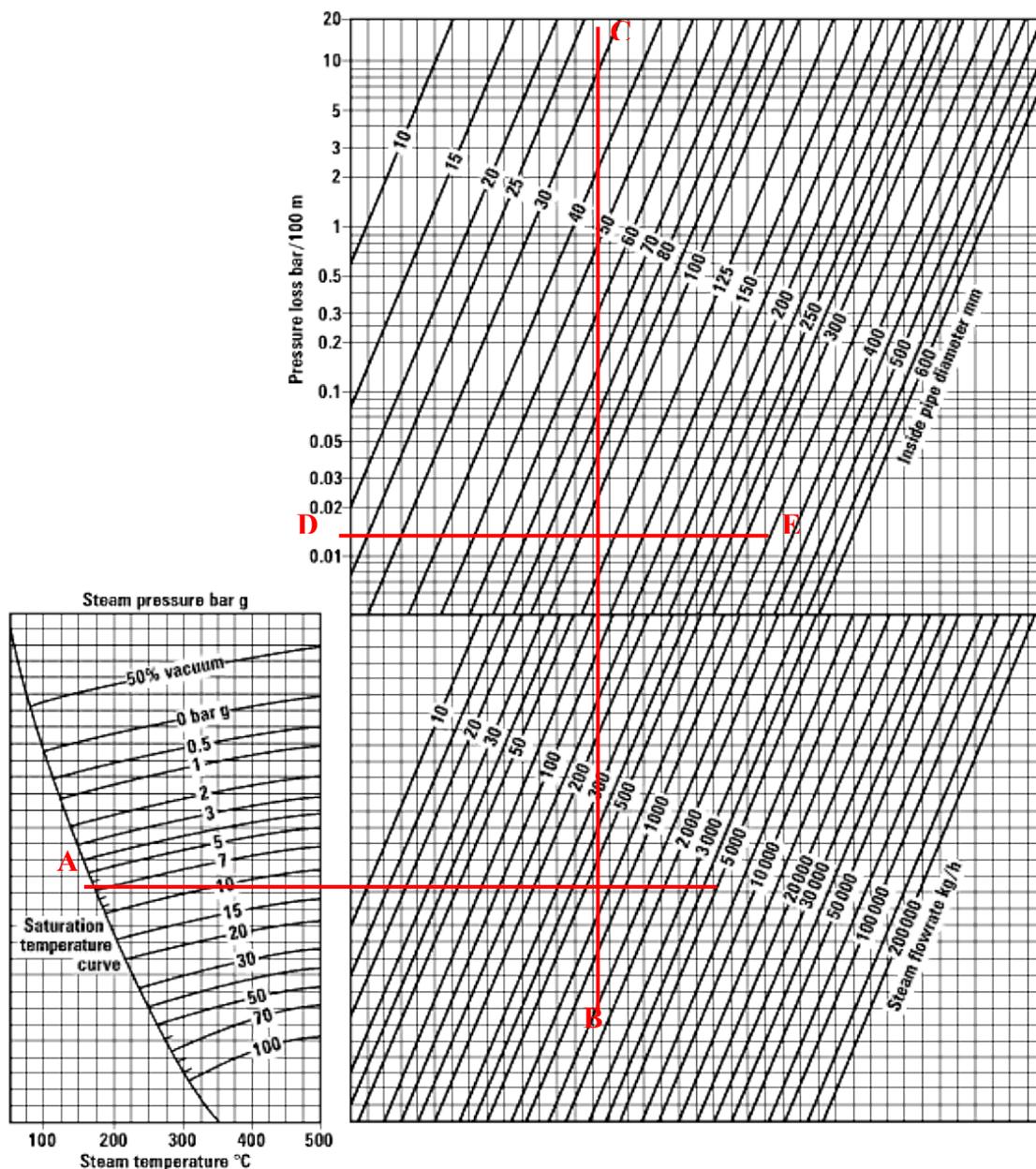


FIGURA 2.6 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR – RESPECTO A LA CAÍDA DE PRESIÓN – CUARTO DE AGUAS ESPECIALES.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

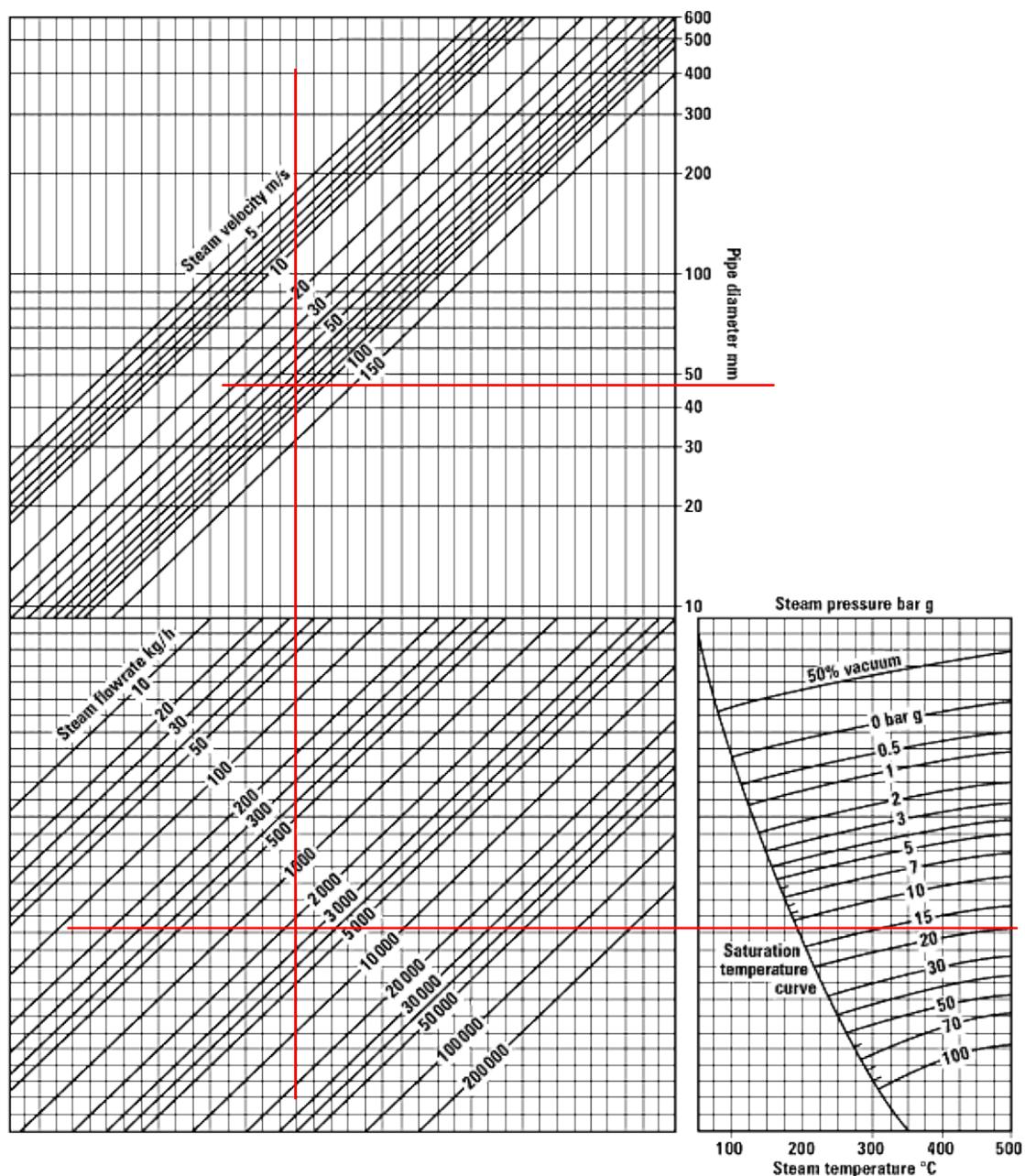


FIGURA 2.7 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO – CUARTO DE AGUAS ESPECIALES.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de aguas especiales se utiliza la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m^2}{0.08D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m³/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{27.3 \cdot 0.2728 \cdot (797.25)^2}{0.08 \cdot 50^5} = 0.189 \text{bar} (2.783 \text{psi})$$

Hay que recordar que en este valor ya está incluida la caída de presión por accesorios.

2.2.4. Dimensionamiento de la línea de alimentación de vapor del cuarto de manufactura de cremas.

Dimensionamiento de la tubería aguas arriba del SRP.

Para hacer una correcta selección del diámetro de la tubería se utilizará el mismo método que se empleó para dimensionar la línea principal de distribución de vapor.

Los datos que se requieren son los siguientes:

Flujo de vapor = 224 Kg_{vapor}/hora.

Longitud de la tubería = 5.6 metros.

Presión al inicio de la tubería = 100 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

La longitud corregida de la tubería será de:

$$5.6\text{metros} + 5\% = 5.88\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de

tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{5.88}{100} \times 3.5\% = 0.0608\%$$

$$224 \text{ Kg/h} + 0.0608\% = 224.14 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.4 (ver anexos), el mismo que da una tubería de 30mm de diámetro para un flujo de vapor de 224.14 Kg/h a 100psig. Este diámetro como no es una medida comercial, entonces seleccionamos una tubería de 32mm (1-1/4") de diámetro (ver figura 2.9).

Para verificar el resultado obtenido, empleamos la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías en donde obtenemos la velocidad del vapor en una tubería de 32mm de diámetro.

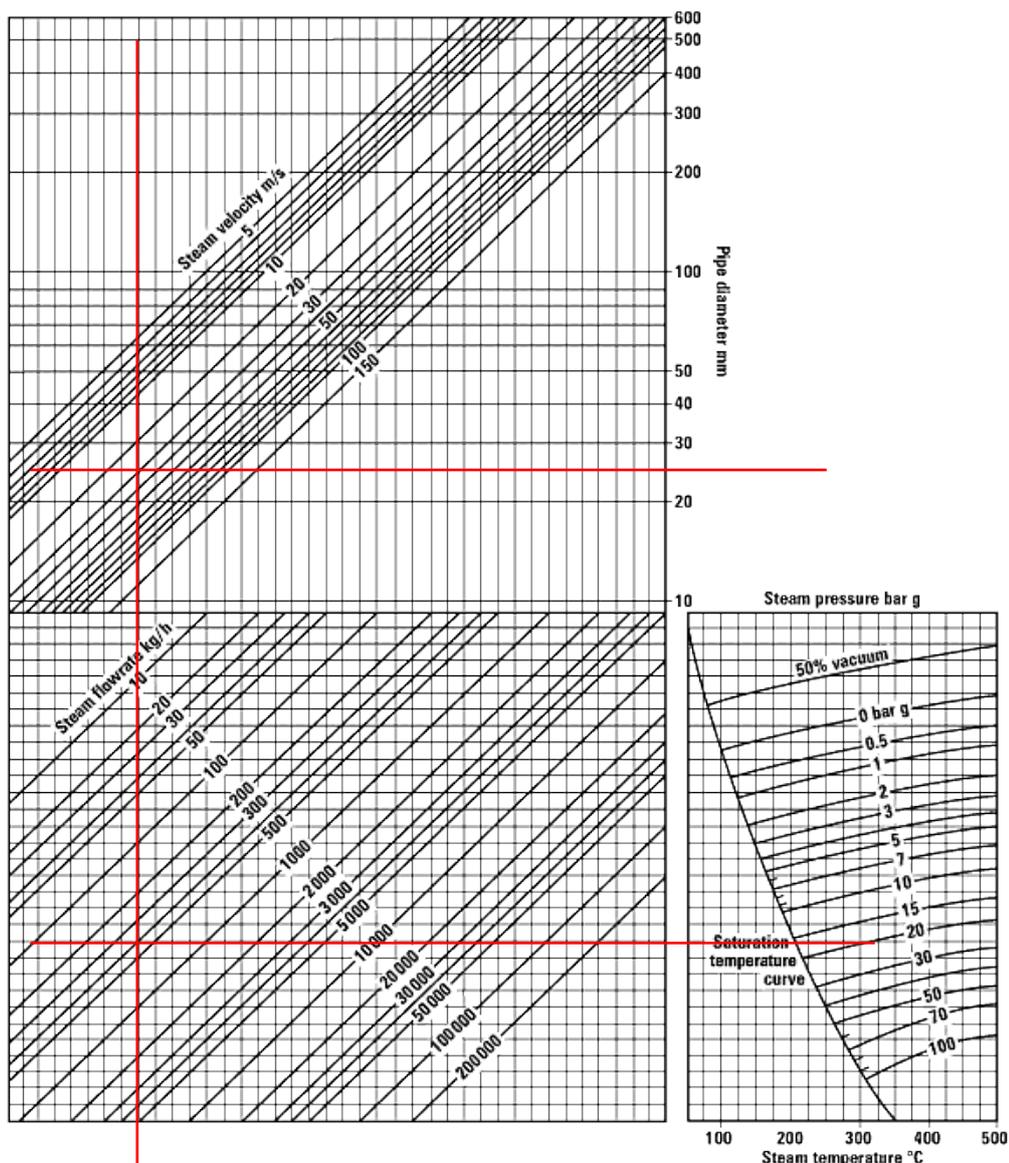


FIGURA 2.9 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO – LÍNEA AGUAS ARRIBA DEL SRP MANUFACTURA CREMAS.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Despejando V y reemplazando los valores se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{224.17 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 4}{(0.2728)^{-1} \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} \cdot 3600 \frac{\text{seg}}{\text{h}} \cdot \pi \cdot (0.032)^2}$$

$$V = 21.12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Este valor de la velocidad confirma la selección de la tubería, por tal motivo, el diámetro de la tubería de alimentación de vapor del cuarto de manufactura de cremas es de 32mm.

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de manufactura de cremas se utiliza la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m^2}{0.08D^5} \quad \text{Ecuación 2.3}^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m^3/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la fórmula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{5.88 \cdot 0.2728 \cdot (224.17)^2}{0.08 \cdot 32^5} = 0.030 \text{ bar} (0.441 \text{ psi})$$

Dimensionamiento de la tubería aguas abajo del SRP.

En éste cuarto se hace algo diferente a los cuartos anteriores porque el flujo total que consume el cuarto se dividirá en dos terciarias, debido a que la marmita de 1000 litros consume un poco más de la mitad del vapor que se dirige toda esta área de manufactura.

Para hacer una correcta selección del diámetro ésta tubería se utiliza método anterior, mediante el nomograma de la figura 2.4 (ver anexo 2), que es la Carta para el dimensionamiento de líneas de vapor en relación a la velocidad del fluido.

Los datos que se requieren para dimensionar ambos sistemas de reducción de presión son los siguientes:

Flujo de vapor = 125 Kg_{vapor}/hora.

Longitud de la tubería = 22 metros.

Presión al inicio de la tubería = 60 psig.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$22\text{metros} + 5\% = 23.1\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{23.1}{100} \times 3.5\% = 0.239\%$$

$$125 \text{ Kg/h} + 0.239\% = 125.298 \text{ Kg/hora}$$

Como se puede apreciar, la velocidad del vapor en una tubería de 25mm de diámetro está entre el rango de la velocidad del vapor recomendada, por tal motivo, el diámetro de la tubería de alimentación de vapor para el cuarto de manufactura de líquidos es de 25mm (ver figura 2.10).

Empleando la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías obtenemos que la velocidad del vapor en una tubería de 25mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 60 psig.

V = Velocidad del vapor.

A = Sección transversal de la tubería.

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{125 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(0.4623 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.025)^2}$$

$$V = 32.7 \text{ m/s}$$

Haciendo el mismo cálculo para una tubería de 32mm de diámetro (1-1/4"), la velocidad del vapor que obtendremos es la siguiente:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{125 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(0.4623 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.032)^2}$$

$$V = 19.96 \text{ m/s}$$

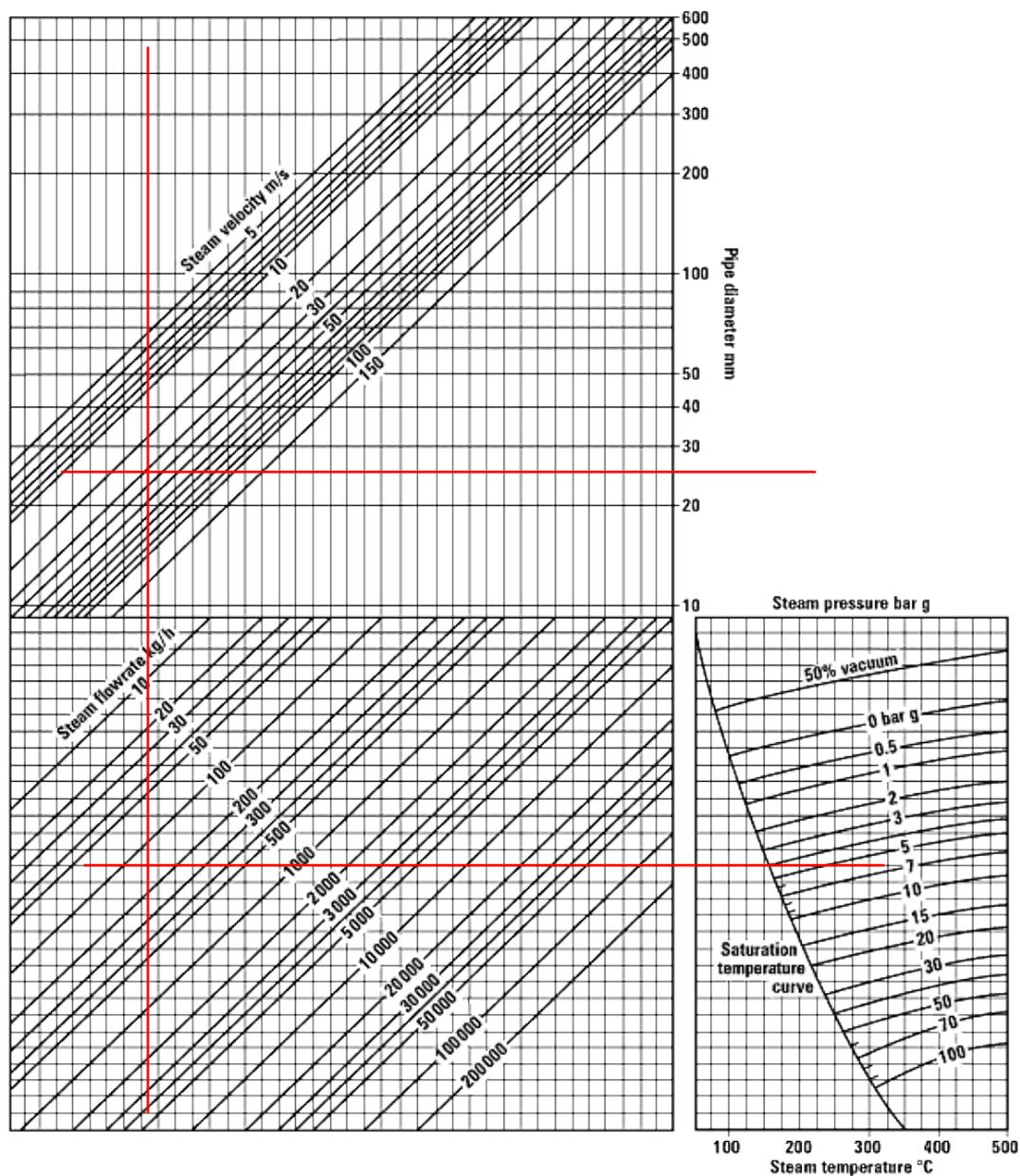


FIGURA 2.10 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO – LÍNEA AGUAS ABAJO DEL SRP MANUFACTURA CREMAS.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Con este valor se confirma la selección de la tubería de 32mm de diámetro para el tramo aguas debajo de cada uno de los dos SRP del cuarto de manufactura de cremas.

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de manufactura de cremas empleamos la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m^2}{0.08D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m³/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{23.1 \cdot 0.4623 \cdot (125.238)^2}{0.08 \cdot 32^5} = 0.0624 \text{bar} (0.918 \text{psi})$$

2.2.5. Dimensionamiento de la línea de alimentación de vapor del Tanque de Agua Desionizada Caliente.

Dimensionamiento de la tubería aguas arriba del SRP.

Para hacer una correcta selección del diámetro de la tubería se utiliza el mismo método que se empleó en el punto anterior.

Los datos que se requieren son los siguientes:

Flujo de vapor = 54.60 Kg_{vapor}/hora (calculado en el capítulo anterior).

Longitud de la tubería = 2.7 metros.

Presión al inicio de la tubería = 100 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración lo siguiente:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$2.7\text{metros} + 5\% = 2.835\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un

factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{2.835}{100} \times 3.5\% = 0.0293\%$$

$$54.6 \text{ Kg/h} + 0.0293\% = 54.62 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que da una tubería de 18mm de diámetro para un flujo de vapor de 54.62 Kg/h a 100psig (ver figura 2.11), pero como este no es una medida comercial, entonces se selecciona una tubería de 20mm de diámetro (3/4").

Para verificar el resultado obtenido, se utiliza la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías, en donde se obtiene que la velocidad del vapor en una tubería de 20mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 30 psig.

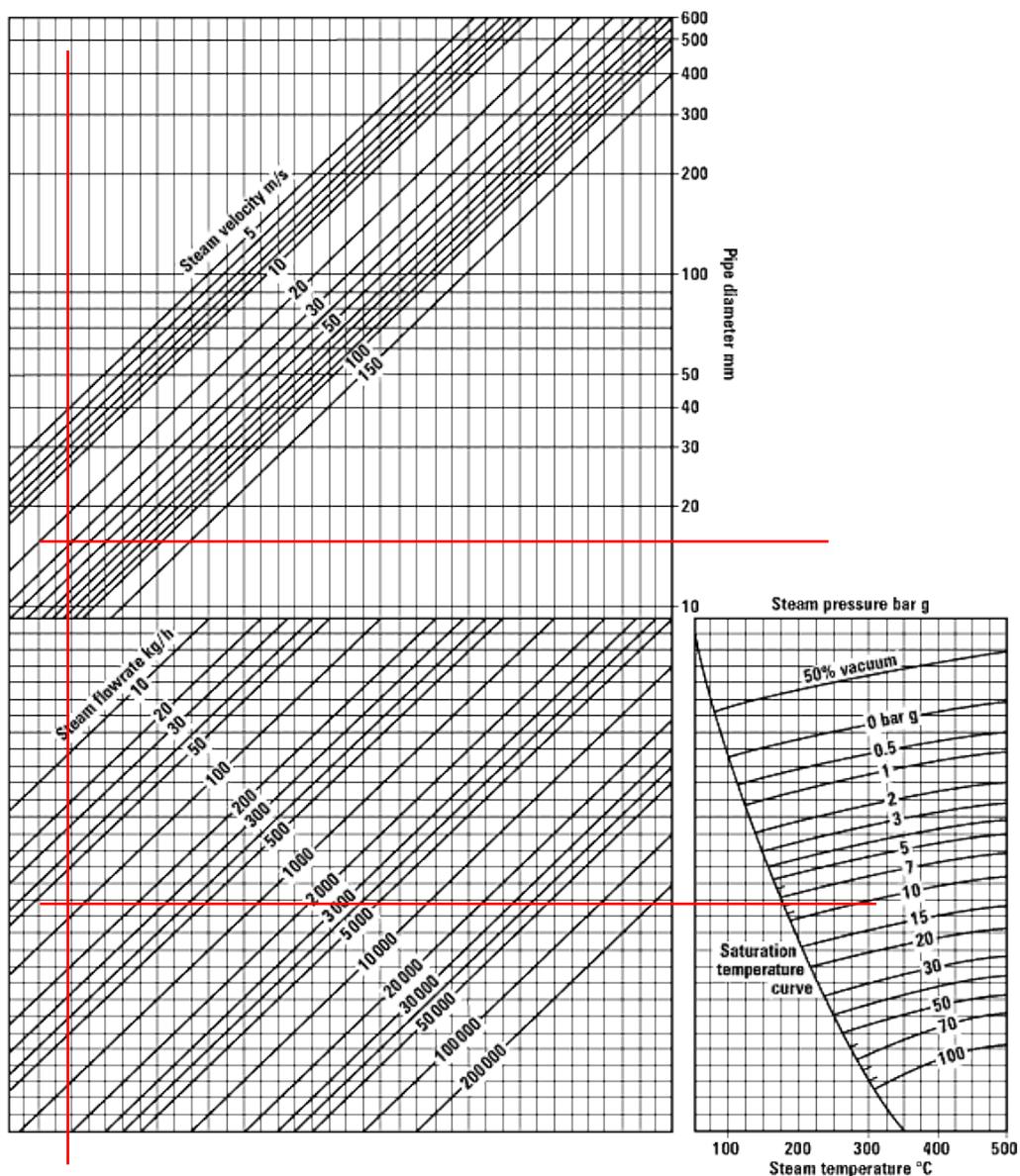


FIGURA 2.11 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DEL FLUIDO – LÍNEA AGUAS ARRIBA DEL SRP TANQUE AGUA DESIONIZADA CALIENTE.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

V = Velocidad del vapor

A = Sección transversal de la tubería.

Despejando V y reemplazando los valores se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{54.64 \frac{Kg}{h} \cdot 4}{\left(0.2728 \frac{m^3}{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{seg}{h} \cdot \pi \cdot (0.02)^2}$$

$$V = 13.18 \frac{m}{s}$$

Haciendo el mismo cálculo para una tubería de 15mm de diámetro (1/2"), la velocidad del vapor en la tubería queda:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{54.64 \frac{Kg}{h} \cdot 4}{\left(0.2728 \frac{m^3}{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{seg}{h} \cdot \pi \cdot (0.015)^2}$$

$$V = 23.43 \frac{m}{s}$$

Este valor de la velocidad confirma la selección de la tubería, por tal motivo, el diámetro de la tubería de alimentación de vapor aguas arriba del SRP del tanque de agua desionizada caliente es de 15mm (1/2").

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al tanque de agua desionizada caliente se utiliza la ecuación

2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m³/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es

$$\Delta P = \frac{2.835 \cdot 0.2728 \cdot (54.64)^2}{0.08 \cdot 15^5} = 0.038 \text{bar} (0.560 \text{psi})$$

Dimensionamiento de la tubería aguas abajo del SRP.

Para hacer una correcta selección del diámetro de la tubería utilizaremos el mismo método que se empleó en el punto anterior.

Los datos que se requieren son los siguientes:

Flujo de vapor = 54.6 Kg_{vapor}/hora (calculado en el capítulo anterior).

Longitud de la tubería = 11.05 metros.

Presión al inicio de la tubería = 30 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración lo siguiente:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$11.05\text{metros} + 5\% = 11.60\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{11.6}{100} \times 3.5\% = 0.120\%$$

$$54.6 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} + 0.120\% = 54.67 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}}$$

El paso siguiente en este método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que nos da una tubería de 21mm de diámetro para un flujo de vapor de 54.67 Kg/h a 30psig (ver figura 2.12),

pero como este no es una medida comercial, entonces se selecciona una tubería de 25mm de diámetro.

Para verificar el resultado obtenido, se utiliza la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías en donde se obtiene la velocidad del vapor en una tubería de 25mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

\dot{m} = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 30 psig.

V = Velocidad del vapor.

A = Sección transversal de la tubería.

Despejando V y reemplazando los valores se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{54.66 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(0.8856 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.025)^2}$$

$$V = 27.38 \text{ m/s}$$

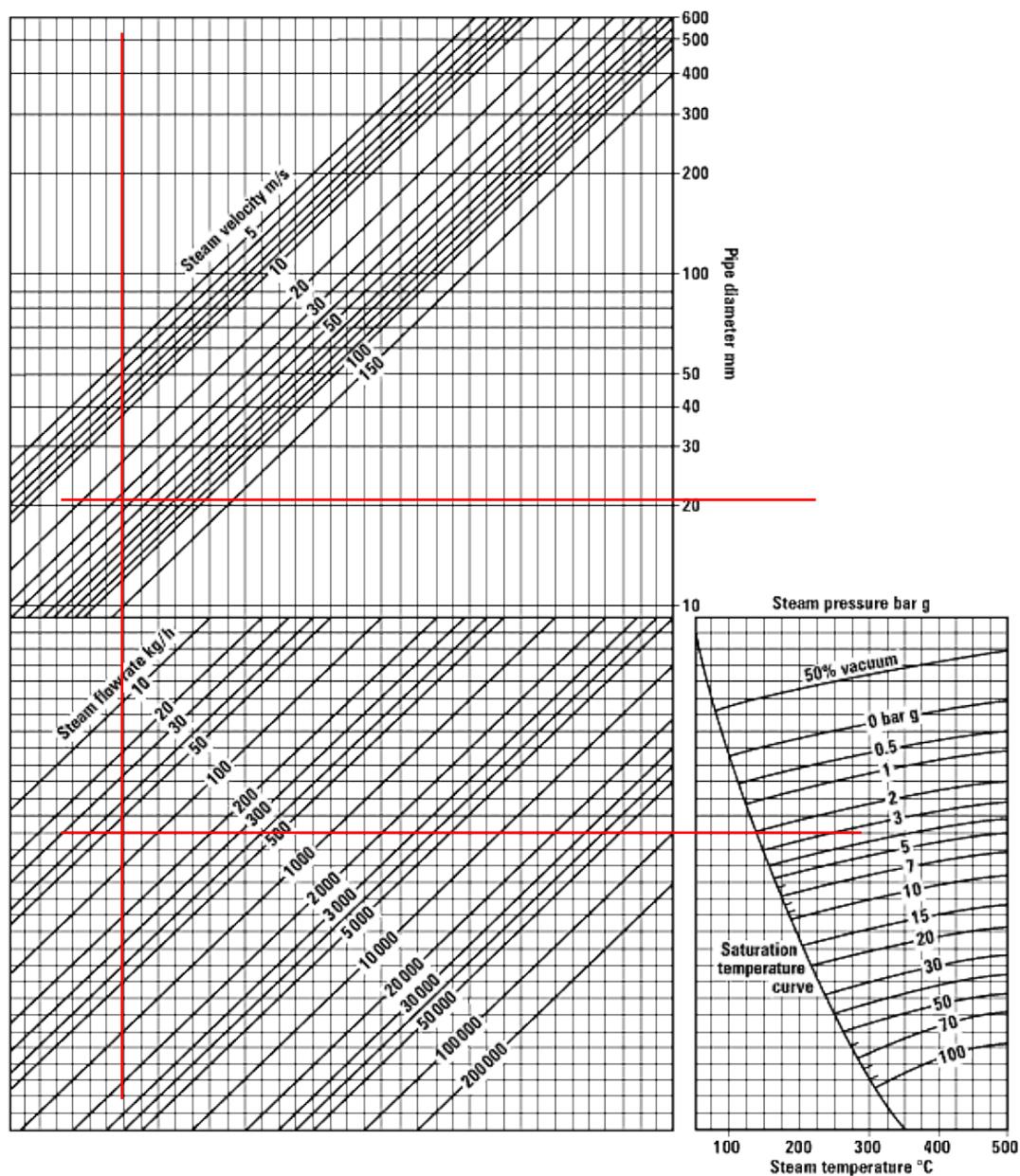


FIGURA 2.12 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO – LÍNEA AGUAS ABAJO DEL SRP TANQUE AGUA DESIONIZADA CALIENTE.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Este valor de la velocidad confirma la selección de la tubería, por tal motivo, el diámetro de la tubería de alimentación de vapor para alimentar el Tanque de Agua Desionizada Caliente es de 25mm.

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al Tanque de Agua Desionizada Caliente se utiliza la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m}{0.08D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m^3/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{11.6 \cdot 0.8856 \cdot (54.64)^2}{0.08 \cdot 25^5} = 0.039bar(0.577psi)$$

Hay que recordar que en este valor ya están incluidos la caída de presión por accesorios.

2.2.6. Dimensionamiento de la línea de alimentación para el cuarto de manufactura de líquidos.

Dimensionamiento de la tubería aguas arriba del SRP.

Aplicando el mismo método antes utilizado, los datos que se requieren son los siguientes:

Flujo de vapor = 99 Kg_{vapor}/hora.

Longitud de la tubería = 5.3 metros.

Presión al inicio de la tubería = 100 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$5.3\text{metros} + 5\% = 5.57\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente; entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de

$$\frac{5.57}{100} \times 3.5\% = 0.058\%$$

$$99 \text{ Kg/h} + 0.058\% = 99.057 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en este método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que nos da una tubería de 20mm de diámetro para un flujo de vapor de 99.057 Kg/h a 100psig a una velocidad de unos 25m/s (ver figura 2.13).

Para verificar el resultado obtenido, empleamos la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías se obtiene que la velocidad del vapor en una tubería de 20mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 100 psig.

V = Velocidad del vapor

A = Sección transversal de la tubería.

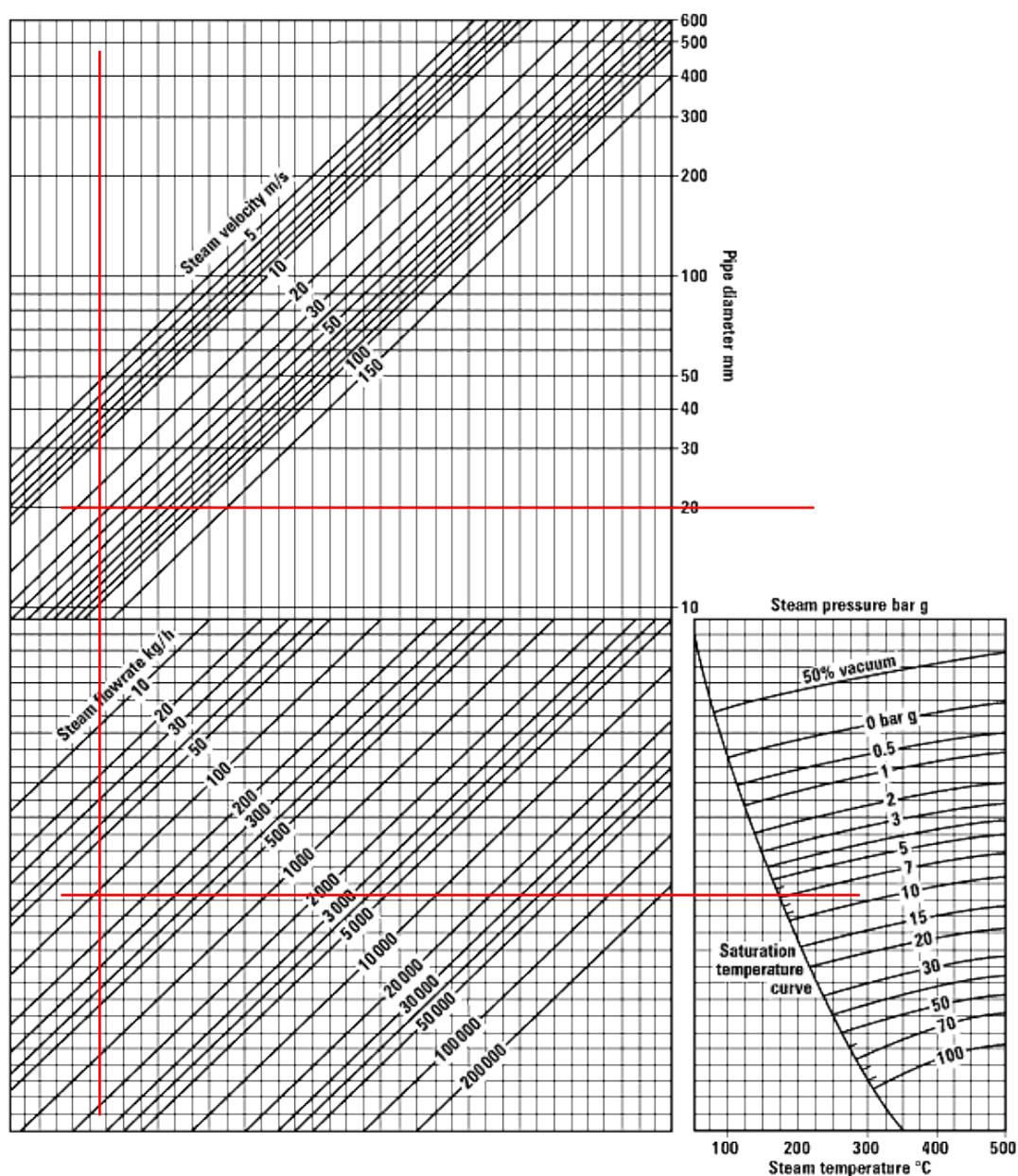


FIGURA 2.13 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO – LÍNEA AGUAS ARRIBA DEL SRP CUARTO MANUFACTURA LÍQUIDOS.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Despejando V y reemplazando los valores se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{99.057 \frac{Kg}{h} \cdot 4}{\left(0.2728 \frac{m^3}{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{seg}{h} \cdot \pi \cdot (0.02)^2}$$

$$V = 23.89 \frac{m}{s}$$

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de manufactura de líquidos se utiliza la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot \dot{m}}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m^3/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{5.57 \cdot 0.2728 \cdot (99.05)^2}{0.08 \cdot 20^5} = 0.058 \text{bar} (0.856 \text{psi})$$

Hay que recordar que en este valor ya están incluidos la caída de presión por accesorios.

Dimensionamiento de la tubería aguas abajo del SRP.

Empleando el método antes utilizado, los datos requeridos son los siguientes:

Flujo de vapor = 99 Kg_{vapor}/hora

Longitud de la tubería = 7.20 metros.

Presión al inicio de la tubería = 60 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de

$$7.20 \text{metros} + 5\% = 7.56 \text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un

factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de

$$\frac{7.56}{100} \times 3.5\% = 0.078\%$$

$$99 \text{ Kg/h} + 0.1239\% = 99.08 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que nos da una tubería de 25mm de diámetro para un flujo de vapor de 99.08 Kg/h a 60psig a una velocidad de unos 25m/s (ver figura 2.14).

Para verificar el resultado obtenido, empleamos la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías obtenemos que la velocidad del vapor en una tubería de 25mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \text{ Ecuación 2.2}$$

Donde:

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 60 psig.

V = Velocidad del vapor

A = Sección transversal de la tubería.

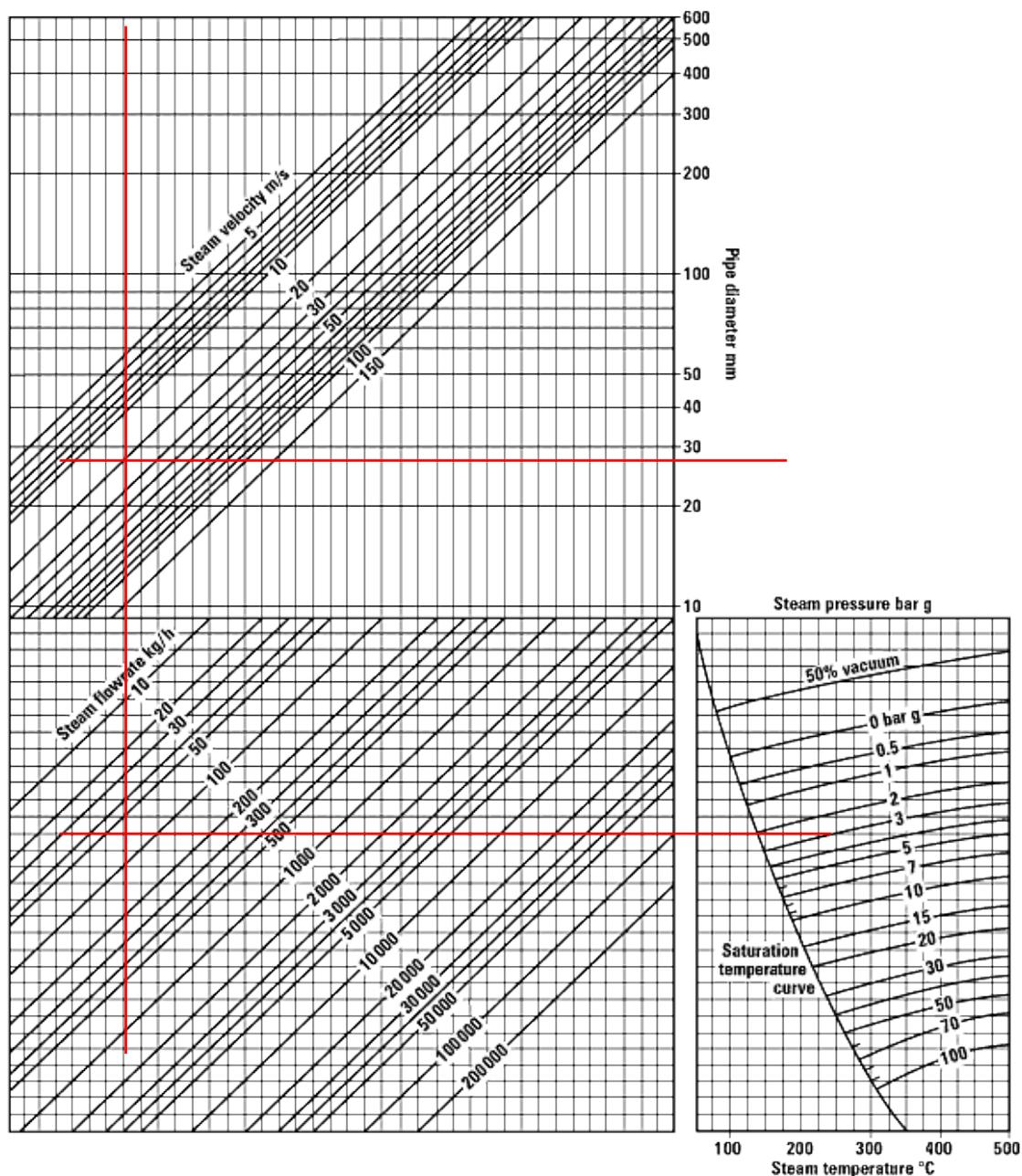


FIGURA 2.14 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO - LÍNEA AGUAS ABAJO DEL SRP CUARTO MANUFACTURA LÍQUIDOS.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{99.08 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(0.4623 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.025)^2}$$

$$V = 25.93 \text{ m/s}$$

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de manufactura de líquidos se utiliza la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede emplear en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m^3/kg) @ 60psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{7.82 \cdot 0.4623 \cdot (99.07)^2}{0.08 \cdot 25^5} = 0.019 \text{bar} (0.280 \text{psi})$$

Hay que recordar que en este valor está incluido la caída de presión por accesorios.

2.2.7. Dimensionamiento de la línea de alimentación para el autoclave de control de calidad.

Dimensionamiento de la tubería aguas arriba del SRP.

Aplicando el mismo método antes utilizado, los datos requeridos son los siguientes:

Flujo de vapor = 85 Kg_{vapor}/hora

Longitud de la tubería = 12.69 metros

Presión al inicio de la tubería = 100 psig

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de

$$12.69 \text{metros} + 5\% = 13.32 \text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{13.32}{100} \times 3.5\% = 0.1399\%$$

$$85 \text{ Kg/h} + 0.058\% = 85.12 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que nos da una tubería de 20mm de diámetro para un flujo de vapor de 85.12 Kg/h a 100psig a una velocidad de unos 20m/s (ver figura 2.15).

Para verificar el resultado obtenido, se utiliza la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías se obtiene que la velocidad del vapor en una tubería de 20mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 100 psig.

V = Velocidad del vapor

A = Sección transversal de la tubería.

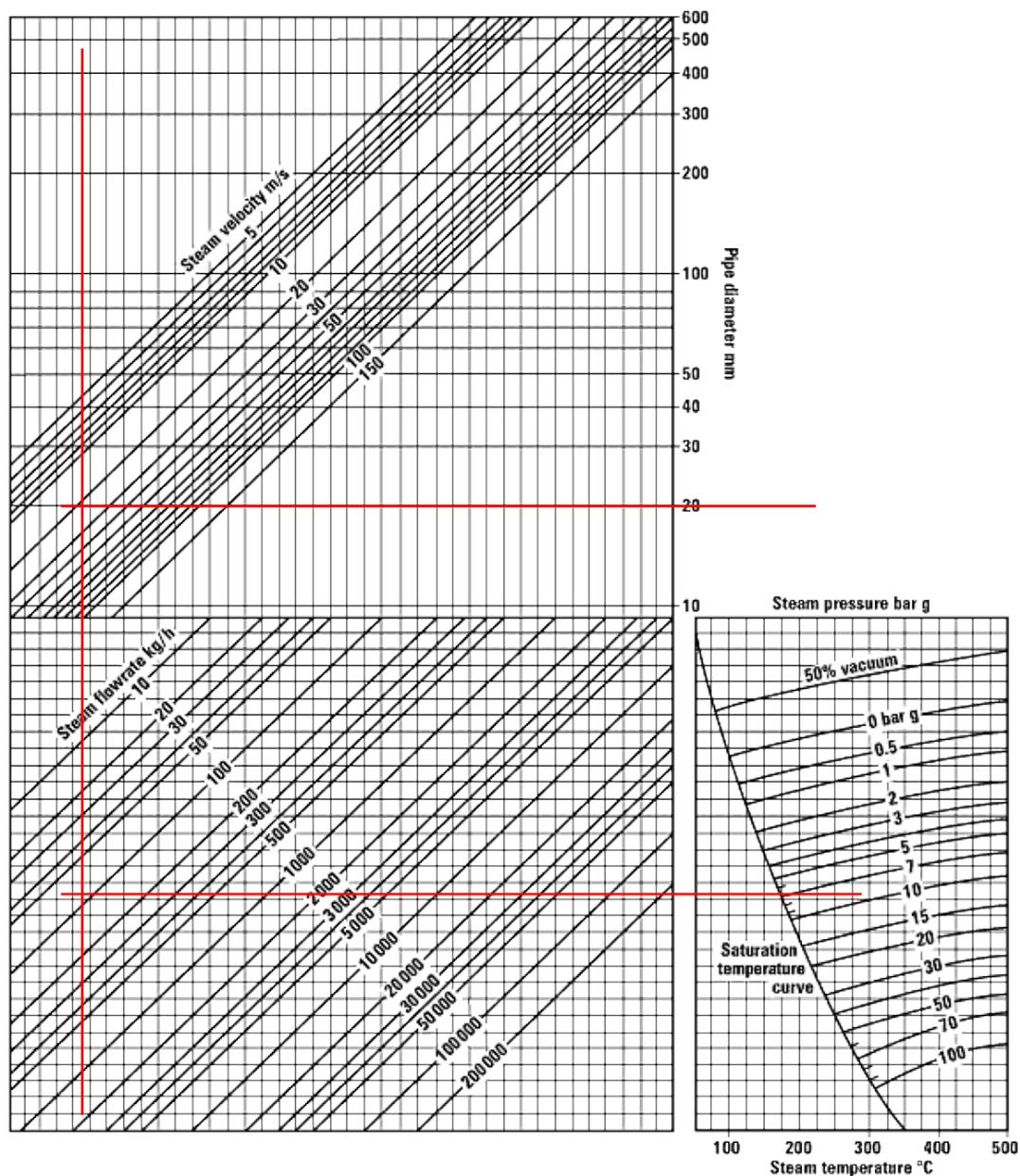


FIGURA 2.15 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO - LÍNEA AGUAS ARRIBA DEL SRP AUTOCLAVE CONTROL CALIDAD.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Despejando V y reemplazando los valores se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{85.12 \frac{Kg}{h} \cdot 4}{\left(0.2728 \frac{m^3}{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{seg}{h} \cdot \pi \cdot (0.02)^2}$$

$$V = 20.53 \frac{m}{s}$$

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de control de calidad se aplica la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede emplear en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot \dot{m}}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m^3/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{13.32 \cdot 0.2728 \cdot (85.12)^2}{0.08 \cdot 20^5} = 0.103 \text{bar} (1.512 \text{psi})$$

Hay que recordar que en este valor ya están incluidos la caída de presión por accesorios.

Dimensionamiento de la tubería aguas abajo del SRP.

Aplicando el mismo método antes utilizado, los datos requeridos son los siguientes:

Flujo de vapor = 85 Kg_{vapor}/hora.

Longitud de la tubería = 14.79 metros.

Presión al inicio de la tubería = 60 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$14.79\text{metros} + 5\% = 15.53\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de:

$$\frac{15.53}{100} \times 3.5\% = 0.1607\%$$

$$85 \text{ Kg/h} + 0.1607\% = 85.14 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que da una tubería de 25mm de diámetro para un flujo de vapor de 85.14 Kg/h a 60psig a una velocidad de unos 25m/s.

Para verificar el resultado obtenido, se utiliza la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías obtenemos que la velocidad del vapor en una tubería de 25mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde

\dot{m} = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 60 psig.

V = Velocidad del vapor

A = Sección transversal de la tubería.

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{85.14 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(0.4623 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.025)^2}$$

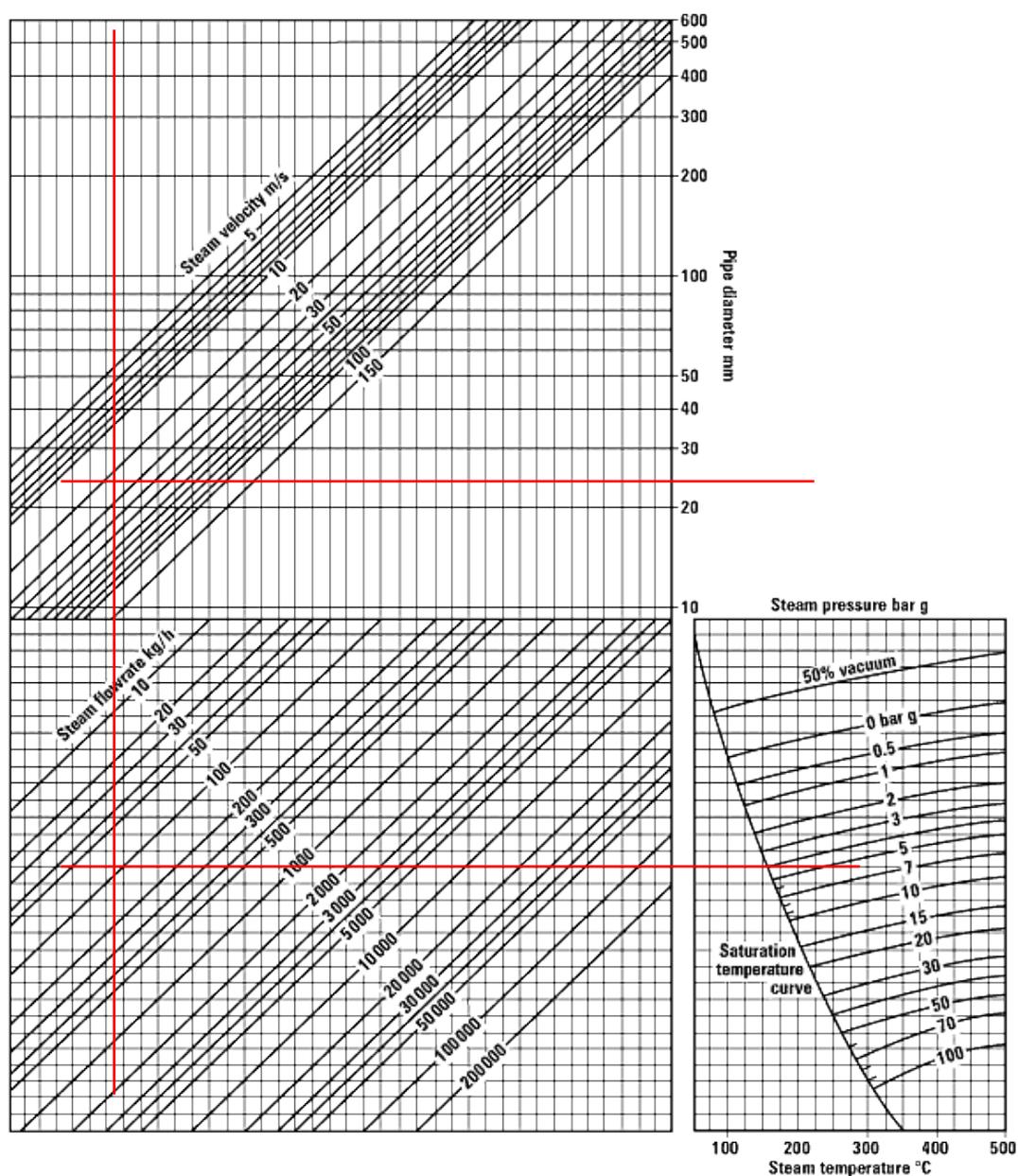


FIGURA 2.16 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO - LÍNEA AGUAS ABAJO DEL SRP AUTOCLAVE CONTROL CALIDAD.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

$$V = 22.27 \frac{m}{s}$$

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de control de calidad se emplea la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede emplear en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3}^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar)

L = Longitud de la tubería

v_g = Volumen Específico del vapor (m³/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h)

D = Diámetro de la tubería (mm)

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{15.53 \cdot 0.4623 \cdot (85.14)^2}{0.08 \cdot 25^5} = 0.0666 \text{bar} (0.979 \text{psi})$$

Hay que recordar que en este valor está incluido la caída de presión por accesorios.

2.2.8. Dimensionamiento de la línea de alimentación para el cuarto de recubrimiento.

Dimensionamiento de la tubería aguas arriba del SRP.

Aplicando el mismo método antes utilizado, los datos requeridos son los siguientes:

Flujo de vapor = 25 Kg_{vapor}/hora.

Longitud de la tubería = 6.50 metros.

Presión al inicio de la tubería = 100 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto:

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$6.50\text{metros} + 5\% = 6.825\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de

$$\frac{6.825}{100} \times 3.5\% = 0.071\%$$

$$25 \text{ Kg/h} + 0.071\% = 25.02 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que da una tubería de 9mm de diámetro para un flujo de vapor de 25.02 Kg/h a 100psig a una velocidad de unos 20m/s (ver figura 2.17). Como este no es una medida comercial, se selecciona una tubería de 15mm (1/2") de diámetro.

Para verificar el resultado obtenido, se aplica la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías obtenemos que la velocidad del vapor en una tubería de 20mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 100 psig.

V = Velocidad del vapor

A = Sección transversal de la tubería.

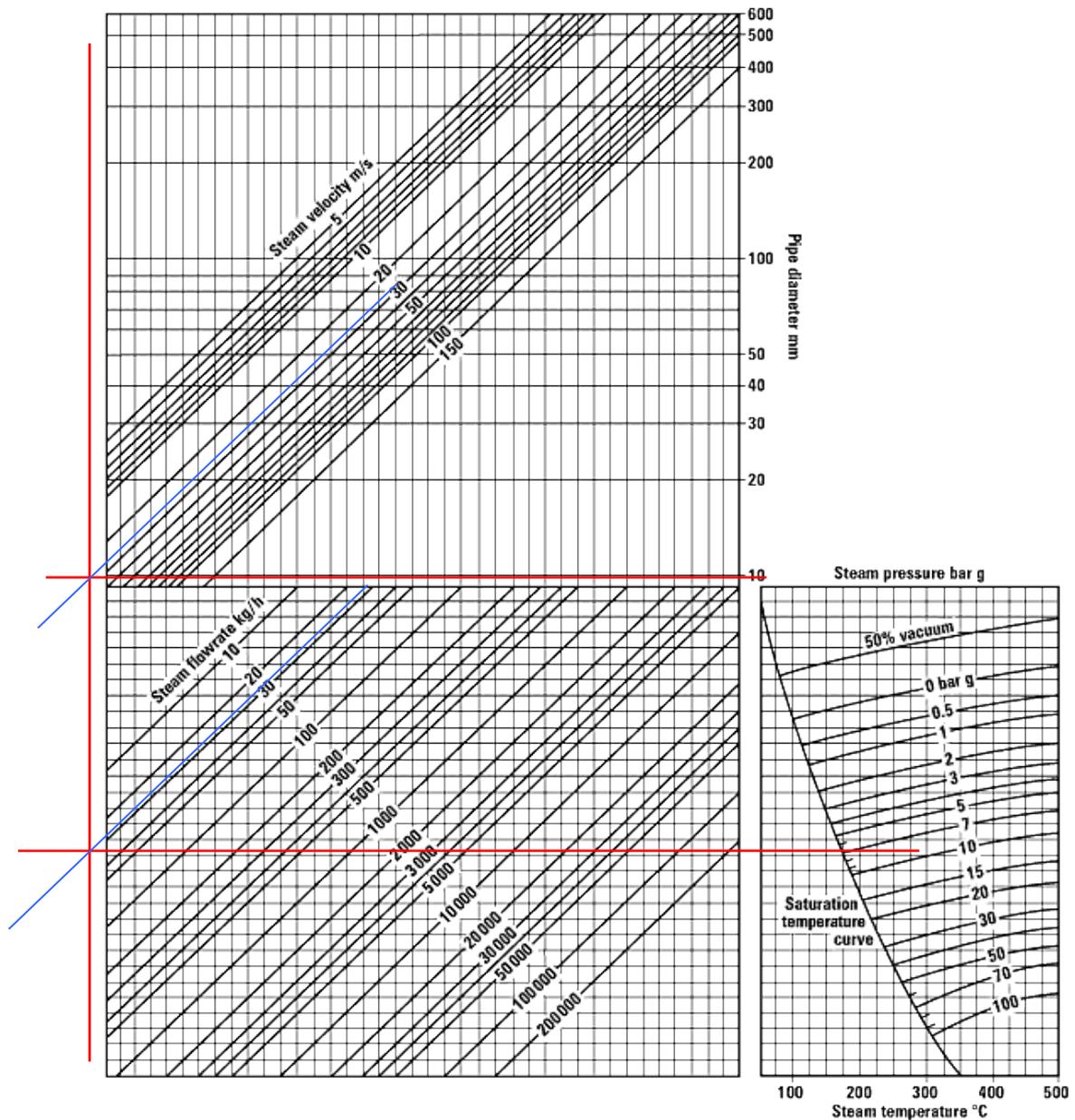


FIGURA 2.17 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO - LÍNEA AGUAS ARRIBA DEL SRP CUARTO DE RECUBRIMIENTO.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{25.02 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(0.2728 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.015)^2}$$

$$V = 10.729 \text{ m/s}$$

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de recubrimiento se utiliza la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede emplear en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot m}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m^3/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{6.825 \cdot 0.2728 \cdot (25.02)^2}{0.08 \cdot 15^5} = 0.019 \text{ bar} (0.282 \text{ psi})$$

Hay que recordar que en este valor ya están incluidos la caída de presión por accesorios.

Dimensionamiento de la tubería aguas abajo del SRP.

Aplicando el mismo método antes utilizado, los datos requeridos son los siguientes:

Flujo de vapor = 25 Kg_{vapor}/hora.

Longitud de la tubería = 13.9 metros.

Presión al inicio de la tubería = 60 psig.

Primero se calcula la longitud equivalente de tubería, tomando en consideración el siguiente punto

- Si la longitud de la tubería es menor que 50 metros, adhiera un 5% de la longitud de la tubería por pérdidas en accesorios.

Entonces, la longitud corregida de la tubería será de:

$$13.9\text{metros} + 5\% = 14.595\text{metros}$$

El segundo paso es corregir la cantidad de carga que soportará la tubería, multiplicando la longitud equivalente de tubería por un factor del 3.5% y poniendo este resultado en relación por cada 100 metros de tubería equivalente, entonces, la carga corregida que la tubería soportará será de

$$\frac{14.595}{100} \times 3.5\% = 0.151\%$$

$$25 \text{ Kg/h} + 0.151\% = 25.04 \text{ Kg/hora}$$

El paso siguiente en éste método es utilizar el nomograma de la figura 2.4., el mismo que nos da una tubería de 12mm de diámetro para un flujo de vapor de 25.04 Kg/h a 60psig a una velocidad de unos 25m/s (ver figura 2.18), como esta medida no es comercial se selecciona una tubería de 15mm (1/2") de diámetro.

Para verificar el resultado obtenido, empleamos la ecuación del flujo másico (ecuación 2.2) a través de tuberías obtenemos que la velocidad del vapor en una tubería de 15mm de diámetro.

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

m = flujo de vapor corregido.

ρ = densidad del vapor @ 60 psig.

V = Velocidad del vapor.

A = Sección transversal de la tubería.

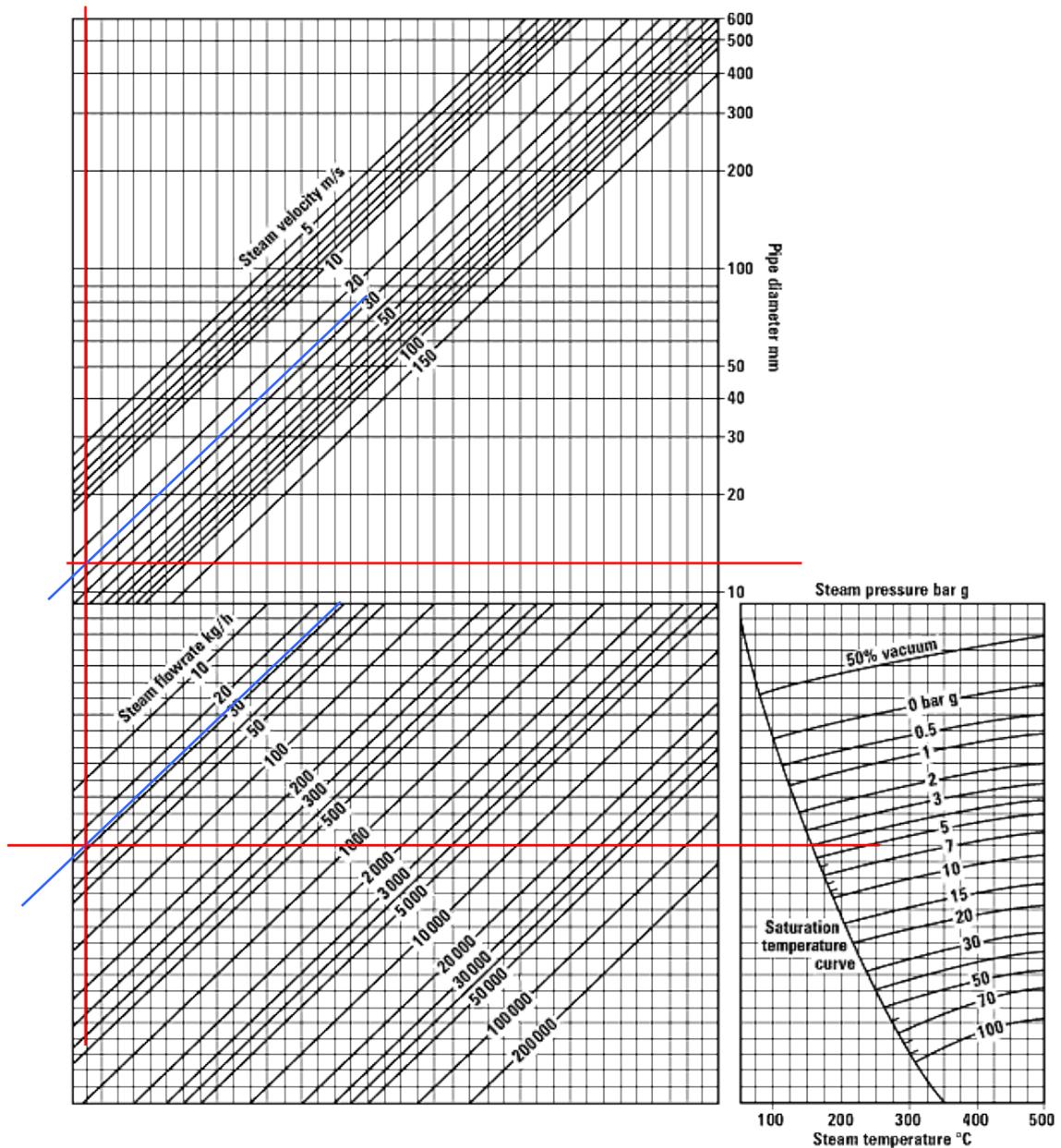


FIGURA 2.18 NOMOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DEL FLUIDO - LÍNEA AGUAS ABAJO DEL SRP CUARTO DE RECUBRIMIENTO.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> (4)

Despejando V y reemplazando los valores tenemos:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{25.04 \frac{Kg}{h} \cdot 4}{\left(0.4623 \frac{m^3}{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \frac{seg}{h} \cdot \pi \cdot (0.015)^2}$$

$$V = 18.46 \frac{m}{s}$$

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor al cuarto de recubrimiento se aplica la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot \dot{m}}{0.08 D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m^3/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, la caída de presión es:

$$\Delta P = \frac{14.595 \cdot 0.4623 \cdot (25.02)^2}{0.08 \cdot 15^5} = 0.069 \text{ bar} (1.022 \text{ psi})$$

Hay que recordar que en este valor está incluido la caída de presión por accesorios.

2.2.9. Dimensionamiento de la línea de alimentación para el equipo deshumidificador.

El equipo deshumidificador va conectado directamente por una línea de suministro de vapor de 32mm (1-1/4"). Esta tubería es recomendada por el fabricante del equipo.

2.2.10. Dimensionamiento de la línea de alimentación para el cuarto de granulación, cuarto de lavado de equipos de las áreas cefalosporinas y no lactámicas.

Tomando en cuenta el dimensionamiento de la línea de alimentación del cuarto de recubrimiento, fácilmente se puede intuir las dimensiones de la línea de alimentación de los cuartos de granulación, lavado de equipos cefalosporinas y lavado de equipo no lactámicos.

Las dimensiones de estas tuberías serán de 15mm (1/2") de diámetro en todo lo largo de su recorrido hasta llegar a su usuario final.

Para calcular la caída de presión en la tubería de suministro de vapor a cada una de estas áreas se emplea la ecuación 2.3 ⁽⁴⁾, la cual se puede aplicar en tramos de tubería menores a 200 metros.

$$\Delta P = \frac{L \cdot v_g \cdot \dot{m}}{0.08D^5} \quad \text{Ecuación 2.3 } ^{(4)}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión (bar).

L = Longitud de la tubería.

v_g = Volumen Específico del vapor (m³/kg) @ 100psig.

\dot{m} = Flujo másico del vapor (kg/h).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Reemplazando los valores correspondientes en la formula 2.3, para las condiciones de flujo de cada cuarto, la ecuación queda:

- Cuarto de granulación.

$$\Delta P = \frac{13.4 \cdot 0.2728 \cdot (9)^2}{0.08 \cdot 15^5} = 4.874 \cdot 10^{-3} \text{ bar} (0.072 \text{ psi})$$

- Cuarto de lavado de equipo Cefalosporinas.

$$\Delta P = \frac{12.6 \cdot 0.2728 \cdot (15)^2}{0.08 \cdot 15^5} = 0.013 \text{ bar} (0.187 \text{ psi})$$

- Cuarto de lavado de equipos no lactámicos.

$$\Delta P = \frac{9.01 \cdot 0.2728 \cdot (15)^2}{0.08 \cdot 15^5} = 9.103 \times 10^{-3} \text{ bar} (0.134 \text{ psi})$$

El cuarto de granulación no cuenta con un sistema de reducción de presión debido a que el equipo cuenta con un sistema automodulante que regula la presión de vapor que ingresa al equipo.

En la tabla 8 muestra los equipos y las dimensiones de las tuberías aguas arriba y aguas debajo de los SRP.

2.3. Diseño de los sistemas de reducción de presión de vapor.

El diseño de los sistemas de reducción de presión (SRP) de vapor, como su nombre lo indica, son los sistemas que reducen la presión del vapor que va a ser suministrado en cada uno de los equipos que consumen este insumo a la presión que el fabricante o el personal de mantenimiento indiquen.

En la figura 2.19 se muestra el diseño de los sistemas de reducción de presión del sistema diseñado en esta tesis, la misma que consta de las siguientes partes y/o accesorios:

TABLA 8

PUNTO DE CONSUMO DE VAPOR, DIÁMETRO DE TUBERÍAS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DE LA VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN.

Punto de consumo de vapor	Diámetro aguas arriba SRP (mm)	Diámetro aguas abajo SRP (mm)
Línea principal de vapor	80	-
Intercambiador de calor	40	100
Equipo Deshumidificador	32	32
Cuarto Recubrimiento	15	15
Cuarto Granulación N.L.	15	-
Lavado Equipos N. L.	15	-
Control de Calidad	20	25
Tanque agua desionizada	15	25
Cuarto Prep. Líquidos	20	25
Cuarto Prep. Cremas.	32	32
Lavado Equipos Cefas	15	15
Cuarto Aguas Especiales	50	-

- Separador de humedad (SSV): Los separadores de humedad remueven la humedad que se encuentra en el flujo de vapor. Esta humedad se forma por la pérdida de calor en las líneas de distribución que causa que el vapor se condense.

La presencia de agua en el vapor genera problemas en los equipos, ya que reduce la capacidad de transferir calor hacia los equipos disminuyendo la productividad de la planta y posiblemente, afectando la calidad del producto final.

- Filtro en Y (FY): El filtro en Y no es mas que un filtro que tiene una malla interior, que generalmente es de acero inoxidable, que sirva para retener impurezas como pedazos de soldadura, óxido, lodos, etc; que pueden afectar el funcionamiento o inclusive dañar a los equipos que se encuentran aguas debajo del filtro.
- Válvula reguladora de presión (VREG): Es un equipo que reduce la presión de vapor a una menor a la cual equipo que consume este insumo necesita.

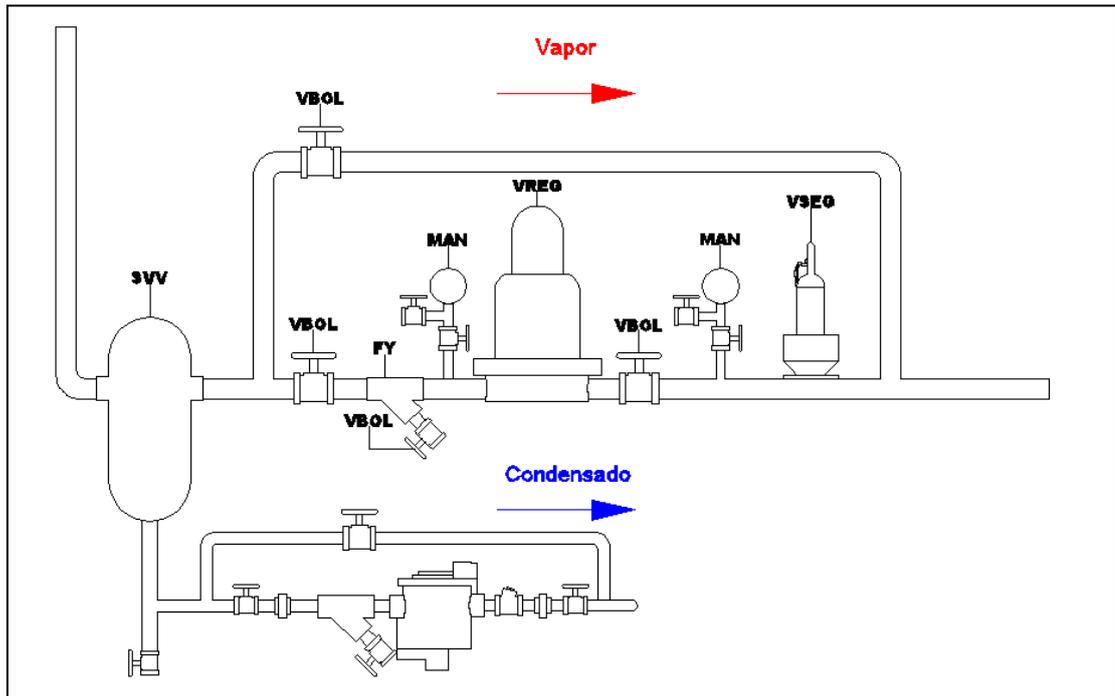


FIGURA 2.19 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN.

Existen tres tipos de válvulas reguladoras de presión:

- Acción directa, que es la más sencilla y más económica de los tres tipos de válvulas reguladoras. Su exactitud aguas abajo de la válvula reguladora es de $\pm 10\%$.
- Con piloto interno, que cuenta con dos válvulas, un piloto y una válvula principal, en una sola unidad. La exactitud aguas abajo de este tipo de válvula reguladora es de $\pm 5\%$.
- Con piloto externo, que posee un piloto externo y una válvula interna de mayor diámetro en comparación con la válvula con piloto interno.

La exactitud aguas abajo de este tipo de válvula reguladora es de $\pm 1\%$.

Por pedido de los departamentos de mantenimiento y control de calidad de la industria farmacéutica, se utilizarán válvulas reguladores de presión con piloto externo.

- Válvula de alivio o de seguridad (VSEG): Estas válvulas son las encargadas de precautelar la seguridad de las personas y equipos que hacen uso de este insumo.

Estos equipos entran en funcionamiento cuando la presión interna de la tubería sobrepasa la presión de configuración de fábrica, permitiendo que el exceso de presión sea liberada de forma segura al ambiente.

- Manómetros (MAN): Los manómetros se emplean para verificar el correcto ajuste de la presión del vapor aguas debajo de la válvula reductora de presión.
- Válvulas de paso (VBOL): Son empleadas para aislar tramos de tubería antes de proceder a dar mantenimiento. Hay dos tipos básicos de válvulas de paso, las de movimiento lineal y las de movimiento rotatorio.

- By-pass: El by-pass no es mas que una bifurcación seguida de una válvula de paso de tal forma que el pueda darse mantenimiento a los equipos sin que se corte el suministro de vapor que van a los usuarios.
- Pierna de extracción de condensado: La pierna de extracción de condensado va localizada en al parte inferior del separador de humedad y sirve para remover el condensado que se forma en la línea de distribución. El diseño de estos sistemas se los verá en el capítulo siguiente.

2.3.1. Selección de los equipos y accesorios de los sistemas de regulación de presión.

En esta parte se seleccionará cada una de las partes que constituyen cada uno de estos sistemas.

- **SRP del Intercambiador de calor.**

Separador de Humedad.

Primero se seleccionará el separador de vapor empleando la Carta de Dimensionamiento de los Fabricantes de Separadores tipo Baffle que se encuentra en la figura 2.20 (ver anexos) en donde se ingresa el flujo de vapor, en Kg/h, la presión de trabajo, el diámetro

de la conexión del separador y estos datos deben caer dentro del área amarilla que es la velocidad sugerida dentro de un separador de humedad.

Para el intercambiador de calor del cuarto de máquinas los datos necesarios son:

$$m = 423 \text{ Kg/h}$$

$$P = 100 \text{ psig} (6.8 \text{ barg})$$

$$\phi = 40 \text{ mm} (1\text{--}1/2\text{'})$$

Como se puede observar, la caída de presión por el separador de humedad de 40mm es de 0.02 bar (0.294 psi) (ver figura 2.21).

Válvula Reguladora de presión.

Para seleccionar la válvula reguladora de presión se debe observar la carta de selección del fabricante (ver anexo 2), el caudal de vapor a reducir, el tipo de conexión, la presión de entrada, la presión de salida de la reguladora y también debemos tener en cuenta la exactitud necesaria para el tipo de aplicación a la que va a prestar servicio.

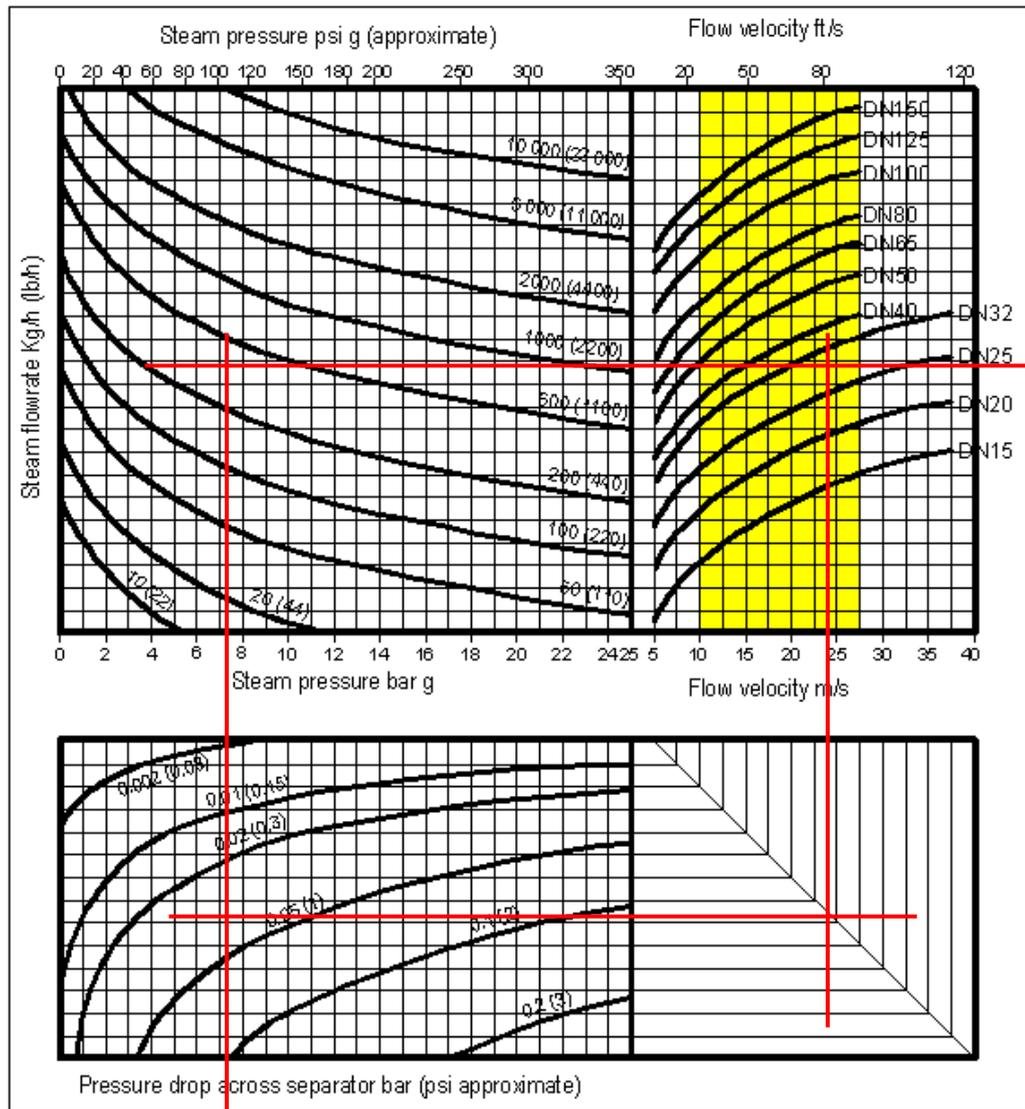


FIGURA 2.21 CARTA DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS FABRICANTES DE SEPARADORES TIPO BAFFLE

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/separators.asp> (7)

Como se mencionó en el punto anterior todas las válvulas reguladoras de presión serán con piloto interno y conexión NPT (roscada).

Entonces, revisando la carta de selección del fabricante, se selecciona una válvula reductora de presión modelo GP-11s o una GP-2000 ambas con conexión de 25mm (1") de diámetro, la mismas que puede manejar un caudal de 903Kg/h de vapor reduciéndolo de 100 psig a 60psig. El coeficiente de fricción Cv de las válvulas es de 10.9.

Para el intercambiador de calor se añadirá un controlador de temperatura para que verifique la temperatura del agua del intercambiador no pase de los 70°C, que es la temperatura a la cual el agua debe ser suministrada. Para este fin se selecciona un regulador de temperatura OB-30 con conexión de 25mm (1") de diámetro el cual puede manejar un caudal de 482Kg/h de vapor. Su Cv es de 5.8.

Válvula de seguridad o de alivio.

Para hacer la selección de la válvula de seguridad se utiliza la Carta de capacidad típica para válvulas de seguridad (Figura 9.4.3), que se encuentra en el anexo 2.

Para este caso, se selecciona una válvula con una conexión de 20 a 32mm de diámetro, la misma que tiene una capacidad de descarga de hasta 610 Kg/h de vapor a 60psig, que es más que suficiente considerando que el consumo del intercambiador es de 423 Kg/h.

Filtro en Y.

El filtro en Y seleccionado será de 40mm (1-1/2") de diámetro con una presión de servicio de 125 psig.

Válvulas de paso.

Las válvulas de paso seleccionadas para la estación reductora de presión son del tipo Globo. Una configuración alternativa se muestra en la figura 2.22 en donde las válvulas que se encuentran aguas arriba y aguas debajo de la válvula reductora de presión son válvulas de compuerta con excepción de la válvula de paso del by-pass que contará con una válvula de globo que permita la regulación del vapor cuando el by-pass entre en servicio.

La caída de presión en las válvulas de paso la podemos obtener en la tabla 12.2.3 que se encuentra en el anexo 2.

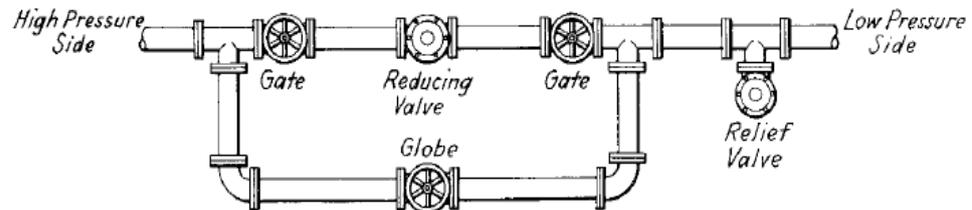


FIGURE C3.11 Pressure-reducing station.

FIGURA 2.22 DISEÑO GENERAL DE LOS SISTEMAS REDUCTORES DE PRESIÓN

Fuente: PIPING HANDBOOK ⁽¹²⁾

- **Cuarto de Recubrimiento**

Separador de Humedad.

Primero se selecciona el separador de vapor empleando la Carta de Dimensionamiento de los Fabricantes de Separadores tipo Baffle que se encuentra en la figura 2.20 en donde se ingresa el flujo de vapor, en Kg/h, la presión de trabajo, el diámetro de la conexión del separador y estos datos deben caer dentro del área amarilla que es la velocidad sugerida dentro de un separador de humedad.

Para el cuarto de recubrimiento los datos requeridos son:

$$m = 25 \text{ Kg/h}$$

$$P = 100 \text{ psig} (6.8 \text{ barg})$$

$$\phi = 15 \text{ mm} (1/2")$$

Como se puede observar, la caída de presión por el separador de humedad de 15mm es de 0.01 bar (0.147 psi) (ver figura 2.23).

Válvula Reguladora de presión.

Para seleccionar la válvula reguladora de presión se debe observar la carta de selección del fabricante (ver anexo 2), el caudal de vapor a reducir, el tipo de conexión, la presión de entrada, la presión de salida de la reguladora y también debemos tener en cuenta la exactitud necesaria para el tipo de aplicación a la que va a prestar servicio.

Como se mencionó en el punto anterior todas las válvulas reguladoras de presión serán con piloto interno y conexión NPT (roscada).

Entonces, revisando la carta de selección del fabricante, seleccionamos una válvula reductora de presión modelo GP-11s o una GP-2000 ambas con conexión de 15mm (1/2") de diámetro, la mismas que puede manejar un caudal de 1047Kg/h de vapor reduciéndolo de 100 psig a 60psig. El coeficiente de fricción Cv de las válvulas es de 5.

Válvula de seguridad o de alivio.

Para hacer la selección de la válvula de seguridad se emplea la Carta de capacidad típica para válvulas de seguridad (Figura 9.4.3), que se encuentra en el anexo 2.

Para este caso, se selecciona una válvula con una conexión de 15 a 20mm de diámetro, la misma que tiene una capacidad de descarga de hasta 220 Kg/h de vapor a 60psig, que es más que suficiente considerando que el consumo del equipo recubridor de 25 Kg/h.

Filtro en Y.

El filtro en Y seleccionado será de 15mm (1/2") de diámetro con una presión de servicio de 125 psig.

Válvulas de paso.

Las válvulas de paso seleccionadas para la estación reductora de presión son del tipo Globo. Una configuración alternativa puede ser la mostrada en la figura 2.22 en donde las válvulas que se

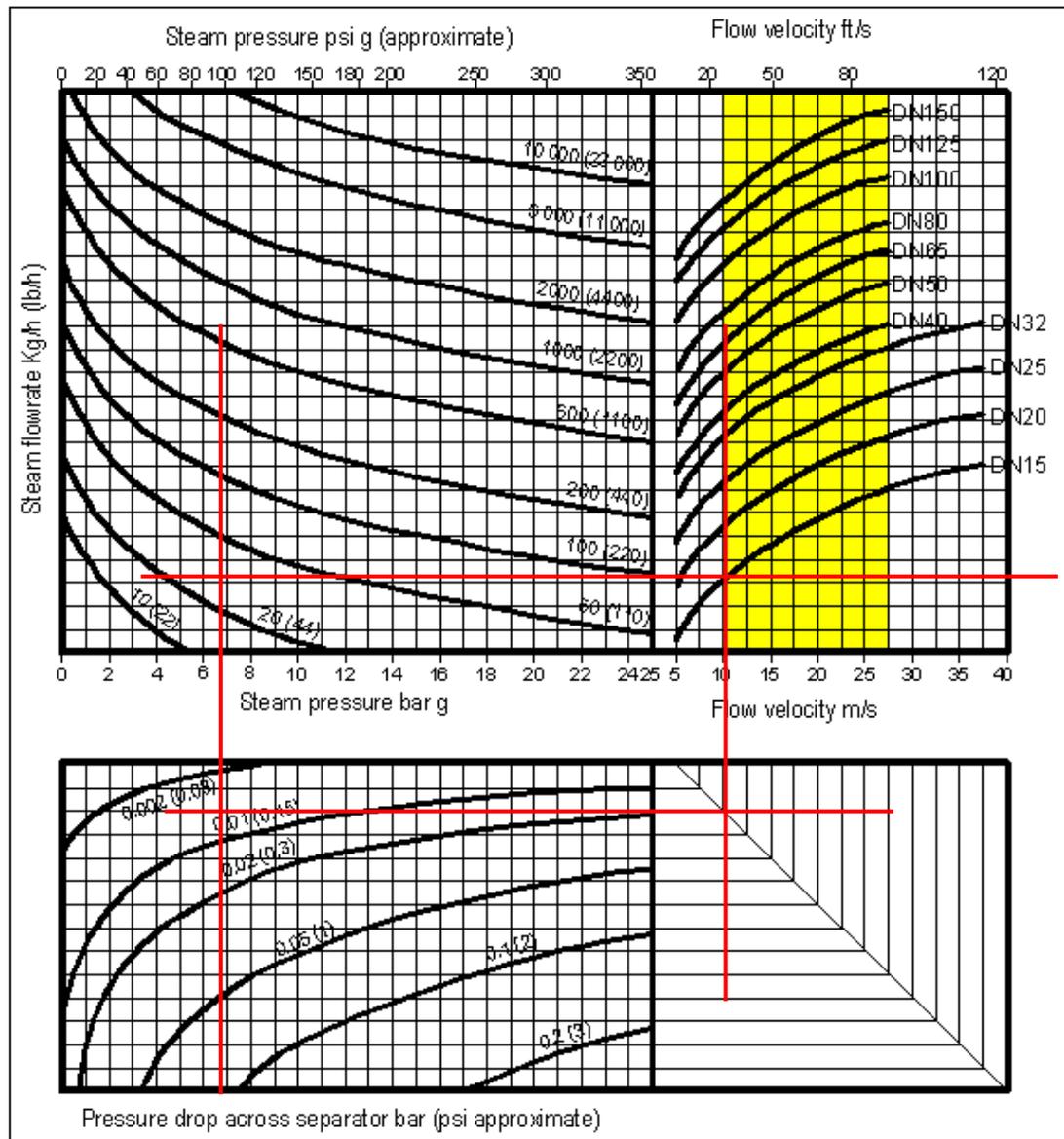


FIGURA 2.23 CARTA DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS FABRICANTES DE SEPARADORES TIPO BAFFLE

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/separators.asp> (7).

encuentran aguas arriba y aguas abajo de la válvula reductora de presión son válvulas de compuerta con excepción de la válvula de paso del by-pass que contará con una válvula de globo que permita la regulación del vapor cuando el by-pass entre en servicio.

La caída de presión en las válvulas de paso la podemos obtener en la tabla 12.2.3 que se encuentra en el anexo 2.

- **Control de Calidad.**

Separador de Humedad.

Primero se selecciona el separador de vapor empleando la Carta de Dimensionamiento de los Fabricantes de Separadores tipo Baffle que se encuentra en la figura 2.20 en donde se ingresa el flujo de vapor, en Kg/h, la presión de trabajo, el diámetro de la conexión del separador y estos datos deben caer dentro del área amarilla que es la velocidad sugerida dentro de un separador de humedad.

Para el autoclave de control de calidad los datos requeridos son:

$$m = 85 \text{ Kg/h}$$

$$P = 100 \text{ psig} (6.8 \text{ barg})$$

$$\phi = 20 \text{ mm} (1/2")$$

Como se puede observar, la caída de presión por el separador de humedad de 15mm es de 0.012 bar (0.176psi) (ver figura 2.24).

Válvula Reguladora de presión.

Para seleccionar la válvula reguladora de presión se debe observar la carta de selección del fabricante (ver anexo 2), el caudal de vapor a reducir, el tipo de conexión, la presión de entrada, la presión de salida de la reguladora y también debemos tener en cuenta la exactitud necesaria para el tipo de aplicación a la que va a prestar servicio.

Como se mencionó en el punto anterior todas las válvulas reguladoras de presión serán con piloto interno y conexión NPT (roscada).

Entonces, revisando la carta de selección del fabricante, seleccionamos una válvula reductora de presión modelo GP-11s

o una GP-2000 ambas con conexión de 20mm (3/4") de diámetro, la mismas que puede manejar un caudal de 1316Kg/h de vapor reduciéndolo de 100 psig a 60psig. El coeficiente de fricción Cv de las válvulas es de 7.2.

Válvula de seguridad o de alivio.

Para hacer la selección de la válvula de seguridad empleamos la Carta de capacidad típica para válvulas de seguridad (Figura 9.4.3), que se encuentra en la sección de anexos en la parte de Dimensionamiento de válvulas de seguridad (9).

Para este caso, seleccionamos una válvula con una conexión de 15 a 20mm de diámetro, la misma que tiene una capacidad de descarga de hasta 220 Kg/h de vapor a 60psig, que es más que suficiente considerando que el consumo del autoclave de control de calidad es de 85 Kg/h.

Filtro en Y.

El filtro en Y seleccionado será de 15mm (1/2") de diámetro con una presión de servicio de 125 psig.

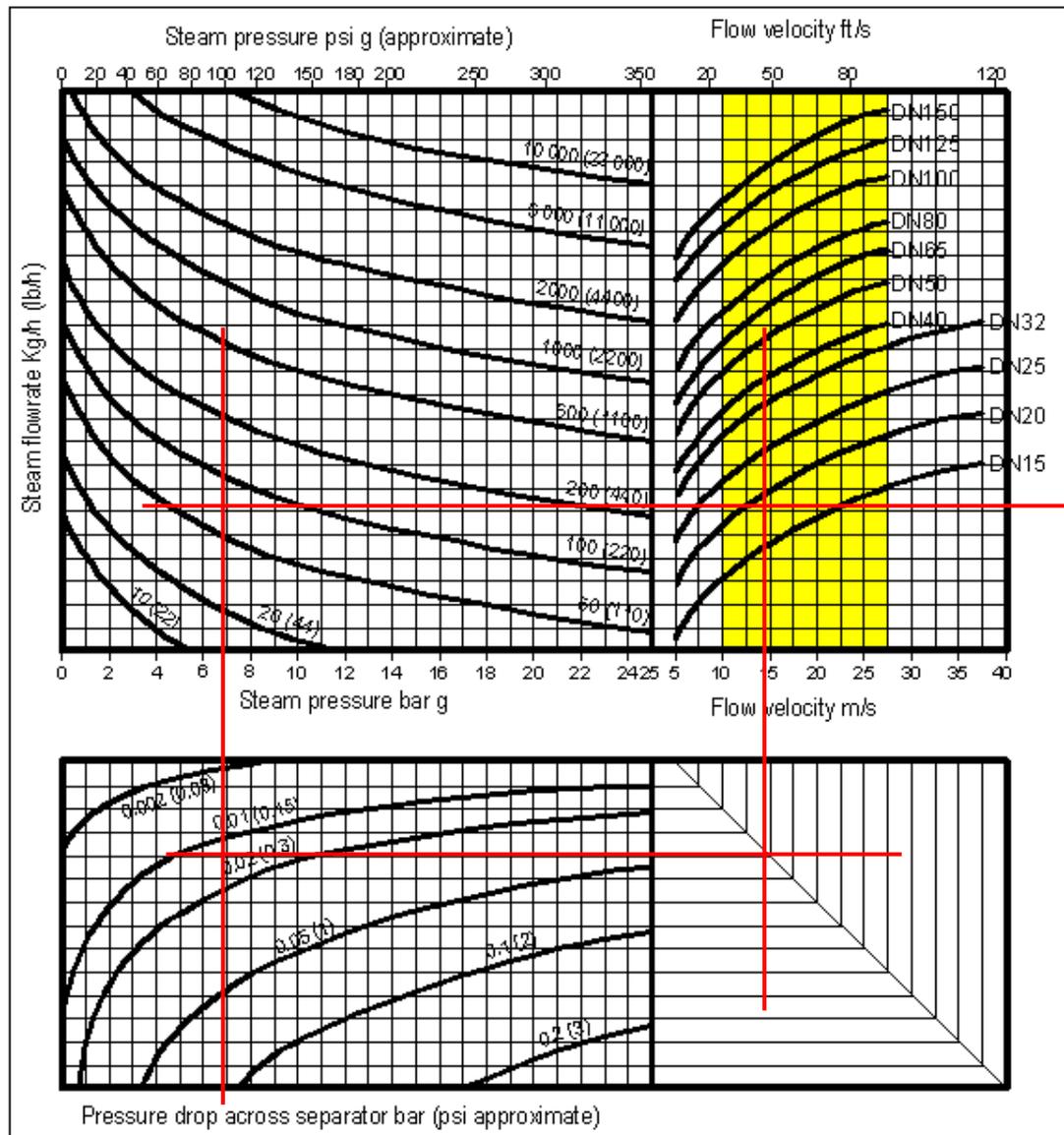


FIGURA 2.24 CARTA DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS FABRICANTES DE SEPARADORES TIPO BAFFLE

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/separators.asp> (7)

Válvulas de paso.

Las válvulas de paso seleccionadas para la estación reductora de presión son del tipo Globo. Una configuración alternativa puede ser la mostrada en la figura 2.21 en donde las válvulas que se encuentran aguas arriba y aguas abajo de la válvula reductora de presión son válvulas de compuerta con excepción de la válvula de paso del by-pass que contará con una válvula de globo que permita la regulación del vapor cuando el by-pass entre en servicio.

La caída de presión en las válvulas de paso la podemos obtener en la tabla 12.2.3 que se encuentra en la parte de anexos en la sección de válvulas aisladoras de movimiento rotatorio (9).

- **Tanque Agua Desionizada Caliente.**

Separador de Humedad.

Primero seleccionaremos el separador de vapor empleando la Carta de Dimensionamiento de los Fabricantes de Separadores tipo Baffle que se encuentra en la figura 2.20 en donde se ingresa el flujo de vapor, en Kg/h, la presión de trabajo, el diámetro de la conexión del separador y estos datos deben caer

dentro del área amarilla que es la velocidad sugerida dentro de un separador de humedad.

Para el tanque de agua desionizada caliente los datos necesarios son:

$$m = 59 \text{ Kg/h}$$

$$P = 100 \text{ psig} (6.8 \text{ barg})$$

$$\phi = 15 \text{ mm} (1/2")$$

Como se puede observar, la caída de presión por el separador de humedad de 15mm es de 0.025 bar (0.368psi) (ver figura 2.25).

Válvula Reguladora de presión.

Para seleccionar la válvula reguladora de presión se debe observar la carta de selección del fabricante (ver anexo 2) el caudal de vapor a reducir, el tipo de conexión, la presión de entrada, la presión de salida de la reguladora y también debemos tener en cuenta la exactitud necesaria para el tipo de aplicación a la que va a prestar servicio.

Como se mencionó en el punto anterior todas las válvulas reguladoras de presión serán con piloto interno y conexión NPT (roscada).

Entonces, revisando la carta de selección del fabricante, seleccionamos una válvula reductora de presión modelo GP-11s o una GP-2000 ambas con conexión de 15mm (1/2") de diámetro, la mismas que puede manejar un caudal de 1047Kg/h de vapor reduciéndolo de 100 psig a 30psig. El coeficiente de fricción Cv de las válvulas es de 5.0.

Válvula de seguridad o de alivio.

Para hacer la selección de la válvula de seguridad se emplea la Carta de capacidad típica para válvulas de seguridad (Figura 9.4.3), que se encuentra en el anexo 2.

Para este caso, se selecciona una válvula con una conexión de 15 a 20mm de diámetro, la misma que tiene una capacidad de descarga de hasta 131 Kg/h de vapor a 30psig, que es más que suficiente considerando que el consumo del tanque de agua desionizada caliente es de 59 Kg/h.

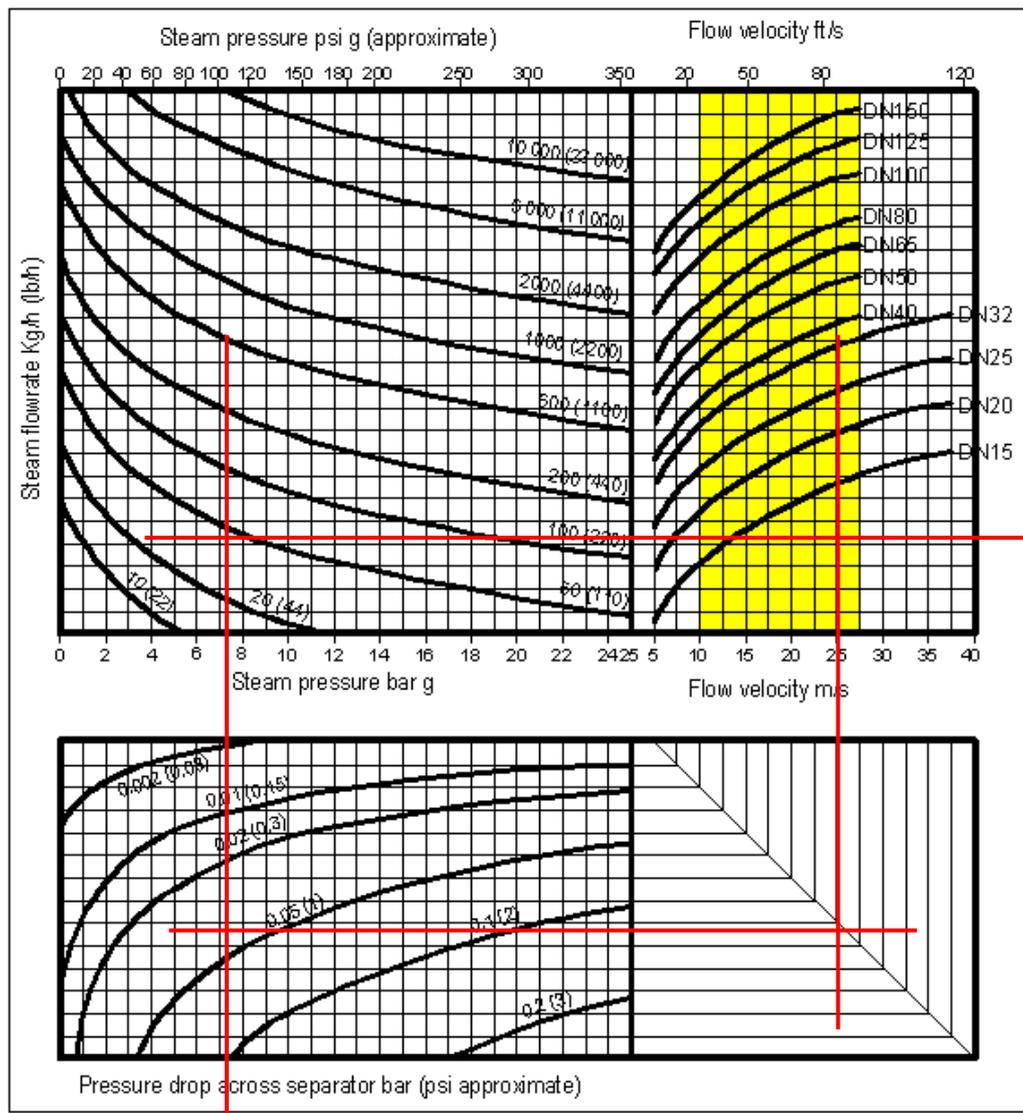


FIGURA 2.25 CARTA DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS FABRICANTES DE SEPARADORES TIPO BAFFLE

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/separators.asp> (7)

Filtro en Y.

El filtro en Y seleccionado será de 15mm (1/2") de diámetro con una presión de servicio de 125 psig.

Válvulas de paso.

Las válvulas de paso seleccionadas para la estación reductora de presión son del tipo Globo. Una configuración alternativa puede ser la mostrada en la figura 2.22 en donde las válvulas que se encuentran aguas arriba y aguas debajo de la válvula reductora de presión son válvulas de compuerta con excepción de la válvula de paso del by-pass que contará con una válvula de globo que permita la regulación del vapor cuando el by-pass entre en servicio.

La caída de presión en las válvulas de paso se puede obtener en la tabla 12.2.3 que se encuentra en el anexo 2.

- **Cuarto Prep. Líquidos**

Separador de Humedad

Primero se selecciona el separador de vapor empleando la Carta de Dimensionamiento de los Fabricantes de Separadores tipo Baffle que se encuentra en la figura 2.20 en donde se

ingresa el flujo de vapor, en Kg/h, la presión de trabajo, el diámetro de la conexión del separador y estos datos deben caer dentro del área amarilla que es la velocidad sugerida dentro de un separador de humedad.

Para el cuarto de preparación de líquidos los datos requeridos son:

$$m = 99 \text{ Kg/h}$$

$$P = 100 \text{ psig} (6.8 \text{ bar})$$

$$\phi = 20 \text{ mm} (3/4")$$

Por lo tanto, la caída de presión por el separador de humedad de 20mm es de 0.017 bar (0.249psi) (ver figura 2.26).

Válvula Reguladora de presión

Para seleccionar la válvula reguladora de presión se debe observar la carta de selección del fabricante (ver anexos), el caudal de vapor a reducir, el tipo de conexión, la presión de entrada, la presión de salida de la reguladora y también se debe tener en cuenta la exactitud necesaria para el tipo de aplicación a la que va a prestar servicio.

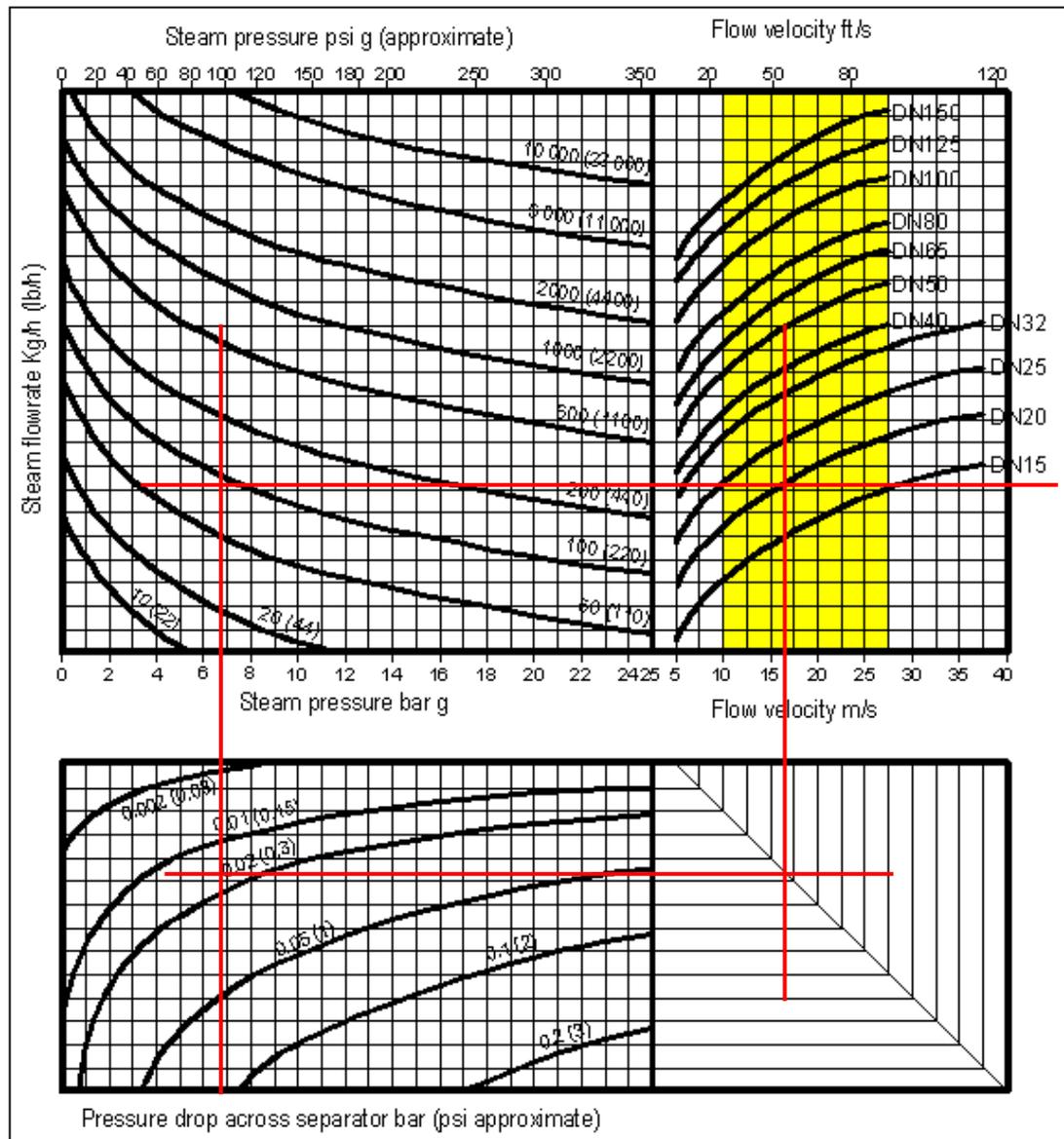


FIGURA 2.26 CARTA DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS FABRICANTES DE SEPARADORES TIPO BAFFLE

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/separators.asp> (7)

Como se mencionó en el punto anterior todas las válvulas reguladoras de presión serán con piloto interno y conexión NPT (roscada).

Entonces, revisando la carta de selección del fabricante, seleccionamos una válvula reductora de presión modelo GP-11s o una GP-2000 ambas con conexión de 20mm (3/42") de diámetro, la mismas que puede manejar un caudal de 1316Kg/h de vapor reduciéndolo de 100 psig a 60psig. El coeficiente de fricción Cv de las válvulas es de 7.2.

Válvula de seguridad o de alivio

Para hacer la selección de la válvula de seguridad se utiliza la Carta de capacidad típica para válvulas de seguridad (Figura 9.4.3), que se encuentra en el anexo 2.

Para este caso, se selecciona una válvula con una conexión de 15 a 20mm de diámetro, la misma que tiene una capacidad de descarga de hasta 220 Kg/h de vapor a 60psig, que es más que suficiente considerando que el consumo del cuarto de manufactura de líquidos es de 99 Kg/h.

Filtro en Y

El filtro en Y seleccionado será de 20mm (3/4") de diámetro con una presión de servicio de 125 psig.

Válvulas de paso

Las válvulas de paso seleccionadas para la estación reductora de presión son del tipo Globo. Una configuración alternativa puede ser la mostrada en la figura 2.22 en donde las válvulas que se encuentran aguas arriba y aguas debajo de la válvula reductora de presión son válvulas de compuerta con excepción de la válvula de paso del by-pass que contará con una válvula de globo que permita la regulación del vapor cuando el by-pass entre en servicio.

La caída de presión en las válvulas de paso la se puede obtener de la tabla 12.2.3 que se encuentra en el anexo 2.

- **Cuarto Prep. Cremas.**

Separador de Humedad

Se selecciona el separador de vapor empleando la Carta de Dimensionamiento de los Fabricantes de Separadores tipo

Baffle que se encuentra en la figura 2.20 en donde se ingresa el flujo de vapor, en Kg/h, la presión de trabajo, el diámetro de la conexión del separador y estos datos deben caer dentro del área amarilla que es la velocidad sugerida dentro de un separador de humedad.

Para el cuarto de cremas los datos requeridos son:

$$m = 224 \text{ Kg/h}$$

$$P = 100 \text{ psig} (6.8 \text{ bar})$$

$$\phi = 32 \text{ mm} (3/4")$$

Como podemos observar, la caída de presión por el separador de humedad de 20mm es de 0.014 bar (0.206psi) (ver figura 2.27).

Válvula Reguladora de presión

Para seleccionar la válvula reguladora de presión debemos observar la carta de selección del fabricante (ver anexos), el caudal de vapor a reducir, el tipo de conexión, la presión de entrada, la presión de salida de la reguladora y también debemos tener en cuenta la exactitud necesaria para el tipo de aplicación a la que va a prestar servicio.

Como se mencionó en el punto anterior todas las válvulas reguladoras de presión serán con piloto interno y conexión NPT (roscada).

Entonces, revisando la carta de selección del fabricante, se selecciona una válvula reductora de presión modelo GP-11s o una GP-2000 ambas con conexión de 20mm (3/42") de diámetro, la mismas que puede manejar un caudal de 1316Kg/h de vapor reduciéndolo de 100 psig a 60psig. El coeficiente de fricción Cv de las válvulas es de 7.2.

Válvula de seguridad o de alivio

Para seleccionar la válvula de seguridad empleamos la Carta de capacidad típica para válvulas de seguridad (Figura 9.4.3), que se encuentra en el anexo 2.

Para este caso, se selecciona una válvula con una conexión de 20 a 32mm de diámetro, la misma que tiene una capacidad de descarga de hasta 610 Kg/h de vapor a 60psig, que es más que suficiente considerando que el consumo del cuarto de manufactura de cremas es de 224 Kg/h.

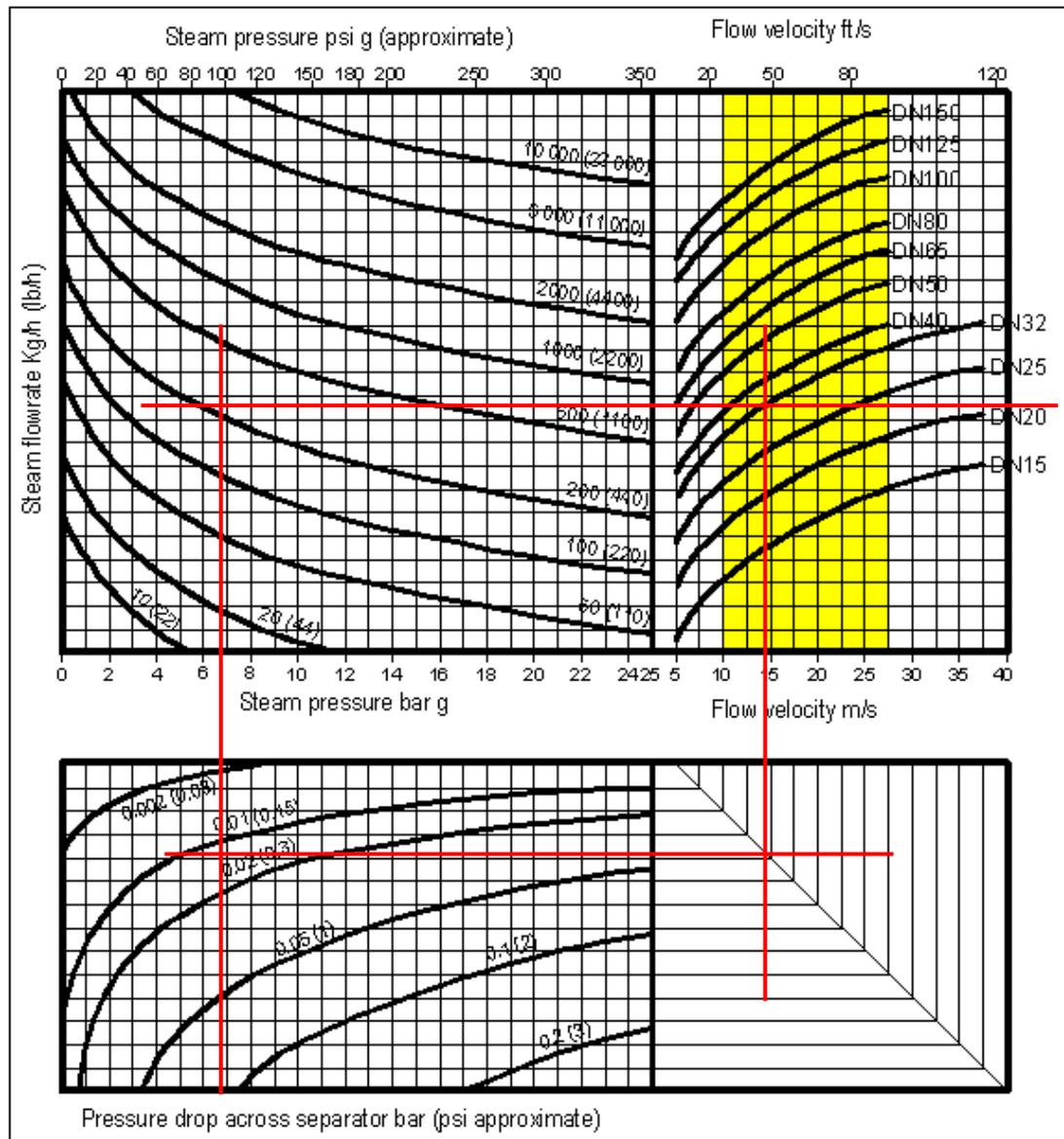


FIGURA 2.27 CARTA DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS FABRICANTES DE SEPARADORES TIPO BAFFLE

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/separators.asp> (7)

Filtro en Y

El filtro en Y seleccionado será de 32mm (1-1/4") de diámetro con una presión de servicio de 125 psig.

Válvulas de paso

Las válvulas de paso seleccionadas para la estación reductora de presión son del tipo Globo. Una configuración alternativa puede ser la mostrada en la figura 2.22 en donde las válvulas que se encuentran aguas arriba y aguas debajo de la válvula reductora de presión son válvulas de compuerta con excepción de la válvula de paso del by-pass que contará con una válvula de globo que permita la regulación del vapor cuando el by-pass entre en servicio.

La caída de presión en las válvulas de paso se obtiene de la tabla 12.2.3 que se encuentra en el anexo 2.

Para los cuartos de granulación NL, lavado de equipos NL, lavado de equipos Cef y cuarto de aguas especiales no se seleccionan ninguno de los equipos antes mencionado, con excepción de las válvulas de paso, debido a que éstas áreas trabajan con presiones de 100 psig hasta el usuario final, que en el caso de las tres últimas, o son automodulantes, en el caso del equipo granulador,

en cual caso se selecciona un filtro Y de 15mm (1/2") mas la válvula de paso tipo bola.

2.4. Cálculo y selección del aislamiento térmico de las tuberías de vapor.

Para aislar las tuberías de distribución de vapor se seleccionan las cañuelas de lana de vidrio semirígida con una capa exterior de papel aluminio, papel kraft y fibra de vidrio que sirve al mismo tiempo como barrera de vapor. El rango de las temperaturas de uso de este tipo de aislamiento térmico es de -18°C a 454°C para la cañuela de lana de vidrio y para la barrera de vapor -29°C a 66°C.

Como todo material aislante, las propiedades principales de las cañuelas son baja conductividad térmica, Incombustible, baja densidad, material resilente, inorgánico e inodoro.

Para hacer el dimensionamiento, el fabricante de las cañuelas, Owens Corning desarrolló una tabla en la cual se sugiere diferentes espesores para diferentes diámetros de tuberías a diferentes temperaturas de servicio. Ésta información se muestra en la tabla que se encuentra en el anexo 3, la tabla #9 muestra un extracto de la tabla suministrada por un fabricante con una temperatura de servicio de 177°C, superior a la

temperatura de operación de nuestra tubería que deberá estar a 165°C.

TABLA 9
(FALTA TITULO DE LA TABLA)

DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO		ESPESOR RECOMENDADO		PÉRDIDA DE CALOR	TEMP. SUPERFICIAL APROXIMADA.	
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	BTU/h ft	°C	°F
½	12.7	1	25.4	36.2	40.0	104.0
¾	19.1	1	25.4	43.7	42.2	108.0
1	25.4	1-1/2	38.0	45.2	40.6	105.0
1-1/2	38.0	1-1/2	38.0	46.5	36.8	98.2
2	51.0	1-1/2	38.0	53.0	37.1	98.7
3	76.0	1-1/2	38.0	70.3	38.3	101.0

Fuente: www.owenscorning.com.mx⁽²⁴⁾.

2.5. Cálculo y selección de las juntas de expansión de la tubería principal de distribución de vapor.

Antes de seleccionar el tipo de junta de expansión térmica, primero se debe conocer cuáles son los tipos de juntas de expansión que existen y cuales son sus usos.

Existen tres tipos de juntas de expansión:

1. Junta de expansión axial
2. Junta de expansión articuladas con bisagra y cardán.
3. Junta de expansión con Doble Bisagra, Universal y Universal Cardánica

Junta de expansión axial

Este tipo de junta de expansión sirve para amortiguar la dilatación y contracción térmica a lo largo del eje de la tubería. La junta de expansión axial no puede soportar movimientos que no sean axiales, sean estos laterales, angulares o torcionales.

Junta de expansión articulada a bisagra y a cardán

Las juntas de expansión a bisagra y a cardán son las más adecuadas para absorber dilataciones en tuberías de gran longitud, cuando sea necesario compensar las dilataciones de un sistema de cañerías tridimensional o en instalaciones cuyas posibilidades de fijación y guiado sean limitadas. Este tipo de juntas deben ser instaladas siempre de a dos o de a tres, ya que su funcionamiento exige formar sistemas de dos o tres ejes.⁽¹⁰⁾

Junta de expansión con Doble Bisagra, Universal y Universal Cardánica

El principio de funcionamiento de este tipo de juntas de expansión es similar a las del tipo bisagra y cardán, ya que el fuelle permite los movimientos por inflexión angular. Con este tipo de junta no será necesaria la instalación de dos juntas como en el caso de las juntas a bisagra y a cardán, ya que el conjunto ha sido diseñado con dos fuelles, los cuales forman el sistema de dos ejes.⁽¹⁰⁾

Una vez concluida esta pequeña introducción, se procederá a seleccionar las juntas de expansión, para lo cual primero se debe calcular la variación de la longitud de la tubería, en milímetros, y a qué condiciones de servicio va a estar sometida la junta de expansión

Para calcular la variación de longitud se emplea la ecuación 2.4.

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

ΔL = variación en la longitud en mm.

α = coeficiente de dilatación térmica en mm/m°C

Δt = Aumento de temperatura de la tubería en °C

L= Longitud de la tubería en m.

Los datos requeridos para calcular la elongación en la tubería principal de vapor (tramo 1) son:

$$\alpha = 0.0126 \text{ mm/m}^\circ\text{C}^{(10)} \text{ (ver anexos)}$$

$$\Delta t = 140^\circ\text{C}$$

$$L = 71 \text{ m.}$$

$$\Delta L = 71\text{m} \cdot 0.0126 \frac{\text{mm}}{\text{m}^\circ\text{C}} \cdot 140^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = 125.24\text{mm}$$

Como la configuración de la tubería es plana, sólo va a existir expansión axial en la tubería, por lo tanto se seleccionan juntas de expansión térmica axial.

Para determinar la cantidad de juntas de expansión, se revisa la ficha técnica del fabricante de juntas de expansión (ver anexo 3) en donde se aprecia que la capacidad máxima de expansión es de 19mm y de compresión 38mm.

Dividiendo la elongación térmica de la tubería para la capacidad máxima de compresión de la junta, el resultado es que se debe instalar 3.29, lo cual muestra que se deben instalar 4 juntas de expansión a lo largo del tramo A que va desde el distribuidor de vapor hasta el autoclave de control de calidad.

2.6. Selección de equipos auxiliares.

Los equipos que aquí se denominan “auxiliares”, son pequeños equipos que tienen múltiples aplicaciones en los sistemas de distribución de vapor y en equipos de procesos.

A continuación se mencionarán los equipos auxiliares, su lugar de instalación y razón por la cual éste se instala.

Rompedor de Vacío.

Como se ha mencionado en ocasiones anteriores, introducir aire a las líneas de vapor puede ser perjudicial o contraproducente debido a que el aire forma una capa alrededor de la línea, disminuyendo así la temperatura del vapor y al llegar al punto de uso, impidiendo una óptima transferencia de calor del vapor al sistema, entonces dónde se instala un rompedor de vacío.

La aplicación más extendida de los rompedores de vacío está en los equipos de procesos tales como marmitas e intercambiadores de calor, debido a que cuando estos equipos son apagados, estos aún contienen cierta cantidad de vapor, el vapor se condensa a la misma tasa a la cual el equipo se enfría y debido a que el condensado ocupa un volumen mucho menor que el vapor, condiciones de vacío son generadas. El vacío puede dañar al

equipo e inclusive a la planta y es necesario por lo tanto instalar un rompedor de vacío en el equipo en la entrada de vapor al equipo o en el cuerpo del mismo.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los lugares donde se instalarán los rompedores de vacío son: en el distribuidor, en el intercambiador de calor y al final de las líneas 1 y 2 de distribución de vapor.

Si se quiere saber más acerca de los rompedores de vacío, ver la referencia 15.

Equipos para el venteo de gases incondensables.

El venteo del aire y de otros gases incondensables de los sistemas de vapor es vital para asegurar la eficiencia y seguridad del sistema.

Cuando el vapor entra a la tubería después de una parada, la tubería está totalmente llena de aire. Cantidades adicionales de aire y otros gases incondensables entrarán con el vapor, aunque las proporciones de esos gases son mucho menores comparadas con la cantidad de vapor. Cuando el vapor se condensa, estos gases se acumularán en la tubería e intercambiadores de calor.

Aire en el sistema de vapor también afectará la temperatura del sistema ya que el aire tendrá su propia presión parcial dentro del sistema, el mismo que sumada con la presión del vapor, establecen la presión total del sistema. Por lo tanto, la presión y temperatura del vapor será menor en un sistema donde exista mezcla de gases.

El efecto más importante que tiene el aire en el sistema está en la transferencia de calor. Una capa de aire de 1mm de espesor ofrece la misma resistencia a la transferencia de calor que una capa de 25 μ m de agua, una capa de 2mm de hierro o una capa de cobre de 15mm de espesor.

La consecuencia de no remover el aire son largos periodos de calentamiento y una reducción en la eficiencia de la planta y en el desempeño de los procesos internos. Por las razones antes expuestas es muy importante remover el aire y otros gases incondensables del sistema de distribución de vapor.

Para ventear el aire de los sistemas de vapor se emplean trampas de vapor termostáticas o venteadores de aire automáticos, las cuales operan bajo el mismo principio de las trampas termostáticas.

Los equipos venteadores de aire estarán ubicados en niveles más altos de los finales de las líneas de distribución de vapor y en el

intercambiador de calor del cuarto de máquinas. Si se quiere saber más acerca de los ventiladores de aire, ver la referencia 16.

CAPITULO 3

3. REDISEÑO DEL SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADO.

En este capítulo se desarrollará todo el trazado de las líneas de retorno de condensado, desde la pierna de extracción de condensado del distribuidor de vapor hasta los puntos en donde se extrae el valioso fluido hasta el tanque de retorno y/o el tanque flash; incluyendo el dimensionamiento y selección de accesorios tales como las piernas colectoras de condensado, trampas de vapor, etc.

La mejora más significativa al sistema de retorno de condensado se enfoca a disminuir las pérdidas causadas por el mal funcionamiento, mala selección, falta de accesorios y/o un montaje inadecuado de los componentes del sistema, además de reemplazar los sistemas menos eficientes o menos

confiables por otro que de mayor confiabilidad en el proceso al interior de la planta.

A continuación se expondrán varios parámetros que servirán para obtener un correcto dimensionamiento y selección de cada una de las partes que componen estos sistemas.

3.1. Diseño del nuevo sistema de retorno de condensado.

El trazado del nuevo sistema de retorno de condensado es muy similar al sistema que actualmente se encuentra en funcionamiento en el laboratorio farmacéutico, ya que básicamente sigue el mismo trazado que el sistema anterior debido a que dos de las limitaciones del proyecto son el espacio por donde van a pasar las líneas y la segunda, que se debe utilizar los soportes existentes en cuanto sea posible y factible técnicamente para disminuir los costos del proyecto.

Los cambios más apreciables en el nuevo sistema de retorno de condensado son:

- La instalación de 2 líneas adicionales, para el drenaje del condensado de 60 y 30 psig, dando un total de cuatro líneas de retorno de condensado;

- Instalación de un tanque de recuperación de vapor flash, el mismo que será alimentado con el condensado a 100 psig. El tanque flash va a estar presurizado a 15 psig.
- Instalación de piernas de extracción de condensado en todo el recorrido de la línea principal de distribución de vapor.

En los planos #1 y #2 (ver anexo 1) se presentan los diseños que se encuentra en funcionamiento en el laboratorio farmacéutico y el diseño propuesto respectivamente.

Un punto al que hay que prestar atención en el diseño de las líneas de retorno de condensado es que, debido a la limitante de espacio y reducción de costos, se va a emplear los soportes existentes, los mismos que no cuentan con la pendiente adecuada que facilite el drenaje del condensado de las líneas que van al tanque flash o al tanque de retorno de condensado. Como consecuencia, las líneas principales y secundarias se encuentran inundadas, la mayor parte del tiempo, debiende tener una sección transversal mayor en comparación si las líneas no estuvieran inundadas.

3.2. Dimensionamiento de las tuberías de retorno de condensado.

El dimensionamiento de las líneas de retorno de condensado se hacen en orden inverso a las líneas de distribución de vapor, es decir, que primero se dimensionan las líneas que salen de los equipos y piernas de extracción de condensado para finalmente terminar dimensionando las líneas de retorno de condensado que llegan hasta el tanque flash o al tanque de retorno de condensado.

El dimensionamiento de los diferentes tramos de tubería que componen el sistema de retorno de condensado debe estar acorde a las condiciones de servicio a las que van a estar sujetas. En la mayoría de los casos, éstas van a estar inundadas la mayor parte del tiempo de servicio, además se debe tomar en cuenta la condición de flujo bifásico del condensado que pasa por las líneas, debido a que existirá una porción de vapor flash que se formará en su interior.

TABLA #10
FLUJO DE AGUA EN TUBERÍAS DE ACERO (13)

Flowrate		kg/h								
Pipe size Ø		15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm
Pa/m	mbar/m	<0.15 m/s			0.15 m/s					0.3 m/s
10.0	0.100	50	119	223	490	756	1 447	2 966	4 644	9 432
12.5	0.125	58	133	252	554	853	1 634	3 348	5 220	10 656
15.0	0.150	65	151	277	616	943	1 807	3 708	5 760	11 736
17.5	0.175	68	162	302	670	1 026	1 966	4 032	6 264	12 744
20.0	0.200	76	176	328	720	1 105	2 113	4 320	6 732	13 680
22.5	0.225	79	187	349	770	1 177	2 254	4 608	7 164	14 580
25.0	0.250	83	198	371	814	1 249	2 387	4 860	7 596	15 408
27.5	0.275	90	209	389	857	1 314	2 513	5 112	7 992	16 200
30.0	0.300	94	220	410	900	1 379	2 632	5 364	8 352	16 956
32.5	0.325	97	230	428	940	1 440	2 747	5 616	8 712	17 712
35.0	0.350	101	241	446	979	1 498	2 858	5 832	9 072	18 432
37.5	0.375	104	248	464	1 015	1 555	2 966	6 048	9 396	19 116
40.0	0.400	112	259	479	1 051	1 609	3 071	6 264	9 720	19 764
42.5	0.425	115	266	497	1 087	1 663	3 175	6 480	10 044	20 412
45.0	0.450	119	277	511	1 123	1 717	3 272	6 660	10 368	21 024
47.5	0.475	122	284	526	1 156	1 768	3 370	6 876	10 656	21 636
50.0	0.500	126	292	540	1 188	1 814	3 463	7 056	10 944	22 212
52.5	0.525	130	299	558	1 220	1 865	3 553	7 236	11 232	22 788
55.0	0.550	130	306	572	1 249	1 912	3 636	7 416	11 520	23 364
57.5	0.575	133	317	583	1 282	1 958	3 744	7 596	11 808	23 904
60.0	0.600	137	324	598	1 310	2 002	3 816	7 776	12 060	24 444
62.5	0.625	140	331	612	1 339	2 048	3 888	7 920	12 312	24 984
65.0	0.650	144	338	626	1 368	2 092	3 996	8 100	12 600	25 488
67.5	0.675	148	346	637	1 397	2 131	4 068	8 280	12 852	25 992
70.0	0.700	151	353	652	1 422	2 174	4 140	8 424	13 068	26 496
72.5	0.725	151	356	662	1 451	2 218	4 212	8 568	13 320	27 000
75.0	0.750	155	364	677	1 476	2 257	4 284	8 748	13 572	27 468
77.5	0.775	158	371	688	1 505	2 297	4 356	8 892	13 788	27 972
80.0	0.800	162	378	698	1 530	2 336	4 464	9 036	14 040	28 440
82.5	0.825	166	385	709	1 555	2 372	4 536	9 180	14 256	28 872
85.0	0.850	166	389	724	1 580	2 412	4 608	9 324	14 472	29 340
87.5	0.875	169	396	734	1 606	2 448	4 680	9 468	14 724	29 772
90.0	0.900	173	403	745	1 627	2 488	4 716	9 612	14 940	30 240
92.5	0.925	176	407	756	1 652	2 524	4 788	9 756	15 156	30 672
95.0	0.950	176	414	767	1 678	2 560	4 860	9 900	15 372	31 104
97.5	0.975	180	421	778	1 699	2 596	4 932	10 044	15 552	31 500
100.0	1.000	184	425	788	1 724	2 632	5 004	10 152	15 768	31 932
120.0	1.200	202	472	871	1 897	2 898	5 508	11 196	17 352	35 100
140.0	1.400	220	511	943	2 059	3 143	5 976	12 132	18 792	38 160
160.0	1.600	234	547	1 015	2 210	3 373	6 408	12 996	20 160	40 680
180.0	1.800	252	583	1 080	2 354	3 589	6 804	13 824	21 420	43 200
200.0	2.000	266	619	1 141	2 488	3 780	7 200	14 580	22 644	45 720
220.0	2.200	281	652	1 202	2 617	3 996	7 560	15 336	23 760	47 880
240.0	2.400	288	680	1 256	2 740	4 176	7 920	16 056	24 876	50 400
260.0	2.600	306	713	1 310	2 855	4 356	8 244	16 740	25 920	52 200
280.0	2.800	317	742	1 364	2 970	4 536	8 568	17 388	26 928	54 360
300.0	3.000	331	767	1 415	3 078	4 680	8 892	18 000	27 900	56 160

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

Con la finalidad de tener una guía práctica que facilite el dimensionamiento de las tuberías de condensado, se siguen las recomendaciones que nos da Spirax Sarco⁽¹³⁾, que nos dice que para líneas de drenaje de condensado que no se encuentran inundadas menores que 10 m de longitud estas pueden dimensionarse revisando la tabla #9 seleccionando una tubería cuya caída de presión con el mayor flujo másico de condensado no sea mayor que 200 Pa/m de longitud y a una velocidad no mayor que 1.5m/s. Para líneas de retorno de condensado de mayor longitud, la caída de presión no sea más que 100 Pa/m y a una velocidad no más grande que 1m/s.

Para hacer el dimensionamiento de las líneas de retorno de condensado inundadas se empleará la tabla # 10 que sirve para el dimensionamiento de tuberías de condensado⁽¹³⁾ y para el dimensionamiento de las piernas de extracción de condensado se utilizará la tabla #11 que es un extracto de la tabla CG-26.2 Recommended Steam Main and Branch Line Drip Leg Sizing⁽²⁾.

La figura 3.1 muestra el diseño de las piernas de extracción de condensado que se detallan en la tabla #10.

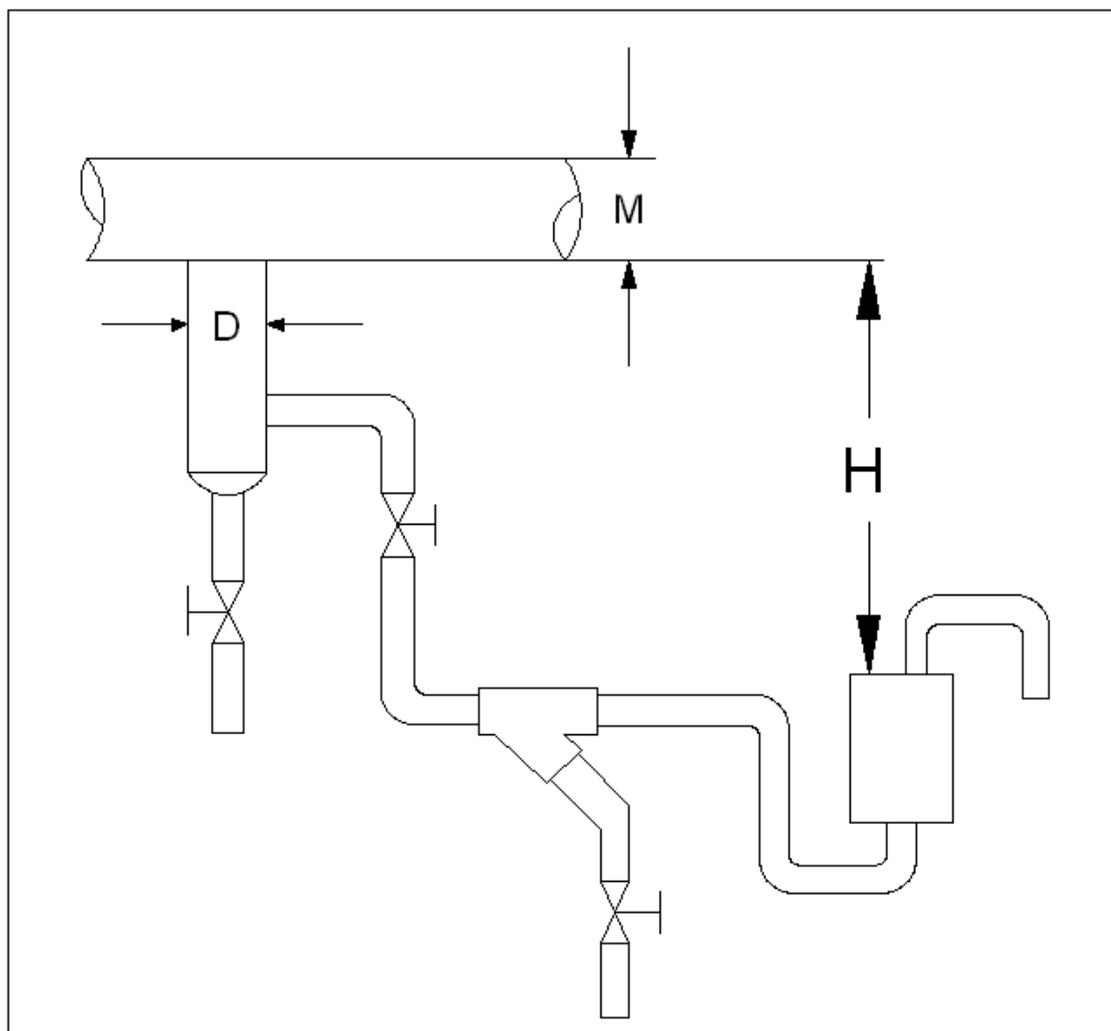


FIGURA 3.1 DISEÑO DE LA PIERNA DE EXTRACCIÓN DE CONDENSADO.

TABLA #11

TAMAÑO RECOMENDADO DE LA PIERNA DE EXTRACCIÓN DE CONDENSADO DE TUBERÍAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS.

M	D	H	
Steam Main Size (mm)	Drip Leg Diameter (mm)	Dril Leg Length Min. (mm)	
		Supervised Warm-up	Automatic Warm-up
15	15	250	710
20	20	250	710
25	25	250	710
50	50	250	710
80	80	250	710
100	100	250	710
150	100	250	710
200	100	300	710
250	150	380	710
300	150	460	710
350	200	535	710
400	200	610	710
500	250	760	760
600	300	915	915

Fuente: Solution source for steam, air and hot water systems, pag. CG-26⁽²⁾.

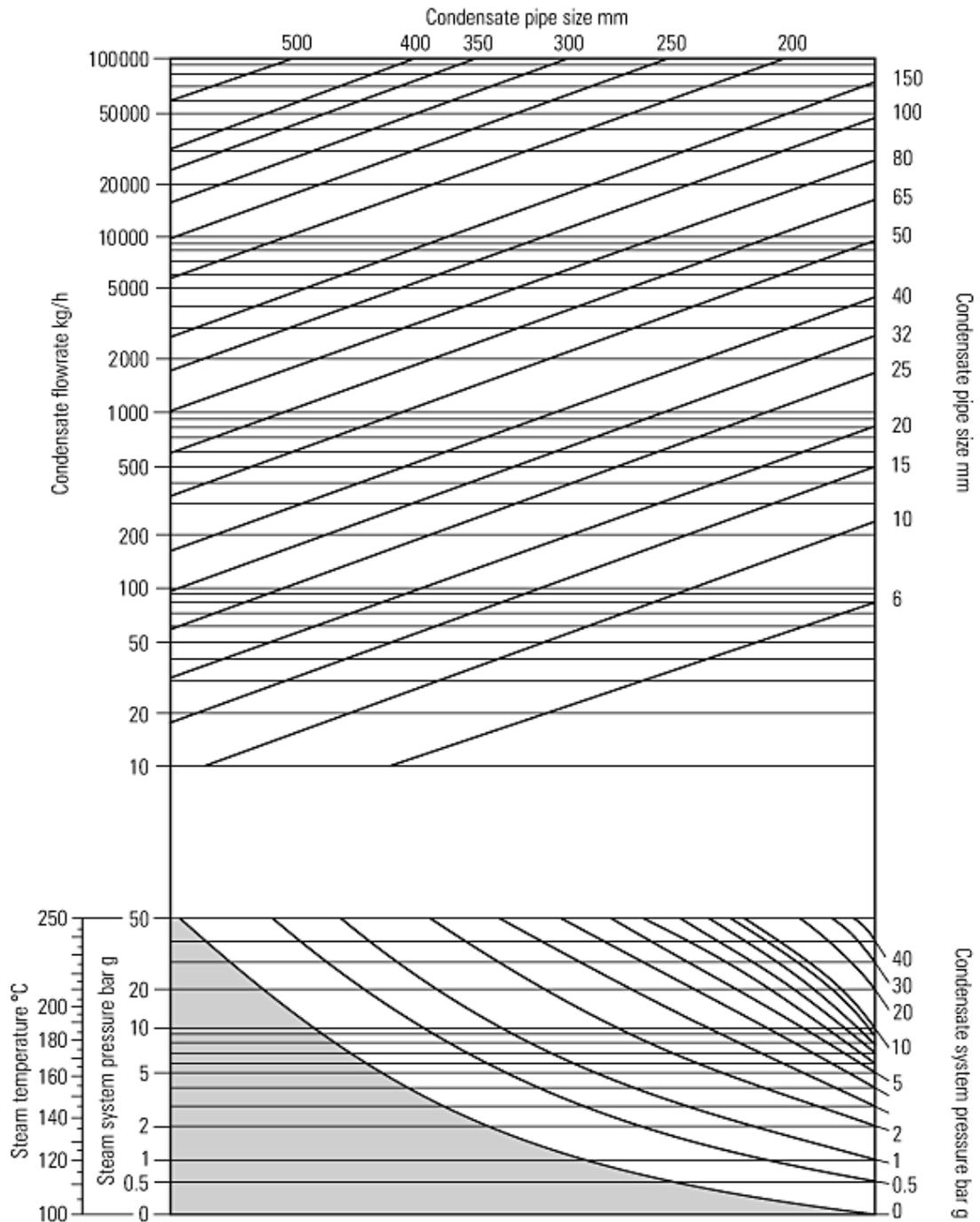


FIGURA 3.2 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

La carta para el dimensionamiento de tuberías de condensado de la figura 3.2 sirve para dimensionar ambos tipos de tuberías, inundadas y no inundadas, tomando en consideración que las inundadas siempre serán de una dimensión mayor a la que sería dimensionada para tubería no inundada.

Una información que también será de utilidad es saber cuánto vapor se condensa en 50m tubería aislada Sch.40 a condiciones ambientales. Esta información se muestra en la tabla #12.

3.2.1. Dimensionamiento de la tubería retorno de condensado del distribuidor de vapor.

La tubería de retorno de condensado del distribuidor de vapor va a estar compuesta de dos partes, la primera, la pierna de extracción de condensado del distribuidor y la segunda, la tubería de retorno de condensado.

Para hacer el dimensionamiento de la pierna de extracción de condensado del distribuidor de vapor, lo primero que debemos saber es la configuración de distribuidor y si el calentamiento de la tubería es automático o supervisado.

TABLA #12
CANTIDAD DE VAPOR CONDENSADO EN 50 M DE TUBERÍA CÉDULA
40 EN CONDICIONES DE SERVICIO (KG/H)*

Steam pressure bar g	Steam main size (mm)														-18°C correction factor
	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	
1	5	5	7	9	10	13	16	19	23	25	28	31	35	41	1.54
2	5	6	8	10	12	14	18	22	26	28	32	35	39	46	1.50
3	6	7	9	11	14	16	20	25	30	32	37	40	45	54	1.48
4	7	9	10	12	16	18	23	28	33	37	42	46	51	61	1.45
5	7	9	11	13	17	20	24	30	36	40	46	49	55	66	1.43
6	8	10	11	14	18	21	26	33	39	43	49	53	59	71	1.42
7	8	10	12	15	19	23	28	35	42	46	52	56	63	76	1.41
8	9	11	14	16	20	24	30	37	44	49	57	61	68	82	1.40
9	9	11	14	17	21	25	32	39	47	52	60	64	72	88	1.39
10	10	12	15	17	21	25	33	41	49	54	62	67	75	90	1.38
12	11	13	16	18	23	26	36	45	53	59	67	73	81	97	1.38
14	12	14	17	20	26	30	39	49	58	64	73	79	93	106	1.37
16	12	15	18	23	29	34	42	52	62	68	78	85	95	114	1.36
18	14	16	19	24	30	36	44	55	66	72	82	90	100	120	1.36
20	15	17	21	25	31	37	46	58	69	76	86	94	105	125	1.35
25	15	19	23	28	35	42	52	66	78	86	97	106	119	141	1.34
30	17	21	25	31	39	47	58	73	87	96	108	118	132	157	1.33
40	20	25	30	38	46	56	70	87	104	114	130	142	158	189	1.31
50	24	29	34	44	54	65	82	102	121	133	151	165	184	220	1.29
60	27	32	38	50	62	74	95	119	140	155	177	199	222	265	1.28
70	29	35	43	56	70	82	106	133	157	173	198	222	248	296	1.27
80	34	42	51	66	81	97	126	156	187	205	234	263	293	350	1.26
90	38	46	56	72	89	106	134	171	204	224	265	287	320	384	1.26
100	41	50	61	78	96	114	149	186	220	242	277	311	347	416	1.25
120	52	63	77	99	122	145	189	236	280	308	352	395	440	527	1.22

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/steam-mains-and-drainage.asp> ⁽¹⁴⁾

Como se mencionó en el capítulo #1, el distribuidor de vapor está formado por una tubería de 6 pulgadas (150mm) de diámetro y el calentamiento de las líneas de vapor es supervisado, entonces revisando la tabla # 10, vemos que las dimensiones mínimas son:

Diámetro de la PEC: 100mm (4")

Longitud mínima de la PEC: 250mm

Ahora se procederá a dimensionar la tubería de retorno de condensado de la PEC del distribuidor y para ello se debe de saber la cantidad de condensado que pasará a través del distribuidor, para lo cual se revisa la sección "How to trap steam distribution systems⁽²⁾" en la página CG-24, la cual indica que para calcular la cantidad de condensado que se formará en un distribuidor de vapor durante el arranque, se debe de seleccionar un porcentaje de arrastre de lodos y condensado, que típicamente es del 10% de la carga total de vapor que manejará el distribuidor.

La cantidad de condensado que llegará al distribuidor durante el arranque de la caldera es de 345 lb/h (157Kg/h) ya que se tiene en funcionamiento una caldera de 100 BHp

Para dimensionar la tubería se debe de conocer las condiciones de servicio de la tubería, y para ello recurrimos a la figura 3.3 que muestra el diseño de la tubería de retorno de condensado del distribuidor de vapor.

Como se puede apreciar en la figura 3.3, la línea de retorno de condensado tiene un tramo en el cual se aumenta su altura 3m por lo que hay que añadir 0.3 bar (4.41psi) a la presión de retorno de la

línea y confirmamos que la tubería de drenaje de condensado va a estar inundada y por lo tanto empleamos al figura 3.2 para dimensionar la tubería de retorno de condensado. La longitud de la tubería de vapor hasta el distribuidor es de 8.43 m.

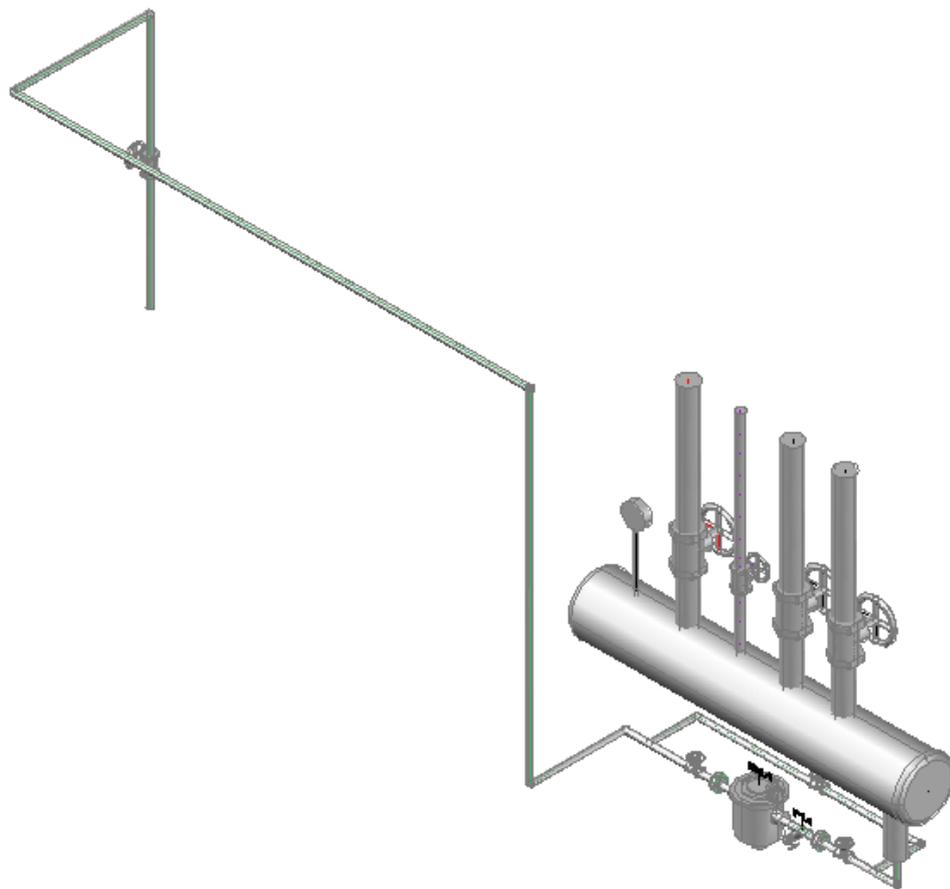


FIGURA 3.3 DISEÑO DE LA PEC Y DE LA LÍNEA DE RETORNO DE CONDENSADO DEL DISTRIBUIDOR DE VAPOR.

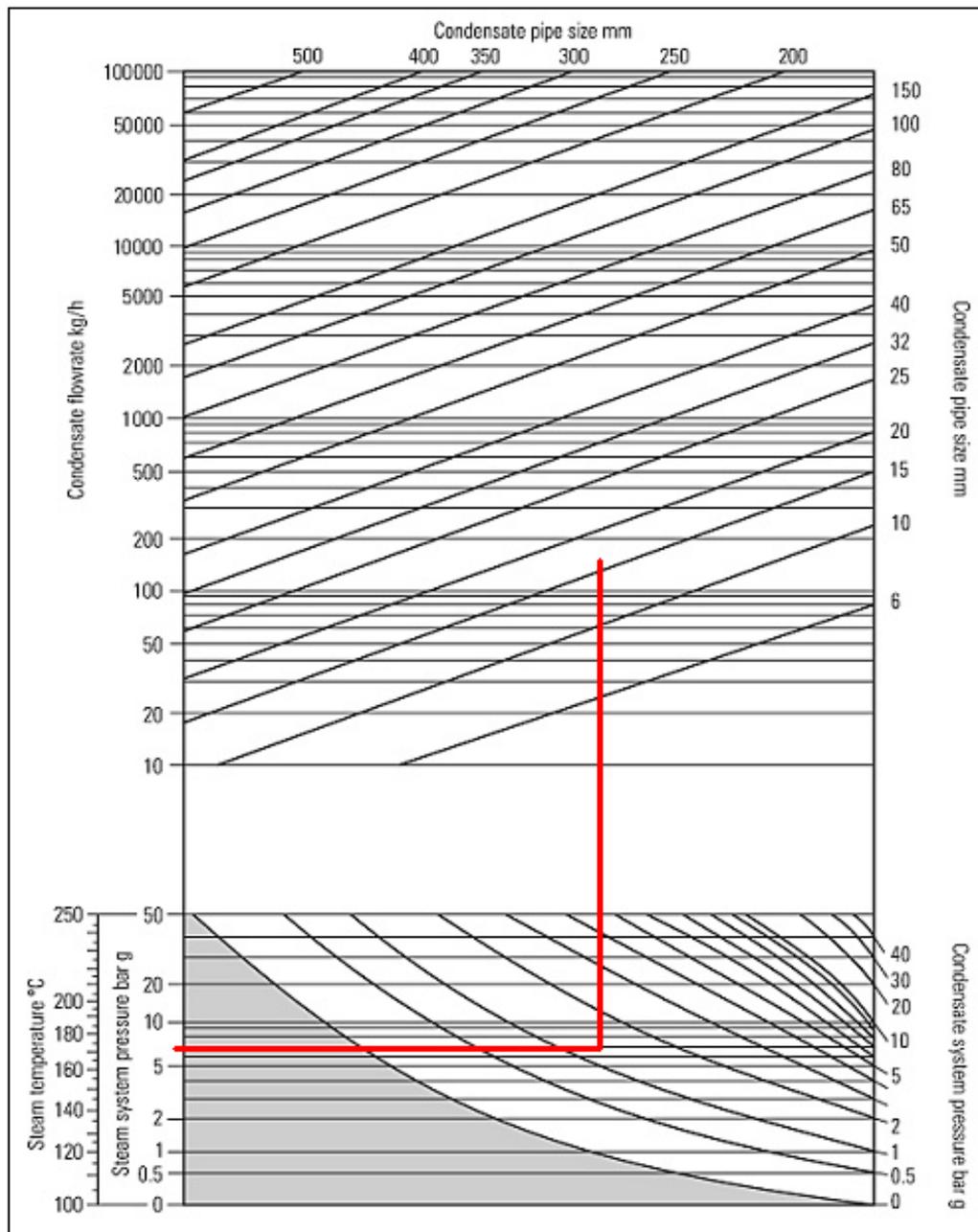


FIGURA 3.4 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ DEL DISTRIBUIDOR DE VAPOR

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

Los datos que se requieren para dimensionar la tubería son los siguientes:

Flujo de condensado: 157 Kg/h

Presión del vapor: 100 psig \approx 6.8 barg

Presión de retorno de condensado: $15 + 4.41 \text{ psi} = 19.41 \text{ psig} \approx$
1.32bar

Como se observa en la figura 3.4, la tubería necesaria para drenar el condensado y llevarlo hasta el tanque flash es una tubería de 20mm (3/4") de diámetro.

3.2.2. Dimensionamiento de las piernas de extracción de condensado de la línea principal de distribución de vapor.

La línea principal de distribución de vapor contará con 3 piernas de extracción de condensado. La primera PEC estará a los 40.52 m del distribuidor de vapor; la segunda estará al final de la línea 1, a los 28.76 m de la primera PEC; y la tercera estará al final de la línea 2, a una distancia de 34.75 m del inicio de la línea.

Para diseñar las PEC se tomará como referencia la PEC que tenga la mayor tasa de condensado que sería la primera. Entonces para hacer el diseño, tomamos los datos de la tabla #10 para PEC de

líneas de 80mm de diámetro con calentamiento de la tubería supervisado.

Las dimensiones mínimas requeridas de las PEC serán:

Diámetro de la PEC: 80mm (3")

Longitud mínima de la PEC: 250mm

La figura 3.5 muestra el diseño de las piernas de extracción de condensado de las líneas de distribución de vapor.

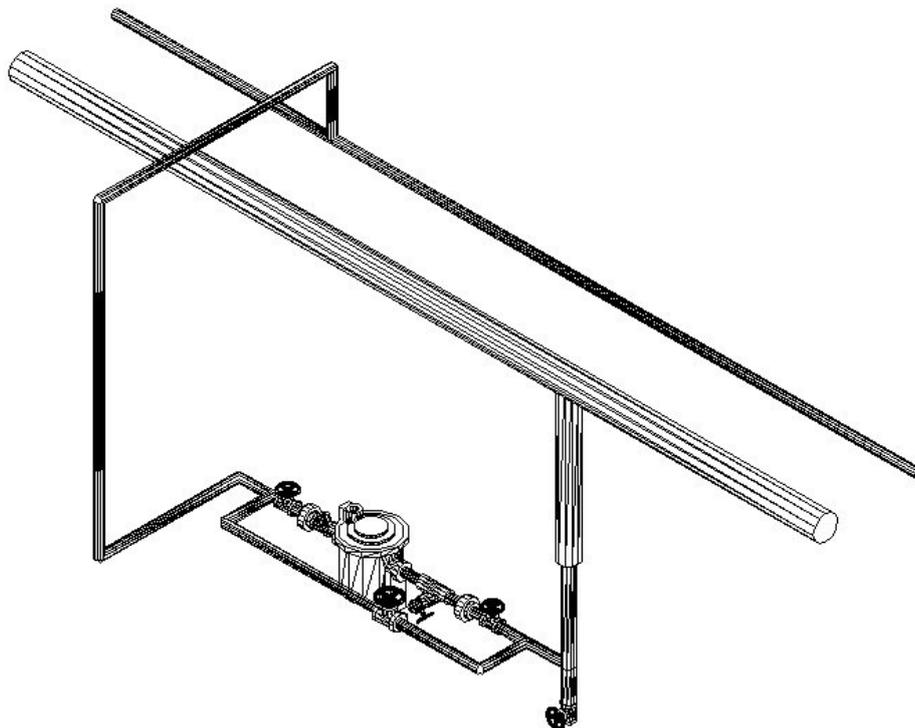


FIGURA 3.5. DISEÑO DE LA PEC DE LA LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

Para calcular el diámetro de la tubería de drenaje de condensado utilizamos la figura 3.2 debido a que la condición de servicio de la línea de retorno de condensado es estar inundada, pero primero se calcula la cantidad de condensado que se forma en condiciones de servicio en la tubería de distribución de vapor y para ello recurrimos a la tabla # 11.

Como se observa, para una tubería de 80mm de diámetro a 100 psig, la cantidad de condensado que se forma cada 50m de tubería es 12 Kg/h.

Haciendo una sencilla relación obtenemos que para 40.52 m de tubería, la cantidad de condensado que se forma es 9.73 Kg/h. A ésta cantidad la multiplicamos por 3 para estimar la cantidad de condensado que se formará durante el calentamiento de la tubería de distribución de vapor, obteniendo un flujo de condensado de 29.17 Kg/h.

Los datos que se requieren para dimensionar la tubería son los siguientes:

Flujo de condensado: 29.17Kg/h

Presión del vapor: 100 psig \approx 6.8 barg

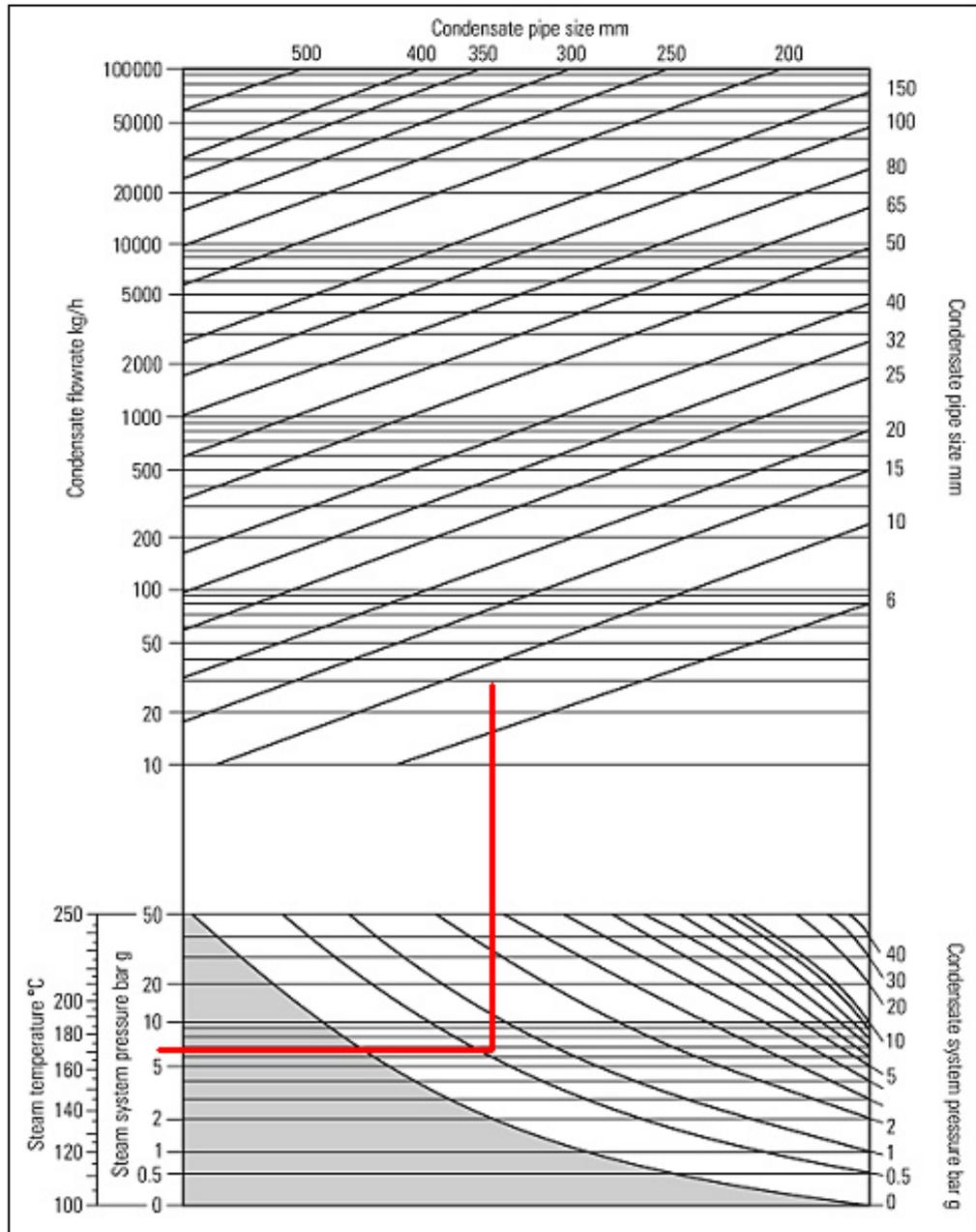


FIGURA 3.6 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ PARA LAS PEC DE LA LÍNEA PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

Presión de retorno de condensado: $15\text{psig} + 1.47\text{ psi} = 16.47\text{ psig}$
 $\approx 1.12\text{ barg.}$

El valor de 1.47 psig es para compensar la caída de presión para elevar el condensado 1m hasta la tubería de retorno de condensado.

Ingresando estos valores en la figura 3.2 se observa que la tubería que deberíamos seleccionar es de 10mm de diámetro, pero debido a que este no es un calibre comercial, se selecciona una tubería de 15mm (1/2") de diámetro (ver figura 3.6).

3.2.3. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado del intercambiador de calor del cuarto de máquinas.

El intercambiador de calor posee dos líneas de drenaje de condensado, la primera se encuentra en el sistema de reducción de presión y la segunda se encuentra en el intercambiador propiamente dicho. Ambas líneas no se encuentran inundadas ya que el diseño favorece el drenaje del condensado y por ello podemos emplear la tabla #9 para dimensionar la tubería de drenaje de condensado.

Para dimensionar la tubería de drenaje de condensado del sistema de reducción de presión, primero se debe determinar cuanto condensado se forma en la línea de distribución de vapor hasta llegar al secador. Hay que recordar que la líneas de distribución de vapor hasta el secador de sistema de reducción de vapor tiene 18.49 m de longitud, la tubería tiene un diámetro de 32mm (1-1/2") y una presión de 100 psig (6.8barg).

En la tabla #10 se observa que no existe información para tuberías de vapor menores que 500 mm (2"), por lo que se asume que la cantidad de condensado que se formará en 50m de tubería de 32mm (1-1/2") es aproximadamente igual a la cantidad de condensado que se formaría en 50m de tubería si esta fuera de 50mm (2") de diámetro a 100psig (6.8barg). Entonces la cantidad de condensado en 50m de tubería sería 8Kg/h.

Haciendo una sencilla relación matemática tenemos que la cantidad de condensado que se forma es 2.96 Kg/h y multiplicando este valor por 3 para estimar la cantidad de condensado al arranque, finalmente tenemos que la cantidad de condensado será de 8.88 Kg/h.

Los datos que se requieren para dimensionar la tubería son los siguientes:

Flujo de condensado: 8.88 Kg/h

Presión del vapor: 100 psig \approx 6.8 barg

Presión de retorno de condensado: 15 psig \approx 1 barg

Siguiendo las recomendaciones hechas anteriormente, para tuberías de condensado de menos de 10m de longitud, la velocidad del fluido no debe ser mayor de 1.5m/s y la caída de presión no más de 200 mPa/metro⁽¹³⁾.

Revisando la tabla #9 tomando en consideración las recomendaciones antes expuestas, se selecciona una tubería de 15mm (1/2") de diámetro. Seleccionando esta tubería, la caída de presión será menor que 0.10 mbar/metro.

Ahora se procede a dimensionar la tubería de drenaje del intercambiador, como vimos en el capítulo anterior, el consumo de vapor del intercambiador es de 423.29 Kg/h en condiciones de servicio.

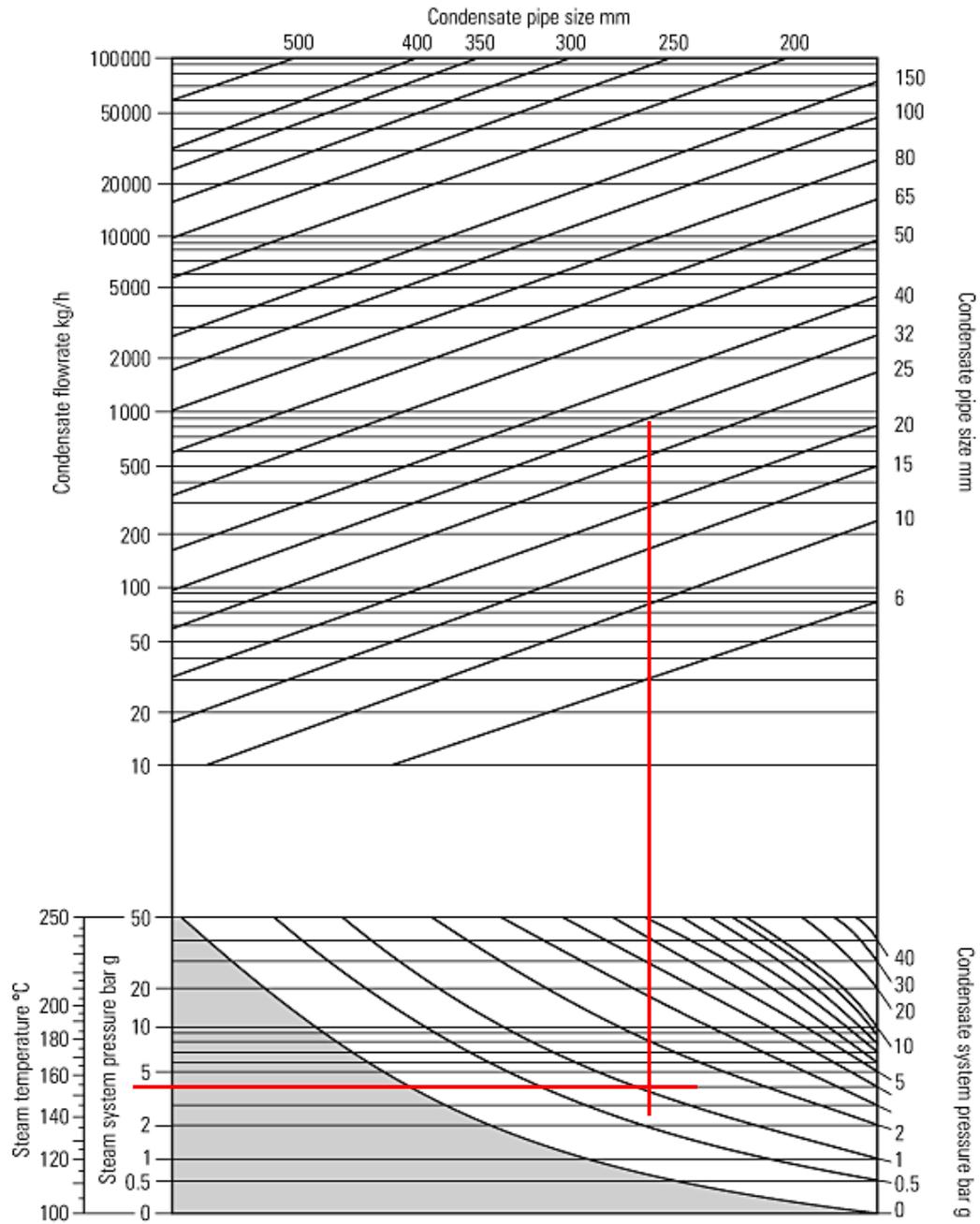


FIGURA 3.7 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ DEL DISTRIBUIDOR DE VAPOR.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

Para estimar la cantidad de condensado que se formará al arranque del equipo, se multiplica el consumo a condiciones de servicio por 2, lo que da un consumo de 846.58 Kg/h. Con este valor revisamos la tabla # 9 para dimensionar la tubería de drenaje de condensado tomando en consideración que para tuberías de condensado de menos de 10m de longitud, que es nuestro caso, la velocidad del fluido no debe ser mayor de 1.5m/s y la caída de presión no más de 200 mPa/metro⁽¹³⁾.

Viendo la tabla #9 se observa que la tubería de drenaje de condensado seleccionada es de 25mm (1") de diámetro, la misma que tendrá una caída de presión de 1.2mbar/metro.

Para verificar la correcta selección, se ingresan los datos en al figura 3.2 en donde se ve que la tubería adecuada para drenar el condensado el intercambiador de calor será una de 32mm (1-1/4") de diámetro (ver figura 3.7)

Para garantizar la remoción del condensado que se formará en el intercambiador de vapor seleccionamos una tubería de 32mm (1-1/4") de diámetro.

3.2.4. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado del equipo recubridor de tabletas.

El equipo recubridor de tabletas posee tres líneas de drenaje de condensado, la primera es la PEC del sistema de reducción de presión, la segunda es una PEC de la elevación de la línea de lleva el vapor hasta el recubridor a la presión de servicio y la tercera es la línea que sale del recubridor propiamente. Estas líneas se encuentran inundadas ya que tienen que elevar el condensado hasta las líneas de retorno respectivas y por este motivo debemos emplear la figura 3.2 para seleccionar la dimensión de la tubería.

El diseño del sistema de sistema de distribución de vapor y retorno de condensado del equipo recubridor se puede apreciar en la sección de planos (anexo 1).

Para dimensionar las piernas de extracción de condensado, escogemos como referencia la tubería que tenga mayor de cantidad de condensado pasando por ella.

Como se puede ver, la tubería que se escoge como referencia es la PEC que sale del secador de vapor. La longitud de la tubería de distribución de vapor que llega hasta el secador tiene 5.5 m de

longitud, un diámetro de 15mm y se encuentra a 100psig. Como la tabla #11, no indica la cantidad de vapor que se condensa en 50m de tubería de 15mm de diámetro a 100psig, entonces se toma como una aproximación la cantidad de condensado que se forma en 50m de tubería de 50mm de diámetro a 100psig. Entonces, la cantidad de condensado que se forma en la tubería de distribución del equipo recubridor es 8Kg/h por cada 50m de tubería.

Realizando una regla de tres simple se obtiene que para los 5.5m de tubería la cantidad de condensado que se forma es 0.88 Kg/h, multiplicando este valor por 3 para estimar la cantidad de condensado formado en el calentamiento de la tubería, nos queda que la carga máxima de condensado será 2.64 Kg/h.

Como se ha mencionado anteriormente, para una cantidad de condensado como esta, la tubería necesaria es una de 15mm (1/2") de diámetro.

Ahora procederemos a dimensionar la tubería de drenaje de condensado del equipo recubridor, la misma que tiene que elevar el condensado 6.61m desde el equipo hasta el nivel de la tubería de retorno de condensado respectiva. Para hacer el

dimensionamiento de esta tubería, empleamos la figura 3.2 en la cual ingresamos los siguientes datos:

Flujo de condensado: 25 Kg/h

Presión del vapor: 60 psig \approx 4.08 barg

Presión de retorno de condensado: 15psig + 9.72 psi = 24.72 psig
 \approx 1.68 barg.

El valor de 9.72 psig es para compensar la caída de presión para elevar el condensado 6.61m (0.661 bar) hasta la tubería de retorno de condensado.

Ingresando estos datos en la figura 3.2 se obtiene que la tubería necesaria es de apenas 6mm de diámetro, como esta tubería no es comercial, se selecciona una tubería de 15mm (1/2") de diámetro.

3.2.5. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado del autoclave de control de calidad.

El autoclave de control de calidad posee dos líneas de drenaje de condensado, la primera es la PEC del sistema de reducción de presión y la segunda es la línea de drenaje que sale del autoclave propiamente. La línea que sale del secador de vapor del sistema de reducción de presión se encuentra inundada ya que tienen que

elevar el condensado 2.88 m hasta la línea de retorno de condensado; mientras que la línea que sale del autoclave drena el condensado para posteriormente enviarlo al drenaje.

Para calcular la tubería del PEC del sistema de reducción de presión se debe determinar la cantidad de condensado que se forma en la línea de alimentación de vapor del autoclave. Esta tubería tiene una longitud de 11.75 m y posee un diámetro de 20mm (3/4").

Como se ha mencionado anteriormente, la tabla #11 no muestra la cantidad de condensado que se forma en tuberías de menor diámetro que 50mm, por lo que se utiliza como referencia el flujo de condensado que se forma cada 50m de tubería de 50mm a 100psig, que es 8 Kg/h.

Haciendo una regla de tres simple, se obtiene que la cantidad de condensado que se forma en los 11.75 m de longitud de la línea de alimentación de vapor es de 1.88 Kg/h, multiplicando este resultado por 3 para estimar la cantidad de condensado que se formaría durante el calentamiento de la tubería, la carga máxima estimada de condensado será 5.64 Kg/h.

Para este caudal de condensado, la figura 3.2 no presenta relación, por lo que se escoge una tubería de 15mm (1/2") de diámetro.

Para dimensionar la tubería de drenaje de condensado del autoclave, primero se debe saber que este equipo consume 85 Kg/h de vapor más el condensado que se forma en la tubería de alimentación que llega hasta el autoclave, que tiene una longitud total de 10.85 metros.

Haciendo un cálculo similar a la que se hizo para estimar la cantidad de condensado que llega hasta la PEC del sistema de reducción de presión, queda que la cantidad de condensado que se forma en el tramo aguas debajo del SRP es 1.74 Kg/h.

Para hacer el dimensionamiento de esta tubería, se emplea la figura 3.2 en la cual ingresamos los siguientes datos:

Flujo de condensado: $85 + 1.74 \text{ Kg/h} = 86.74 \text{ Kg/h}$

Presión del vapor: $60 \text{ psig} \approx 4.08 \text{ barg}$

Presión de retorno de condensado: Presión atmosférica = 0 barg .

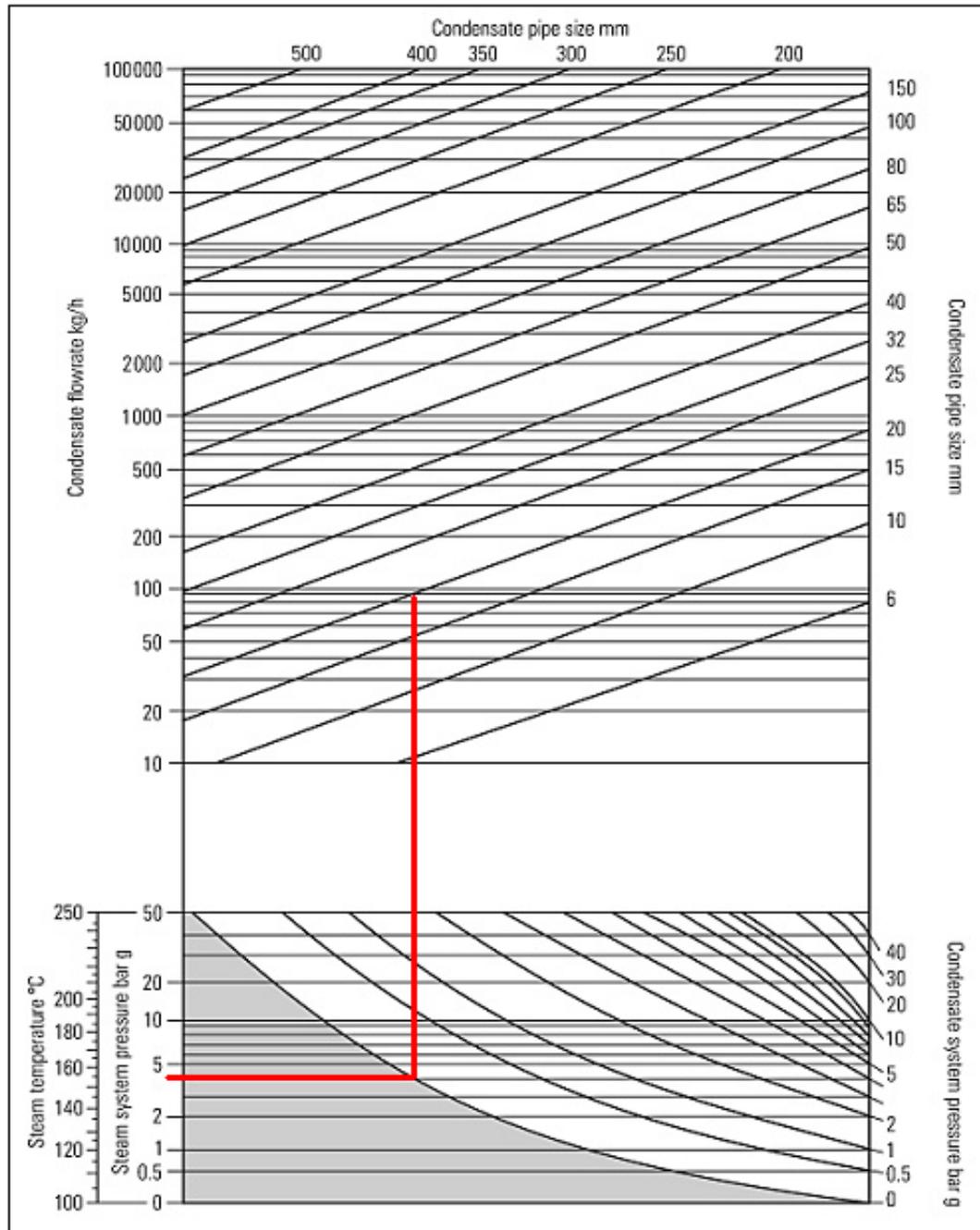


FIGURA 3.8 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ DEL AUTOCLAVE DE CONTROL DE CALIDAD.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

Ingresando estos datos en la figura 3.2 se aprecia que la tubería necesaria a la salida del autoclave es de 20mm de diámetro, como para la figura 3.2 no da dimensiona tuberías para caudales menores de 10 Kg/h, entonces se selecciona una tubería de 15mm (1/2") de diámetro para el tramo de tubería de alimentación de vapor (ver figura 3.8).

3.2.6. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado del tanque de agua deionizada caliente.

El tanque de agua deionizada caliente posee dos líneas de retorno de condensado, la primera que es para el condensado que llega hasta el secador de vapor del sistema de reducción de vapor, y al segunda es la línea de retorno de condensado a 30psig que sale del tanque de agua deionizada.

Para calcular la cantidad de condensado que se forma en la línea de alimentación del tanque de agua deionizada caliente primero se debe determinar cual es su longitud. Haciendo las mediciones respectivas se observa que la línea de alimentación tiene una longitud de 1.57m. Haciendo los calculas de la forma antes desarrollada obtenemos una cantidad de 0.7536 Kg/h de condensado que llegan hasta el secador de vapor. Como se ha

visto anteriormente, la cantidad de vapor que se condensa a lo largo de la tubería de alimentación de no es muy alta, por lo que se selecciona una tubería de 15mm (1/2") de diámetro.

Para dimensionar la tubería de drenaje de condensado que sale del taque de agua deionizada caliente, se debe de saber las condiciones de servicio y el caudal de condensado a mover.

Las condiciones de servicio son: presión del vapor 30 psig (≈ 2.04 barg), presión de retorno de condensado = presión atmosférica (0 barg) y la tubería se encontrara inundada ya que debe elevar el condensado 1.3metros. El consumo de vapor por el tanque de agua deionizada en condiciones de servicio es 54 Kg/h. Para estimar la cantidad de vapor que se consume durante el calentamiento se multiplica esta cantidad por 2, lo que nos queda un consumo máximo estimado de 108 Kg/h durante el calentamiento.

Para hacer el dimensionamiento de esta tubería, se utiliza la figura 3.2 en la cual ingresamos los siguientes datos:

Flujo de condensado: 108 Kg/h

Presión del vapor: 30 psig ≈ 2.04 barg

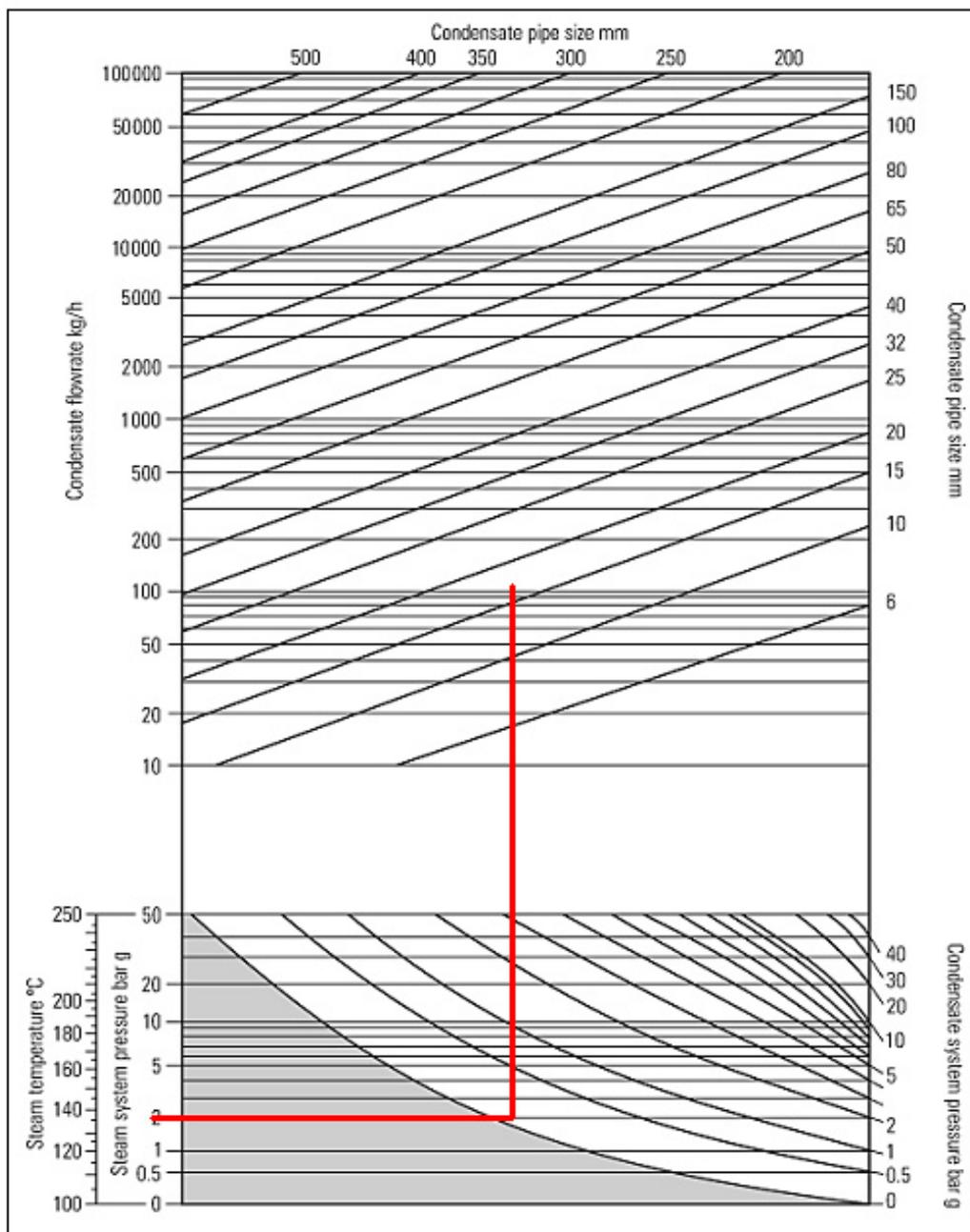


FIGURA 3.9 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ DEL TANQUE DE AGUA DESIONIZADA CALIENTE.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

Presión de retorno de condensado: $0 + 0.12 \text{ barg.} = 0.12 \text{ barg} \approx$
 1.764 psig

El valor de 0.12 barg es para compensar la caída de presión para elevar el condensado 1.2m (1.764 psig) hasta la tubería de retorno de condensado.

Ingresando estos datos en la figura 3.2 se aprecia que la tubería necesaria para drenar el condensado del tanque de agua deionizada caliente es de 20mm (3/4") de diámetro.

3.2.7. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado del secador de granulado.

El secador de granulado tiene sólo una línea de retorno de condensado, la empieza a la salida del secador y llega al tanque de retorno de condensado. Lo interesante de en cuanto al dimensionamiento de esta tubería radica que el equipo modula la presión del vapor según sus requerimientos, por lo que hay que tener presente esta cualidad, además que el condensado debe subir por la tubería 5.41m hasta llegar al nivel de la tubería de retorno.

Para dimensionar las tuberías de drenaje de condensado que se encuentran inundados empleamos la figura 3.2 sabiendo las condiciones de servicio del equipo y el caudal de condensado a mover por la tubería.

El consumo de vapor del secador es 9 Kg/h y la cantidad de condensado que se forma en la tubería de alimentación es de 2.144 Kg/h, dando un total de 11.144Kg/h de condensado.

Las condiciones extremas de servicio del equipo son:

Presión mínima: 10psig

Presión máxima: 100 psig.

Presión de retorno de condensado: presión atmosférica.

Como con los datos obtenidos no se puede emplear la figura 3.2, seleccionamos una tubería de 15mm (1/2") de diámetro, ya que si se revisa la tabla #9 se aprecia que la cantidad mínima que puede drenar la tubería de 15mm es 50Kg/h de condensado.

3.2.8. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado de los cuartos de lavado de equipo Cefas, manufactura de líquidos y manufactura de cremas.

Se preguntarán porque en este punto se dimensiona las líneas de drenaje de condensado de estos cuatro cuartos, esto es debido a que todos estas áreas tienen en común que sólo se retorna el condensado que se drena por el secador de vapor de sus respectivos sistemas de reducción de presión.

Haciendo los mismos cálculos que se han hecho en los casos anteriores para calcular la cantidad de condensado que llega hasta los secadores de vapor, se calcula la cantidad de condensado correspondiente. En la tabla # 12 se detallan la cantidad de condensado que se forma en las PEC de los sistemas de reducción de presión correspondiente:

Como en los casos anteriores, el condensado que se drena por el secador de vapor no alcanza los 10 Kg/h por lo que se selecciona para todos los casos, una tubería de 15mm (1/2") de diámetro hasta llegar a las tuberías de retorno de condensado.

TABLA #13

CANTIDAD DE CONDENSADO DE LAS PEC DE LOS CUARTOS DE LAVADO DE EQUIPOS CEFAS, MANUFACTURA DE LÍQUIDOS Y MANUFACTURA DE CREMAS.

Equipo	Longitud de tubería de vapor (m)	Cantidad de Condensado (Kg/h)
PEC Lavado equipos Cefas	11.50	5.520
PEC Manufactura líquidos	4.30	2.064
PEC Manufactura Cremas	4.85	2.328

3.2.9. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado del cuarto de aguas especiales.

Para dimensionar la tubería de retorno de condensado del cuarto de aguas especiales se emplea la figura 3.2 sabiendo que ésta área tiene un consumo de 795 Kg/h de vapor.

Las condiciones de operación de la tubería son:

Presión del vapor: 100 psig \approx 6.8 barg

Presión de retorno de condensado: 15 psig \approx 1.02 psig

Entonces ingresando estos datos en la figura 3.2 se observa que la tubería de retorno de condensado debe de tener 40mm (1-1/2") de diámetro (ver figura 3.10).

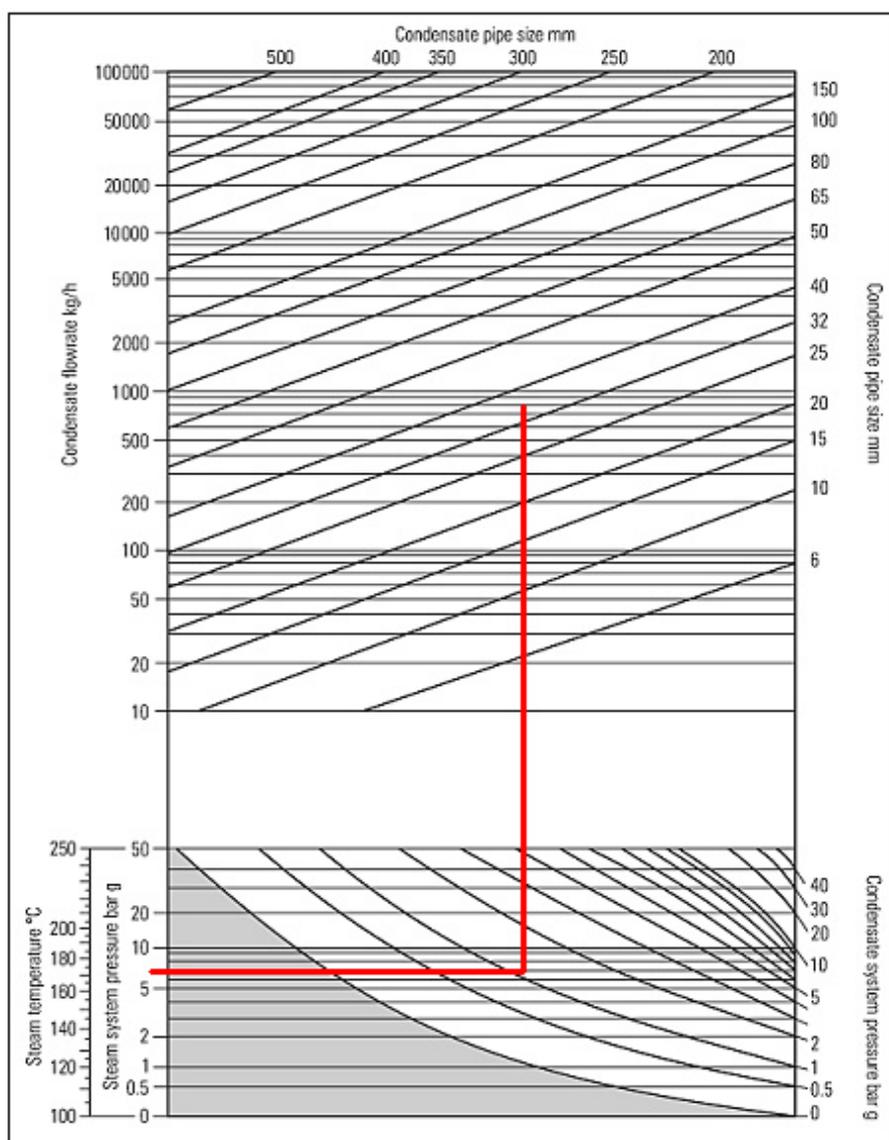


FIGURA 3.10 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ DEL CUARTO DE AGUAS ESPECIALES.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

3.2.10. Dimensionamiento de las líneas de retorno de condensado.

Como se mencionado antes en este capítulo, una de las mejoras más fácilmente apreciables es la instalación de dos líneas de retorno de condensado adicionales, dando un total de cuatro líneas. Estas líneas de llevarán el condensado desde su punto de origen hasta el tanque flash, para el condensado a 100 y 60 psig; y hasta el tanque de alimentación diaria, para el condensado a 30psig y el que se origina en el secador de granulado.

En esta sección se dimensionará las cuatro líneas de retorno de condensado, empezando por la línea que conduce el condensado a mayor presión hasta finalizar con la líneas que sale del secador de granulado.

Hay que recordar que las condiciones de servicio de las cuatro líneas de retorno de condensado es estar inundadas por las limitaciones expuestas al inicio de este capítulo y en los capítulos anteriores.

3.2.10.1. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado a 100 psig.

Al igual que en los casos anteriores, para hacer el dimensionamiento de la tubería de retorno de condensado se utiliza la figura 3.2.

Para hacer el correcto dimensionamiento esta la tubería se debe conocer el los caudales que llegan a esta desde los diferentes puntos de origen, los mismos que se presentan en la tabla # 13.

Tabla # 14

Cantidad de condensado a 100psig por equipo

Equipo	Cantidad de Condensado (Kg/h)
PEC Distribuidor de Calor	5.058
PEC Intercambiador de calor	8.875
Equipo Deshumidificador	50
PEC Cuarto Recubrimiento	2.64
PEC Cuarto Granulación N.L.	10.75
PEC Control de Calidad	5.64
PEC Tanque agua Deionizada	0.7536
PEC Cuarto Prep. Líquidos	2.064

PEC Cuarto Prep. Cremas.	2.328
PEC Lavado Equipos Cefas	5.52
Cuarto Aguas Especiales	608
PEC Línea distribución vapor	29.17

La cantidad total de condensado que manejará la línea de retorno de condensado a 100 psig es de 728.75 Kg/h.

Como ya se dimensionó la tubería que retorno de condensado del cuarto de aguas especiales, que debe tener 40mm (1-1/2") de diámetro, sólo queda dimensionar la tubería de retorno de condensado a 100 psig, para ello se utiliza la figura 3.2 ya que esta tubería va a estar inundada.

Trazando las líneas que denoten las condiciones de servicio de la tubería de retorno de condensado en la figura 3.2, se puede apreciar que la tubería debe de ser de 40mm (1-1/2").

Si se observa la figura 3.11, se aprecia que las líneas que denotan la dimensión de la tubería y la línea de denota el caudal de condensado están casi x-distante, por tal razón se selecciona una tubería de 40mm (1-1/2") para facilitar la

circulación del condensado y el vapor flash que se formará dentro de esta línea.

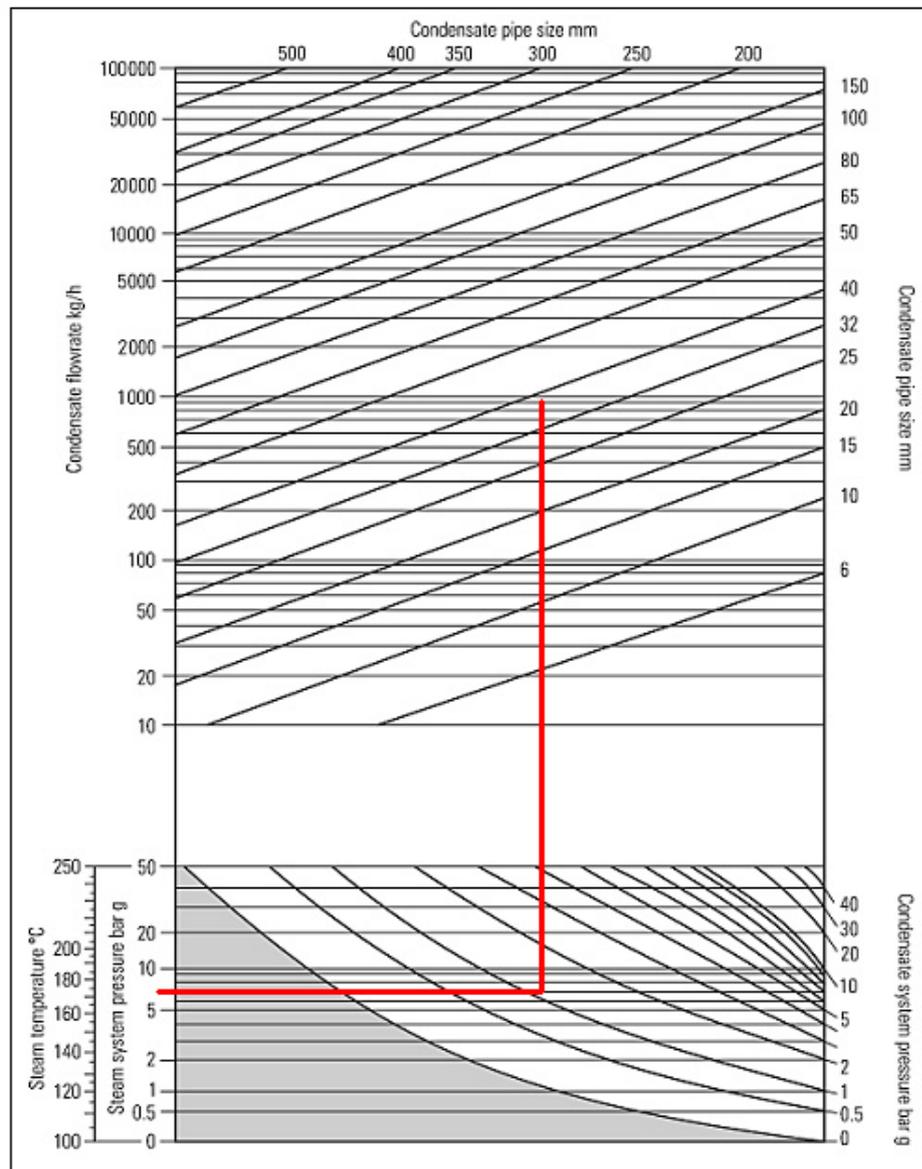


FIGURA 3.11 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ PRINCIPAL A 100 PSIG.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

3.2.10.2. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado a 60 psig.

Para hacer el correcto dimensionamiento esta la tubería se debe conocer los caudales que llegan a ésta desde los diferentes puntos de origen, los mismos que se presentan en la tabla # 14.

Tabla # 15

Cantidad de condensado a 60psig por equipo

Equipo	Cantidad de Condensado (Kg/h)
Intercambiador de calor	423.29
Equipo Recubrimientor	25
Control de Calidad	85

La cantidad total de condensado que manejará la línea de retorno de condensado a 60psig es de 533.29 Kg/h.

Hay que acotar que el condensado que utiliza el autoclave de control de calidad no se retorna, por lo que en realidad la cantidad de condensado que manejará esta tubería es de 448.29 Kg/h.

La línea de retorno de condensado estará compuesta por dos tramos de diferentes diámetros, el primer tramo que empieza en el equipo recubridor hasta llegar al intercambiador de calor, y el segundo tramo, desde intercambiador de calor hasta el tanque flash.

El diámetro del primer tramo será igual al diámetro de la línea de condensado que sale del recubridos, en otras palabras de 15mm (1/2").

Para calcular el diámetro de la segunda parte de la línea, que es la línea que llevara el condensado del recubridor y del intercambiador, hacemos el siguiente cálculo.

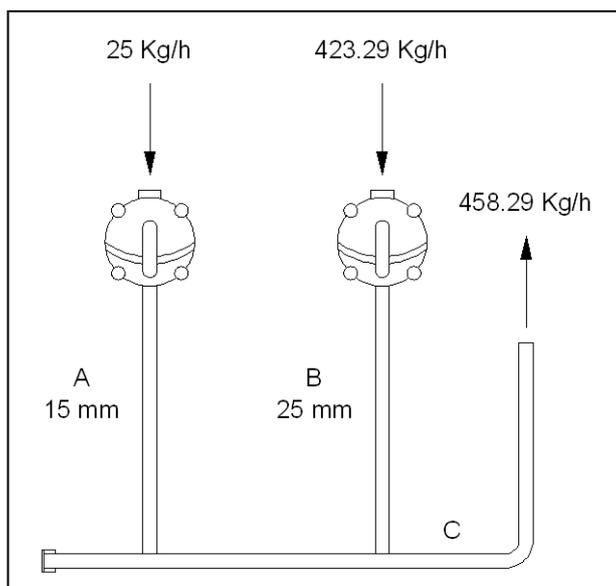


Figura 3.12 Esquema del diseño de la tubería de retorno de condensado a 60 psig.

$$C = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{15^2 + 25^2}$$

$$C = 29.15mm$$

En la figura 3.5, la tubería común "C", la misma que después de los cálculos debe de tener 29 mm de diámetro, como esta medida no es comercial, se selecciona una tubería de 32mm (1-1/4") para llevar el condensado a 60psig hasta el tanque flash.

Para verificar esta selección, se ingresan las condiciones de servicio de la tubería en la figura 3.2, la misma que nos sugiere una tubería de 25mm de diámetro (ver figura 3.13) para llevar el condensado hasta el tanque flash.

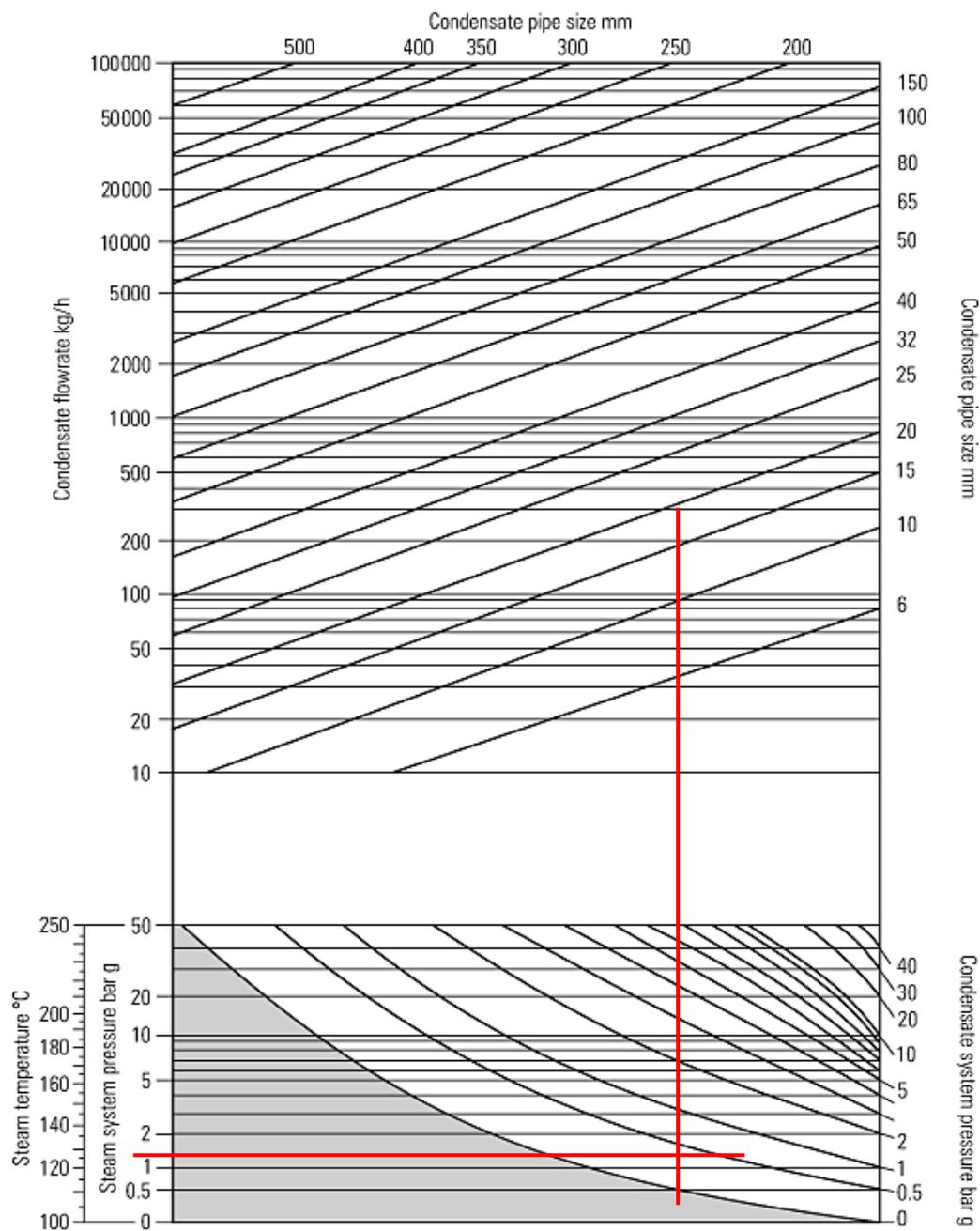


FIGURA 3.13 CARTA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ PRINCIPAL A 60 PSIG.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

3.2.10.3. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado a 30 psig.

Como el único equipo que trabaja a 30 psig es el tanque de agua deionizada caliente, la línea de retorno de condensado a 30 psig debe tener la misma dimensión que la línea de drenaje del tanque de agua deionizada caliente que es de 20mm (3/4") de diámetro.

3.2.10.4. Dimensionamiento de la línea de retorno de condensado del secador de granulado.

La línea que llevará el condensado del secador de granulado hasta el tanque de retorno de condensado debe tener la misma dimensión que la línea de drenaje del secador de granulado caliente que es de 15mm (1/2") de diámetro.

3.3. Selección de las trampas de vapor.

Antes de seleccionar cualquier tipo de trampa de vapor, primero se debe de saber para qué sirven las trampas de vapor, qué tipos de trampas de vapor existen y cuál es su principio de funcionamiento.

¿Para qué sirven las trampas de vapor?

Las trampas de vapor son una parte esencial de cualquier sistema de vapor ya que es indispensable para el buen manejo del vapor y del condensado, manteniendo el vapor dentro de los procesos para obtener mayor tiempo de utilización del vapor, pero liberando el condensado y gases incondensables en el tiempo apropiado.

Una trampa de vapor literalmente purga el condensado, también como el aire y otros gases incondensables, permitiendo al vapor alcanzar su destino con la mejor calidad posible para así poder desempeñar su tarea lo más eficiente y económicamente.

¿Qué tipos de trampas de vapor existen? Existen tres tipos básicos de trampas de vapor, que son:

- Termostática. Son trampas que operan por cambios en la temperatura del fluido. La temperatura del vapor saturado es determinada por su presión. El vapor tiene su entalpía de evaporación (calor latente de vaporización), produciendo condensado a la temperatura del vapor. Como resultado de cualquier pérdida de calor, la temperatura del condensado disminuirá. Una trampa termostática dejará pasar el condensado cuando esta menor temperatura sea sensada. Cuando el vapor

nuevamente alcanza la trampa, la temperatura se incrementa y la trampa se cierra.

- **Mecánicas.** Son trampas operadas por cambios en la densidad del fluido. Estas trampas operan sensando la diferencia en la densidad entre el vapor y el condensado. Estas trampas de vapor incluyen las trampas de flotador y las de balde invertido. En las trampas de flotador, el flotador se eleva en presencia de condensado, operando una válvula por la cual pasa el condensado. En las trampas de balde invertido, el balde invertido flota cuando el vapor alcanza la trampa, elevándolo para cerrar el válvula de paso.
- **Termodinámica.** Son trampas que operan por cambios en la dinámica del fluido. Estas trampas de vapor basan su funcionamiento en la formación de vapor flash del condensado. En este grupo se incluyen las trampas de disco, impulso y de laberinto.

Como ya se tiene una idea general del principio de funcionamiento de las trampas de vapor, ahora se procederá a seleccionar cada una de las trampas de vapor para los equipos del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.

Es importante mencionar que la selección de las trampas de vapor depende mucho del fabricante, ya que cada uno ha agregado características especiales a las trampas, dependiendo de cual sea su trampa de vapor insignia.

Para seleccionar las trampas de vapor del nuevo sistema de retorno de condensado utilizaremos el software Steam-A-Ware de la marca Armstrong. Otra forma de seleccionar las trampas de vapor es utilizar las tablas de selección de trampas de vapor, como la que se encuentra en el libro Solution source for steam, air and hot water systems⁽²⁾ en la página CG-51.

Este permite seleccionar la trampa de acuerdo al tipo de equipo y/o sistema en donde la trampa va a prestar servicio. A continuación presentamos la primera pantalla del software para la selección de las trampas.

Como se puede apreciar, la primera pantalla del programa Steam-A-ware tiene 11 íconos para la selección de trampas de vapor según el equipo en donde va a prestar servicio y un icono adicional para seleccionar trampas de vapor cuando se conocen los datos para la selección como el flujo de condensado, la presión de trabajo, la

presión de retorno y el factor de seguridad. Adicionalmente en la parte inferior derecha de la pantalla ahí una viñeta en la cual se escoge las unidades en la cuales se desea hacer la selección de las trampas. Esta pantalla se muestra en la figura 3.14.

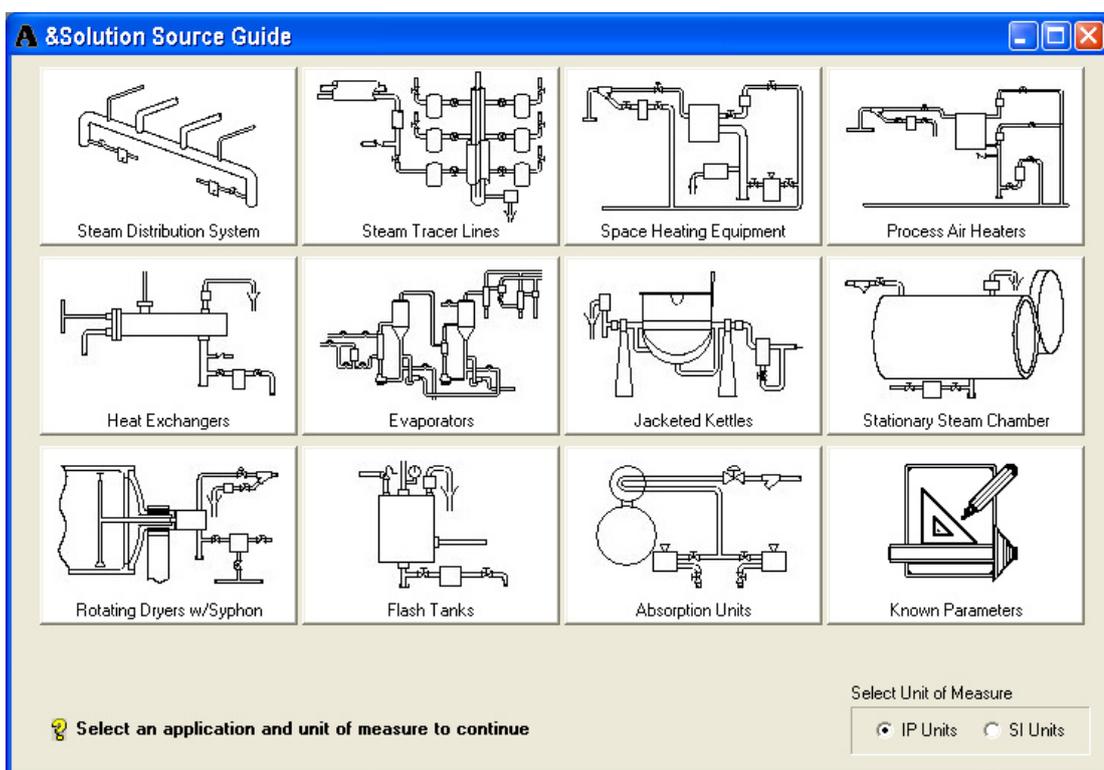


FIGURA 3.14 PANTALLA INICIAL PARA LA SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR

A continuación se efectuará la selección de dos trampas de vapor, la primera para el distribuidor de vapor y la segunda para el intercambiador de calor, para finalmente presentar un listado de las

trampas que se necesitarán en cada un de los equipos del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.

Selección de la trampa de vapor del distribuidor.

Seleccionando el icono “steam distribution system” el programa muestra una segunda pantalla en donde presenta cuatro tipos de sistemas de distribución de vapor que son, de izquierda a derecha, línea principal, línea secundaria, distribuidor de vapor, separador.

Seleccionando el icono correspondiente, el programa presenta la pantalla donde ingresamos los datos necesarios para seleccionar la trampa de vapor, la misma que se presenta en la figura 3.15.

Los datos que se ingresaron son los siguientes:

- Es una aplicación con vapor supercalentado con 50°F de supercalentamiento?, No, porque la caldera suministra vapor saturado.
- Carga de la caldera: 3450 Lbs/h de vapor
- Porcentaje de arrastre (típicamente 10%): 10%
- Máxima presión del vapor: 100psig
- Presión de la línea de retorno (contrapresión): 15 psig
- Temperatura ambiente mínima de diseño: 77°F (25°C)

- Es esta una aplicación sanitaria?, No.

Una vez que se llena los campos antes mencionados, el programa muestra una carga de condensado y la capacidad requerida de la trampa, la cual incluye el factor de seguridad, estos valores son 345 lb/h y 518 lb/h @ 85psig de presión diferencial, con un factor de seguridad de 1.5.

Steam Distribution System

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Describe Your Application Needs - Boiler Header

Is this a Superheat Application with > 50°F of Superheat? Yes No

Boiler Load

Carry-Over Percentage (Typ. 10%)

Maximum Steam Pressure

Return Line Pressure (Back Pressure)

Minimum Design Ambient Temperature

Superheat System Design Parameters

Max. Allowable Temperature

Max. Allowable Pressure

Is this a Sanitary Application? Yes No

Condensate Load

Required Capacity (1.5:1 SF)

<< Back Next >>

FIGURA 3.15 INGRESO DE DATOS PARA LA SELECCIÓN DE LA TRAMPA DEL DISTRIBUIDOR DE VAPOR.

La pantalla siguiente muestra los tipos de trampas de vapor que cumplen con los requerimientos específicos de operación, los

factores que influyen en la selección de las trampas y los tipos de trampas sugeridos por el fabricante, la figura 3.16 muestra esta pantalla.

Steam Distribution System

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

How Various Types of Steam Traps Meet Specific Operating Requirements

	Inverted Bucket	F&T	Disc	Thermostatic	DC	Bi-Metallic
Energy Conservation (Time in	Excellent	Good	Poor	Fair	Excellent (3)	Excellent
Resistance to Hydraulic Shock	Excellent	Poor	Excellent	Poor (4)	Excellent	Excellent
Performance on Very Light Loads	Excellent	Excellent	Poor	Excellent	Excellent	Excellent
Responsiveness to Slugs of	Immediate	Immediate	Delayed	Delayed	Immediate	Delayed
Ability to Handle Dirt	Excellent	Poor	Poor	Fair	Excellent	Fair
Mechanical Failure (Open-Closed)	Open	Closed	Open (8)	Both (9)	Open	Open

Notes

(1) Drainage of condensate is continuous. Discharge is intermittent.
 (2) Can be continuous on low load.
 (3) Excellent when "secondary steam" is utilized.
 (4) Bimetallic and wafer traps--good
 (5) Not recommended for low pressure operations
 (6) Cast iron traps not recommended
 (7) In welded stainless steel construction--medium.
 (8) Can fail closed due to dirt.
 (9) Can fail either open or closed depending upon the design of the bellows.

Recommended trap types for your application

Inverted Bucket (1st Choice)
 Float & Thermostatic (Alternate Choice)
 Disc (Alternate Choice)

Select one and press the 'Next' button

<< Back Next >>

FIGURA 3.16 FACTORES DE SELECCIÓN DE TRAMPAS.

Seleccionando la trampa que más conviene según las recomendaciones del fabricante, que para este caso es una trampa de tipo balde invertido.

En la pantalla siguiente, se ingresa la dirección del fluido a través de la trampa, sea esta horizontal, vertical, conexión universal a 360° o entrada lateral, descarga superior. Además en esta pantalla

se escoge el tipo de material del que va a estar fabricada la trampa, la figura 3.17 esta pantalla.

En esta pantalla se escogió que el fluido pasa horizontalmente y que el cuerpo de la trampa sea fabricado con hierro fundido, el cual tiene un capacidad de servicio de 250psig @ 450°F.

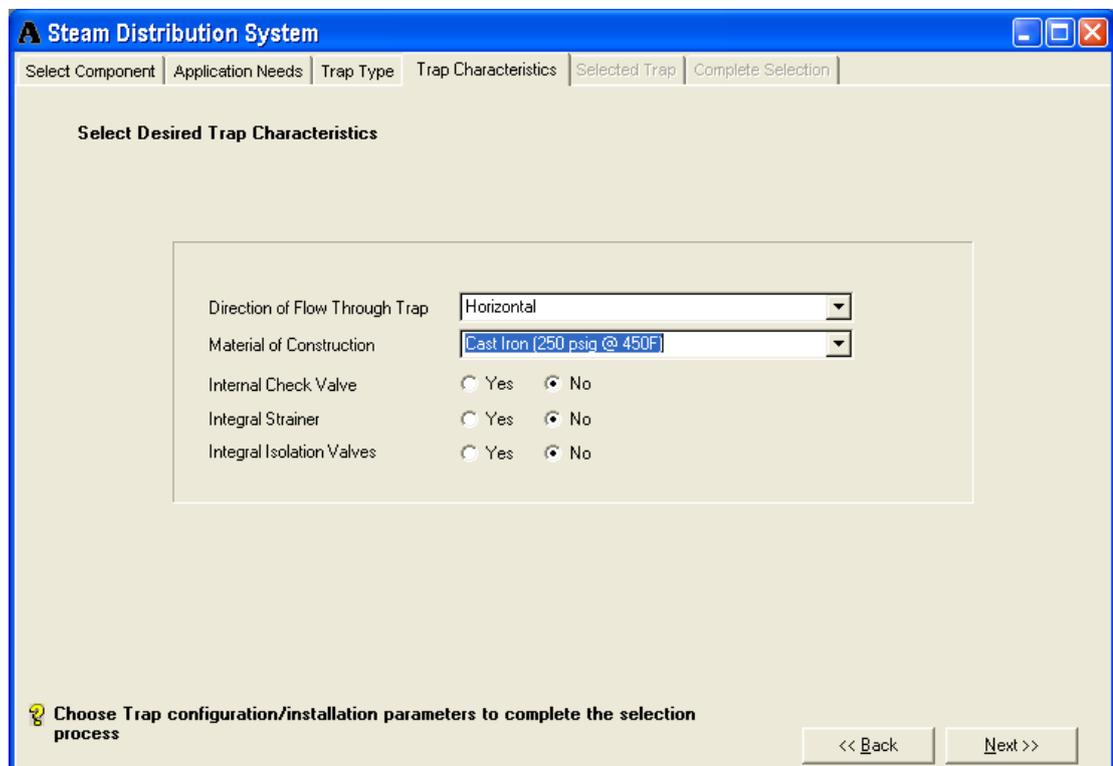


FIGURA 3.17 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TRAMPA DE VAPOR Y DIRECCIÓN DEL FLUIDO.

La pantalla siguiente muestra el modelo de la trampa que más se ajusta a las características de funcionamiento que se ingresaron,

para este caso específico. Esta pantalla muestra el modelo de la trampa, su máxima presión de servicio, el rango máximo de presión y temperatura permitida, la medida del orificio del balde invertido, la dirección del fluido a través de la trampa, el material del cuerpo de la trampa, su peso en libras, la cantidad de trampas necesarias para drenar el condensado y notas adicionales que complementan la selección de la trampa. La figura 3.18 muestra esta pantalla.

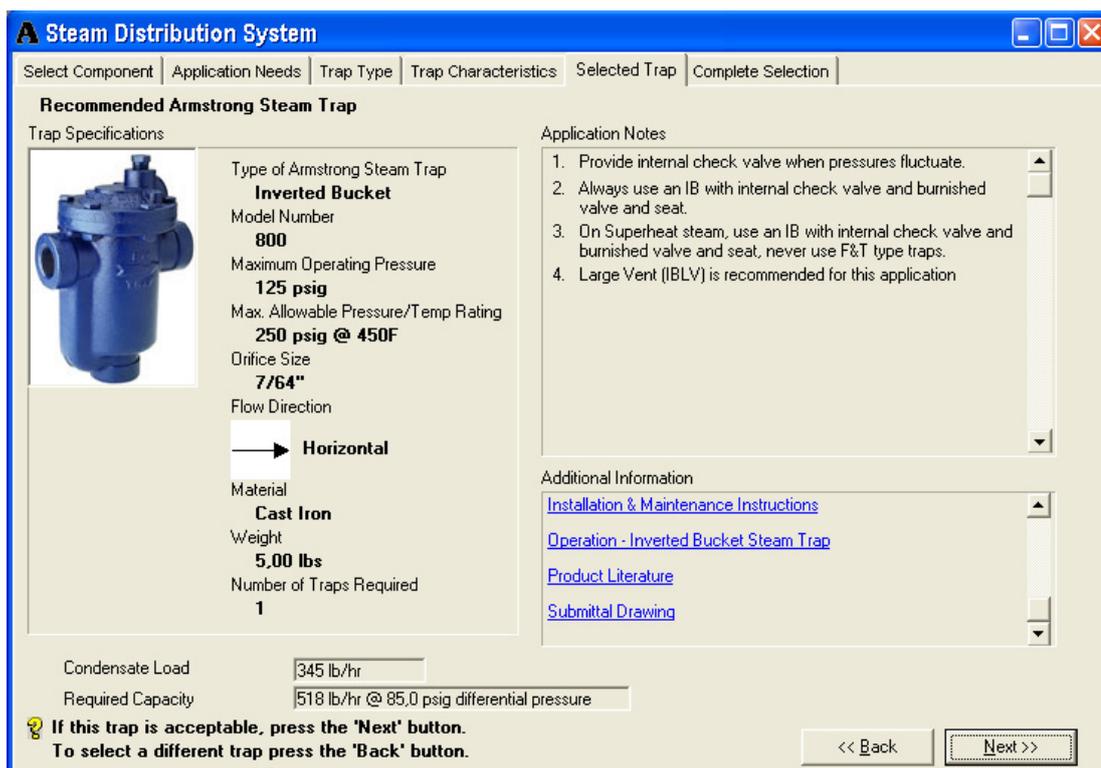


FIGURA 3.18 NOTAS PARA LA CORRECTA APLICACIÓN DE LA TRAMPA DE VAPOR.

En la última pantalla se selecciona el diámetro y tipo de conexión de la trampa de vapor. Como la tubería de retorno de condensado del distribuidor es de 20mm (3/4"), la cual seleccionamos previamente, entonces el diámetro de la conexión de la trampa también debe de ser de 20mm (3/4") y el tipo de conexión NPT.

Steam Distribution System

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Complete Selection

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
125 psig

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
250 psig @ 450F

Orifice Size
7/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
5,00 lbs

Number of Traps Required
1

Connection & Options

Connection Size (in) **3/4**

Connection Type **NPT**

Select Options

Thermic Vent Bucket up to 250 psi	<input type="checkbox"/>
Bucket Vent Scrub Wire	<input type="checkbox"/>
Stainless Steel Pop Drain	<input type="checkbox"/>
Probe Connection	<input type="checkbox"/>
Thermo Drain	<input type="checkbox"/>
Large Vent (IBLV)	<input checked="" type="checkbox"/>

Your Reference Information

By (Initials/Name)

Company Name

Selection Revision Level

Your Location ID Number

Condensate Load

Required Capacity

Comments/Special Instructions

 **Select optional components, then press the 'Finish' button to add this trap to your schedule**

FIGURA 3.19 PANTALLA DE SELECCIÓN DE DIAMETRO DE CONEXIÓN.

Selección de la trampa de vapor del Intercambiador de calor

Antes de seleccionar la trampa de vapor del intercambiador de vapor, primero seleccionaremos la trampa de vapor del separador

de humedad del sistema de reducción de vapor, teniendo en cuenta que la tubería que se seleccionó para drenar el condensado del separador es de 15mm (1/2”).

Seleccionando el icono “steam distribution system - Separator” el programa nos muestra una pantalla similar a la mostrada en la figura 3.15 en donde se ingresan los datos de las condiciones de servicio a las que trabajará el separador.

Los datos que se ingresaron son los siguientes:

- Es una aplicación con vapor supercalentado con 50°F de supercalentamiento?, No.
- Caudal de vapor por el separador: 935 Lbs/h de vapor
- Porcentaje de condensado (típicamente 1-20%): 10%
- Máxima presión del vapor: 100psig
- Presión de la línea de retorno (contrapresión): 15 psig
- Temperatura ambiente mínima de diseño: 77°F (25°C)
- Es esta una aplicación sanitaria?, No.

Una vez que se llena los campos antes mencionados, el programa muestra una carga de condensado y la capacidad requerida de la trampa, la cual incluye el factor de seguridad, estos valores son

94 lb/h y 281lb/h @ 85psig de presión diferencial, con un factor de seguridad de 3. Esta pantalla se muestra en la figura 3.20.

Steam Distribution System

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Describe Your Application Needs - Separator

Is this a Superheat Application with > 50°F of Superheat? Yes No

Separator Steam Flow Rating: 935 lb/hr

Percent of Condensate (Typ. 1-20%): 10 %

Maximum Steam Pressure: 100_ psig

Return Line Pressure (Back Pressure): 15 psig

Minimum Design Ambient Temperature: 77 F

Superheat System Design Parameters

Max. Allowable Temperature: F

Max. Allowable Pressure: psig

Is this a Sanitary Application? Yes No

Condensate Load: 94 lb/hr

Required Capacity (3:1 SF): 281 lb/hr @ 85.0 psig differential pressure

? Maximum Steam Pressure must be greater than Return Line Pressure (Back Pressure)

<< Back | Next >>

FIGURA 3.20 INGRESO DE DATOS PARA LA SELECCIÓN DE LA TRAMPA DEL SEPARADOR DE HUMEDAD DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.

La pantalla siguiente muestra los tipos de trampas de vapor que cumplen con los requerimientos específicos de operación, los factores que influyen en la selección de las trampas y los tipos de trampas sugeridos por el fabricante, la figura 3.21 muestra esta pantalla.

A Steam Distribution System

Select Component | Application Needs | **Trap Type** | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

How Various Types of Steam Traps Meet Specific Operating Requirements

	Inverted Bucket	F&T	Disc	Thermostatic	DC	Bi-Metallic
Energy Conservation (Time in	Excellent	Good	Poor	Fair	Excellent (3)	Excellent
Resistance to Hydraulic Shock	Excellent	Poor	Excellent	Poor (4)	Excellent	Excellent
Vents Air and CO2 at Steam	Yes	No	No	No	Yes	No
Performance on Very Light Loads	Excellent	Excellent	Poor	Excellent	Excellent	Excellent
Responsiveness to Slugs of	Immediate	Immediate	Delayed	Delayed	Immediate	Delayed
Ability to Handle Dirt	Excellent	Poor	Poor	Fair	Excellent	Fair
Mechanical Failure (Open-Closed)	Open	Closed	Open (8)	Both (9)	Open	Open

Notes

(1) Drainage of condensate is continuous. Discharge is intermittent.
 (2) Can be continuous on low load.
 (3) Excellent when "secondary steam" is utilized.
 (4) Bimetallic and wafer traps--good
 (5) Not recommended for low pressure operations
 (6) Cast iron traps not recommended
 (7) In welded stainless steel construction--medium.
 (8) Can fail closed due to dirt.
 (9) Can fail either open or closed depending upon the design of the bellows.

Recommended trap types for your application

- Inverted Bucket (1st Choice)**
- Differential Controller (Alternate Choice)
- Disc (Alternate Choice)

Select one and press the 'Next' button

<< Back Next >>

FIGURA 3.21 FACTORES DE SELECCIÓN DE LAS TRAMPAS.

Seleccionando la trampa que más conviene según las recomendaciones del fabricante, que en este caso es una trampa de tipo balde invertido.

La pantalla siguiente pide ingresar la dirección del fluido por la trampa, sea esta horizontal, vertical, conexión universal a 360° o entrada lateral, descarga superior. Además en esta pantalla se escoge el tipo de material del que va a estar fabricada la trampa. En esta pantalla se escogió que el fluido pasa horizontalmente y

que el cuerpo de la trampa sea fabricado con hierro fundido, el cual tiene un capacidad de servicio de 250psig @ 450°F.

La pantalla siguiente muestra los tipos de trampas de vapor que cumplen con los requerimientos específicos de operación, los factores que influyen en la selección de las trampas y los tipos de trampas sugeridos por el fabricante, que en este caso es una trampa de tipo balde invertido.

Esta pantalla muestra el modelo de la trampa, su máxima presión de servicio, el rango máximo de presión y temperatura permitida, la medida del orificio del balde invertido, la dirección del flujo de la trampa, el material del cuerpo de la trampa, su peso en libras, la cantidad de trampas necesarias para drenar el condensado y notas adicionales que complementan la selección de la trampa. La figura 3.22 muestra esta pantalla.

En la última pantalla se selecciona el diámetro y tipo de conexión de la trampa de vapor. Como la tubería de retorno de condensado del distribuidor es de 15mm (1/2"), la cual se seleccionó previamente, entonces el diámetro de la conexión de la trampa también debe de ser de 15mm (1/5") y el tipo de conexión NPT.

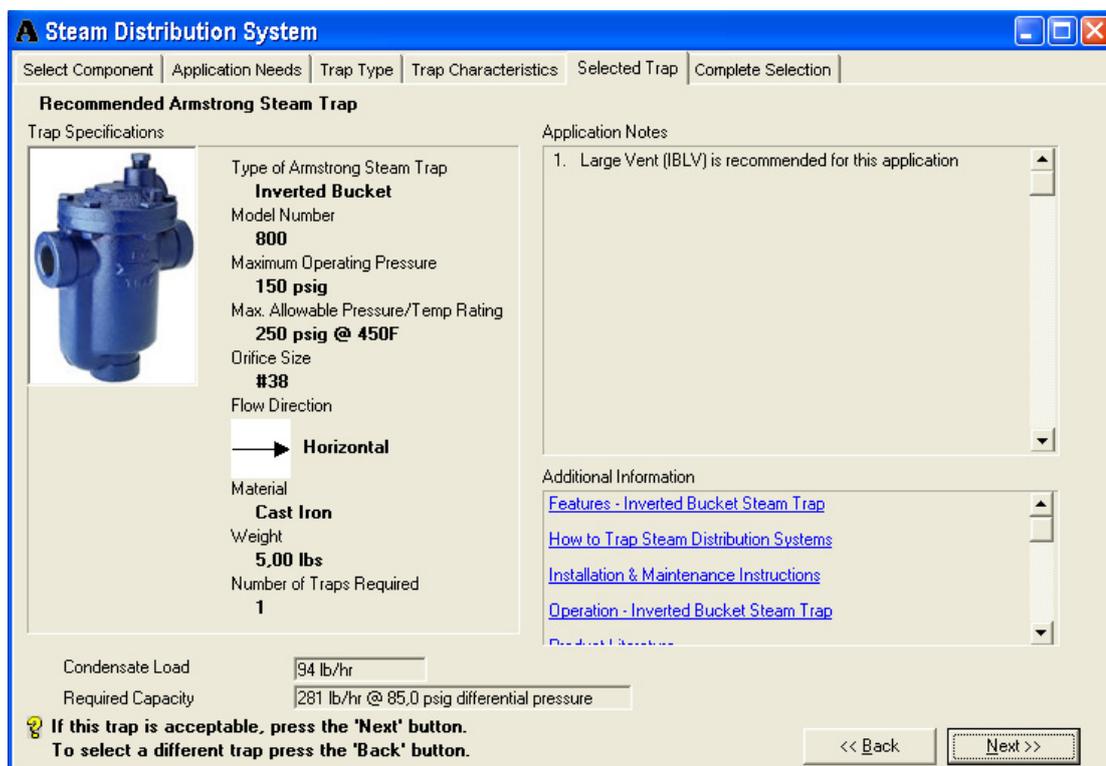


FIGURA 3.22 NOTAS PARA LA CORRECTA APLICACIÓN DE LA TRAMPA DE VAPOR

Ahora se selecciona la trampa de vapor del intercambiador de vapor y para ello seleccionamos el icono “heat exchanger – shell and tube”. A continuación el programa muestra una pantalla en donde se ingresan los datos de las condiciones de servicio a las que trabajará el intercambiador de calor, esta pantalla se muestra en la figura 3.23.

Heat Exchangers

Select Component | Parameter Check | SG/SH | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Describe Your Application Needs - Shell and Tube

Liquid Flow Rate: 47 gal/min

Product Entering Temperature: 122 F

Product Leaving Temperature: 158 F

Specific Gravity: 1,000

Specific Heat: 1,000 BTU/lb-F

Maximum Steam Pressure: 60 psig

Return Line Pressure (Back Pressure): 15 psig

Is Steam Pressure Modulating?
 Yes No

Is this a Freezing Environment?
 Yes No

Is this a Sanitary Application?
 Yes No

Condensate Load: 935 lb/hr

Required Capacity (2:1 SF): 1.871 lb/hr @ 45,0 psig differential pressure

<< Back Next >>

FIGURA 3.23 INGRESO DE DATOS PARA LA SELECCIÓN DE LA TRAMPA DE VAPOR DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

En la pantalla siguiente se ingresa la dirección del fluido por la trampa, sea esta horizontal, vertical, conexión universal a 360° o entrada lateral, descarga superior. Además en esta pantalla se escoge el tipo de material del que va a estar fabricada la trampa. En esta pantalla se escogió que el fluido pasa horizontalmente y que el cuerpo de la trampa sea fabricado con hierro fundido, el cual tiene un capacidad de servicio de 250psig @ 450°F.

La pantalla siguiente muestra los modelos de las trampas que más se ajustan a las características de funcionamiento que se ingresaron, para este caso específico. Para este caso, como primera opción se encuentra la trampa de balde invertido y como elección alternativa se encuentran las trampas de flotador – termostática y la trampa de controlador diferencial.

El escoger cualquiera de las tres opciones, en la pantalla en donde se describe la trampa de vapor, en la parte “Notas de la Aplicación”, en el numeral 1 se aprecia que la trampa de balde invertido podría tener problemas al arranque cuando la presión diferencial entre el intercambiador y la línea de retorno sea mínima (ver figura 3.24). Este es un factor muy importante cuando el equipo entre en funcionamiento ya en los primeros minutos de operación, el condensado no drenará adecuadamente. Para estos casos se sugiere al operador que durante el arranque del intercambiador, el by-pass del sistema de remoción de condensado esté abierto completamente.

Esta pantalla también muestra el modelo de la trampa, su máxima presión de servicio, el rango máximo de presión y temperatura permitida, la medida del orificio del balde invertido, la dirección del

flujo de la trampa, el material del cuerpo de la trampa, su peso en libras, la cantidad de trampas necesarias para drenar el condensado y notas adicionales que complementan la selección de la trampa.

Heat Exchangers

Select Component | Parameter Check | SG/SH | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications

Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A5

Maximum Operating Pressure
75 psig

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
175 psig @ 450F

Orifice Size
1-1/4"

Flow Direction
Horizontal (Same Side)

Material
Cast Iron

Weight
11.00 lbs

Number of Traps Required
1

Condensate Load: 935 lb/hr
Required Capacity: 1.871 lb/hr @ 45.0 psig differential pressure

Application Notes

1. Use IBLV above F&T pressure/temperature limitations.
2. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Heat Exchangers & Submerged Coils](#)
- [Ht. Exchanger w/Pres. Return, IB, F&T, Pump](#)
- [Ht. Exchanger w/Pres. Return, IB, Pump Trap](#)
- [Ht. Exchanger w/Pres. Return, IB, Safety Dm.](#)
- [Ht. Exchanger with Gravity Return, IB](#)

? If this trap is acceptable, press the 'Next' button.
To select a different trap press the 'Back' button.

<< Back | Next >>

FIGURA 3.24 CARACTERÍSTICAS Y NOTAS PARA LA APLICACIÓN DE LA TRAMPA DE VAPOR.

Finalmente, se selecciona el diámetro y tipo de conexión de la trampa, que para este caso se seleccionó una conexión de 32mm (1-1/4") ya que la tubería de drenaje que se seleccionó previamente es de 32mm (1-1/4") de diámetro.

La tabla # 16 se presenta un extracto de las trampas de vapor seleccionadas utilizando el programa Steam-A-Ware de la marca Armstrong. En el de anexo 4 se puede apreciar la tabla que genera este programa cuando se seleccionan varias trampas de vapor para un mismo sistema de distribución.

Tabla # 16

Tipo de Trampas de Vapor seleccionadas por equipos o sistema

Equipo	Tipo de Trampa	Modelo Armstrong	Diámetro Conexión
Distribuidor de vapor	BI	800	3/4"
Intercambiador de calor	F&T	75-A5	1-1/4"
PEC Intercambiador calor	BI	800	1/2"
Cuarto Recubrimiento	F&T	75-A4	1/2"
PEC Cuarto Recubrimiento	BI	800	1/2"
Cuarto Granulación N.L.	BI	800	1/2"
Control de Calidad	BI	800	1/2"
PEC Control Calidad	BI	800	1/2"
Tanque Agua Deionizada	BI	800	1/2"
PEC Taque Agua Deionizada	BI	800	1/2"
Cuarto Preparación Líquidos	BI	800	1/2"
PEC Cuarto Prep. Líquidos	BI	800	1/2"

Cuarto Preparación Cremas.	BI	800	1/2"
PEC Cuarto Prep. Cremas	BI	800	1/2"
Lavado Equipos Cefas	BI	800	1/2"
PEC Cuarto Aguas Especiales	BI	800	1/2"
PEC Línea Principal de vapor	BI	800	1/2"

3.3.1. Diseño y Selección de los accesorios de los sistemas de extracción de condensado (SEC).

El diseño de los sistemas de extracción de condensado es mucho más sencillo que el diseño de los sistemas de reducción de presión ya que la cantidad de accesorios es menor y por ende, más fáciles de diseñar.

En la figura 3.25 se muestra la configuración típica de los sistemas de reducción de presión, la misma que consta de las siguientes partes y/o accesorios:

- Trampa de vapor (TV): Las trampas de vapor son equipos indispensables en todo sistema de distribución de vapor. Previamente se habló de estos equipos, los tipos de trampas de vapor que existen y el principio de funcionamiento para cada tipo de trampa de vapor.

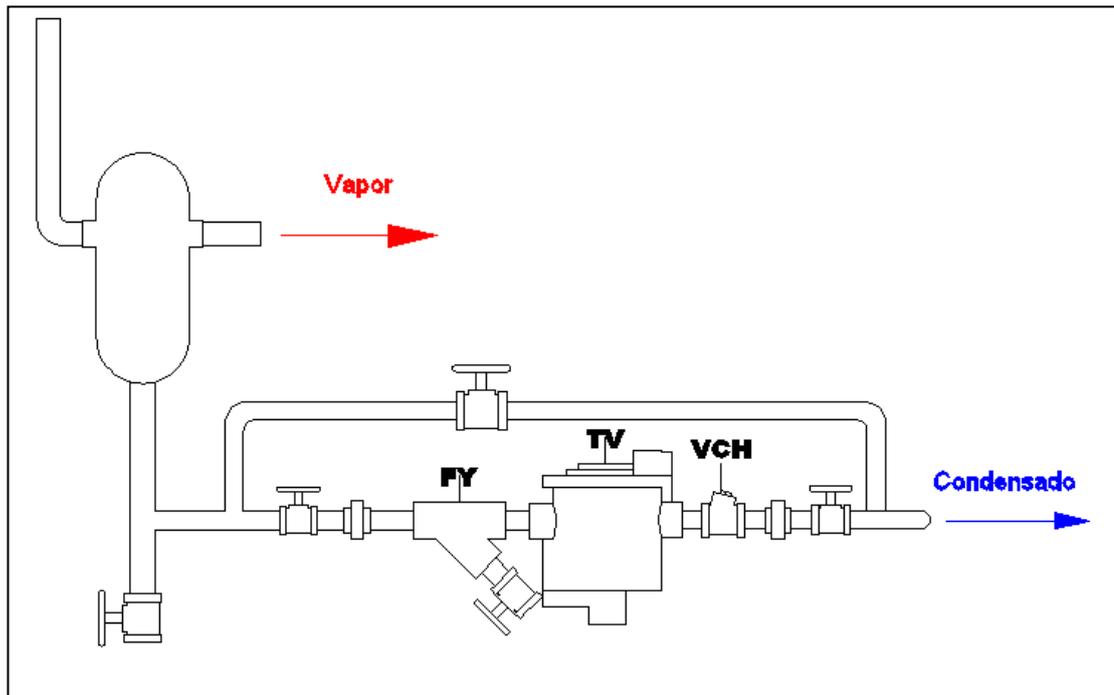


FIGURA 3.25 CONFIGURACIÓN TÍPICA DE LOS SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE CONDENSADO.

- Filtro en Y (FY): El filtro en Y no es más que un filtro que tiene una malla interior, que generalmente es de acero inoxidable, que sirve para retener impurezas como pedazos de soldadura, óxido, lodos, etc que pueden afectar el funcionamiento o inclusive dañar a los equipos que se encuentran aguas debajo del filtro.
- Válvula Check o válvula de no retorno (VCH): Es un equipo que se instala en los sistemas para permitir el flujo en una sola dirección. Estas válvulas son accionadas

completamente por el fluido lo que hace que no requieran un accionamiento externo.

- Válvulas de paso (VBOL): Son empleadas para aislar tramos de tubería antes de proceder a dar mantenimiento. Hay dos tipos básicos de válvulas de paso, las de movimiento lineal y las de movimiento rotatorio.
- By-pass: El by-pass no es mas que una bifurcación seguida de una válvula de paso de tal forma que el pueda darse mantenimiento a los equipos sin que se corte paso del condensado.

En la parte de anexos se habla más profundamente de los equipos y accesorios aquí mencionados.

Los accesorios que se seleccionan para todos los sistemas de extracción de condensado son los siguientes:

- Filtro en Y, válvula check y By-pass: Del mismo diámetro que la línea de drenaje de condensado.
- Válvula de Paso: Las válvulas de paso seleccionadas son del tipo Globo.

3.4. Diseño y selección del sistema de recuperación de vapor.

Antes de empezar a hacer el diseño y selección del sistema de recuperación de vapor flash primero se debe saber qué es el vapor flash.

El vapor flash o vapor secundario se forma cuando condensado caliente o agua de caldera se encuentra bajo presión es llevada a una presión menor, parte de este líquido se re-evapora transformándose en lo que se llama vapor flash o vapor secundario.

¿Por qué es importante el vapor flash? Es vapor flash es importante debido a que este contiene una gran carga térmica que puede ser usada para hacer una operación económica de la planta.

El vapor secundario, como dijimos antes, posee una gran carga térmica, para visualizar este hecho, tomemos en consideración el condensado a 7 barg (≈ 103 psig), revisando las tablas de vapor vemos que el condensado a temperatura de saturación tiene contenido de calor de 697 KJ/Kg. Si este condensado es llevado a la presión atmosférica, su contenido de calor cae abruptamente a 417 KJ/Kg, la pregunta que surge es ¿qué se hicieron los 280 KJ/Kg?

Los 280 KJ/Kg se encuentran en la porción de vapor flash que se formó cuando hubo este cambio brusco de presión.

El porcentaje de vapor flash que se formará se puede calcular empleando la siguiente fórmula:

$$\%vaporflash = \frac{h_1 - h_2}{h_{fg2}} \times 100 \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

h_1 : entalpía (calor sensible) del condensado a alta presión.

h_2 : entalpía (calor sensible) del condensado a baja presión.

h_{fg2} : entalpía de cambio de estado (calor latente) del condensado a baja presión.

Para el ejemplo aquí mostrado, la cantidad de vapor flash que se formará es:

$$\%vaporflash = \frac{697 - 417}{2258} \times 100$$

$$\%vaporflash = 12.4\%$$

Entonces para nuestro ejemplo, el porcentaje de vapor que se puede obtener está en el orden del 12.4% de la cantidad total de condensado en Kg/h.

¿Cómo se puede recuperar el vapor flash? El vapor flash se puede recuperar empleando lo que se llama “tanque flash” en donde el condensado a alta presión entra y es llevado a una presión previamente ajustada.

La figura 3.26 muestra un diseño general de un sistema de recuperación de vapor flash.

En la figura se puede apreciar los siguientes componentes:

- 1.- Tanque flash. Que es el reservorio en donde llega el condensado a condiciones de saturación y se expande la presión deseada.
- 2.- Sistema de extracción de condensado. Que en este caso esta compuesto sólo por la trampa de vapor y que lleva el condensado a baja presión hasta la línea de retorno de condensado.
- 3.- Válvula de contra presión con piloto externo. Es el corazón del sistema de recuperación de vapor ya que sirve para mantener el tanque flash a la presión a la que se va a recuperar el vapor flash.
- 4.- Línea de alimentación de vapor. Esta línea sirve para alimentar de vapor al equipo que se suministra vapor en caso que el sistema de recuperación de vapor entre en mantenimiento.
- 5.- Válvula de venteo. Que sirve para expeler todos los gases incondensables que entren a este sistema.

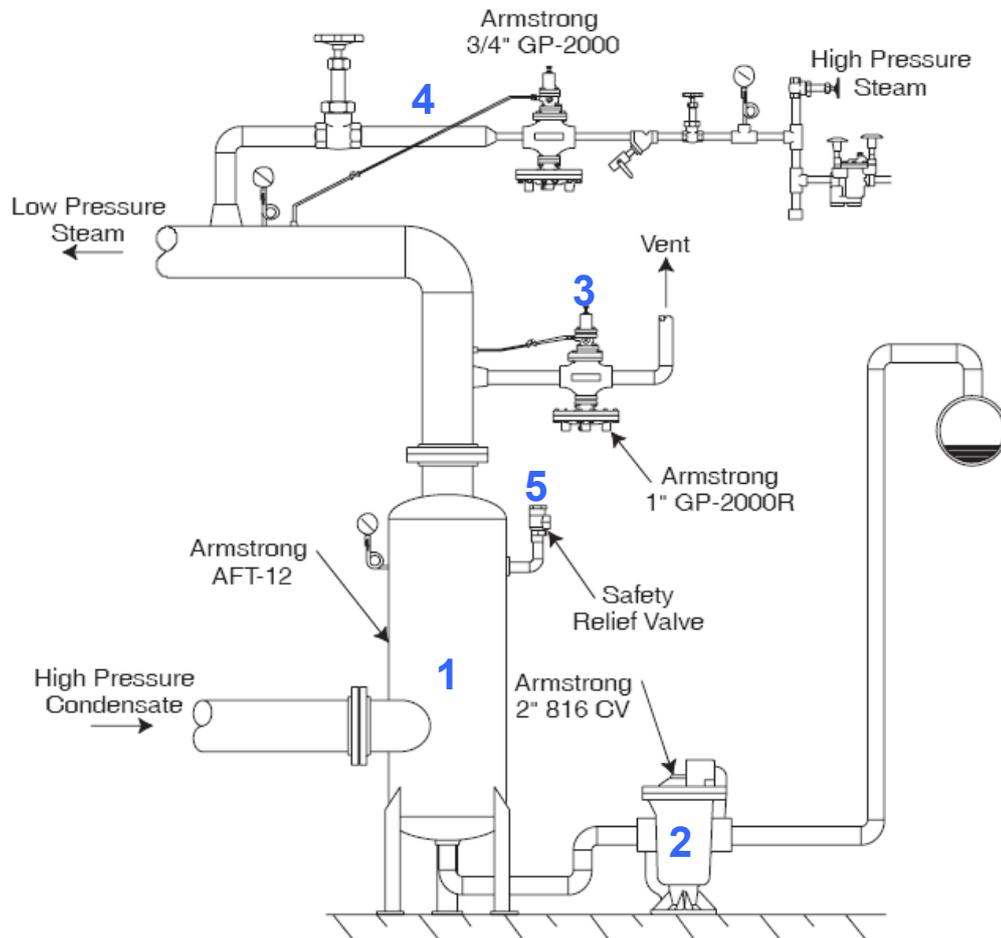


FIGURA 3.26 DISEÑO GENERAL DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPOR (2).

Algunos al ver la figura 3.26 se preguntarán ¿por qué el sistema de recuperación de vapor tiene una línea de suministro vapor conectada? Eso es porque los equipos que son alimentados con vapor flash consumen más vapor, o tienen una demanda energética mayor, del que se puede recuperar y para solucionar ese inconveniente se instala una línea que suministre vapor a la misma presión a la que está ajustado el sistema de recuperación de vapor.

Además, existirán momentos en los cuales habrá que hacerle mantenimiento a algún equipo del sistema de recuperación de vapor y para ello se tendrá que sacar de servicio, por un tiempo, este sistema.

Para hacer la selección y dimensionamiento de los equipos del sistema de recuperación de vapor se requiere saber el flujo de condensado que llegará al tanque flash a su respectiva presión, la presión a la cual se desea recuperar vapor y la altura a la cual se va a llevar el condensado que sale de este sistema.

Como se ha mencionado con anterioridad, al tanque flash llegará el condensado que se encuentra a 100psig. El tanque flash estará ajustado a una presión de 15psig. El flujo de condensado a 100 psig es 728.75 Kg/h.

Empleando la ecuación 3.1 calculamos la cantidad de vapor flash que se formará para el condensado a 100psig:

$$\%vaporflash = \frac{697 - 417}{2258} \times 100$$

$$\%vaporflash = 12.40\%$$

$$\dot{m}_{vf} = 728.75 \times 12.40\% = 90.36 \text{ Kg/h}$$

Entonces la cantidad total de vapor a 15 psig que se recuperará es de 90.36 Kg/h.

La cantidad de condensado a 15 psig que se tendrá que drenar del tanque flash es $728.75 - 90.36 = 638.38 \text{ Kg/h}$

Si vemos en el plano #2 (ver anexo 1), el condensado del tanque flash va al intercambiador de calor del cuarto de máquinas, el mismo que se encuentra cercano a donde va estar instalado éste equipo, por tal motivo, se debe seleccionar una trampa de vapor para el sistema de extracción de condensado del tanque flash. Utilizando nuevamente el programa Steam-A-Ware la trampa de vapor que nos sugiere es una trampa de balde invertido con conexión NPT de 25mm (1") como se muestra en la figura 3.26.

A continuación se dimensionará la tubería de retorno de condensado del tanque flash, para ello empleamos la Figura 3.2 en la cual ingresamos la cantidad de condensado que ingresará al tanque flash y la presión del mismo. Como podemos apreciar en la figura 3.28 el diámetro de la tubería de retorno de condensado del tanque flash es

de 20mm (3/4"), pero como la trampa de vapor, antes seleccionada, tiene conexiones es de 25mm (1")

Flash Tanks

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Complete Selection

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
814

Maximum Operating Pressure
30 psig

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
250 psig @ 450F

Orifice Size
1/2"

Flow Direction
Horizontal

Material
Cast Iron

Weight
44.00 lbs

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Connection & Options

Connection Size (in)

Connection Type

Select Options

SS Check Valve (Internal)	<input type="checkbox"/>
Thermic Vent Bucket up to 250 psi	<input type="checkbox"/>
Bucket Vent Scrub Wire	<input type="checkbox"/>
Stainless Steel Pop Drain	<input type="checkbox"/>
Probe Connection	<input type="checkbox"/>
Thermo Drain	<input type="checkbox"/>
Low Vent Drain	<input checked="" type="checkbox"/>

Your Reference Information

By (Initials/Name)

Company Name

Selection Revision Level

Your Location ID Number

Comments/Special Instructions

Select optional components, then press the 'Finish' button to add this trap to your schedule

FIGURA 3.27 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DE LA CONEXIÓN DE LA TRAMPA DE VAPOR DEL TANQUE FLASH

Los accesorios del sistema de extracción de vapor son los mismos que se seleccionaron anteriormente, válvulas de globo, válvula check, filtro Y y un By-pass con un diámetro de 25mm (1").

Ahora dimensionaremos la tubería que llevará el vapor del tanque flash a su usuario final que es el intercambiador de calor.

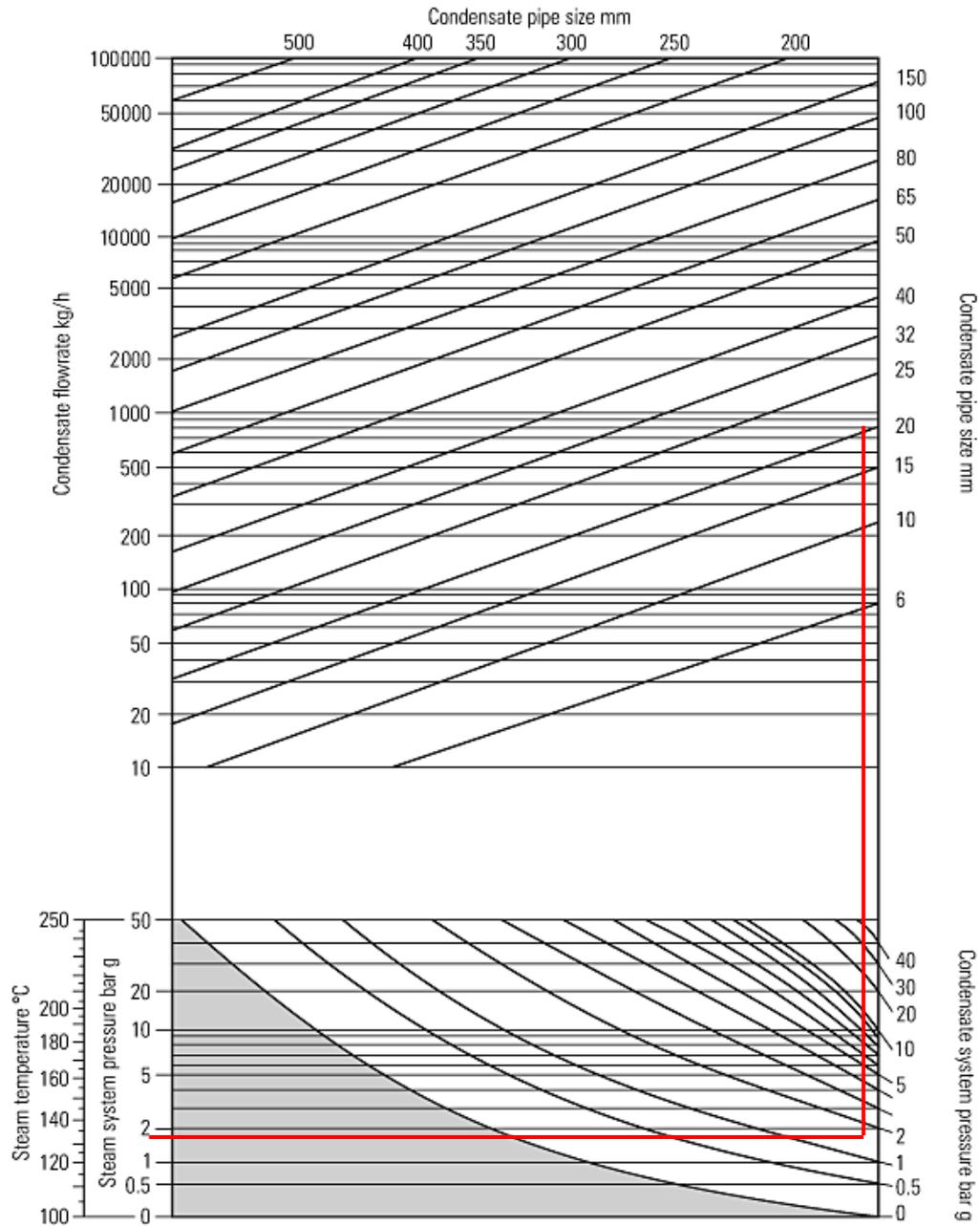


FIGURA 3.28 NOMOGRAMA DE DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA DE CONDENSADO⁽¹³⁾ DEL TANQUE FLASH.

Fuente: www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59

Para seleccionar la tubería que llevará el vapor desde el tanque flash hasta el intercambiador de calor se utiliza la figura 2.2 pero dimensionando la tubería para que pueda manejar los 90.36 Kg/h de vapor a 15 psig.

Como se puede apreciar en la figura 3.29, el diámetro de la tubería que se requiere es uno de 40mm (1-1/2") de diámetro. Para verificar este resultado se recurre a la ecuación 2.2, en donde ingresando los datos de este sistema.

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{90.36 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(1.694 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.04)^2}$$

$$V = 33.83 \text{ m/s}$$

Como podemos apreciar, esta es una velocidad cercana a la velocidad máxima recomendada de 40m/s, por esta razón se realiza el mismo cálculo para una tubería de 50mm (2").

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{90.36 \text{ Kg/h} \cdot 4}{\left(1.694 \text{ m}^3/\text{Kg}\right)^{-1} \cdot 3600 \text{ seg/h} \cdot \pi \cdot (0.05)^2}$$

$$V = 21.65 \text{ m/s}$$

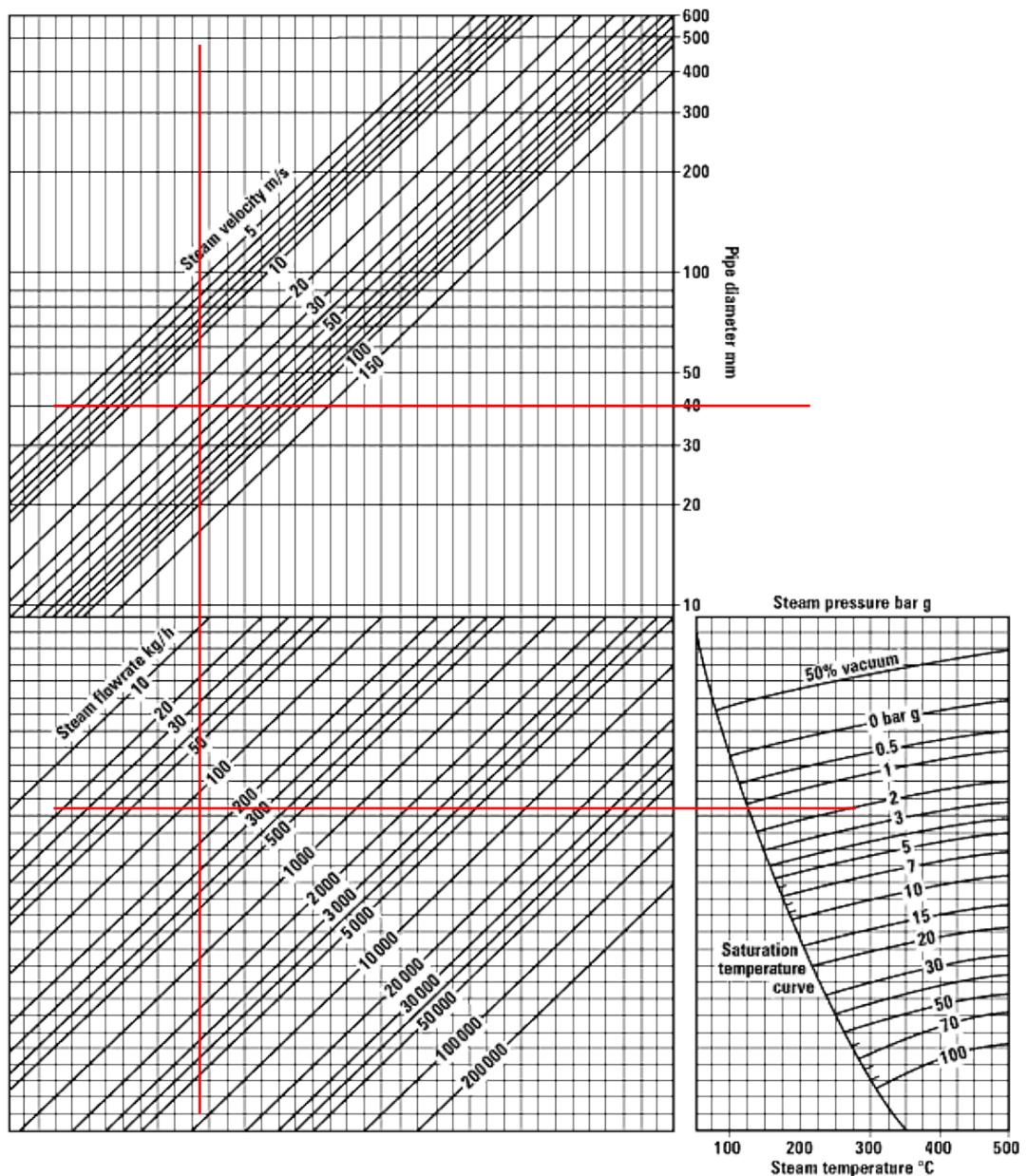


FIGURA 3.29 MONOGRAMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE VAPOR RESPECTO AL A VELOCIDAD DEL FLUIDO PARA EL VAPOR RECUPERADO.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp> ⁽⁴⁾

En base a los resultados obtenidos, el diámetro de la tubería que llevará el vapor flash hasta el tanque de alimentación diaria es de 50mm (2") de diámetro.

Ahora se seleccionará el tanque flash, que revisando la página CRE-210⁽²⁾ (ver anexo 4), se observa que el tanque más apropiado será el AFT-6, ya que puede manejar una carga de condensado de hasta 900 Kg/h con una producción de vapor flash de 230 Kg/h.

Para seleccionar la válvula de contra presión se utilizará el programa Steam-A-Ware en la parte de "Pressure/Temp. Control – Steam back pressure regulator valve" ingresando los datos respectivos, el programa recomienda la válvula GP-2000R con conexión de 1/2" NPT, la misma que se muestra en la figura 3.30.

Ahora sólo falta seleccionar la válvula reductora de presión de la línea de respaldo, para lo cual se emplearán las tablas de las capacidades de estas válvulas. Para este caso en específico, se selecciona una válvula con piloto externo GP-2000 con conexión de 15mm (1/2") NPT, la cual tiene una capacidad de reducir 176Kg/h de vapor desde 100 psig a 15 psig, cuando se necesita un máximo de 157.93 Kg/h a 15 psig.

Back Pressure PRV

Application Needs | Valve Type | Characteristics | Selected Valve | Complete Selection

Save Selection

Product Specifications



Valve Type	Externally Piloted
Model Number	GP-2000R (NPT)
Connection Size	1/2" (50% Red. Port)
Connection Type	NPT
Max. Valve Cv	2,50
Service	Steam
Inlet Pressure	3 - 200 psig
Reduced Pressure	0 - 170 psig
Min. Diff. Press.	3 psig
Maximum Temp.	450 F
Material	Ductile Iron
Weight	34,0 lbs

Application Specifications

Required Cv	1,77
Actual Cv	2,00
Capacity % (Req'd Cv/Actual Cv)	89%
Recommended Inlet Size (in)	3/4
Inlet Velocity (ft/min)	5,999
Recommended Delivery Pipe Size (in)	1-1/2
Delivery Pipe Velocity (ft/min)	5,363
Max. Capacity of valve for safety relief sizing (lbs/hr)	392

Your Reference Information

By (Initials/Name)	Gabriel Gallegos
Company Name	ESPOL
Selection Revision Level	
Your Location ID Number	

Comments/Special Instructions

Enter Reference Information and Press 'Finish' to save this selection

Print Spec << Back Finish

FIGURA 3.30 SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTRAPRESIÓN DEL TANQUE FLASH.

3.5. Selección y dimensionamiento del aislamiento térmico del sistema de retorno de condensado.

Algunas personas se preguntarán ¿por qué aislar las tuberías de retorno de condensado?, la respuesta es sencilla, porque se quiere que al tanque de vapor flash llegue condensado con la mayor temperatura posible, además de ser una necesidad para precautelar

la seguridad del personal que trabaja en el piso técnico del laboratorio farmacéutico.

Por este motivo se selecciona el mismo material y los mismos diámetros de aislamiento que se empleó para aislar las líneas de distribución de vapor ya que el condensado tendrá, en sus primeros metros de la línea de retorno, la misma temperatura que el vapor a su respectiva temperatura de saturación, unos 165°C a 102psig.

Entonces, para aislar las tuberías de retorno de condensado se selecciona para este fin las cañuelas de lana de vidrio semirígida con una capa exterior de papel aluminio, papel kraft y fibra de vidrio que sirve al mismo tiempo como barrera de vapor.

Para hacer el dimensionamiento, el fabricante de las cañuelas, Owens Corning desarrolló una tabla en la cual se sugiere diferentes espesores para diferentes diámetros de tuberías a diferentes temperaturas de servicio. Ésta información se muestra en la tabla que se encuentra en el anexo3, en la parte de selección de aislamiento térmico, la tabla #9 muestra un extracto de la tabla suministrada por un fabricante con una temperatura de servicio de

177°C, superior a la temperatura de operación de nuestra tubería que deberá estar a 165°C máximo.

TABLA #9

CARTA DE SELECCIÓN DE ESPESOR DE FORRO AISLANTE PARA TUBERÍAS CALIENTES.

Diámetro Nominal del Tubo		Espesor Recomendado		Pérdida de Calor	Temp. Superficial aproximada.	
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	BTU/h ft	°C	°F
½	12.7	1	25.4	36.2	40.0	104.0
¾	19.1	1	25.4	43.7	42.2	108.0
1	25.4	1-1/2	38.0	45.2	40.6	105.0
1-1/2	38.0	1-1/2	38.0	46.5	36.8	98.2
2	51.0	1-1/2	38.0	53.0	37.1	98.7
3	76.0	1-1/2	38.0	70.3	38.3	101.0

Fuente: www.owenscorning.com.mx ⁽²⁴⁾

CAPITULO 4

4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El plan de mantenimiento preventivo de los equipos es una parte muy importante de las labores que se llevan a cabo en una industria, ya que por medio de este, se pretende seguir asegurando la capacidad de producción de los equipos con calidad, seguridad y rentabilidad.

4.1. Diseño del plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de distribución de vapor y retorno de condensado.

El plan de mantenimiento preventivo de la industria farmacéutica está compuesto básicamente por dos partes, el Procedimiento de Operación Estándar (SOP por sus siglas en inglés) y las instrucciones de trabajo (WI por sus siglas en inglés).

El SOP es un documento en el cual se indica el nombre del Procedimiento de Operación, por ejemplo, Procedimiento para la parada y enfriamiento de las líneas de distribución de vapor; su alcance, los requerimientos generales y las tareas o actividades que se desarrollan durante la ejecución de este procedimiento, estas tareas o actividades pueden describirse en forma pormenorizada o de forma general. Cuando las actividades con muy extensas se recomienda describirlas de forma detallada en la Instrucción de trabajo; en la parte de formatos y plantillas se detallan los documentos que se encuentran relacionados en este Procedimiento de Operación. En los SOP se detallan los cargos del personal a cargo de que se cumpla el SOP.

La Instrucción de trabajo es un documento en el cual se detalla de forma pormenorizada las actividades o tareas que se desarrollarán durante la ejecución de un trabajo, el mismo que se indica en el nombre de la WI, por ejemplo, Mantenimiento Preventivo de las trampas de vapor tipo Flotador y Termostática, además se indica el alcance, los requerimientos generales, personal responsable de desarrollar la instrucción de trabajo, el área intervenida y el supervisor responsable.

El plan de mantenimiento preventivo se lo desarrollará en un SOP en donde se indicarán las tareas y/o actividades realizadas durante el mantenimiento del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado. Además se desarrollarán tres WI para donde se detallarán las actividades de mantenimiento de los equipos del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.

A continuación se desarrolla el Procedimiento de Operación Estándar.

SOP Mantenimiento

Código

**Mantenimiento Preventivo del Sistema de
Distribución de Vapor y Retorno de Condensado**

1. Propósito

- Establecer de una manera clara y concisa las actividades a desarrollar durante el mantenimiento de los equipos que componen el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.
- Obtener el mayor rendimiento de los equipos mediante un programa de mantenimiento preventivo que evite los paros productivos.

- Hacer del conocimiento de operadores de producción y técnicos de mantenimiento las actividades preventivas necesarias para mantener los equipos en buenas condiciones.

2. Alcance

Este SOP se aplica durante el mantenimiento preventivo de todos los equipos que componen el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado de la Planta.

3. Requerimientos generales

3.1. De acuerdo a las políticas del laboratorio, es necesario que todos los equipos que prestan servicio en las instalaciones cuenten con un procedimiento de mantenimiento preventivo para garantizar su correcto funcionamiento y de esta manera alargar el tiempo de vida útil de los equipos y disminuir las fallas que se pudieran presentar durante la operación del equipo.

3.2. El sistema de distribución de vapor y retorno de condensado esta conformado por los siguientes equipos y/o sistemas:

1. Distribuidor de vapor.
2. PEC del Distribuidor de vapor.

3. PEC de la línea principal de distribución de vapor.
4. SRP Intercambiador de calor del cuarto de máquinas.
5. SRC Intercambiador de calor del cuarto de máquinas.
6. PEC del SRP del Intercambiador de calor del cuarto de máquinas.
7. SRC del Deshumidificador del No Lactam.
8. SRP del equipo Recubridor.
9. SRC del equipo Recubridor.
10. PEC del SRP del equipo Recubridor.
11. SRC del secador de granulado.
12. SRP del autoclave No Lactam.
13. PEC del SRP del Autoclave No Lactam.
14. SRP del Tanque de Agua deionizada caliente.
15. SRC del Tanque de agua deionizada caliente.
16. PEC del SRP del Tanque de agua deionizada caliente.
17. SRP del Cuarto de manufactura de líquidos.
18. PEC del SRP del cuarto de manufactura de líquidos.
19. SRP del cuarto de manufactura de cremas.
20. PEC del SRP del cuarto de manufactura de cremas.
21. PEC de la línea de distribución de vapor hacia el Cuarto de Aguas Especiales.
22. SRP del Tanque Flash.

23. SRC del Tanque Flash.

24. SRC del Tanque de Agua potable Caliente.

3.3. El mantenimiento preventivo se realizará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de cada equipo, las actividades son enumeradas a continuación, después de realizar cada actividad se registrara en la solicitud de mantenimiento preventivo y el formato de cada equipo.

3.4. El personal que realice las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado deben haber recibido entrenamiento que los califique para realizar trabajos en áreas calientes, uso de equipos de protección personal, operación de mantenimiento en equipos que manejan vapor y condensado.

3.5. El mantenimiento preventivo de los usuarios finales del vapor no se detallan en esta SOP.

4. Procedimiento

Antes de empezar cualquier tarea descrita en el SOP primero se deben seguir los siguientes puntos:

- Cerrar las válvulas de paso del sistema que se vaya intervenir.
- Abrir las válvulas de paso del by-pass del sistema.
- Espere que los equipos que van recibir mantenimiento tengan una temperatura apta para su manipulación (40°C máximo)

Tarea 1. Mantenimiento del Distribuidor de vapor.

<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado. • Verifique el funcionamiento de la válvula de venteo. • Verifique el funcionamiento del rompedor de vacío.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del distribuidor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo.

Tarea 2. Mantenimiento de la PEC del Distribuidor de vapor.

Mantenimiento Ordinario Semanal.	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 3. Mantenimiento del PEC de la línea principal de Distribución de Vapor.

<p>Mantenimiento Ordinario Semanal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte

	interna de la trampa, proceda a su reemplazo.
--	---

Tarea 4. Mantenimiento del SRP Intercambiador de calor del cuarto de máquinas.

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la presión aguas abajo de la VRP sea de 60 psig.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula corriente arriba y abajo de la VRP, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado. • Limpie la rejilla del filtro en Y. • Verifique el funcionamiento de la válvula de venteo y del rompedor de vacío del intercambiador.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del SRP. • Verifique el buen funcionamiento de la válvula de alivio del SRP. • Verifique el estado de las partes internas de la VRP

Tarea 5. Mantenimiento del SRC Intercambiador de calor del cuarto de máquinas.

<p>Mantenimiento Ordinario Semanal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
<p>Mantenimiento Preventivo Semestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a reemplazar las partes averiadas.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte

	interna de la trampa, proceda a su reemplazo.
--	---

Tarea 6. Mantenimiento de la PEC del SRP del Intercambiador de calor del cuarto de máquinas.

Mantenimiento Ordinario Semanal.	<ul style="list-style-type: none"> Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. Limpie la rejilla del filtro en Y.
Mantenimiento Preventivo Semestral.	<ul style="list-style-type: none"> Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo.

	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.
--	--

Tarea 7. Mantenimiento del SRC del Deshumidificador del No Lactam.

Mantenimiento Ordinario Semanal.	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y de cada uno de los radiadores del deshumidificador. • Verifique el funcionamiento de cada una de las válvulas check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento de los termómetros de carátula del

	SRC, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 8. Mantenimiento del SRP del equipo Recubridor.

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la presión aguas abajo de la VRP sea de 60 psig.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y. • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula corriente

	<p>arriba y abajo de la VRP, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.</p>
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del SRP. • Verifique el buen funcionamiento de la válvula de alivio del SRP. • Verifique el estado de las partes internas de la VRP

Tarea 9. Mantenimiento del SRC del equipo Recubridor.

<p>Mantenimiento Ordinario Semanal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y • Verifique el funcionamiento de cada una de las válvulas check, si es necesario, proceda a su reemplazo.

	<ul style="list-style-type: none"> • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento de los termómetros de carátula del SRC, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 10. Mantenimiento de la PEC del SRP del equipo Recubridor.

Mantenimiento Ordinario Semanal.	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en

Preventivo Mensual.	caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 11. Mantenimiento del SRC del secador de granulado.

Mantenimiento Ordinario Semanal.	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
---	---

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y • Verifique el funcionamiento de cada una de las válvulas check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento de los termómetros de carátula del SRC, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 12. Mantenimiento del SRP del autoclave No Lactam.

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la presión aguas abajo de la VRP sea de 60 psig.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y. • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula corriente arriba y abajo de la VRP, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del SRP. • Verifique el buen funcionamiento de la válvula de alivio del SRP. • Verifique el estado de las partes internas de la VRP

Tarea 13. Mantenimiento de la PEC del SRP del Autoclave No Lactam.

Mantenimiento Ordinario Semanal.	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
---	---

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 14. Mantenimiento del SRP del Tanque de Agua deionizada caliente.

Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la presión aguas abajo de la VRP sea
----------------------	--

Preventivo Mensual.	de 30 psig.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y. • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula corriente arriba y abajo de la VRP, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del SRP. • Verifique el buen funcionamiento de la válvula de alivio del SRP. • Verifique el estado de las partes internas de la VRP

Tarea 15. Mantenimiento del SRC del Tanque de agua deionizada caliente.

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y.

Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none">• Verifique el funcionamiento de cada una de las válvulas check, si es necesario, proceda a su reemplazo.• Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento de los termómetros de carátula del SRC, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none">• Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor.• Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo.• Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 16. Mantenimiento de la PEC del SRP del Tanque de agua deionizada caliente.

<p>Mantenimiento Ordinario Semanal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 17. Mantenimiento del SRP del Cuarto de manufactura de líquidos.

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la presión aguas abajo de la VRP sea de 60 psig.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y. • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula corriente arriba y abajo de la VRP, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del SRP. • Verifique el buen funcionamiento de la válvula de alivio del SRP. • Verifique el estado de las partes internas de la VRP

Tarea 18. Mantenimiento de la PEC del SRP del cuarto de manufactura de líquidos.

Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC
----------------------	--

Ordinario Semanal.	por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 19. Mantenimiento del SRP del cuarto de manufactura de cremas.

<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la presión aguas abajo de la VRP sea de 60 psig.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula corriente arriba y abajo de la VRP, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del SRP. • Verifique el buen funcionamiento de la válvula de alivio del SRP. • Verifique el estado de las partes internas de la VRP

Tarea 20. Mantenimiento de la PEC del SRP del cuarto de manufactura de cremas.

<p>Mantenimiento Ordinario Semanal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 21. Mantenimiento de la PEC de la línea de Distribución de vapor hacia el Cuarto de Aguas Especiales.

<p>Mantenimiento Ordinario Semanal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abra completamente la válvula de fondo de la PEC por un lapso de 15 segundos después que la caldera haya terminado la etapa de calentamiento.
<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 22. Mantenimiento del SRP del Tanque Flash.

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la presión aguas abajo de la VRP sea de 60 psig.
Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento del termómetro de carátula corriente arriba y abajo de la VRP, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado. • Limpie la rejilla del filtro en Y.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso del SRP. • Verifique el buen funcionamiento de la válvula de alivio del SRP. • Verifique el estado de las partes internas de la VRP

Tarea 23. Mantenimiento del SRC del Tanque Flash.

Mantenimiento Preventivo Mensual.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
--	---

Mantenimiento Preventivo Trimestral.	<ul style="list-style-type: none">• Limpie la rejilla del filtro en Y.• Verifique el funcionamiento de las válvula check, si es necesario, proceda a su reemplazo.• Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento de los termómetros de carátula del SRC, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
Mantenimiento Preventivo Anual.	<ul style="list-style-type: none">• Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor.• Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo.• Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.

Tarea 24. Mantenimiento del SRC del Tanque de Agua potable Caliente.

<p>Mantenimiento Preventivo Mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de la trampa de vapor, en caso de evidenciar mal funcionamiento, proceda a darle mantenimiento a la trampa.
<p>Mantenimiento Preventivo Trimestral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limpie la rejilla del filtro en Y. • Verifique el funcionamiento de cada una de las válvulas check, si es necesario, proceda a su reemplazo. • Revise la fecha de calibración y verifique el buen funcionamiento de los termómetros de carátula del SRC, si se evidencia mal funcionamiento proceda a su reemplazo con un termómetro calibrado.
<p>Mantenimiento Preventivo Anual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique el funcionamiento de las válvulas de paso de la PEC del distribuidor de vapor. • Verifique el estado de las partes internas de la trampa de vapor, en caso de ser necesario, proceda a su reemplazo. • Limpie cualquier impureza que se encuentre al interior de la trampa de vapor con un aire comprimido, agua y un detergente suave. Si se

	presenta desgaste o corrosión en alguna parte interna de la trampa, proceda a su reemplazo.
--	---

5. Roles y responsabilidades

Roles	Responsabilidades
Técnico de mantenimiento y los operadores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocer el presente procedimiento, así como avisar al supervisor y/o jefe de mantenimiento o producción en caso de que exista alguna anomalía.
Supervisor y/o jefe de mantenimiento y producción	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este procedimiento se lleve a cabo correctamente, así como de tomar las decisiones que juzgue pertinentes cuando le sea avisada alguna anomalía.

6. Definiciones

Término	Definición
VRP	Válvula reductora de presión de vapor.
SRP	Sistema de reducción de vapor.

SRC	Sistema de retorno de condensado.
PEC	Pierna de extracción de condensado.

7. Apéndices

“No Aplica”

8. Formatos y Plantillas

Código de formato	Nombre del formato
	Orden de Mantenimiento Preventivo
	Orden de Mantenimiento Correctivo

9. Referencias

Código	Nombre
	Programa General de Mantenimiento Preventivo
	Mantenimiento de Trampa de Vapor de Balde Invertido
	Mantenimiento de Trampa de Vapor F&T.

	Mantenimiento de Trampa de Vapor Termodinámica
--	---

Ahora se desarrollan las instrucciones de trabajo para el mantenimiento preventivo de los equipos que se encuentran en el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.

Mantenimiento WI

Código **Mantenimiento de la Válvula Reductora de Presión.**

1. Propósito

- Esta instrucción de trabajo se utiliza para el mantenimiento preventivo de las VRP que se encuentran prestando servicio en la planta.
- Esta instrucción de trabajo está gobernada por el procedimiento “Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado”

2. Alcance

Esta instrucción de trabajo aplica al mantenimiento preventivo de las VRP que se encuentran prestando servicio en las diferentes áreas de la planta y es desarrollado por los técnicos del departamento de Mantenimiento.

3. Requerimientos generales

El personal que realice las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de vapor deben haber recibido entrenamiento que los califique para realizar trabajos en áreas calientes, uso de equipos de protección personal, operación de mantenimiento en equipos que manejan vapor y condensado.

4. Instrucciones

Antes de empezar cualquier tarea descrita en el WI primero se deben seguir los siguientes puntos:

- Cerrar las válvulas de paso del sistema que se vaya intervenir.
- Abrir las válvulas de paso del by-pass del sistema.
- Espere que los equipos que van recibir mantenimiento tengan una temperatura apta para su manipulación (40°C máximo)

Mantenimiento de las partes internas de la Válvula Reductora de Presión.

NOTA 1: El mantenimiento de este tipo de equipo se lo puede hacer en línea o se puede hacer en taller.

NOTA 2: Antes de desmontar, asegúrese que las válvulas aguas arriba y aguas abajo de la VRP estén cerradas, incluyendo la válvula de la tubería de control. También asegúrese que la presión al interior de la válvula haya sido liberada.

Desensamblaje de la Válvula Piloto (Ver figura 4.1)

Paso No.	Descripción
1.	Afloje ligeramente la tuerca de seguridad (28) y gire el tornillo de ajuste (27) en sentido anti horario y gire hasta liberar la presión del resorte de ajuste.
2.	Retire los pernos de cabeza hexagonal (37) y retire la base superior del resorte (25), el resorte de ajuste (24), la base inferior (26) y los dos diafragmas pilotos (23).
3.	Retire la cápsula de la válvula piloto (18) (parte hexagonal en el centro del cuerpo del piloto (2)). Ubique un hueco de 7/32" (5.5mm) sobre el tornillo hexagonal pequeño en medio de la

Paso No.	Descripción
	capsula (21) y sostenga el lado opuesto con un destornillador plano. Gire el destornillador en sentido antihorario para desatornillar y ver el asiento de la válvula.

Desensamblaje de la Válvula Principal (Ver figura 4.1)

Paso No.	Descripción
4.	Desconecte la tubería de control (tubing) de cobre de lado de la válvula (30A), (30B) y (30C).
5.	Retire los cuatro pernos de cabeza hexagonal (38) del cuerpo del piloto (2) para retirar el piloto de el cuerpo principal de la VRP (1). Si el piloto es montado remotamente, retire los pernos de la cubierta superior de la válvula principal. Tenga cuidado en esta operación porque la válvula principal está sostenido por un resorte, cual está comprimido. Una vez que los cuerpos están separados, retire el retenedor del resorte (14), la pantalla (15), el resorte de la válvula principal (13) y la válvula principal (6).
6.	Si el sello debe de ser reemplazado, retire las cuatro tuercas (40) que unen el cuerpo principal de la VRP (1) a la tapa superior del diafragma. El asiento de la válvula principal está apretado por el lado inferior del cuerpo de la VRP por la barra

Paso No.	Descripción
	"T". Afloje la barra "T" y desatornille el asiento de la válvula principal desde la parte superior.

Desmontaje del Diafragma Principal (Ver figura 4.1)

Paso No.	Descripción
7.	Retire todos los pernos (41) que sostienen juntas las tapas superior e inferior del diafragma principal (4 y 5)
8.	Separe ambas mitades. Retire los diafragmas principales (12), el retenedor (11) y el usillo principal (9).

Reensamblaje

Paso No.	Descripción
9.	<p>Verifique que no haya ningún tipo de daño en el cuerpo de la VRP, asiento de la válvula principal, válvula piloto y en el asiento de la válvula piloto. Si alguna rajadura o abolladura existiere sobre la superficie de asentamiento del asiento de la válvula puede causar un incremento en la presión de salida y exceso de temperatura.</p> <p>Cuando se hallan rajaduras sobre la válvula principal y/o en el asiento de la válvula, lije la superficie para removerlas. Si no se</p>

Paso No.	Descripción
	<p>puede quitar las rajaduras, reemplace con una parte nueva.</p> <p>Cuando se hallan rajaduras en la válvula piloto y en el asiento de la válvula, reemplácelas con partes nuevas.</p>
10.	<p>Mueva la sección deslizante (válvula piloto, husillo principal, etc) unas dos o tres veces para confirmar que estas se mueven suavemente. Si éstas no se mueven suavemente, la eficiencia de la VRP se verá afectada.</p>
11.	<p>Reemplace los empaques con unos nuevos cuando desmonte la VRP. El vapor puede escapar si empaques viejos son reusados.</p>
12.	<p>Lleve a cabo el ensamblaje de la VRP en el orden inverso al desmontaje. Apriete todos los pernos de manera uniforme y de forma cruzada, similar al ajustar las tuercas de la llanta de un carro.</p> <p>Tenga precaución de hacer el montaje en el orden correcto ya que de otra forma la VRP no funcionará de forma apropiada.</p> <p>Un ajuste desigual de los pernos puede causar fugas de vapor en la VRP.</p>

Procedimiento de Arranque y ajuste

NOTA: Un ajuste inadecuado de la VRP puede causar problemas como estancamiento, golpes de ariete, lo que puede producir daños en las partes principales de la válvula.

Paso No.	Descripción
13.	Cierre las válvulas de paso aguas arriba y aguas abajo de la VRP y deje pasar el fluido por el by-pass. Después que se haya transcurrido el periodo de calentamiento y se haya drenado todo el condensado, asegúrese de cerrar la válvula del by-pass.
14.	Afloje el perno de ajuste de la VRP y gire el tornillo de ajuste para liberar la presión el tornillo de calibración de presión.
15.	Abra la válvula aguas arriba de la VRP completamente y entonces suavemente abra la válvula aguas abajo de la VRP lo suficiente para que un poco de fluido pueda pasar por ella.
16.	Suavemente gire el perno de ajuste en sentido horario hasta llegar a la presión deseada mientras mira el manómetro ubicado aguas abajo de la VRP. Girando el perno de ajuste en sentido horario se incrementará la presión de ajuste de la presión de retorno de la VRP.

Paso No.	Descripción
17.	Abra la válvula aguas abajo de la VRP completamente y entonces suavemente abra la válvula de entrada de vapor hasta abrirla completamente.
18.	Después de ajustar la presión de trabajo de la VRP, ajuste la tuerca de seguridad.

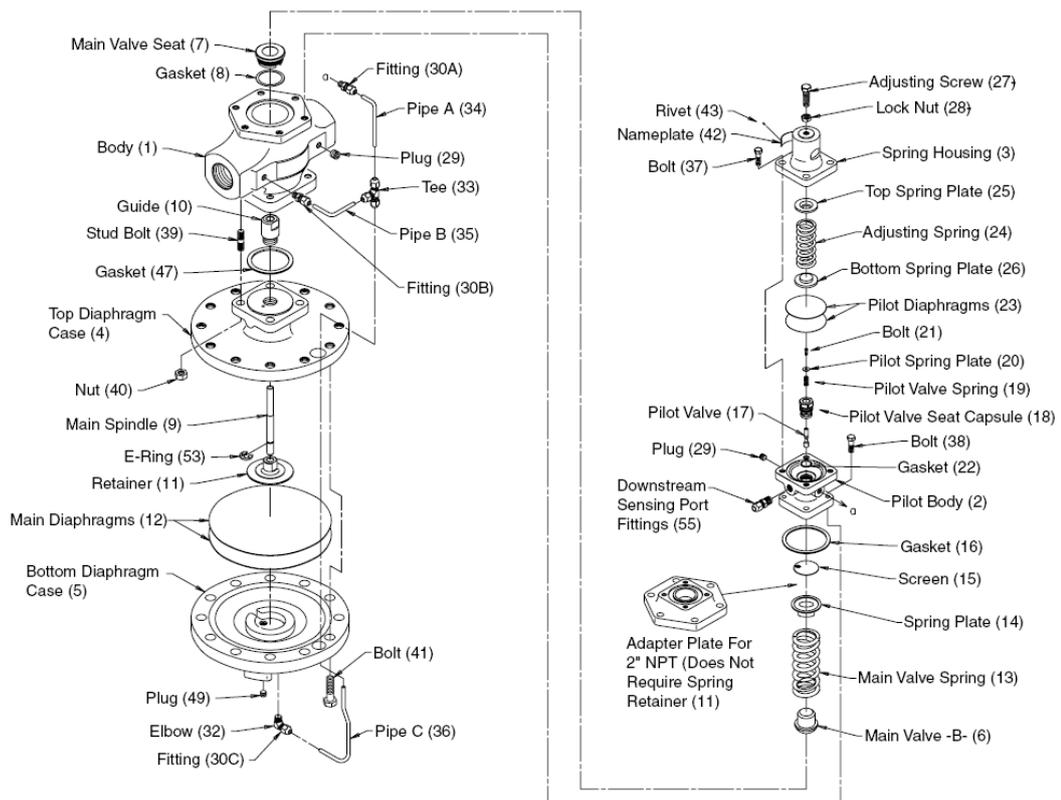


FIGURA 4.1 DETALLE DE LAS PARTES INTERNAS DE LA VRP

Fuente: Model GP-2000 Pressure Reducing Valve, Installation, Operation and Maintenance, Armstrong-Yoshitake, Inc., Bulletin AY-712-C, October 2002.⁽¹⁷⁾

5. Roles y responsabilidades

Roles	Responsabilidades
Técnico de mantenimiento y los operadores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocer el presente procedimiento, así como avisar al supervisor y/o jefe de mantenimiento o producción en caso de que exista alguna anomalía.
Supervisor y/o jefe de mantenimiento y producción	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este procedimiento se lleve a cabo correctamente, así como de tomar las decisiones que juzgue pertinentes cuando le sea avisada alguna anomalía.

6. Definiciones

Término	Definición
VRP	Válvula reductora de presión

7. Apéndices

“No aplica”

8. Formatos y Plantillas

“No aplica”

9. Referencias

Código	Nombre
	Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado
	Programa de mantenimiento preventivo

Mantenimiento WI

Código **Mantenimiento de la Válvula Reductora de Presión de retorno.**

1. Propósito

- Esta instrucción de trabajo se utiliza para el mantenimiento preventivo de la VRP de retorno que se encuentra prestando servicio en la planta
- Esta instrucción de trabajo está gobernada por el procedimiento “Mantenimiento Preventivo del Sistema de Vapor”

2. Alcance

Esta instrucción de trabajo aplica al mantenimiento preventivo de la VRP de retorno que se encuentran prestando servicio en las diferentes áreas

de la planta y es desarrollado por los técnicos del departamento de Mantenimiento.

3. Requerimientos generales

El personal que realice las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de vapor deben haber recibido entrenamiento que los califique para realizar trabajos en áreas calientes, uso de equipos de protección personal, operación de mantenimiento en equipos que manejan vapor y condensado.

4. Instrucciones

Antes de empezar cualquier tarea descrita en el WI primero se deben seguir los siguientes puntos:

- Cerrar las válvulas de paso del sistema que se vaya intervenir.
- Abrir las válvulas de paso del by-pass del sistema.
- Espere que los equipos que van recibir mantenimiento tengan una temperatura apta para su manipulación (40°C máximo)

Desmontaje de las partes internas de la Válvula Reductora de Presión de descarga.

NOTA: El mantenimiento de este tipo de trampa se lo puede hacer en línea o se puede hacer en taller, retirando la VRP de la línea de distribución de vapor.

Desensamblaje de la Válvula Piloto (Ver figura 4.2)

Paso No.	Descripción
19.	Afloje ligeramente la tuerca de seguridad (28) y gire el tornillo de ajuste (27) en sentido anti horario para liberar el resorte de ajuste (24) (Sin comprimir).
20.	Retire los pernos (37) de la cubierta del resorte (3). Retire la cubierta del resorte, el resorte, la base superior del resorte (25), la placa inferior del resorte (26), y los diafragmas del piloto (23).
21.	Retire el sello de fuelle (61) usando una llave de anillo o una llave de tuerca y retire el empaque (62), la válvula piloto (63) y el resorte de la válvula piloto (64).
22.	Retire el asiento de la válvula piloto (65) usando una llave de tuercas.

Cuerpo de la Válvula (Ver figura 4.2)

Paso No.	Descripción
23.	Retire la tubería A (34) del accesorio (30A) y la tee (33).
24.	<p>Para VRP con conexiones de 1/2" a 1-1/2", retire los pernos (38) del cuerpo del piloto (2). Desmonte el cuerpo del piloto del cuerpo de la válvula (1) y retire la pantalla (15), la base del resorte (14), el resorte de la válvula principal (13) y la válvula principal (6).</p> <p>Para VRP con conexiones de 2" a 6", retire los pernos de la placa adaptadora y el adaptador del cuerpo de la válvula (1). Remueva el resorte principal de la válvula (13) y la válvula principal (6).</p>

Diafragma Principal (Ver figura 4.2)

Paso No.	Descripción
25.	Retire el tubo C (36) de la tee (33)
26.	<p>Retire los pernos (41) de la tapa inferior del diafragma (5). Desmonte la tapa inferior del diafragma, los diafragmas principales (12), el retenedor (11), y el husillo (barra) (9).</p>

Paso No.	Descripción
	Verifique que el husillo se mueva de arriba hacia abajo libremente y que no hay suciedad o incrustaciones dificultando su movimiento.

Reensamblaje

Paso No.	Descripción
27.	<p>Verifique que no haya ningún tipo de daño en el cuerpo de la VRP, asiento de la válvula principal, válvula piloto y en el asiento de la válvula piloto. Si alguna rajadura o abolladura existe sobre la superficie de asentamiento del asiento de la válvula esta puede causar un incremento en la presión de salida y exceso de temperatura.</p> <p>Cuando se hallan rajaduras sobre la válvula principal y/o en el asiento de la válvula, lije la superficie para removerlas. Si no se puede quitar las rajaduras, reemplace con una parte nueva.</p> <p>Cuando se hallan rajaduras en la válvula piloto y en el asiento de la válvula, reemplácelas con partes nuevas.</p>
28.	Mueva la sección deslizante (válvula piloto, husillo principal, etc) unas dos o tres veces para confirmar que estas se mueven

Paso No.	Descripción
	suavemente. Si éstas no se mueven suavemente, la eficiencia de la VRP se verá afectada.
29.	Reemplace los empaques con unos nuevos cuando desmonte la VRP. El vapor puede escapar si empaques viejos son re-usados.
30.	Después que la válvula principal y la base del resorte hayan sido ensambladas, monte el diafragma principal. Un ensamblaje incorrecto puede afectar el desempeño de la VRP.
31.	Lleve a cabo el ensamblaje de la VRP en el orden inverso al desmontaje. Apriete todos los pernos de manera uniforme y de forma cruzada, similar al ajustar las tuercas de la llanta de un carro. Tenga precaución de hacer el montaje en el orden correcto ya que de otra forma la VRP no funcionará de forma apropiada. Un ajuste desigual de los pernos puede causar fugas de vapor en la VRP.

Procedimiento de Arranque y ajuste

NOTA: Un ajuste inadecuado de la VRP puede causar una reducción de la tasa de reducción, inadecuado control y posible daño a la válvula en si misma.

Paso No.	Descripción
32.	Cierre las válvulas de paso aguas arriba y aguas abajo de la VRP y deje pasar el fluido por el by-pass. Después que se haya transcurrido el periodo de calentamiento y se haya drenado todo el condensado, asegúrese de cerrar la válvula del by-pass.
33.	Gire el tornillo de ajuste de la VRP con giro antihorario para abrir y con giro horario para cerrar .
34.	Cierre la válvula piloto antes de abrir la válvula de entrada de vapor.
35.	Abra la válvula aguas abajo de la VRP completamente y entonces suavemente abra la válvula de entrada de vapor hasta abrirla completamente.
36.	Suavemente gire el perno de ajuste en sentido horario hasta llegar a la presión deseada mientras mira el manómetro ubicado aguas abajo de la VRP.

Paso No.	Descripción
	Girando el perno de ajuste en sentido horario se incrementará la presión de ajuste de la presión de retorno de la VRP.
37.	Después de ajustar la presión de trabajo de la VRP, ajuste el perno de seguridad.

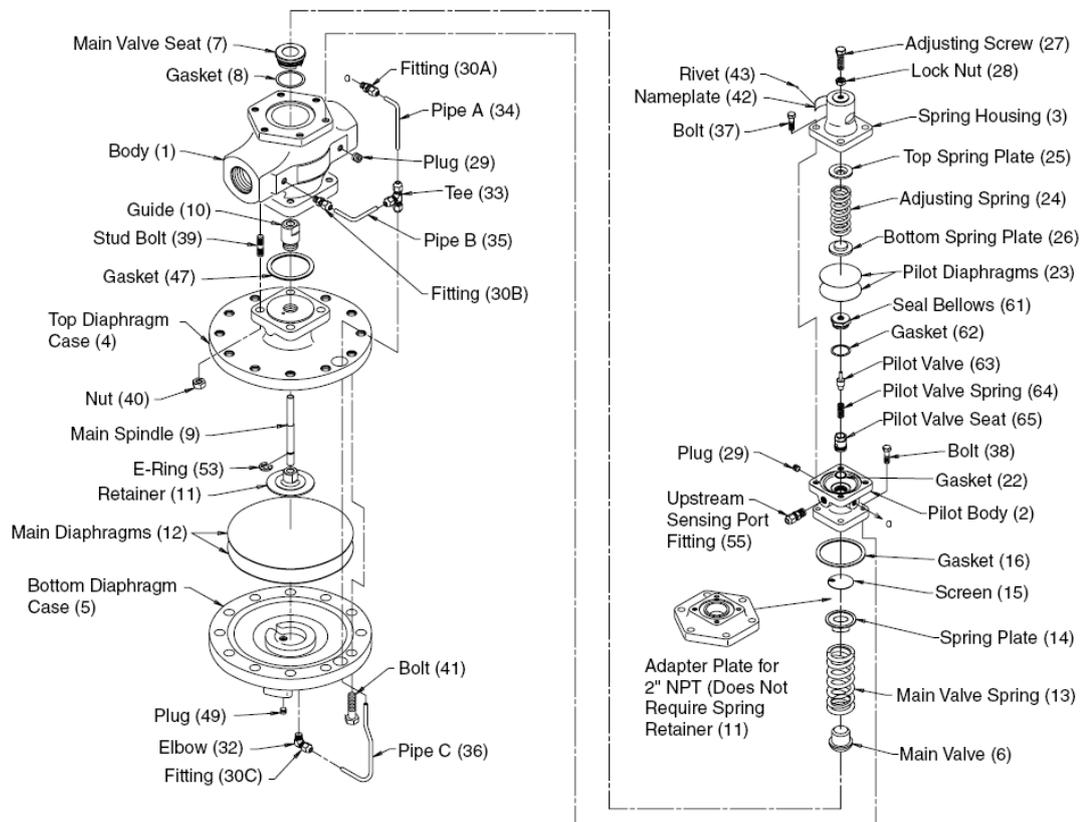


FIGURA 4.2 DETALLE DE LAS PARTES INTERNAS DE LA VRP DE RETORNO.

Fuente: Model GP-2000R Back Pressure Regulator; Installation, Operation and Maintenance Instructions; Armstrong-Yoshitake, Inc, Bulletin AY-708, October 2002 ⁽²²⁾.

5. Roles y responsabilidades

Roles	Responsabilidades
Técnico de mantenimiento y los operadores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocer el presente procedimiento, así como avisar al supervisor y/o jefe de mantenimiento o producción en caso de que exista alguna anomalía.
Supervisor y/o jefe de mantenimiento y producción	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este procedimiento se lleve a cabo correctamente, así como de tomar las decisiones que juzgue pertinentes cuando le sea avisada alguna anomalía.

6. Definiciones

Término	Definición
VRP	Válvula reductora de presión

7. Apéndices

“No aplica”

8. Formatos y Plantillas

“No aplica”

9. Referencias

Código	Nombre
	Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado
	Programa de mantenimiento preventivo

Mantenimiento WI

Código **Mantenimiento de Trampa de Vapor de Balde Invertido**

1. Propósito

- Esta instrucción de trabajo se utiliza para el mantenimiento preventivo de las trampas de vapor tipo balde invertido que se encuentran prestando servicio en la planta.
- Esta instrucción de trabajo está gobernada por el procedimiento “Mantenimiento Preventivo del Sistema de Vapor”

2. Alcance

Esta instrucción de trabajo aplica al mantenimiento preventivo de las trampas de vapor tipo balde invertido que se encuentran prestando servicio en las diferentes áreas de la planta y es desarrollado por los técnicos del departamento de Mantenimiento.

3. Requerimientos generales

El personal que realice las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado deben haber recibido entrenamiento que los califique para realizar trabajos en áreas calientes, uso de equipos de protección personal, operación de mantenimiento en equipos que manejan vapor y condensado.

4. Instrucciones

Antes de empezar cualquier tarea descrita en el WI primero se deben seguir los siguientes puntos:

- Cerrar las válvulas de paso del sistema que se vaya intervenir.
- Abrir las válvulas de paso del by-pass del sistema.
- Espere que los equipos que van recibir mantenimiento tengan una temperatura apta para su manipulación (40°C máximo)

¿Cómo verificar el funcionamiento de la trampa de vapor?

Paso No.	Descripción
1.	Cierra la válvula de paso aguas abajo de la trampa de vapor.
2.	Abra la válvula de prueba del sistema de retorno de condensado que se a verificar.
3.	Verifique el tipo de descarga de condensado que pasa por la válvula de prueba.

¿Qué tipos de descargas se pueden presentar?, ¿Cómo debo de analizar los diferentes tipos de descargas?.

Paso No.	Descripción
4.	Si la descarga es intermitente, la trampa funciona adecuadamente
5.	Si se presenta vapor flash por la válvula de prueba, no indica que la trampa este trabajando inadecuadamente, el condensado que se encuentra a una mayor presión posee mayor cantidad de calor por unidad de masa que el condensado a presión atmosférica. Cuando el condensado se descarga a presión atmosférica, esas unidades extras de calor que tenia son liberadas en forma de vapor flash.

6.	Descarga por goteo o semi-continua, la trampa funciona adecuadamente. Este tipo de descarga es causada por la mezcla de aire/vapor o por cargas ligeras de condensado.
----	--

¿Qué tipo de fallas puedo evidenciar?

Paso No.	Descripción
7.	<p>Descarga continua de vapor vivo. El problema puede ser causado por los siguientes motivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemas en el asiento de válvula <ul style="list-style-type: none"> a) Presencia de desgaste en las partes de la válvula. b) Presencia de alguna impureza en la válvula • Pérdida del acondicionamiento interno de la trampa. <ul style="list-style-type: none"> a) Cierra la válvula de paso aguas arriba de la trampa de vapor por unos minutos. Ábrala gradualmente. Si la trampa recupera su funcionamiento normal, entonces la trampa recuperó su acondicionamiento interno y la trampa se encuentra en buenas condiciones. En caso contrario, proceda a dar mantenimiento a la trampa. b) La pérdida del acondicionamiento interno de la trampa es usualmente debido a una repentina o frecuente caída de

Paso No.	Descripción
	<p>presión de vapor. Para evitar este problema instale una válvula check aguas arriba de la trampa de vapor o instale una válvula check interna en la trampa de vapor. Si es posible ubique la trampa lo más abajo posible de la SRC o PEC del sistema.</p>
8.	<p>Descarga continua de condensado. Si la trampa descarga condensado de forma continua, revise lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">• Trampa Subdimensionada.<ul style="list-style-type: none">a) Instale una trampa con mayor capacidad de remoción de condensado.b) Verifique que la presión del sistema se la adecuada para trampa de vapor instalada. Trampas de vapor para alta presión pueden ser instaladas en sistemas de baja presión.• Condiciones anormales del agua. La caldera pudiera estar produciendo espuma o haber perdido las condiciones óptimas de funcionamiento llevando grandes cantidades de agua a las líneas de vapor. Revise las condiciones del agua de alimentación del caldero o instale un separador.

Paso No.	Descripción
9.	<p>No se presenta ningún tipo descarga. Este es una situación en la cual se puede presentar dos condiciones totalmente diferentes que son:</p> <p>Si la trampa está fría, verifique lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">• La presión de trabajo puede ser muy alta<ul style="list-style-type: none">a) Verifique que trampa seleccionada se adecuada para la presión de trabajo del sistema.b) Aumento de la presión de trabajo del sistema sin haber cambiado los partes internas de la trampa para trabajar a la nueva presión.c) La VRP se encuentra dañada.d) El orificio del balde invertido se desgastó.• No llega condensado o vapor a la trampa.<ul style="list-style-type: none">a) El filtro en Y aguas arriba de la trampa puede estar tapado por impurezas. Limpie le filtro en Y.b) La válvula de paso aguas arriba de trampa puede haberse averiado. Verifique el funcionamiento de la válvula de paso. Si es necesario, proceda a su reemplazo.• Presencia de desgaste o mal funcionamiento del mecanismo

Paso No.	Descripción
	<p>interno. Reemplace las partes internas de la trampa que presente problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La presión diferencial del sistema es muy baja. <ul style="list-style-type: none"> a) Aumente la presión diferencial del sistema. b) Cambie las partes internas de la trampa para operar a la presión diferencial del sistema. • Cuerpo de la trampa lleno de suciedad. <ul style="list-style-type: none"> a) Revise las partes internas del filtro en Y aguas arriba de la trampa de vapor, si es necesario proceda a su reemplazo o Instale un filtro en Y aguas arriba de la trampa. • Válvula de venteo del balde lleno de suciedad. <ul style="list-style-type: none"> a) Revise las partes internas del filtro en Y aguas arriba de la trampa de vapor, si es necesario proceda a su reemplazo o Instale un filtro en Y aguas arriba de la trampa. b) Amplíe la válvula de venteo ligeramente. <p>Si la trampa está caliente, verifique lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No llega condensado o vapor a la trampa. <ul style="list-style-type: none"> a) La válvula de paso del by-pass presenta desgaste y el

Paso No.	Descripción
	<p>condensado pasa a través de esta.</p> <p>b) Si la trampa se encuentran en un intercambiador de calor, se puede haber formado un vacío al interior de intercambiador lo que impide el desfogue del condensado. Instale un rompedor de vacío en la línea de vapor del intercambiador de calor.</p>

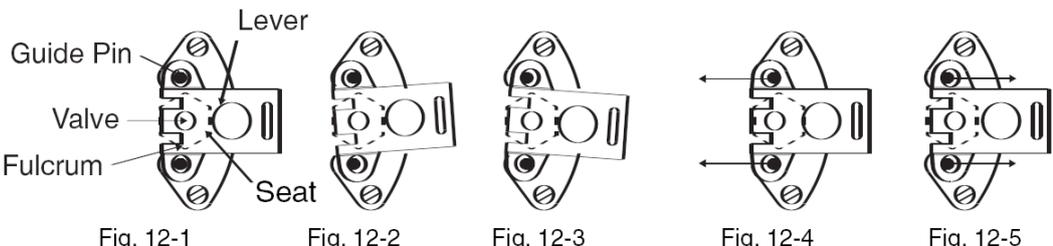
Mantenimiento de las partes internas de la trampa de vapor

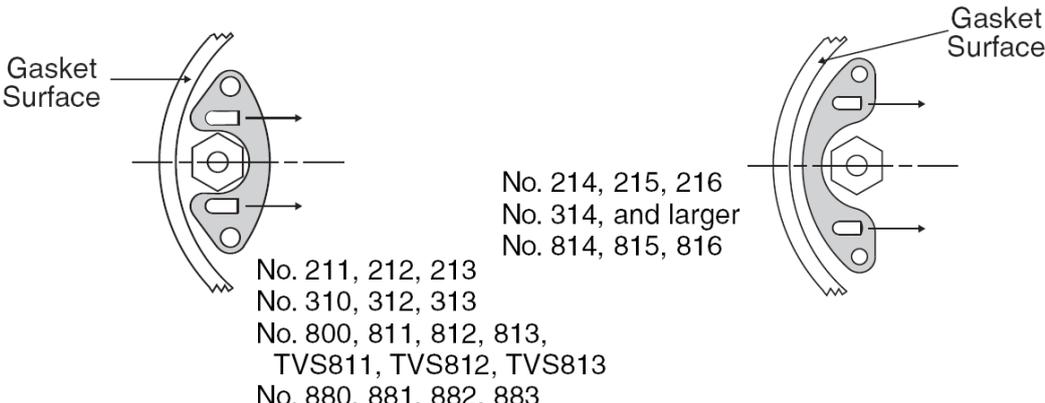
NOTA: El mantenimiento de este tipo de trampa se lo puede hacer en línea o se puede hacer en taller, retirando la trampa de la línea de drenaje de condensado.

Paso No.	Descripción
10.	<p><u>Válvulas y Asientos</u></p> <p>Si el asiento de la válvula tiene un marcado borde liso y si hay un anillo brillante que ajusto todo el contorno de la válvula de bola, lo más probable es que la válvula está apretado.</p> <p>Las válvulas y asientos que presentan rasguños, alambres sueltos o deformados, producto del desgaste normal de la</p>

Paso No.	Descripción
	<p>trampa, deben ser reemplazados.</p> <p><i>No usar un asiento nuevo con una válvula vieja o viceversa.</i></p> <p>Válvulas y los asientos son fabricados para que tengan un ajuste perfecto.</p> <p><u>Instalación del asiento de la Válvula.</u></p> <p>Cuando instale el asiento de la válvula de una trampa de vapor, no use ningún químico ni lubricante en los hilos del asiento. El conjunto se hace, no por los hilos, sino por el contacto entre la parte final del asiento de la válvula y el bisel de la zona de asentamiento en la parte inferior del agujero roscado. Asegúrese que la zona de asentamiento este perfectamente limpia.</p>
11.	<p><u>Reemplazo de la palanca y la clavija guía de montaje.</u></p> <p>Cuando partes nuevas de la válvula son usadas con una palanca vieja, el balde presenta fuga, la apertura de la válvula se reduce válvula y la capacidad de la trampa se ve reducida.</p> <p>Con clavijas guías usadas o desgastadas, la válvula no cierra completamente en su asiento. Una mala orientación de la válvula desarrolla fugas rápidamente debido a que la válvula</p>

Paso No.	Descripción
	<p>puede golpear un lado del asiento y no el centro.</p> <p>Cuando se instala un mecanismo nuevo con excepción del balde o se cambia el ensamblaje de presión, haces que la trampa este como nueva.</p> <p><u>Alineación de las clavijas guía de montaje.</u></p> <p>Para comprobar la alineación de las clavijas guía, sostenga el conjunto de la palanca contra el asiento de la válvula manteniendo la válvula en contacto con su asiento, y los dos puntos fulcrom descansando en la base del asiento.</p> <p>Con la palanca puesta en esa posición, las barras-guías deben ser centradas en los agujeros de las barras-guías. Ver figura 12.1 de la figura 4.3.</p> <p>Debe haber igualdad en el movimiento lateral de la palanca de nivel como se muestra en la Fig. 12-2 y Fig. 12-3 (ver figura 4.3). Es una tarea muy simple ya que solo hay que doblar las barras-guías hasta que estas se encuentren ubicadas centro del asiento. Se debe tener cuidado de que las barras-guías queden perpendicular a al planto de las clavijas guía a fin de que la palanca pueda caer hasta la base de las barras-guías.</p>

Paso No.	Descripción
	 <p>Fig. 12-1 shows CORRECT ALIGNMENT of guide pins. When correctly aligned, lever can be moved sideways the same distance to the right (Fig. 12-2) as to the left (Fig. 12-3).</p> <p>Figs. 12-4 & 12-5 show two examples of INCORRECT ALIGNMENT. Guide pins should be bent in direction of arrows until they center in holes as shown in Fig. 12-1.</p> <p>FIGURA 4.3 ALINEACIÓN DE LAS CLAVIJAS GUÍAS DE LA TRAMPA DE BALDE INVERTIDO.</p> <p>Fuente: Service Guide Armstrong Inverted Bucket Steam Traps, Armstrong Steam and Condensate Group, Bulletin No. 301-L, June 2006 ⁽¹⁸⁾.</p>
12.	<p>Instalación de la clavija guía de montaje.</p> <p>Instale con las clavijas guías apuntando al lado contrario de la superficie del empaque adyacente como se muestra en la figura 12-6 (ver figura 4.4).</p>
13.	<p>Suciedad en la trampa.</p> <p>Remueva todos los sedimentos y demás impurezas del cuerpo de la trampa. El mecanismo puede requerir que se las limpie sumergiendo el cuerpo de la trampa en agua. Si hubiere cantidades excepcionales de impurezas, instale un filtro en Y</p>

Paso No.	Descripción
	<p>aguas arriba de la trampa. El filtro en Y tiene que ser purgado cada 3 o 6 meses o cuantas veces sean necesarias para garantizar el buen funcionamiento de la trampa de vapor.</p>
	<div style="text-align: center;">  <p data-bbox="598 891 949 1041"> No. 211, 212, 213 No. 310, 312, 313 No. 800, 811, 812, 813, TVS811, TVS812, TVS813 No. 880, 881, 882, 883 </p> <p data-bbox="842 801 1082 896"> No. 214, 215, 216 No. 314, and larger No. 814, 815, 816 </p> </div> <p data-bbox="336 1070 1374 1131">Fig. 12-6. Guide Pin Plate Locations. Pins always point away from adjoining Gasket Surfaces.</p> <p data-bbox="400 1193 1315 1227" style="text-align: center;">FIGURA 4.4 UBICACIÓN DE LA BASE DE LA CLAVIJA GUÍA</p> <p data-bbox="323 1279 1393 1346">Fuente: Service Guide Armstrong Inverted Bucket Steam Traps, Armstrong Steam and Condensate Group, Bulletin No. 301-L, June 2006 ⁽¹⁸⁾.</p>
14.	<p>Inspección de la válvula de paso del By-pass</p> <p>Si la trampa de vapor es instalada con un by-pass es sumamente importante que la válvula del by-pass sea revisada para asegurar perfecto funcionamiento y ajuste. Evite práctica de dejar abierta la válvula del by-pass abierta.</p>

5. Roles y responsabilidades

Roles	Responsabilidades
Técnico de mantenimiento y los operadores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocer el presente procedimiento, así como avisar al supervisor y/o jefe de mantenimiento o producción en caso de que exista alguna anomalía.
Supervisor y/o jefe de mantenimiento y producción	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este procedimiento se lleve a cabo correctamente, así como de tomar las decisiones que juzgue pertinentes cuando le sea avisada alguna anomalía.

6. Definiciones

Término	Definición
SRC	Sistema de retorno de condensado.
PEC	Pierna de extracción de condensado.
VRP	Válvula reductora de presión.
Fulcrom	Punto en un nivel que no se mueve.
Lever	Palanca
SEAT	Asiento

Guide Pin	Barra guía.
------------------	-------------

7. Apéndices

“No aplica”

8. Formatos y Plantillas

“No aplica”

9. Referencias

Código	Nombre
	Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado
	Programa de Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento WI

Código **Mantenimiento de Trampa de Vapor de Flotador
& Termostática**

1. Propósito

- Esta instrucción de trabajo se utiliza para el mantenimiento preventivo de las trampas de vapor de F&T que se encuentran prestando servicio en la planta.
- Esta instrucción de trabajo está gobernada por el procedimiento “Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado”

2. Alcance

Esta instrucción de trabajo aplica al mantenimiento preventivo de las trampas de vapor de F&T que se encuentran prestando servicio en las diferentes áreas de la planta y es desarrollado por los técnicos del departamento de Mantenimiento.

3. Requerimientos generales

El personal que realice las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado deben haber recibido entrenamiento que los califique para realizar trabajos en áreas calientes, uso de equipos de protección personal, operación de mantenimiento en equipos que manejan vapor y condensado.

4. Instrucciones

Antes de empezar cualquier tarea descrita en el WI primero se deben seguir los siguientes puntos:

- Cerrar las válvulas de paso del sistema que se vaya intervenir.
- Abrir las válvulas de paso del by-pass del sistema.
- Espere que los equipos que van recibir mantenimiento tengan una temperatura apta para su manipulación (40°C máximo)

Las trampas F&T son diseñadas para tener una fácil accesibilidad durante el mantenimiento. La figura 4.4 muestra la ubicación de las partes internas críticas de la trampa de vapor. El mecanismo de operación interno de la trampa está unido a la tapa.

La inspección de las partes internas de esta trampa debe de ser hecho por lo menos una vez por año.

Figure 3. Sectional view of F&T steam trap.

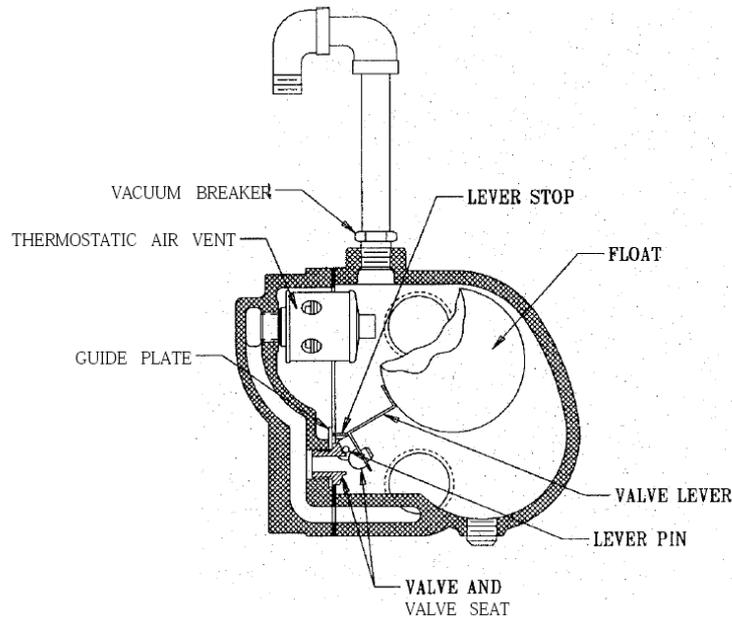


FIGURA 4.4. CORTE DE LA TRAMPA DE VAPOR F&T

Fuente: Installation And Maintenance Armstrong "A", "A-I", "B" Series, Float And Thermostatic Steam Traps, Armstrong International, Inc., Bulletin IB-47-A, November 1996. ⁽¹⁹⁾

¿Cómo verificar el funcionamiento de la trampa de vapor?

Paso No.	Descripción
1.	Cierra la válvula de paso aguas abajo de la trampa de vapor.
2.	Abra la válvula de prueba del sistema de retorno de condensado que se a verificar.

Paso No.	Descripción
3.	Verifique el tipo de descarga de condensado que pasa por la válvula de prueba.

Mantenimiento de las partes internas de la trampa de vapor

NOTA: El mantenimiento de este tipo de trampa se lo puede hacer en línea o se puede hacer en taller, retirando la trampa de la línea de drenaje de condensado.

Desmontaje y montaje de la tapa

Paso No.	Descripción
4.	<ul style="list-style-type: none"> • Cierre la válvula de paso aguas arriba y aguas abajo de la trampa de vapor. • Remueva los pernos de la tapa y cuidadosamente desmonte la tapa y el mecanismo interno de la trampa. • Retire el empaque viejo y limpie la superficie donde va el empaque. • Limpie cualquier suciedad o impureza del cuerpo de la trampa, tapa y mecanismo.

Paso No.	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que no exista erosión en el cuerpo de la trampa especialmente en la conexión de entrada y salida de la trampa. • Inspeccione si el mecanismo interno de la trampa presenta señales de despaste o daño. Si cualquier parte mecánica del mecanismo tiene un aspecto inadecuado, proceda a su reemplazo. • Instale un nuevo empaque en la tapa y asegure la tapa al cuerpo de la trampa ajustando los pernos de forma cruzada, como si se ajustara las tuercas de la rueda de un carro. • Una vez que los pernos han sido correctamente ajustados y la conexión de drenaje (unión universal) cambiada, abra las válvulas aguas arriba y aguas abajo de la trampa de vapor. Verifique el buen funcionamiento de la trampa de vapor.

Inspección de la trampa de vapor F&T

5.	<ul style="list-style-type: none"> • Los eslabones que unen las partes internas de la trampa de vapor no deben estar pegados o desgastados. Partes muy brillantes en las áreas de contacto entre los eslabones y las
----	---

	<p>partes móviles indican la presencia de desgaste. Los huecos de la clavija guía deben ser redondeados, no estar elongados ni presentar filo.</p> <ul style="list-style-type: none">• Un aspecto adecuado del asiento de la válvula presenta un anillo brillante delgado alrededor de la circunferencia del asiento.• Un aspecto adecuado del desgaste del asiento presenta un borde afilado sin mellas o lagunas.• Siempre reemplace las válvulas y asientos de la trampa juntos, <i>No use un asiento nuevo con una válvula vieja o viceversa.</i>• El elemento termostático de la trampa debe de ser reemplazado cuando este presente una mala alineación o su fuelle este roto. Es recomendable que se cambie el elemento termostático cuando se cambia el asiento y la válvula de la trampa.• El flotador no debe tener golpes ni grietas. Bata el flotador para verificar que este no tenga líquido a su interior. Verifique que el flotador no tenga huecos, especialmente a los largo del cordón de soldadura. Si se sospecha que el flotador tiene fugas, sumérjalo en agua caliente y mire si se elevan burbujas
--	---

	en el agua.
--	-------------

Reacondicionamiento del Mecanismo de la trampa F&T

6.	<ul style="list-style-type: none"> • Remueva la palanca de la válvula halando hacia fuera la clavija de la palanca de nivel. Remueva la válvula de la palanca de nivel desajustando el clip de la válvula. • Retire los tornillos del flotador para remover el flotador. • La base de la guía se desmonta retirando los tornillos del asiento y los pernos de la base de la guía, si aplica. • El fuelle termostático se desmonta usando una llave de tuercas o una llave allen. Si el elemento termostático fue instalado usando un empaque con revestimiento de cobre, instale un nuevo, siendo cuidadoso de no sobre ajustar este elemento (7 a 9 Lb-ft se recomienda). • Adjunte la válvula a la palanca de la válvula usando un clip retenedor. • Asegure la base de la guía enroscando el asiento de la válvula a través de él. No use lubricante o químico para tubería en los hilos del asiento. No apriete demasiado el asiento ya que puede deformar el orificio del orificio. Si
----	---

	<p>hubiere pernos adicionales en la base de la guía, asegúrelos también.</p> <ul style="list-style-type: none">• Aplique una gota de loctite al tornillo del flotador y monte el flotador a la palanca de nivel.• Monte el conjunto de la palanca de la válvula insertando la clavija de la palanca de nivel y revise todo que se encuentra alineado. Con la válvula firmemente asentada deslice la clavija de la palanca de la válvula adelante y atrás para verificar que este se mueve libremente, si esto no sucede, doble las orejas de la base de guía hacia adentro o afuera hasta que esto se logre.• La palanca de la válvula debe de ser ajustada de tal forma que esta no golpee contra el cuerpo de la trampa cuando la válvula este completamente abierta. El ajuste es hecho doblando la palanca de la válvula antes de tapar el cuerpo. La parte superior del flotador debe de estar justo por encima de la línea de nivel en la línea de referencia (ver figura 4.5) cuando la palanca de la válvula este completamente abierta
--	---

Figure 4. F&T lever stop diagram.

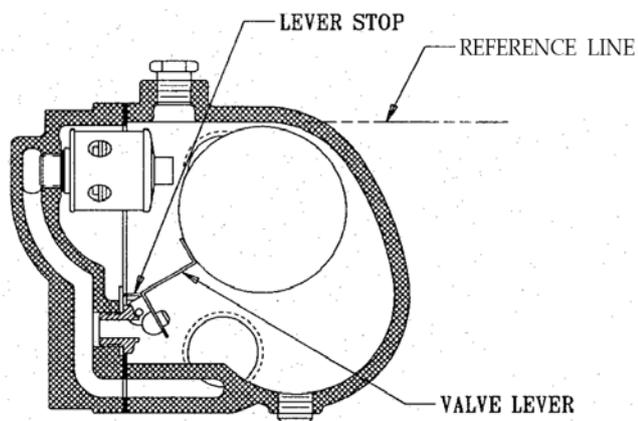


FIGURA 4.5 DIAGRAMA DEL NIVEL DE PARADA DEL FLOTADOR DE LA TRAMPA F&T.

Fuente: Installation And Maintenance Armstrong "A", "A-I", "B" Series, Float And Thermostatic Steam Traps, Armstrong International, Inc., Bulletin IB-47-A, November 1996. ⁽¹⁹⁾.

5. Roles y responsabilidades

Roles	Responsabilidades
Técnico de mantenimiento y los operadores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocer el presente procedimiento, así como avisar al supervisor y/o jefe de mantenimiento o producción en caso de que exista alguna anomalía.
Supervisor y/o jefe de	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este procedimiento se lleve a cabo correctamente, así como de tomar las decisiones que

mantenimiento y producción	juzgue pertinentes cuando le sea avisada alguna anomalía.
----------------------------	---

6. Definiciones

Término	Definición
SRC	Sistema de retorno de condensado.
PEC	Pierna de extracción de condensado.
VRP	Válvula reductora de presión.
Valve lever	Palanca de la válvula.
Lever stop	Tope de la palanca.
Reference line	Línea de referencia.

7. Apéndices

“No aplica”

8. Formatos y Plantillas

“No aplica”

9. Referencias

Código	Nombre
	Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado
	Programa de Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento WI

**Código Mantenimiento de Trampa de Vapor
Termodinámica**

1. Propósito

- Esta instrucción de trabajo se utiliza para el mantenimiento preventivo de las trampas de vapor termodinámica que se encuentran prestando servicio en la planta.
- Esta instrucción de trabajo está gobernada por el procedimiento Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor.

2. Alcance

Esta instrucción de trabajo aplica al mantenimiento preventivo de las trampas de vapor termodinámica que se encuentran prestando servicio en

las diferentes áreas de la planta y es desarrollado por los técnicos del departamento de Mantenimiento.

3. Requerimientos generales

El personal que realice las tareas de mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de vapor deben haber recibido entrenamiento que los califique para realizar trabajos en áreas calientes, uso de equipos de protección personal, operación de mantenimiento en equipos que manejan vapor y condensado.

4. Instrucciones

Antes de empezar cualquier tarea descrita en el WI primero se deben seguir los siguientes puntos:

- Cerrar las válvulas de paso del sistema que se vaya intervenir.
- Abrir las válvulas de paso del by-pass del sistema.
- Espere que los equipos que van recibir mantenimiento tengan una temperatura apta para su manipulación (40°C máximo)

¿Cómo verificar el funcionamiento de la trampa de vapor?

Paso No.	Descripción
1.	Cierra la válvula de paso aguas abajo de la trampa de vapor.

Paso No.	Descripción
2.	Abra la válvula de prueba del sistema de retorno de condensado que se a verificar.
3.	Verifique el tipo de descarga de condensado que pasa por la válvula de prueba.

¿Qué tipos de descargas se pueden presentar?, ¿Cómo debo de analizar los diferentes tipos de descargas?.

Paso No.	Descripción
4.	Si la descarga es intermitente alrededor de 6 veces por minuto, la trampa funciona adecuadamente.
5.	Si la descarga es intermitente alrededor de 12 veces por minuto, la trampa necesita revisión.
6.	Si la descarga es continua, la trampa necesita revisión.

¿Qué tipo de fallas puedo evidenciar?

Paso No.	Descripción
7.	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta ningún tipo descarga y la trampa está fría,

Paso No.	Descripción
	<p>verifique lo siguiente:</p> <p>a) Cuerpo de la trampa lleno de suciedad, revise las partes internas del filtro en Y aguas arriba de la trampa de vapor, si es necesario proceda a su reemplazo o Instale un nuevo filtro en Y aguas arriba de la trampa y limpie la trampa.</p> <p>b) Dé el suficiente tiempo a la trampa para que pueda trabajar de forma apropiada.</p> <p>Si la trampa está caliente, y se presentan las siguientes anomalías:</p> <ul style="list-style-type: none">• La trampa está descargando condensado alrededor de 12 veces por minuto o de forma continua, entonces revise lo siguiente: <p>a) Verifique el estado de las partes internas de la trampa, revise si hay desgaste o suciedad. Si es necesario proceda a darle mantenimiento a la trampa o reemplácela.</p> <p>b) Si las partes internas están en perfectas condiciones y no hay evidencia de suciedad al interior de la trampa verifique, verifique que la presión de retorno de condensado sea la apropiada para la trampa, si se confirma este inconveniente,</p>

Paso No.	Descripción
	<p>reemplace la trampa por una trampa adecuada al régimen de trabajo.</p> <p>c) Si las partes internas y la presión de retorno de condensado es la adecuada, reemplace la trampa por una que pueda manejar mayores cargas de condensado (mayor dimensión).</p>

¿Cómo verifique que la presión de retorno sea la adecuada para la trampa?

Paso No.	Descripción
8.	<p>Para verificar que la presión de retorno sea la apropiada para la trampa haga siga los siguientes pasos:</p> <p>a) Cierre la válvula de paso aguas abajo de la trampa de vapor.</p> <p>b) Abra la válvula de prueba de la trampa.</p> <p>c) Analice el tipo de descarga de la trampa. Si la trampa descarga alrededor de 6 veces por minuto, entonces la presión de retorno es muy alta y se debe de seleccionar una trampa adecuada para el régimen de trabajo ó si la</p>

Paso No.	Descripción
	descarga es de 12 o más veces por minuto la trampa esta subdimensionada se debe seleccionar una de mayor capacidad.

Mantenimiento de las partes internas de la trampa de vapor

NOTA: El mantenimiento de este tipo de trampa se lo puede hacer en línea o se puede hacer en taller, retirando la trampa de la línea de drenaje de condensado.

Paso No.	Descripción
9.	Cierre las válvulas de paso aguas arriba y aguas abajo de la trampa de vapor y deje enfriar la trampa.
10.	Desatornille los cuatro pernos de la tapa de la trampa (si se aplica).
11.	Saque la malla de la trampa (si se aplica).
12.	Retire la cápsula de la trampa.
13.	Retire el empaque viejo (si existiere).
14.	Limpie de cualquier suciedad o sedimento que pudiera estar en

Paso No.	Descripción
	la trampa.
15.	Verifique que el cuerpo de la trampa no presente desgaste especialmente en las conexiones de entrada y salida.
16.	Instale el nuevo empaque (si se aplica).
17.	Instale la nueva cápsula
18.	Ajuste los pernos de la tapa haciéndolo de forma cruzada, como si estuviera poniendo la llanta de un carro.
19.	Abra las llaves de paso y verifique el buen funcionamiento de la trampa.

5. Roles y responsabilidades

Roles	Responsabilidades
Técnico de mantenimiento y los operadores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocer el presente procedimiento, así como avisar al supervisor y/o jefe de mantenimiento o producción en caso de que exista alguna anomalía.
Supervisor y/o jefe de	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este procedimiento se lleve a cabo correctamente, así como de tomar las decisiones

mantenimiento y producción	que juzgue pertinentes cuando le sea avisada alguna anomalía.
----------------------------	---

6. Definiciones

“No aplica”

7. Apéndices

“No aplica”

8. Formatos y Plantillas

“No aplica”

9. Referencias

Código	Nombre
	Mantenimiento Preventivo del Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado.
	Programa de mantenimiento Preventivo.

CAPITULO 5

5. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA INSTALACIÓN EXISTENTE Y LA INSTALACIÓN DISEÑADA Y CÁLCULO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN.

En los capítulos anteriores se ha señalado las diferentes mejoras e innovaciones al sistema de distribución de vapor y retorno de condensado que se realizarán en el diseño nuevo. El objetivo de este proyecto es disminuir los costos de producción mediante un correcto aprovechamiento del vapor. El siguiente análisis comparativo está basado en la evaluación de las mejoras e innovaciones del nuevo sistema en contraste con el sistema actual, desde un punto de vista técnico y económico.

Los resultados obtenidos en la evaluación finalmente se traducirán como un ahorro energético y económico, con lo cual posteriormente se podrá invertir en mejoras de otras áreas de producción de la planta.

5.1. Aspectos Técnicos

Al comparar el sistema que actualmente se encuentra en servicio en la planta con el sistema propuesto en la presente tesis se aprecian cambios que son visibles fácilmente. A continuación señalaremos los puntos de mayor relevancia, considerando los respectivos aspectos técnicos.

5.1.1. Correcto dimensionamiento de las tuberías de vapor.

En el capítulo 1, la tabla #4 presenta los puntos de consumo de vapor, su presión de trabajo y el diámetro de la tubería de alimentación de vapor del sistema actual; en el capítulo 2, la tabla # 8 muestra los puntos de consumo de vapor, el diámetro de la tubería aguas arriba y aguas abajo de la VRP calculados en base a los consumos dados y/o calculados en esta tesis.

Comparando estas dos tablas, es fácil darse cuenta de que existen tramos de tubería del sistema de distribución de vapor que no cumplen con las dimensiones adecuadas de acuerdo con los consumos de los usuarios finales de vapor.

Una de las mejoras significativas que se proveyó en el nuevo sistema de distribución de vapor es el dimensionamiento de los

tramos de tubería aguas abajo de la VRP, que en el sistema que se encuentra en servicio los diámetros de la tubería aguas arriba y aguas abajo de la VRP son iguales lo que produce problemas producidos por el aumento en la velocidad del vapor, lo que genera aumento de las pérdidas de presión en la tubería, produce mayor erosión, golpe de ariete y ruidos en la tubería.

5.1.2. Instalación de piernas de extracción de condensado a lo largo de la tubería de distribución de vapor.

En el anexo 1 se encuentran los planos # 1 y # 2, en los cuales se presentan el sistema actual de vapor actual y el propuesto respectivamente, en donde se puede apreciar la falta de estos apéndices en el sistema actual.

Estos apéndices de la línea de distribución de vapor sirven para extraer el condensado que se forma durante el servicio del sistema, pero lo más importante, extrae el condensado que arrastra lodos durante el arranque del sistema, que generalmente es el día lunes a las 5 a.m. y dura aproximadamente 30 minutos.

Con estos aditamentos también se obtienen beneficios adicionales como son:

- La disminución de la corrosión, y;

- Evitar la presencia de golpe de ariete en la tubería al drenar el condensado de ella.

5.1.3. Dimensionamiento correcto de la Pierna de extracción de condensado del distribuidor de vapor.

Esta es una mejora que para muchos es insignificante pero en realidad es muy importante ya que debido al mal dimensionamiento de este apéndice del distribuidor, en el arranque de la caldera siempre se presenta golpe de ariete debido a que el condensado que se forma durante el arranque se acumula en el interior del distribuidor, una parte de este condensado es drenado por la PEC actual, la misma que tiene 1" de diámetro y otra parte es arrastrado junto con el vapor que ingresa por las tuberías de distribución de vapor.

En el diseño propuesto, la dimensión que se calculó para la PEC del distribuidor es de 4" con una longitud mínima de 300mm mínimo, lo que ayuda a la trampa de vapor drenar el condensado rápidamente.

5.1.4. Instalación de equipos venteadores de gases incondensables.

Esta es una mejora que aunque parece insignificante es sumamente importante ya que si aire u otros gases incondensables entran a la tubería de distribución, estos ocupan parte del volumen que el vapor ocuparía. La temperatura de la mezcla vapor/aire es menor que si temperatura del vapor puro.

Uno de los problemas más importante de tener aire en las tuberías de distribución de vapor se da en los intercambiadores de calor ya que cuando el aire no es removido, éste se va acumulando gradualmente en el interior de estos equipos, disminuyendo la capacidad de transferir el calor del vapor al fluido que se quiere elevar su temperatura debido a que el aire forma una película alrededor de la tubería del intercambiador, un ejemplo práctico se muestra en el texto Solution source for steam, air and hot water systems, el cual dice literalmente que "...bajo ciertas condiciones tan sólo un 0.5 o 1% de aire en vapor puede reducir la eficiencia en la transferencia de calor en un 50%".

Otra ventaja que se obtiene al instalar equipos venteadores es la rápida expulsión del CO_2 de la tubería, evitando la formación de CO_3H_2 a temperatura del vapor y por consiguiente alargando la vida útil del sistema.

Estos equipos estarán dispuestos en el distribuidor de vapor, en el intercambiador de vapor y en los finales de tramos de tubería de distribución de vapor.

5.1.5. Instalación de equipos rompedores de vacío

Al igual que en el caso anterior, esta es una mejora que pareciera despreciable pero importante si se la sabe utilizar.

Los equipos rompedores de vacío sirven, como su nombre lo indica, para prevenir la formación de vacío en equipos y tuberías que pudieran averiarse bajo acción del vacío en sus accesorios.

Pero ¿cuándo se formará vacío en un sistema de distribución de vapor?, el vacío se formará al momento en que la caldera deje de suministrar vapor y la tubería comience a enfriarse, haciendo que el vapor se condense, disminuyendo su volumen y produciendo vacío.

Los rompedores de vacío estarán dispuestos en el distribuidor de vapor, en el intercambiador de vapor y en los finales de tramos de tubería de distribución de vapor.

Un punto importante que hay que destacar es que el aire que ingresará por los rompedores de vacío será expulsado por los equipos venteadores cuando la caldera arranque y el sistema se ponga en línea.

5.1.6. Reducción de la presión de trabajo de equipos.

Una mejora que se logra con el nuevo sistema es la disminución de la presión de trabajo del intercambiador de calor del cuarto de máquinas y del tanque de agua deionizada caliente, en donde se redujo su presión de trabajo de 100 psig a 15 psig para el primero y de 100 psig a 30 psig para el segundo respectivamente.

Esta es una optimización que se traduce en una disminución en el consumo de vapor siendo la más significativa en el intercambiador de calor, con una reducción en el consumo de vapor de 37.20 Kg/h. Para el tanque de agua deionizada caliente la cantidad de vapor que se ahorra es de 3.6 Kg/h, dando un ahorro en conjunto de 40.80 Kg/h de vapor.

5.1.7. Rediseño de los Sistemas de reducción de presión.

Uno de las más sutiles mejoras en el sistema de distribución de vapor se da en los sistema de reducción de presión, debido a que el diseño que se encuentra en funcionamiento amerita la instalación de una trampa de vapor aguas arriba y aguas abajo de la VRP, lo que aumenta los costos de mantenimiento del sistema, además de aumentar la posibilidad de producirse fugas de vapor al existir una mayor cantidad de trampas de vapor.

Este cambio se puede apreciar visualizando la figura 1.1 y la figura 2.19, que se encuentran en el capítulo 1 y 2 respectivamente.

5.1.8. Instalación y renovación de aislamiento térmico en la tubería de vapor, retorno de condensado y tanques.

Como se puede apreciar en las fotos del sistema actual de distribución de vapor, las tuberías de vapor se encuentran con el forro aislante sumamente deteriorado e incluso en algunos tramos no existe este aislamiento.

Por otra parte el tanque de agua de alimentación que funciona a su vez como tanque de retorno de condensado no ha sido

aislado con lo cual se obtiene un pérdida permanente de energía por la falta de aislamiento.

El aislamiento no sólo se debe instalar por fines meramente económicos, para ahorrar combustible, sino que también debe de instalarse para brindar seguridad al personal que labora en el piso técnico de la planta, además de que ayuda al medio ambiente debido a la disminución en el consumo de combustible para reponer el vapor que se condensa por las pérdidas de calor a través de las tuberías de distribución de vapor.

La figura 5.1 muestra las pérdidas de calor en tuberías de acero sin aislamiento, si comparamos los valores mostrados en la figura 5.1, en la columna donde se indican la pérdidas de calor para una diferencia de temperatura de 140°C, con los valores de la tabla # 9, que se muestra en el capítulo 2 y tomando en consideración que $1\text{Btu/h}\cdot\text{ft} \approx 0.96 \text{ W/m}$, podemos apreciar fácilmente que el flujo de calor cedido al ambiente es drásticamente disminuido.

Heat loss from Fluid inside Pipe (W/m)													
Nominal bore		Temperature Difference ($^{\circ}\text{C}$)											
(mm)	(inch)	50	60	75	100	110	125	140	150	165	195	225	280
15	1/2	30	40	60	90	130	155	180	205	235	280	375	575
20	3/4	35	50	70	110	160	190	220	255	290	370	465	660
25	1	40	60	90	130	200	235	275	305	355	455	565	815
32	1 1/4	50	70	110	160	240	290	330	375	435	555	700	1000
40	1 1/2	55	80	120	180	270	320	375	420	485	625	790	1120
50	2	65	95	150	220	330	395	465	520	600	770	975	1390
65	2 1/2	80	120	170	260	390	465	540	615	715	910	1150	1650
80	3	100	140	210	300	470	560	650	740	860	1090	1380	1980
100	4	120	170	260	380	585	700	820	925	1065	1370	1740	2520
150	6	170	250	370	540	815	970	1130	1290	1470	1910	2430	3500
200	8	220	320	470	690	1040	1240	1440	1650	1900	2440	3100	4430
250	10	270	390	570	835	1250	1510	1750	1995	2300	2980	3780	5600
300	12	315	460	670	980	1470	1760	2060	2340	2690	3370	4430	6450

FIGURA 5.1 PÉRDIDAS DE CALOR EN TUBERÍAS DE ACERO SIN AISLAMIENTO.

Fuente: www.engineeringtoolbox.com/steel-pipes-heat-loss-d_53.html⁽²³⁾.

Por otra parte, aislar las tuberías de retorno de condensado tiene una razón adicional, la cual es, que el sistema de recuperación de vapor prestará un servicio más eficiente si el condensado que le llega al tanque flash se encuentra a una temperatura más alta, lo que originará que el vapor que se recupere también tenga una mayor carga térmica.

5.1.9. Instalación de tuberías de retorno de condensado y optimización de los sistemas de extracción de condensado.

El sistema que actualmente presta servicio en la planta sólo cuenta con dos líneas de retorno de condensado, la primera de

1-1/2" que va desde el cuarto de aguas especiales hasta el tanque de alimentación diaria, y la segunda de 1/2" que nace en el equipo secador de granulado y llega hasta el tanque de agua de alimentación diaria.

La primera tubería recoge todo el condensado de los diferentes sistemas y áreas de la planta y los lleva hasta el tanque de agua de alimentación diaria ocasionando que en ciertos momentos la línea colapse debido a que no puede manejar el flujo de condensado que llega a ella.

En el sistema aquí propuesto, esa línea principal es reemplazada por tres líneas de retorno de condensado las mismas que recibirán el condensado de los equipos acorde a su presión de trabajo.

Esta es una mejora significativa debido a que el condensado va a ser removido con mayor rapidez, obteniendo un mejor desempeño del sistema y además de evitar que los equipos que trabajan a una presión menor vean mermada su capacidad de drenar condensado.

5.1.10. Instalación de un Sistema de Recuperación de Vapor.

Esta es una de las mejoras más importantes del todo el sistema aquí propuesto, debido a que al recuperar el vapor flash que tiene el condensado a altas presiones se obtiene un ahorro energético mayor, ya que este vapor se empleará para alimentar el intercambiador de calor, disminuyendo el costo de operación del sistema.

Éste sistema recuperará vapor a 15 psig a una tasa de 90.36 Kg/h.

5.1.11. Mejora del Plan de mantenimiento Preventivo.

La incorporación de los diferentes equipos y accesorios que forman parte del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado es un logro muy grande, ya que con este plan estamos garantizando el buen servicio y alargando el tiempo de vida de estos equipos que actualmente no forman parte del plan de mantenimiento preventivo de la planta.

El objetivo primordial de incorporar estos equipos al plan de mantenimiento preventivo es evitar que fugas de vapor se presenten en los accesorios y trampas del sistema desarrollado

en esta tesis y consecuentemente, evitando que se produzca un incremento en los costos de operación del sistema completo.

La tabla 17 muestra el costo de las fugas de vapor.

TABLA 17

**COSTO DE FUGAS DE VAPOR SEGÚN EL TAMAÑO DE LA FUGA A 7 BARG (103 PSIG).
ASUMIENDO UN COSTO DE €10.00 POR TONELADA DE VAPOR**

TAMAÑO DEL ORIFICIO (PULG).	TONS. VAPOR PERDIDAS POR MES	COSTO TOTAL POR MES (€).	COSTO TOTAL POR AÑO (€).
1/2"	379.8	3795	45540
7/16"	289.5	2895	34740
3/8"	213.6	2136	25632
5/16"	147.7	1477	17724
1/4"	95.4	954	11448
3/16"	53.2	532	6884
1/8"	23.8	238	2856

Los valores de las pérdidas asumen vapor limpio y seco fluyendo a través de un orificio afilado a presión atmosférica, sin que haya condensado presente. El condensado normalmente reduciría estas pérdidas debido al vapor flash formado por la fuga cuando la caída de presión es experimentada.

Fuente: Solution source for steam, air and hot water systems, Armstrong International SA, Belgica, edición 2005, páginas CG-15 (2).

5.2. Aspectos Económicos.

En este punto se presentarán los costos de los materiales y/o equipos requeridos para la instalación del sistema aquí diseñado. El costo por el montaje del sistema estará compuesto únicamente por el costo de la mano de obra de la compañía que hará el montaje de la línea de distribución de vapor de 3", los costos por el montaje del resto de partes del sistema se supondrán cero debido a que el personal de mantenimiento desarrollará esta labor.

Además, se desarrollará un análisis económico que permita conocer el costo del vapor generado con este sistema, y con ello evaluar económicamente el ahorro que se obtendrá con el sistema diseñado en esta tesis.

5.2.1. Costo del vapor.

Para obtener el costo real de generar vapor se pueden incluir muchos aspectos, dependiendo del punto de vista y de la información disponible para efectuar esta estimación, como son:

- Gastos directos e indirectos para la generación y distribución del vapor,
- Gastos administrativos, y;
- Depreciación de los equipos, entre otros muchos aspectos que se emplear.

Para hacer una estimación del costo de generar vapor, la manera más sencilla es hacerlo en referencia al costo del combustible, agua y productos químicos empleados en su producción.

De acuerdo a recomendaciones técnicas, se estima que el costo de generar vapor está dado en un 80% por el costo del combustible y un 20% por el costo de agua y productos químicos usados.

El consumo de combustible de las calderas que se encuentran en funcionamiento en la planta lo podemos observar en la Tabla 1, que se encuentra en el primer capítulo de ésta tesis.

El consumo de combustible de la caldera de 100 BHp es de aproximadamente 30 GPH. La planta farmacéutica obtiene el diesel a un precio aproximado de \$0.89 por galón, por lo que el costo de generar vapor durante una hora será de $30 \text{ GPH} \times \$0.89 = \26.7 por hora.

Siguiendo las recomendaciones técnicas anteriores, los costos para generar vapor durante una hora será la siguiente:

<i>Costo de Combustible</i>	\$26.7	(80%)
Costo Agua y químicos	\$6.68	(20%)
Costo Total por hora	<u>\$33.38</u>	(100%)

Considerando que una caldera de 100 BHp produce aproximadamente 1565 Kg/h (3440 Lb/h) de vapor saturado y sabiendo que el costo de generar vapor durante una hora, ahora se puede obtener el costo de producir un kilogramo de vapor en nuestro sistema, que será el siguiente:

$$\frac{33.38\$/h}{1565\text{Kg}/h} = 0.02133\$/\text{Kg}$$

Entonces, el costo de producir una tonelada de vapor (1000Kg) es de \$ 21.33.

5.2.2. Instalación del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.

Para el montaje del sistema de vapor se requieren los siguientes equipos y materiales, los mismos que se muestran en la tabla # 19.

El costo por el montaje de la línea de 3" es de \$7,498.80 el cual incluye:

- Suministro de un soldador y dos ayudantes,
- Máquina soldadora, con cables para 220v, cable porta electrodo, cable porta maza, mascara para soldar.
- Equipo de oxicorte completo (mangueras, reguladores, mezclador, cilindro de gas y cilindro de oxigeno.
- Pulidor para disco de 7" a 9".
- Pulidor para disco de 4.5"
- Consumibles del soldador (guantes de soldador, mangas de cuero, mandil de cuero, esarpines, cristales oscuros y claros).
- Suministro del oxigeno y del oxigeno para el equipo de oxicorte

Fuente: Fire Install S.A. (Instfire)

TABLA 18

**COSTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y RETORNO DE
CONDENSADO**

DESCRIPCIÓN	CANT.	V.UNITARIO	V. TOTAL
TUBERIA SCH 40 3"	25	\$ 91,50	\$ 2.287,50
TUBERIA SCH 40 2"	36	\$ 43,05	\$ 1.549,80
TUBERIA SCH 40 1-1/2"	9	\$ 33,10	\$ 297,90
TUBERIA SCH 40 1"	16	\$ 21,70	\$ 347,20
TUBERIA SCH 40 3/4"	50	\$ 14,98	\$ 749,00
TUBERIA SCH 40 1/2"	31	\$ 12,70	\$ 393,70
CODOS C-80 SOLD. 3" X 90	14	\$ 6,38	\$ 89,32
CODOS C-40 SOLD. 2" X 90	21	\$ 9,10	\$ 191,10
CODOS C-40 SOLD. 1-1/2" X 90	13	\$ 1,15	\$ 14,95
CODOS C-40 SOLD. 1" X 90	18	\$ 0,58	\$ 10,44
CODOS C-40 SOLD. 3/4" X 90	119	\$ 0,36	\$ 42,84
CODOS C-40 SOLD. 1/2" X 90	105	\$ 0,25	\$ 26,25
NUDOS C-40 ROSC 2"	25	\$ 4,98	\$ 124,50
NUDOS C-40 ROSC 1-1/2"	5	\$ 3,32	\$ 16,60
NUDOS C-40 ROSC 1"	26	\$ 1,87	\$ 48,62
NUDOS C-40 ROSC 3/4"	46	\$ 1,57	\$ 72,22
NUDOS C-40 ROSC 1/2"	31	\$ 1,21	\$ 37,51
TEE C-80 ROSC 3"	14	\$ 14,48	\$ 202,72
TEE C-40 ROSC 2"	18	\$ 2,10	\$ 37,80
TEE C-40 ROSC 1-1/2"	9	\$ 1,41	\$ 12,69
TEE C-40 ROSC 1"	25	\$ 0,74	\$ 18,50
TEE C-40 ROSC 3/4"	41	\$ 0,47	\$ 19,27

TEE C-40 ROSC 1/2"	50	\$ 0,33	\$ 16,50
TEE C-40 ROSC 1/4"	16	\$ 0,43	\$ 6,88
BUSHING C-40 2" A 1"	4	\$ 1,78	\$ 7,12
BUSHING C-40 2" A 3/4"	6	\$ 1,78	\$ 10,68
BUSHING C-40 2" A 1/2"	8	\$ 1,78	\$ 14,24
BUSHING C-40 1" A 1/4"	3	\$ 2,45	\$ 7,35
BUSHING C-40 3/4" A 1/4"	5	\$ 1,65	\$ 8,25
BUSHING C-40 1/2" A 1/4"	9	\$ 0,28	\$ 2,52
REDUCTOR C-80 ROSC. 3 A 1-1/2"	5	\$ 4,55	\$ 22,75
REDUCTOR C-40 ROSC. 3 A 1/2"	4	\$ 3,50	\$ 14,00
REDUCTOR C-80 ROSC. 2" A -1"	2	\$ 1,30	\$ 2,60
REDUCTOR C-80 ROSC. 1" A 3/4"	2	\$ 0,50	\$ 1,00
VALVULA COMP. 150PSIG 3"	4	\$ 335,35	\$ 1.341,40
VALVULA COMP. 150PSIG 2"	4	\$ 102,50	\$ 410,00
VALVULA COMP. 150PSIG 1-1/2"	12	\$ 77,45	\$ 929,40
VALVULA ESFERA 150PSIG 1"	42	\$ 24,75	\$ 1.039,50
VALVULA ESFERA 150PSIG 3/4"	30	\$ 15,75	\$ 472,50
VALVULA ESFERA 150PSIG 1/2"	66	\$ 11,75	\$ 775,50
FILTROS Y P-150PSIG 316 1"	7	\$ 47,50	\$ 332,50
FILTROS Y P-150PSIG 316 3/4"	11	\$ 31,75	\$ 349,25
FILTROS Y P-150PSIG 316 1/2"	15	\$ 27,45	\$ 411,75
RABO DE CHANCHO 1/4" INOX	17	\$ 9,00	\$ 153,00
VALVULA CHECK 1" 150PSI	3	\$ 51,85	\$ 155,55
VALVULA CHECK 3/4" 150PSI	8	\$ 46,25	\$ 370,00
VALVULA CHECK 1/2" 150PSI	10	\$ 37,25	\$ 372,50
REGULADOR PRESION GP-2000	7	\$ 1.625,26	\$ 11.376,82

TAPON C-80 3"	2	\$ 2,94	\$ 5,88
TAPON C-80 2"	2	\$ 0,99	\$ 1,98
TRAMPA DE VAPOR F&T	1	\$ 258,00	\$ 258,00
TRAMPA DE VAPOR F&T	1	\$ 260,00	\$ 260,00
TRAMPA DE VAPOR F&T	4	\$ 115,44	\$ 461,76
TRAMPA DE VAPOR BI 800 3/4"	5	\$ 115,44	\$ 577,20
TRAMPA DE VAPOR BI 800 1/2"	14	\$ 115,44	\$ 1.616,16
TRAMPA DE VAPOR BI 811 1"	1	\$ 153,18	\$ 153,18
JUNTA DE EXPANSION 3"	4	\$ 187,23	\$ 748,92
SEPARADOR HUMEDAD 1-1/2"	2	\$ 234,26	\$ 468,52
SEPARADOR HUMEDAD 3/4"	2	\$ 210,04	\$ 420,08
SEPARADOR HUMEDAD 1/2"	3	\$ 201,48	\$ 604,44
VÁLVULA DE SEGURIDAD 3/4"	7	\$ 41,36	\$ 289,52
VENTEADOR AIRE ARMSTRONG	4	\$ 251,97	\$ 1.007,88
		TOTAL	\$ 32.067,51

Fuente: La Ferretera C.A. y TUVAFERR CIA. LTDA.

Entonces, sumando el costo de los materiales, equipos y accesorios más la mano de obra de la instalación de la tubería de 3", el costo total del sistema de vapor es de \$ 39,566.31.

5.2.3. Instalación del forro aislante de las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado.

Para el montaje del forro aislante del sistema de vapor se requieren las siguientes cantidades de cañuela aislante, los mismos que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 19
COSTO DE LA CAÑUELA AISLANTE

Equipo - Accesorio	Cant.	U/M	V. Unitario.	V. Total.
Cañuela 3" cubierta aluminio	151	M	\$ 11,89	\$ 1.795,39
Cañuela 2" cubierta aluminio	216	M	\$ 9,71	\$ 2.097,36
Cañuela 1-1/2" cubiert. aluminio	52	M	\$ 7,70	\$ 400,40
Cañuela 1" cubierta aluminio	96	M	\$ 5,71	\$ 548,16
Cañuela 3/4" cubierta aluminio	309	M	\$ 5,06	\$ 1.563,54
Cañuela 1/2" cubierta aluminio	187	M	\$ 4,31	\$ 805,97
			TOTAL	\$ 7.210,82

Fuente: La Ferretera C.A.

La instalación de las cañuelas aislantes la hará el mismo personal de la compañía proveedora, ya que el montaje del forro aislante se encuentra incluida en la cotización.

5.2.4. Instalación del sistema de recuperación de vapor.

Para la instalación de este sistema se requieren los siguientes equipos y materiales, los mismos que se muestran siguiente tabla:

TABLA 20
COSTO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPOR

Equipos – Accesorios	Cant	U/M	Precio	Precio
			Unitario	Total
			.	
Tanque Recuperación vapor flash	1	u	1703,73	1703,73
Válvula de Seguridad	1	u	24,15	24,15
VRP de retorno	1	u	1625,26	1625,26
VRP	1	u	1625,26	1625,26
Manómetro vertical 2-1/2" 0-160psig	2	u	6,91	13,82
Sifón ced. 40	2	u	4,85	9,70
Valvula de bola	2	u	108,00	216,00
Valvula de bola	1	u	25,30	25,30
Valvula de bola	3	u	24,75	74,25
Válvula Check	1	u	52,34	52,34
Trampa de vapor	1	u	406,26	406,26
Tubería	24	m	9,69	232,56
Codo	3	u	3,50	10,50

Codo	7	u	2,90	20,30
Tee	3	u	3,85	15.40
			TOTAL	\$ 6054.83

Fuente: La Ferretera C.A.

Una vez obtenido el valor del costo del sistema de recuperación de vapor, ahora se calculará el beneficio económico que este dará.

Como se vió en el capítulo 3, el sistema de recuperación de vapor flash puede generar hasta 90.36 Kg/h de vapor, además la planta trabaja de lunes a sábado las 24 horas, 50 semanas al año aproximadamente, por lo que la cantidad de vapor que se recuperará anualmente es:

$$6 \frac{\text{dias}}{\text{semana}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{90.36 \text{ Kg}}{1 \text{ hora}} = 13011.84 \frac{\text{Kg}}{\text{semana}}$$

$$13011.84 \frac{\text{Kg}}{\text{semana}} \cdot 50 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 650592 \frac{\text{Kg}}{\text{año}}$$

Como el costo de producir 1 kilogramo de vapor es de \$0.02133, el ahorro que se obtendrá anualmente mediante el Sistema de Recuperación de vapor es de:

$$650592 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \cdot 0.02133 \frac{\$}{\text{Kg}} = 13877.12 \frac{\$}{\text{años}}$$

5.2.5. Reducción de la presión de trabajo del intercambiador y Tanque de Agua deionizada Caliente.

Al realizar la reducción de la presión de operación del intercambiador de calor y del tanque de agua deionizada se obtendrá un ahorro de 40.80Kg/h de vapor, lo que implica un ahorro anual de:

$$40.80 \frac{Kg}{h} \cdot 24 \frac{h}{día} \cdot 6 \frac{días}{semana} \cdot 50 \frac{semanas}{año} = 293760 \frac{Kg}{año}$$

$$293760 \frac{Kg}{año} \cdot 0.02133 \frac{\$}{Kg} = \$6265.90 / \text{anuales}$$

5.3. Tiempo de Retorno de la Inversión.

Ahora, se puede empezar a hacer una estimación del tiempo de retorno de la inversión hecha por el laboratorio farmacéutico para renovar sus sistemas de distribución de vapor y retorno de condensado.

Para calcular este tiempo, se relaciona el costo total de la renovación para el ahorro obtenido al implantar el nuevo diseño. La cantidad invertida en la renovación del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado es la siguiente:

Equipos y accesorios Sist. Distr. Vapor y Ret. Condensado.	\$	32,067.51
Montaje de Línea de Distribución de vapor de 3".	\$	7,498.81
Suministro e Instalación de Cañuela Aislante.	\$	7,210.82
Equipos Sistema Recuperación de Vapor Flash.	\$	6,054.83
TOTAL	\$	52,831.97

El ahorro anual que se obtendrá con el sistema de recuperación de vapor flash y por la disminución de la presión de vapor del intercambiador de vapor es el siguiente:

$$\$13877.12 + \$6265.90 = \$20143.02 / \text{anuales}$$

Relacionando el costo total del sistema de distribución de vapor para el ahorro que se obtendrá con las mejoras del sistema es de:

$$\frac{\$52831.97}{\frac{\$20143.025}{\text{año}}} = 2.62 \text{ años}$$

Entonces, el tiempo de amortización del proyecto es de 2 años y 8 meses, desde la puesta en servicio del sistema de recuperación de vapor.

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que en la instalación de vapor existente, se hallan tramos de tubería que no se encuentran correctamente dimensionadas, lo cual genera fenómenos con golpes de ariete y erosiones al usar tramos de menor diámetro que el requerido, o elevar el costo de la instalación y mantenimiento por usar tuberías sobredimensionadas.
- Se concluye que al rediseñar los sistemas de reducción de presión de vapor, se obtiene un ahorro en la instalación y mantenimiento del sistema de vapor debido a reducción de fugas de vapor a través de las trampas y accesorios.

- Se puede concluir que al instalar, de forma adecuada, equipos auxiliares como venteadores y rompedores de vacío se obtendrá una mayor eficiencia del sistema de distribución de vapor, ya que “...bajo ciertas condiciones tan poco como 1/2 o 1% de aire por volumen de vapor puede reducir la eficiencia en la transferencia de calor en un 50% (2)”, además de que se alargará la vida útil de los sistemas de distribución de vapor y retorno de condensado al expulsar con mayor rapidez el CO₂ y otros gases incondensables que se encuentren en las tuberías durante el arranque o que ingresen durante el servicio de la misma.
- El sistema de recuperación de vapor flash permitirá obtener un ahorro de \$13877.12 anuales en combustible, agua y productos químicos, logrando que la planta funcione a un nivel de eficiencia mayor.
- El ahorro que se obtiene al disminuir la presión de vapor del intercambiador de vapor y del tanque de agua desionizada es de \$6265.90 anuales.
- Se concluye que al ampliar el plan de mantenimiento preventivo, agregando los equipos y accesorios que componen el sistema aquí propuesto, es una mejora substancial, debido a que de esta

forma se asegurará el buen funcionamiento de los equipos que hacen uso del vapor, además de disminuir el riesgo de que se presenten fugas en la trampas de vapor y accesorios, lo que evita el desperdicio de este insumo, disminuyendo los costos operativos de este sistema, además de disminuir el stock de repuestos en bodega.

- Finalmente se concluye que el tiempo de retorno de la inversión para cambiar el sistema de vapor actual, por el sistema propuesto en la presente tesis es de aproximadamente 2 años y 8 meses.

6.2. CONCLUSIONES

- El vapor flash que se recupera con el sistema respectivo, sea inyectado a un equipo el cual tenga una demanda energética mayor que el vapor recuperado, además, este equipo se debe encontrar a una distancia no mayor de 10 metros del tanque flash.
- Las piernas de extracción de condensado de tuberías de distribución de vapor se deben disponer cada 30 a 50 metros de tubería, con un diámetro acorde al diámetro de la tubería.

BIBLIOGRAFÍA

1. CALDERAS INDUSTRIALES Y MARINAS, Ing. Ángel Vargas Zúñiga, Editoriales Series VZ, Segunda Edición, 1996; páginas 288 -347
2. Solution source for steam, air and hot water systems, Armstrong International SA, Belgica, edición 2005, páginas CG-9 a CG-61
3. Fundamentos de transferencia de calor; cuarta edición; Frank P. Incropera & David P. DeWitt, Pearson Educación.
4. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp>
5. Thermodynamic and Transport properties of Fluid SI units, G. F. C Rogers & Y. R Mayhew, Fifth edition, 1995, Blackwell publishing.
6. Perry's Chemical Engineers' handbook, 7th edition, McGraw-Hill Education 1999, página 2366
7. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/separators.asp>
8. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/isolation-valves-rotary-movement.asp>

9. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/safety-valves/safety-valve-sizing.asp>
10. http://www.dinatecnica.com.ar/metalicos_juntas/pag15-2.html
11. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipe-expansion-and-support.asp>
12. Piping Handbook, Mohinder L. Nayyar 7th edition, McGraw-Hill 2000, página c3.107
13. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp#head59>
14. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/steam-mains-and-drainage.asp>
15. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/gauges-sight-glasses-vacuum-breakers.asp>
16. <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/air-venting.asp>
17. Model GP-2000 Pressure Reducing Valve, Installation, Operation and Maintenance; Armstrong-Yoshitake, Inc., Bulletin AY-712-C, October 2002.

18. Service Guide Armstrong Inverted Bucket Steam Traps, Armstrong Steam and Condensate Group, Bulletin No. 301-L, June 2006.

19. INSTALLATION AND MAINTENANCE ARMSTRONG "A", "A-I", "B" SERIES, FLOAT AND THERMOSTATIC STEAM TRAPS, Armstrong International, Inc., Bulletin IB-47-A, November 1996.

20. Armstrong Steam Trap Testing Guide for Energy Conservation, Armstrong Steam and Condensate Group, Bulletin No. 310-D, June 2006

21. Installation and Maintenance Armstrong CD-40 and CD-60 Series Controlled Disc Steam Traps, Armstrong International, Inc., Bulletin IB-110, April 1999.

22. Model GP-2000R Back Pressure Regulator; Installation, Operation and Maintenance Instructions; Armstrong-Yoshitake, Inc, Bulletin AY-708, October 2002

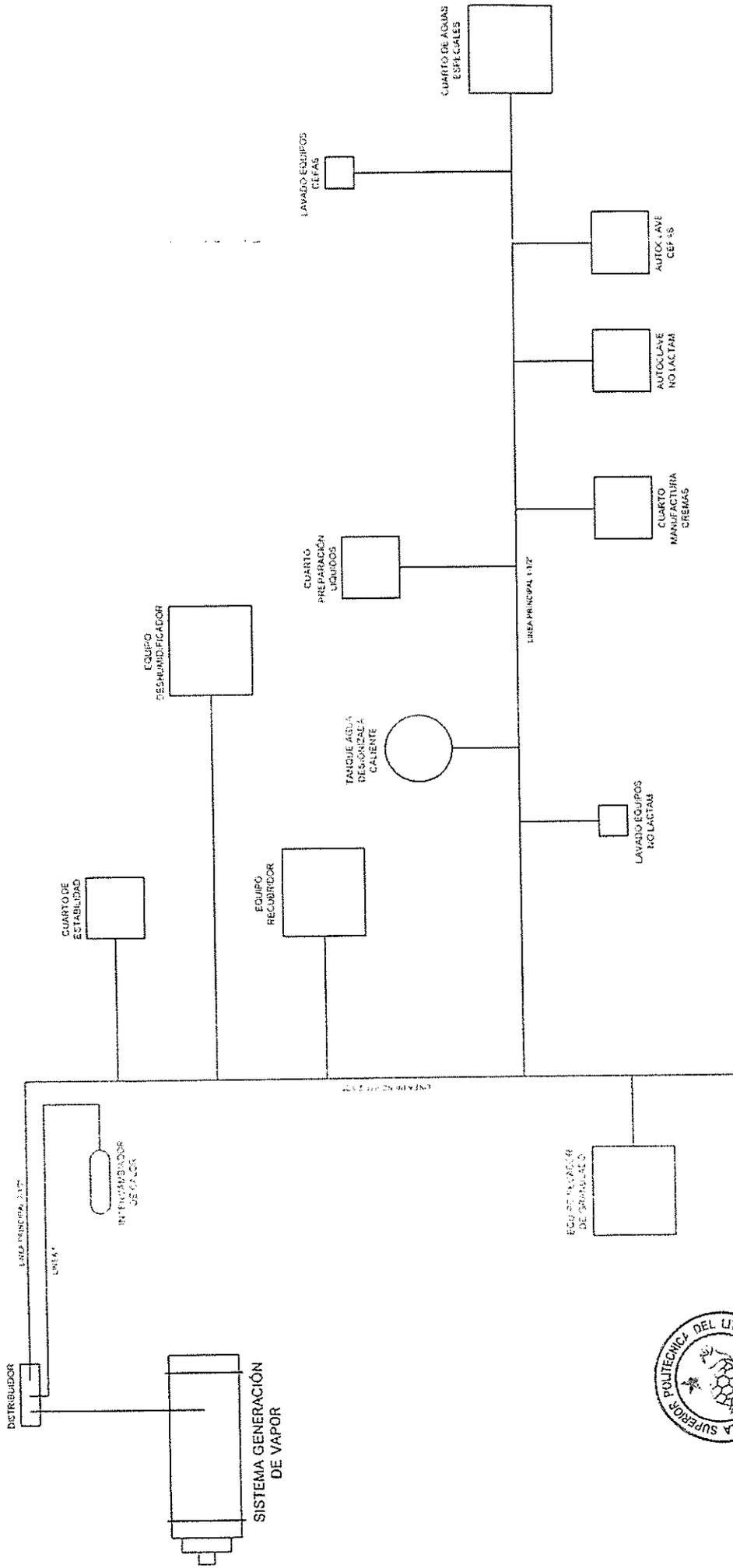
23. http://www.engineeringtoolbox.com/steel-pipes-heat-loss-d_53.html

24. <http://www.owenscorning.com.mx>

25.

26.

27.



<h1 style="text-align: center;">FIMCIP - ESPOL</h1> <p style="text-align: center;">Reingeniería del Sistema de Vapor para un Laboratorio Farmacéutico.</p>		FECHA	NOMBRE
		Dibujó 25/10/07	G Gallegos
		Revisó 14/01/08	J Duque
		PLANO No 3	
PROYECTO	CONTIENE		MATERIALES
ESCALA	ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE VAPOR		
	Sin Escala		
		MATERIALES	



CIB-ESPOL

ANEXO 2



CIB-ESPOL

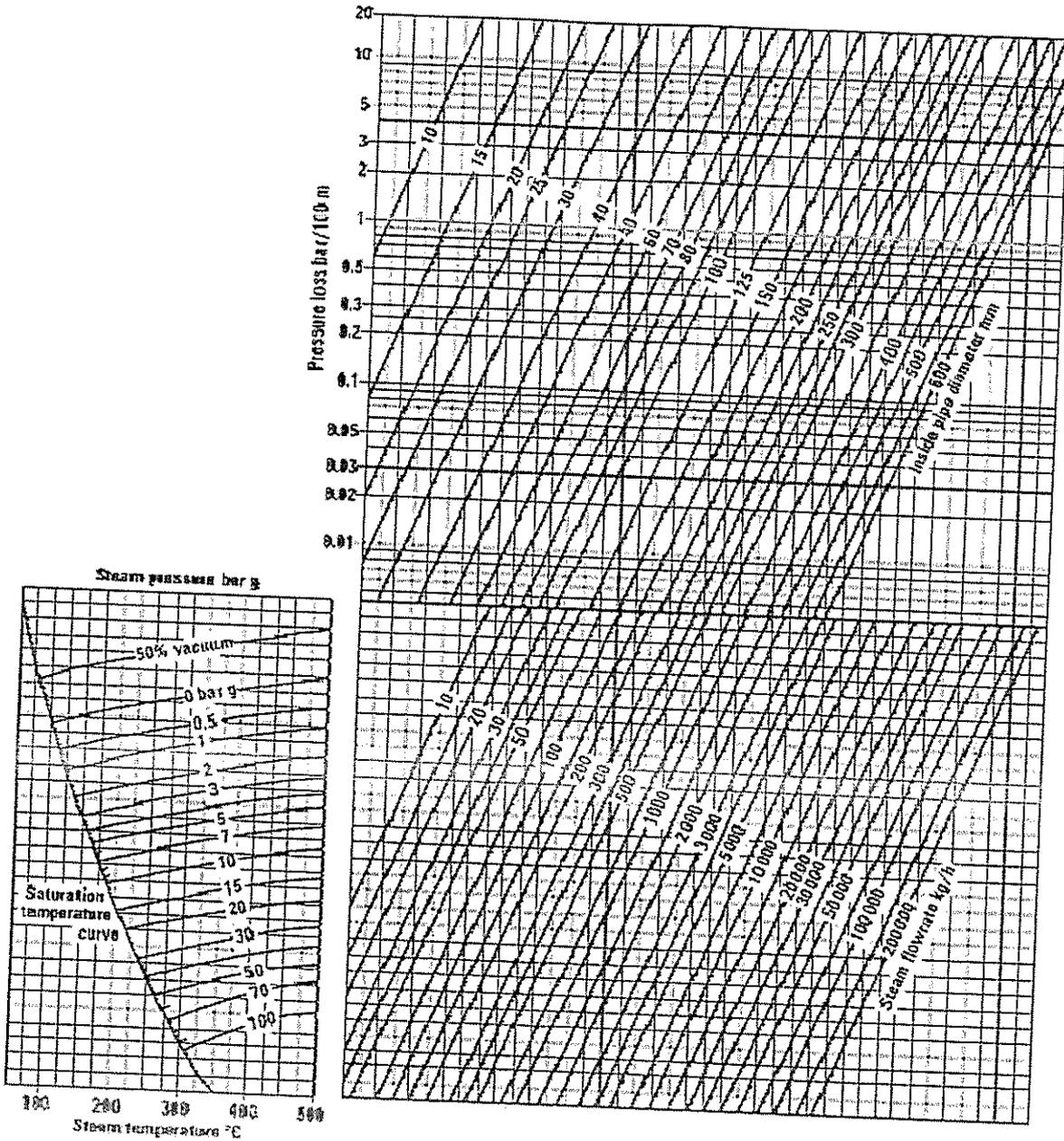


Fig 2.1 Steam pipeline sizing chart - Pressure drop

Bibliography

<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp>

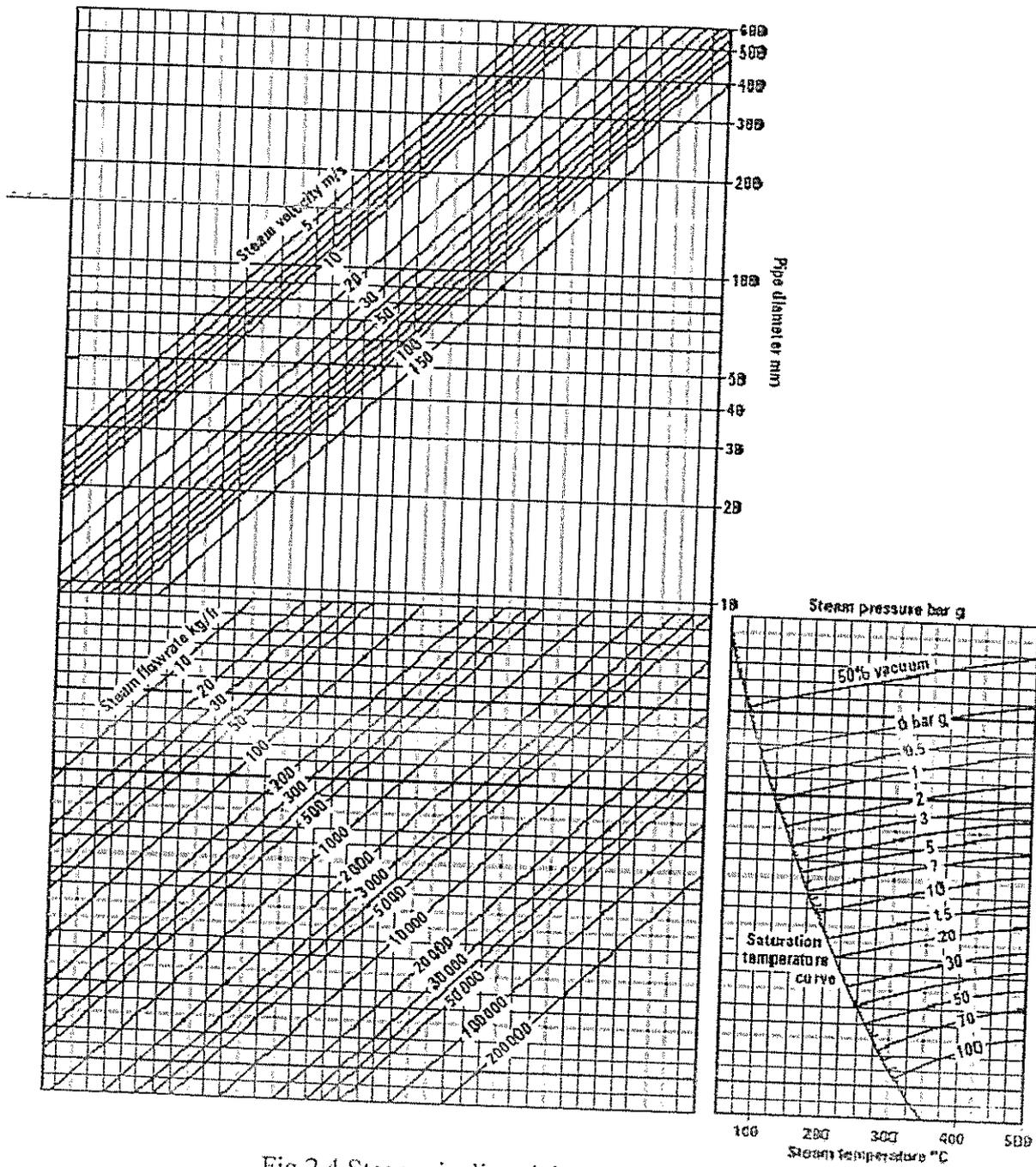


Fig 2.4 Steam pipeline sizing chart - Velocity

Bibliography

<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp>



CIB-ESPOL

SV615 flow capacity for saturated steam in kilogrammes per hour (kg/h)
 (calculated in accordance with BS 6759 at 5% overpressure)
 Derated coefficient of discharge (K_{dr}) = 0.71

Valve size DN	15/20	20/32	25/40	32/50	40/65	50/80
Area (mm ²)	113	314	452	661	1 075	1 662
Set pressure (bar g)	Flow capacity for saturated steam kg/h					
0.5	65	180	259	379	616	953
1.0	87	241	348	508	827	1 278
1.5	109	303	436	638	1 037	1 603
2.0	131	364	524	767	1 247	1 929
2.5	153	426	613	896	1 458	2 254
3.0	175	487	701	1 026	1 668	2 579
3.5	197	549	790	1 155	1 879	2 904
4.0	220	610	878	1 284	2 089	3 230
4.5	242	672	967	1 414	2 299	3 555
5.0	264	733	1 055	1 543	2 510	3 880
5.5	286	794	1 144	1 672	2 720	4 205
6.0	308	856	1 232	1 802	2 930	4 530
6.5	330	917	1 321	1 931	3 141	4 856
7.0	352	979	1 409	2 061	3 351	5 181
7.5	374	1 040	1 497	2 190	3 561	5 506
8.0	396	1 102	1 586	2 319	3 772	5 831

Fig. 9.4.3 A typical safety valve capacity chart

Bibliography

<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/safety-valves/safety-valve-sizing.asp>

Table 12.2.3 Typical sizes and operating ranges of isolation valves

Valve type	Size		Pressure range		Temperature range		Pressure drop ¹ bar
	Min. (mm)	Max. (mm)	Min. (bar)	Max. (bar)	Min. (° C)	Max. (° C)	
Gate	3	2 250	>0	700	-196	675	0.007
Globe	3	760	>0	700	-196	650	0.590
Diaphragm	3	610	>0	21	-50	175	0.021
Ball (full bore)	6	1 220	>0	525	-55	300	0.007
Butterfly	50	1 830	>0	102	-30	538	0.120

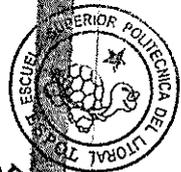
¹Note: Typical values for a DN150 bore valve passing saturated steam at 24 bar, flowing at 40 m/s.

Bibliography

<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/pipeline-ancillaries/isolation-valves-rotary-movement.asp>



Armstrong Steam-A-ware™ Trap Schedule



CIB-ESPOL

Application

Project: Diseño del Sistema de retorno de Condensado
 By: Gabriel Gallegos
 Date: 19/12/2007
 Company Name: ESPDL
 Comments: Listado de Trampas de Vapor

Selected Traps

Application	Trap ID No.	Type of Trap	Model No.	Orifice Size	Traps Req'd	Max. Oper. Pressure	Flow Direction	Conn. Size	Conn. Type	Options Selected	Comments/Special Instructions
Boiler Header		Inverted Bucket	800	7/64"	1	125 psig	Horizontal	3/4"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	Distribuidor de vapor
Separator		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	PEC Intercambiador de calor
Shell and Tube Heat Exchangers		Fical & Thermostatic	75-A5	7/32"	1	75 psig	Horizontal (Same Side)	1-1/4"	NPT		Intercambiador de Calor
Main Line		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT		PEC de la linea principal
Branch Line		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT		PEC cuanto Aguas Especiales
Separator		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	PEC cuarto recubrimiento
Known Parameters		Fical & Thermostatic	75-A2, A3-A4	1 1/64"	1	75 psig	Horizontal (Same Side)	1/2"	NPT		Equipo Recubridor
Known Parameters		Fical & Thermostatic	125-A2, A3-A4	1/8"	1	125 psig	Horizontal (Same Side)	1/2"	NPT		Cuarto de Granulación
Known Parameters		Inverted Bucket	800	3/16"	1	20 psig	Horizontal	1/2"	NPT		Autoclave control de calidad
Separator		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	PEC autoclave control Calidad

Contact Local Sales Office: www.armstrong-intl.com/locator



Armstrong International, Inc.



Armstrong Steam-A-ware™
Trap Schedule

Selected Traps											
Application	Trap ID No.	Type of Trap	Model No.	Orifice Size	Traps Req'd	Max. Oper. Pressure	Flow Direction	Conn. Size	Conn. Type	Options Selected	Comments/Special Instructions
Separator		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	PEC Tanque Agua Deionizada Caliente
Known Parameters		Inverted Bucket	800	7/8"	1	125 psig	Horizontal	3/4"	NPT		Tanque de Agua Deionizada Caliente
Separator		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	PEC Cuarto Manufactura Liquidos
Separator		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	PEC Cuarto Manufactura Crenas
Branch Line		Inverted Bucket	800	#38	1	150 psig	Horizontal	1/2"	NPT		PEC Lavado Equipos Cefas
Flash Tanks		Inverted Bucket	814	1/2"	1	30 psig	Horizontal	1"	NPT	1. Large Vent (IBLV)	Tanque Flash

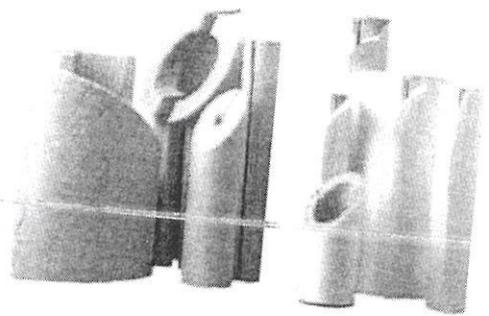
Contact Local Sales Office: www.armstrong-intl.com/locator



Armstrong International Inc.

ANEXO 3

Fiberglas® Aislamiento para Tubería



Descripción

Los materiales aislantes para Tuberías, Fiberglas® de Owens Corning están fabricados con fibras de vidrio inorgánicas aglutinadas con una resina de alta densidad. Se presentan en preformados abisagrados de 36 pulg. (91.4 cm) de largo para su fácil y rápida instalación, sólo se tienen que abrir, colocar sobre la tubería, cerrar y fijar.

El aislamiento para Tubería, Fiberglas® ASJ está recubierto con una barrera de vapor de foil de aluminio y papel kraft reforzado con fibra de vidrio.

ASJ en inglés (All Service Jacket), cuenta con un cierre autoadhesivo doble DOUBLESURE® que viene aplicado de fábrica, proporcionando un sello mecánico y una barrera de vapor para la junta longitudinal. Se cierra también con cinta adhesiva transversal para lograr un sellado hermético e impedir la entrada de vapores, eliminando así la necesidad de adhesivos o flejes adicionales.

En tamaños grandes, el aislante para tuberías Fiberglas® ASJ viene con una sola solapa adhesiva.

El aislamiento para Tubería, "No Wrap" de Fiberglas® sin recubrimiento viene en dos presentaciones: medias cañas, para facilitar su instalación en grandes diámetros y preformado con un corte longitudinal abisagrado, los cuales sirven para instalaciones in-situ del recubrimiento adecuado y que responda a los requisitos de control del vapor, daños o resistencia a la corrosión de la aplicación correspondiente.

Usos y Aplicaciones

El aislamiento para tubería con y sin recubrimiento que funcionan con temperaturas de 0°F (-18°C) a 850°F (454°C), son aislamientos térmicos ideales para tuberías de proceso

y servicio, que conducen vapor, agua caliente, agua helada, refrigerantes, gases y toda clase de fluidos en que se requiera ahorrar energía. Por sus características, los preformados de fibra de vidrio son los de mayor uso en las áreas de: petroquímica básica, petroquímica secundaria, refinación, farmacéutica, alimenticia y química. Además de aplicaciones en hoteles, hospitales, edificios comerciales, restaurantes y clubes deportivos.

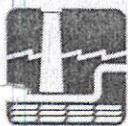
Ventajas

- **Máxima eficiencia térmica**
Garantiza la menor pérdida de calor del sistema, lo que se traduce en un ahorro en el consumo de energéticos y por consiguiente, se reduce la emisión de contaminantes.
- **Resistencia a la vibración**
El diámetro y la longitud de nuestra fibra, además del tipo de fibrado, hacen que no tenga shot (0% shot). Esto impide que el aislamiento se asiente en los equipos sujetos a vibraciones. Al conservar su forma original se garantiza uniformidad en la conductividad térmica y flujo de calor en cualquier lugar.
- **Baja conductividad térmica**
Al tener la más baja conductividad térmica que cualquier otro aislante de su tipo garantiza menores pérdidas de calor y ahorro en combustible, por ello requiere menor espesor aislante, lo que hace que se tenga ahorro en productos de recubrimiento (aluminio, lámina galvanizada, fieltro) y un menor peso muerto en la tubería.
- **Incombustible**
Su naturaleza y componentes no combustibles evitan el riesgo de propagación del fuego, lo que reduce el costo de las primas de los seguros contra incendio.



OWENS CORNING

PARA VIVIR™



Cumplimiento de Especificaciones

- NRF-034-PEMEX-2004
- ASTM C 547, Preformado de Fibra Mineral para aislamiento de tuberías Tipo I a 850°F (454°C)
- ASTM C 1136 Aislamiento térmico flexible de baja densidad retardante al vapor Tipo I y II
- ASTM C 795, Aislamiento térmico para el uso sobre acero inoxidable*
- Mil Spec. MIL-1-22344D, Aislamiento térmico de fibra de vidrio para tubería
- CAN/CGSB-519 - Tipo I, Clase 2
- ASTM C 411
- ASTM E 96 Proc A
- ASTM D 781
- UL 723 (SBC 25/50)
- ULC/CAN-S-102M (SBC 25/50)
- ASTM E 84 (SBC 25/50)
- NMX C230
- PEMEX 2.313.0
- NFPA 90A

*Para realizar la prueba completa de pre-producción de un archivo es requisito contar con un análisis químico de cada lote de producción para su total conformidad.

Presentación

Material	Presentación	Espesor	Diámetro	Longitud	
				cm	pies
Aislamiento para Tubería	Corte Longitudinal Abisagrado	De 1" a 3"	De ½" a 6"	91.4	3
	Medias Cañas	De 1" a 3"	De 8" a 22"	91.4	3

Si requiere espesores de aislamiento mayores a 6 pulg. y diámetros comprendidos entre 24" y 30", consulte a nuestro Departamento de Ventas.

Instalación

1. Antes de iniciar la instalación del aislamiento, limpie y seque perfectamente la superficie de la tubería. Se recomienda aplicar una mano de pintura anticorrosiva a la superficie (fig.1).
2. Consulte las tablas de espesores recomendados para seleccionar el espesor adecuado para aislar tuberías frías o calientes.
3. Coloque el aislamiento para tubería Fiberglas® en torno a la tubería y sujételo con cinchos de alambre galvanizado calibre 16 y colóquelos a 30 cm de distancia para retener firmemente el aislamiento (fig 2).

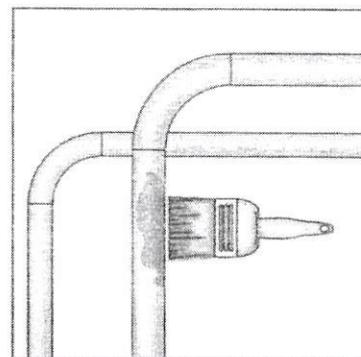


figura 1

4. Aplique los acabados finales tomando en cuenta las siguientes consideraciones de acuerdo al tipo de servicio de la tubería que va a aislar (fig 3).

Servicio Caliente

a) Instalación bajo techo y sin abuso mecánico

Se recomienda utilizar Aislamiento para Tubería "No-wrap" de Fiberglas®, ya que no requiere ningún otro acabado, sin embargo, si desea dar mayor protección al aislamiento, utilice un acabado de lámina galvanizada o de aluminio. También puede utilizar Aislamiento para Tubería, "No wrap" de Fiberglas® y como acabado final le puede colocar una manta y aplicar dos manos de pintura impermeable.

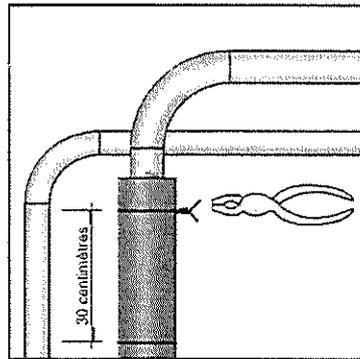


figura 2

b) Instalación bajo techo con abuso mecánico

Se recomienda proteger el aislamiento con un recubrimiento rígido como lámina galvanizada o de aluminio. El calibre de la lámina puede ser de 24 a 28 de acuerdo a su preferencia.

Procure que los traslapes de las láminas sean por lo menos 2" (5.08 cm). Sujete las láminas con flejes de aluminio o de acero inoxidable de 3/8" (1.9 cm) y colóquelos a una distancia no menor a 12" (22.9 a 30.5 cm) de centro a centro.

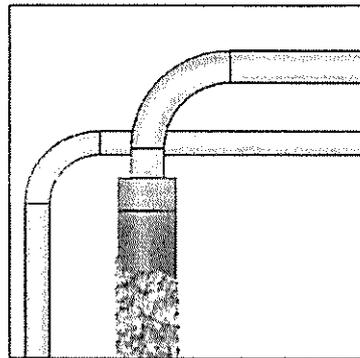


figura 3

c) Instalación a la intemperie

Siga las instrucciones del punto anterior sólo que deberá sellar las juntas con chaquetas de lámina con un impermeabilizante de calidad.

Servicio Frío

Es importante mencionar que todos los materiales aislantes del mercado requieren de una barrera de vapor para evitar la entrada de condensaciones y formaciones de hielo dentro del aislamiento. Para instalaciones frías se recomienda el uso de Aislamiento para Tubería, Fiberglas® ASJ ya que su recubrimiento integrado funciona como una excelente barrera de vapor.

a) Instalación interior sin abuso mecánico

Instale Aislamiento para tubería, Fiberglas® ASJ cuidando que las juntas longitudinales y transversales de la cubierta queden perfectamente selladas. Para mayor protección a la barrera de vapor y al aislamiento coloque una lámina de aluminio o galvanizada del calibre 24 al 28 según el lugar.

b) Instalaciones a la intemperie

Siga las instrucciones del punto anterior y coloque una chaqueta de lámina galvanizada o de aluminio calibre 24 o 28 sellando las juntas con un material que funcione como barrera de vapor, es muy importante que la barrera de vapor no tenga ninguna perforación y si la hay, deberá sellarse perfectamente.



CIB - ESPOL

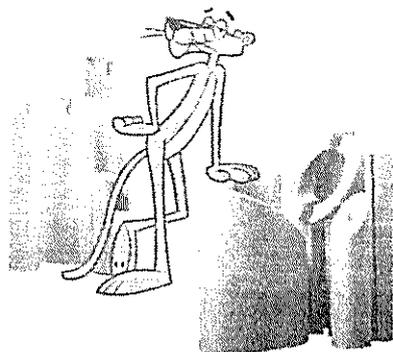
Aislamiento para Tubería



Recomendaciones de Almacenaje

Para evitar la alteración de las propiedades del Aislamiento para Tubería Owens Corning le recomienda lo siguiente:

- Almacene el material en lugares protegidos de la intemperie.
- La primera cama de cajas en el almacén debe estar sobre una tarima de madera.
- Conserve el producto en su empaque hasta su uso.
- Estibe sólo 4 cajas.
- Evite someter el producto al piso mojado o a abusos mecánicos.
- Deje visible las etiquetas que identifican el producto.



Soluciones Aislantes

THE PINK PANTHER™ © 1964-2006 Metro Goldwyn-Mayer Studios Inc.
Todos los derechos reservados.

Pub. No. FT-AISL-TUB-02
Impresa en México, D.F., Septiembre 2006

Por su seguridad

Evite ser sorprendido por comprar productos de dudosa calidad, los productos fabricados y comercializados por Owens Corning se apegan a estrictas normas de calidad, todos llevan etiquetas originales nunca fotocopiadas y empaques con los logotipos y marcas registradas por Owens Corning, en caso de duda llámenos de inmediato.

Asistencia Técnica

Todo un equipo de profesionales a su servicio lo asesora sin costo alguno para resolver sus dudas acerca de nuestros productos, permitiéndole conocer todos los beneficios de aislar con fibra de vidrio. Con sólo llamar al 01 800 654 7463 o visitar nuestra página en Internet, Owens Corning responde a sus preguntas.



INNOVACIONES PARA VIVIR™

Comunidades: (55) 5089 6700
Servicio a Clientes México: 01 800 654 7463
E-mail: ocmexico@owenscorning.com

Av. Acueducto No. 459, Col. Zacatenco,
07360 México, D.F.

Aislamiento para Tubería

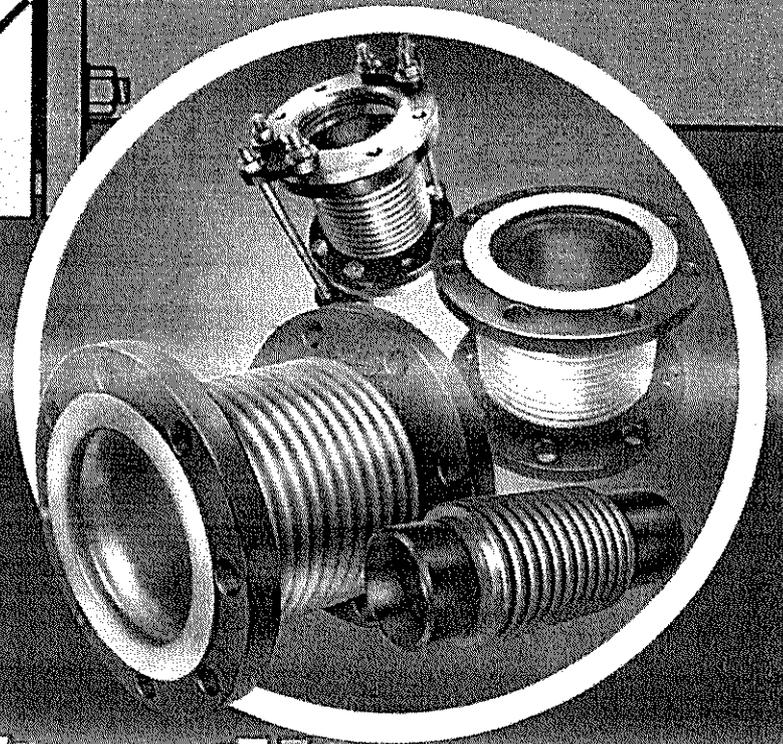


DINATECNICA

1972

Juntas de expansión metálicas

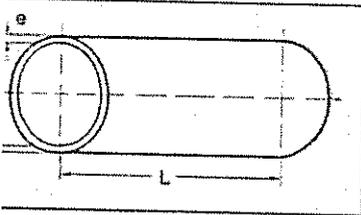
Serie JEAM



DINATECNICA

de la dilatación térmica axial

Un tubo sujeto a una variación de temperatura, ocurrirá una dilatación térmica.



La dilatación térmica axial de un tubo es dada a través de la siguiente ecuación:

$$X = L \cdot \Delta T \cdot K$$

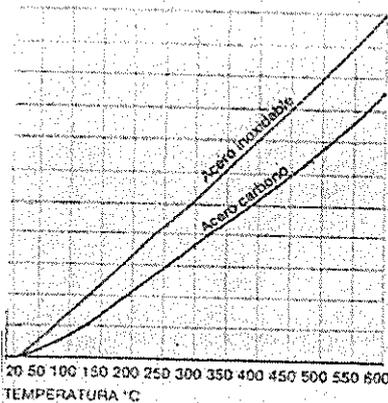
X = Dilatación térmica axial (mm)
L = Largo total del tubo (metros)
ΔT = Máxima variación de temperatura (°C)
K = Coeficiente de dilatación térmica que representa la variación de temperatura entre la temperatura de instalación y la temperatura de proyecto o máxima temperatura de operación esperada.

Los valores de K que dependen directamente del material de la tubería y de la temperatura, son indicados en la tabla siguiente, para diversos materiales y temperaturas.

Coeficientes de dilatación térmica
coeficiente K (mm/m°C)

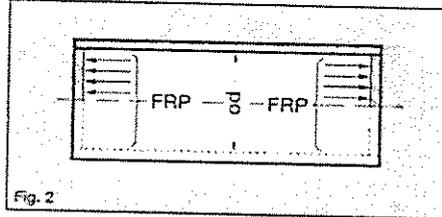
	Acero carbono	Acero inox 18Cr 8Ni	Aluminio	Cobre	Ferro Fundido
0°C	0,0120	0,0119	0,0238	0,0165	0,0110
100°C	0,0126	0,0125		0,0168	
200°C	0,0131	0,0130			
300°C	0,0135	0,0134			
400°C	0,0141	0,0139			
500°C	0,0147	0,0144			

GRÁFICA DE DILATACION TÉRMICA



Fuerza de reacción por presión (FRP)

Por el principio de Pascal, una presión ejercida en el seno de un líquido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones.



Así una presión actuando internamente en un recipiente cilíndrico, con sus extremidades cerradas, creará una tensión en la pared longitudinal del recipiente, debido a la fuerza de reacción por presión (FRP).

$$FRP = p \cdot A$$

Donde:
FRP = Fuerza de reacción por presión (kgf)
p = Presión interna (kgf/cm²)
A = Área interna de la sección transversal (cm²)

Como cualquier cuerpo cilíndrico con elemento móvil no posee resistencia longitudinal, la fuerza de reacción FRP tenderá a alejar las partes hasta separarlas. Por ejemplo, un émbolo conforme mostrado en la figura 3. Condiciones semejantes tendremos si unimos las partes móviles mediante un fuelle soldado (fig. 4).

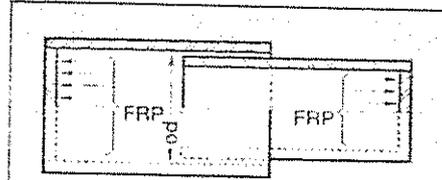
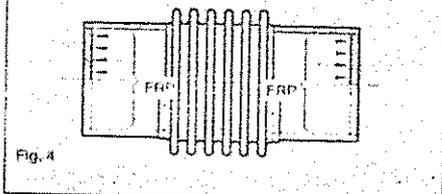


Fig. 3



La fuerza de reacción por presión (FRP) liberada por el fuelle, es dada por la siguiente ecuación:

$$FRP = p \cdot Af = \frac{p \cdot \pi \cdot (d + w)^2}{4}$$

Donde:
FRP = Fuerza de reacción por presión (kgf)
p = Presión interna (kgf/cm²)
Af = Área efectiva del fuelle (cm²)
d = Diámetro interno del fuelle (cm)
w = Altura de onda del fuelle (cm)

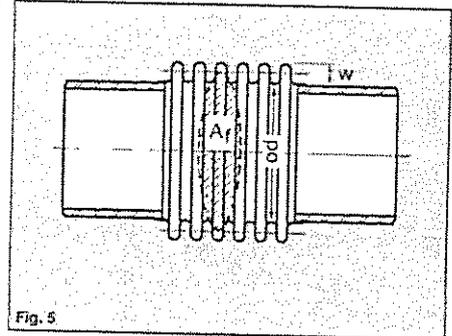


Fig. 5

Existen diversas maneras de evitar la transmisión de la fuerza de reacción por presión:

- 1) Fijar las extremidades del tramo de tubería donde la junta sea instalada con puntos fijos capaces de resistir la acción de la fuerza.
- 2) Utilizar juntas de expansión con estructura tensora. En este caso la fuerza FRP es contenida por la propia estructura, liberando los puntos fijos y/o equipos de ese esfuerzo.
- 3) Utilizar juntas de expansión auto compensadas, cuyo sistema permite compensar los efectos de la fuerza FRP, mediante la utilización de un fuelle compensador.

Constantes de resorte (axial, lateral, angular)

La constante de resorte es la fuerza o momento por una unidad de movimiento, necesarios para comprimir, extender, flexionar lateral o angularmente el fuelle de una junta de expansión.

El valor es función de la geometría del fuelle, del material y de la temperatura. Los valores de las constantes de resorte están listados en las tablas 3 y 4. Para tener los valores de fuerza elástica axial y lateral totales, se multiplica la constante de resorte por el valor del movimiento total a ser absorbido.

- Movimiento axial

$$F = Kx \cdot X$$

Donde:
F = Fuerza elástica axial total (kgf)
Kx = Constante de resorte axial (kgf/mm)
X = Movimiento axial total (mm)

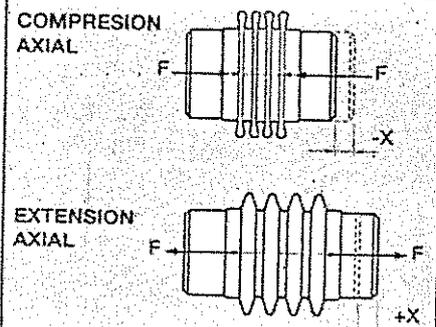


Fig. 6

- **Fácil de instalar y manejar**
Por su densidad y flexibilidad es un material de fácil y rápida instalación en tuberías y equipos, lo que se convierte en ahorro de tiempo y dinero.
- **Ligero**
Es el material más ligero de su tipo en el mercado de los termoaislantes.
- **Dimensionalmente estable**
La fibra de vidrio no se expande ni se contrae al estar expuesta a bajas o altas temperaturas, con lo cual se evita la formación de aberturas que permitan la fuga o entrada de calor.
- **Inorgánico e inodoro**
No favorece la formación de hongos, ni bacterias con lo que se evita la aparición de olores y se alarga la vida útil del material.
- **Bajos costos de operación**
Al utilizar un material de alta eficiencia térmica se incrementa la productividad de los equipos, ahorrando mayor energía que se traduce en la baja de costos de operación.
- **Bajo mantenimiento y larga duración**
La fibra de vidrio se caracteriza por su larga duración, por lo que los gastos de mantenimiento son mínimos y la reposición del aislamiento en un sistema bien instalado, es a largo plazo.
- **Resiliente**
El diámetro y la longitud de la fibra le permiten al material recuperar su forma y espesor siempre y cuando la presión que lo deforma se retire, asegurando su factor R (Resistencia Térmica).
- **No favorece la corrosión**
La naturaleza no ferrosa de la fibra de vidrio no favorece la corrosión en acero, cobre y aluminio. Resultado: Mayor vida útil en equipos e instalaciones.
- **Flexible**
El diámetro y la longitud de nuestra fibra, lo vuelve resistente al impacto e irrompible, lo cual le permite conservar sus propiedades inclusive en tuberías sujetas a vibraciones.

Propiedades Físicas

Propiedades Físicas	Método de Prueba	Valor
Límites de temperatura de uso	ASTM C 411	0°F a 850°F (-18°C a 454°C)*
Límites de temperatura de la barrera de vapor	ASTM C 1136	-20°F a 160°F (-29°C a 66°C)
Permeancia del ASJ barrera de vapor	ASTM E 96, Proc. A	0.02 perm.
Resistencia a la perforación	ASTM D 781	50 unidades
Características de combustión superficial	UL 723 o CAN/ULC-S102-M	Propagación de las llamas 25% Desprendimiento de humo 50%

*Limitado a aplicaciones de una sola capa por encima de 650 F (343°C), pero no más de 6 pulg. (15.24 cm) de espesor.

-Se ha determinado que las características de combustión superficial de estos productos están de acuerdo con lo dispuesto en UL 723 o CAN/ULC-S102-M. Se deben usar estas normas para medir y describir las propiedades de los materiales, productos o ensamblados en respuesta al calor y las llamas en condiciones controladas dentro de un laboratorio, pero no deben utilizarse para describir ni evaluar los peligros o riesgos de incendio de los materiales, productos o ensamblados en condiciones reales de incendio. Sin embargo, los resultados de esta prueba pueden usarse como elementos de una evaluación de riesgos de incendio que tenga en cuenta todos los factores que correspondan a una evaluación de peligro de incendio de un determinado uso en particular. Los valores que se indican están redondeados al quintuple que corresponda por proximidad.





Espesores Recomendados Aislamiento para Tubería Fibreglas® Tuberías Calientes Ta= 25 °C (77 °F)

TEMP. OPERACION	HASTA 65°C (150°F)						HASTA 121°C (250°F)						HASTA 177°C (350°F)						HASTA 232°C (450°F)							
	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.R.		P.C.		T.S.		E.R.		P.C.		T.S.		E.R.		P.C.		T.S.		E.R.		P.C.		T.S.	
	pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C
1/2	12.7	1	25.4	7.44	29.7	83.6	1	25.4	20.0	33.8	92.9	1	25.4	36.2	40.0	104.0	1 1/2	38.0	45.9	39.9	102.0					
3/4	19.1	1	25.4	8.95	29.4	84.9	1	25.4	24.2	35.4	95.8	1	25.4	43.7	42.2	108.0	1 1/2	38.0	53.3	41.1	106.0					
1	25.4	1	25.4	9.28	28.8	83.9	1	25.4	25.0	34.2	93.5	1 1/2	38.0	45.2	40.6	105.0	2	50.8	49.7	36.4	97.5					
1 1/4	38.0	1	25.4	12.1	29.3	84.8	1	25.4	32.5	35.3	95.6	1 1/2	38.0	46.5	36.8	98.2	2	50.8	57.6	36.2	97.2					
2	51.0	1	25.4	14.1	29.5	85.1	1	25.4	38.2	35.8	96.5	1 1/2	38.0	53.0	37.1	98.7	2	50.8	70.2	38.3	101.0					
3	76.0	1	25.4	19.1	29.9	85.9	1	25.4	51.6	36.8	98.2	1 1/2	38.0	70.3	38.3	101.0	2	50.8	91.6	40.0	104.0					
4	102.0	1	25.4	22.9	30.3	86.5	1	25.4	62.1	37.0	98.6	2	50.8	69.7	35.7	96.2	2	50.8	109.3	40.5	105.0					
6	152.0	1	25.4	33.9	30.6	87.1	1 1/2	38.0	66.6	34.3	93.8	2	50.8	94.4	36.6	97.8	2	50.8	148.0	42.2	108.0					
8	203.0	1	25.4	42.3	30.7	87.3	1 1/2	38.0	80.4	34.3	93.8	2	50.8	116.0	37.0	98.6	2 1/2	63.5	149.0	38.9	102.0					
10	254.0	1	25.4	54.6	31.2	88.2	1 1/2	38.0	94.2	34.2	93.6	2	50.8	137.0	37.1	98.7	2 1/2	63.5	181.0	39.4	103.0					
12	304.0	1 1/2	38.0	40.6	28.9	84.0	1 1/2	38.0	109.0	34.4	93.9	2	50.8	158.0	37.3	99.1	2 1/2	63.5	208.0	40.0	104.0					
14	356.0	1 1/2	38.0	46.8	29.2	84.6	2	50.8	99.0	32.8	91.0	2 1/2	63.5	149.0	35.6	96.1	2 1/2	63.5	233.0	40.6	105.0					
16	406.0	1 1/2	38.0	52.8	29.3	84.7	2	50.8	110.0	32.9	91.2	2 1/2	63.5	167.0	35.8	96.4	3	76.0	225.0	38.3	101.0					
18	457.0	1 1/2	38.0	58.8	29.1	84.4	2	50.8	124.0	33.0	91.4	2 1/2	63.5	185.0	35.9	96.7	3	76.0	249.0	38.9	102.0					
20	508.0	1 1/2	38.0	64.9	29.3	84.8	2	50.8	136.0	33.1	91.5	2 1/2	63.5	203.0	36.1	96.9	3	76.0	273.0	38.9	102.0					
24	610.0	1 1/2	38.0	76.9	29.4	84.9	2	50.8	161.0	33.2	91.7	2 1/2	63.5	239.0	36.2	97.2	3	76.0	320.0	38.9	102.0					
26	660.0	1 1/2	38.0	81.0	29.3	84.9	2	50.8	179.4	33.1	91.5	2 1/2	63.5	253.7	36.2	97.1	3	76.0	340.0	38.9	102.0					
28	711.0	1 1/2	38.0	86.9	29.3	84.6	2	50.8	182.5	33.1	91.6	2 1/2	63.5	271.5	36.2	97.2	3	76.0	364.0	38.9	102.0					
30	762.0	2	50.8	73.6	28.4	83.2	2 1/2	63.5	163.0	31.8	89.2	3	76.0	250.0	34.7	94.4	3 1/2	89.0	342.0	37.4	99.4					

TEMP. OPERACION	HASTA 257°C (500°F)						HASTA 343°C (650°F)						HASTA 399°C (750°F)						HASTA 454°C (850°F)							
	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.R.		P.C.		T.S.		E.R.		P.C.		T.S.		E.R.		P.C.		T.S.		E.R.		P.C.		T.S.	
	pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft ²	°C
1/2	12.7	2	50.8	67.0	44.4	112.0	2	50.8	82.2	44.4	112.0	2	50.8	110.0	50.0	122.0	2 1/2	63.5	126.0	47.2	117.0					
3/4	19.1	2	50.8	77.7	47.2	117.0	2	50.8	93.6	46.7	116.0	2	50.8	126.0	52.8	127.0	2 1/2	63.5	140.0	49.4	121.0					
1	25.4	2	50.8	72.5	44.1	109.0	2	50.8	109.7	46.1	115.0	2 1/2	63.5	122.0	46.7	116.0	3	76.0	147.0	47.8	118.0					
1 1/4	38.0	2	50.8	83.9	40.5	105.0	2	50.8	116.6	45.6	114.0	2 1/2	63.5	142.0	46.7	116.0	3	76.0	171.0	48.3	119.0					
2	51.0	2	50.8	102.0	43.3	110.0	2 1/2	63.5	142.1	49.4	121.0	2 1/2	63.5	169.0	50.6	123.0	3	76.0	201.0	51.7	125.0					
3	76.0	2	50.8	134.0	45.8	114.0	2 1/2	63.5	161.3	47.2	117.0	3	76.0	194.0	48.3	119.0	3 1/2	89.0	239.0	50.0	122.0					
4	102.0	2	50.8	159.4	46.7	116.0	2 1/2	63.5	191.1	48.3	119.0	3	76.0	225.0	49.4	121.0	3 1/2	89.0	269.0	51.1	124.0					
6	152.0	2 1/2	63.5	184.0	43.9	111.0	3	76.0	234.4	46.1	115.0	3	76.0	302.0	52.2	126.0	3 1/2	89.0	346.0	53.3	128.0					
8	203.0	2 1/2	63.5	217.0	43.9	111.0	3	76.0	164.7	46.1	115.0	3 1/2	89.0	319.0	65.7	126.0	4	102.0	392.0	51.1	124.0					
10	254.0	2 1/2	63.5	264.0	45.0	113.0	3	76.0	319.5	47.8	118.0	3 1/2	89.0	353.0	50.0	122.0	4	102.0	454.0	52.8	127.0					
12	304.0	2 1/2	63.5	304.0	45.8	114.0	3	76.0	366.6	48.3	119.0	3 1/2	89.0	439.0	50.6	123.0	4	102.0	518.0	53.3	128.0					
14	356.0	3	76.0	263.0	43.3	111.0	3	76.0	406.8	49.4	121.0	3 1/2	89.0	483.0	51.7	125.0	4	102.0	565.0	53.9	129.0					
16	406.0	3	76.0	328.0	43.9	111.0	3 1/2	89.0	491.1	46.1	115.0	4	102.0	472.0	48.3	119.0	4 1/2	114.3	578.0	52.2	126.0					
18	457.0	3	76.0	362.0	43.9	111.0	3 1/2	89.0	443.0	46.7	116.0	4	102.0	520.0	48.9	120.0	4 1/2	114.3	636.0	52.8	127.0					
20	508.0	3 1/2	89.0	348.0	41.7	107.9	3 1/2	89.0	484.7	47.2	117.0	4	102.0	598.0	48.9	120.0	4 1/2	114.3	694.0	53.3	128.0					
24	610.0	3 1/2	89.0	469.0	41.7	107.9	4	102.0	494.4	44.4	112.0	4	102.0	664.0	50.6	123.0	4 1/2	114.3	810.0	53.9	129.0					
26	660.0	3 1/2	89.0	434.0	41.7	107.9	4	102.0	538.9	42.8	109.6	4	102.0	724.0	50.6	123.0	4 1/2	114.3	858.0	53.9	129.0					
28	711.0	3 1/2	89.0	464.0	42.2	108.0	4	102.0	575.1	45.0	113.0	4	102.0	773.0	50.6	123.0	4 1/2	114.3	915.0	53.9	129.0					
30	762.0	4	102.0	432.0	40.0	104.0	4 1/2	114.3	559.0	43.3	110.0	4 1/2	114.3	751.0	48.3	119.0	5	127.0	897.0	51.7	125.0					

NOTA: Programa 3E

E.R.: ESPESOR RECOMENDADO
T.S.: TEMPERATURA DE SUPERFICIE APROXIMADA

P.C.: PÉRDIDA DE CALOR
Ta: TEMPERATURA AMBIENTE

FACTOR DE CONVERSIÓN: BTU pulg/h ft² °F = 0.146 W/m² °C

Aislamiento para Tubería



Espesores Recomendados
Aislamiento para Tubería Fiberglas®
Tuberías Frias Ta= 25 °C (77 °F)

Humedad relativa 80%

TEMP. OPERACION	11.22°C (10°F)						4.66°C (20°F)						-1.11°C (30°F)						4.44°C (40°F)						10°C (50°F)					
	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.					
	pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F			
1/2	12.7	1	25.4	5.9	21.9	71.5	1	25.4	5.1	22.3	72.2	1	25.4	4.3	22.8	73.0	1	25.4	3.3	23.2	73.8	1	25.4	2.5	23.7	74.6				
3/4	19.1	1 1/2	38.0	5.6	22.8	73.1	1	25.4	6.1	21.8	71.3	1	25.4	5.1	22.3	72.2	1	25.4	4.0	22.8	73.8	1	25.4	3.0	23.4	74.1				
1	25.4	1 1/2	38.0	6.1	22.9	73.2	1	25.4	6.3	22.2	72.0	1	25.4	5.3	22.7	72.8	1	25.4	4.2	23.1	73.6	1	25.4	3.1	23.6	74.5				
1 1/2	38.0	1 1/2	38.0	7.6	22.6	72.6	1 1/2	38.0	6.5	22.9	73.3	1	25.4	6.8	22.4	72.3	1	25.4	5.4	22.9	73.2	1	25.4	4.0	23.4	74.1				
2	51.0	1 1/2	38.0	8.7	22.6	72.6	1 1/2	38.0	7.5	22.9	73.2	1	25.4	8.0	22.3	72.1	1	25.4	6.4	22.8	73.0	1	25.4	4.7	23.3	74.0				
3	76.0	1 1/2	38.0	11.5	22.3	72.1	1 1/2	38.0	9.9	22.6	72.7	1	25.4	10.8	22.0	71.6	1	25.4	4.3	24.2	75.6	1	25.4	6.3	23.2	73.7				
4	102.0	1 1/2	38.0	13.9	22.1	71.8	1 1/2	38.0	11.9	22.5	72.5	1	25.4	13.0	21.9	71.5	1	25.4	10.3	22.6	72.5	1	38.0	7.6	23.2	73.7				
6	152.0	1 1/2	38.0	19.7	21.8	71.2	1 1/2	38.0	16.9	22.2	72.0	1 1/2	38.0	14.0	22.7	72.8	1	25.4	15.2	22.2	72.0	1	25.4	11.1	22.9	73.2				
8	203.0	1 1/2	38.0	23.8	21.8	71.2	1 1/2	38.0	20.4	22.2	72.0	1 1/2	38.0	16.9	22.7	72.8	1	25.4	19.0	22.2	71.9	1	25.4	13.9	22.9	73.2				
10	254.0	1 1/2	38.0	27.9	21.8	71.3	1 1/2	38.0	23.4	22.2	72.0	1 1/2	38.0	19.8	22.7	72.8	1	25.4	24.5	21.9	71.4	1	25.4	18.0	22.7	72.8				
12	304.0	1 1/2	38.0	32.4	21.8	71.2	1 1/2	38.0	27.7	22.2	71.9	1 1/2	38.0	23.0	22.6	72.7	1	25.4	25.5	22.2	72.0	1	25.4	18.7	22.9	73.3				
14	356.0	2	50.8	29.4	22.3	72.2	1 1/2	38.0	31.9	21.9	71.9	1 1/2	38.0	25.5	22.4	72.4	1	25.4	31.0	21.8	71.3	1	25.4	22.7	22.7	72.8				
16	406.0	2	50.8	33.0	22.3	72.1	1 1/2	38.0	36.0	21.9	71.5	1 1/2	38.0	30.0	22.4	72.3	1	25.4	35.1	21.8	71.3	1	25.4	25.9	22.6	72.7				
18	457.0	2	50.8	36.7	22.3	72.1	1 1/2	38.0	40.2	21.9	71.4	1 1/2	38.0	33.8	22.4	72.3	1	25.4	39.2	21.8	71.3	1	25.4	28.8	22.6	72.7				
20	508.0	2	50.8	40.4	22.2	72.0	1 1/2	38.0	44.3	21.9	71.4	1 1/2	38.0	36.80	22.4	72.3	1	25.4	43.3	21.8	71.2	1	25.4	31.8	22.6	72.7				
24	610.0	2	50.8	47.7	22.2	71.9	1 1/2	38.0	52.5	21.8	71.3	1 1/2	38.0	43.6	22.3	72.2	1	25.4	51.5	21.8	71.2	1	25.4	37.8	22.6	72.8				
25	660.0	2	50.8	53.5	22.2	72.0	1 1/2	38.0	59.3	21.9	71.4	1 1/2	38.0	45.9	22.4	72.3	1	25.4	51.1	22.0	71.6	1	25.4	37.5	22.6	73.0				
28	711.0	2	50.8	54.1	22.2	72.0	1 1/2	38.0	59.3	21.9	71.4	1 1/2	38.0	49.2	22.4	72.3	1	25.4	54.8	22.0	71.6	1	25.4	40.2	22.8	73.0				
30	762.0	2	50.8	58.7	22.2	71.9	1 1/2	38.0	64.8	21.8	71.2	1 1/2	38.0	53.8	22.3	72.1	1	25.4	63.9	21.7	71.1	1	25.4	46.8	22.6	72.6				

Humedad relativa 90%

TEMP. OPERACION	11.22°C (10°F)						4.66°C (20°F)						-1.11°C (30°F)						4.44°C (40°F)						10°C (50°F)					
	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.		E.R.	G.C.	T.S.					
	pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft²	°C	°F			
1/2	12.7	2 1/2	63.5	3.7	24.1	75.3	2	50.8	3.7	23.8	74.8	2	50.8	3.0	24.0	75.2	1 1/2	38.0	2.7	23.9	75.0	1 1/2	38.0	2.0	24.2	75.5				
3/4	19.1	2 1/2	63.5	4.2	23.9	75.1	2 1/2	63.5	3.6	24.1	75.3	2	50.8	3.5	23.8	74.9	1 1/2	38.0	3.2	23.7	74.7	1 1/2	38.0	2.3	24.1	75.3				
1	25.4	2 1/2	63.5	4.7	23.8	74.8	2 1/2	63.5	4.1	23.9	75.1	2	50.8	3.7	23.9	75.0	1 1/2	38.0	4.2	23.1	73.6	1 1/2	38.0	2.5	24.1	75.3				
1 1/2	38.0	3	76.0	5.0	24.0	75.2	2 1/2	63.5	4.7	23.9	75.1	2	50.8	4.5	23.9	75.0	2	50.8	3.4	24.1	75.4	1 1/2	38.0	3.2	23.9	75.1				
2	51.0	3	76.0	6.0	23.9	74.9	2 1/2	63.5	5.6	23.4	74.2	2	50.8	5.3	23.7	74.6	2	50.8	4.2	23.9	75.1	1 1/2	38.0	3.0	23.9	75.0				
3	76.0	3	76.0	7.5	23.7	74.6	3	76.0	6.5	24.1	75.3	2 1/2	63.5	6.0	23.8	74.9	2	50.8	5.4	23.8	74.8	1 1/2	38.0	4.8	23.9	74.9				
4	102.0	3 1/2	89.0	8.0	23.6	74.9	3	76.0	7.5	23.8	74.9	2 1/2	63.5	7.1	23.8	74.8	2	50.8	6.5	23.7	74.7	1 1/2	38.0	5.8	23.7	74.7				
6	152.0	3 1/2	89.0	10.3	23.7	74.7	3	76.0	10.0	23.7	74.6	3	76.0	8.1	23.9	75.0	2 1/2	63.5	7.5	23.9	75.0	2	50.8	6.5	23.9	75.1				
8	203.0	3 1/2	89.0	12.4	23.7	74.6	3 1/2	89.0	10.6	23.6	74.9	3	76.0	9.8	23.9	75.0	2 1/2	63.5	8.8	23.9	75.0	2	50.8	8.0	24.0	75.2				
10	254.0	4	102.0	13.5	23.6	74.8	3 1/2	89.0	12.7	23.8	74.8	3	76.0	11.6	23.8	74.8	2 1/2	63.5	12.7	23.8	74.9	2	50.8	9.3	23.9	75.1				
12	304.0	4	102.0	15.4	23.7	74.7	3 1/2	89.0	14.5	23.7	74.7	3	76.0	13.6	23.8	74.8	2 1/2	63.5	12.4	23.8	74.9	2	50.8	10.9	23.9	75.0				
14	356.0	4	102.0	16.5	23.7	74.7	3 1/2	89.0	16.0	23.7	74.6	3	76.0	15.0	23.7	74.7	2 1/2	63.5	13.8	23.7	74.7	2	50.8	12.2	23.8	74.9				
16	406.0	4	102.0	16.3	23.7	74.6	4	102.0	15.7	23.8	74.9	3	76.0	16.8	23.7	74.6	2 1/2	63.5	15.8	23.7	74.7	2	50.8	13.7	23.8	74.8				
18	457.0	4 1/2	114.3	18.9	23.8	74.9	4	102.0	17.5	23.8	74.9	3 1/2	89.0	16.4	23.8	74.9	2 1/2	63.5	17.2	23.7	74.7	2	50.8	15.3	23.8	74.8				
20	508.0	4 1/2	114.3	20.9	23.8	74.8	4	102.0	18.9	23.8	74.9	3 1/2	89.0	18.0	23.8	74.9	2 1/2	63.5	19.9	23.7	74.6	2	50.8	16.8	23.8	74.9				
24	610.0	4 1/2	114.3	24.0	23.7	74.7	4	102.0	22.1	23.8	74.8	3 1/2	89.0	21.0	23.8	74.9	2 1/2	63.5	22.2	23.7	74.6	2	50.8	19.8	23.8	74.9				
26	660.0	4 1/2	114.3	25.4	23.7	74.7	4	102.0	24.6	23.8	74.8	3 1/2	89.0	22.4	23.8	74.9	2 1/2	63.5	23.6	23.7	74.6	2	50.8	21.0	23.8	74.8				
28	711.0	4 1/2	114.3	27.1	23.7	74.7	4	102.0	25.7	23.7	74.7	3 1/2	89.0	24.9	23.8	74.9	2 1/2	63.5	25.2	23.7	74.6	2	50.8	22.5	23.8	74.9				
30	762.0	4 1/2	114.3	29.1	23.7	74.6	4	102.0	29.8	23.8	74.8	3 1/2	89.0	25.6	23.8	74.8	3	76.0	23.3	23.8	74.9	2	50.8	24.4	23.7	74.7				

G.C.: GANANCIA DE CALOR
Ta: TEMPERATURA AMBIENTE

T.S. TEMPERATURA DE SUPERFICIE APROXIMADA
VELOCIDAD DEL AIRE: 0 ft/min

EMISIVIDAD: 0.7

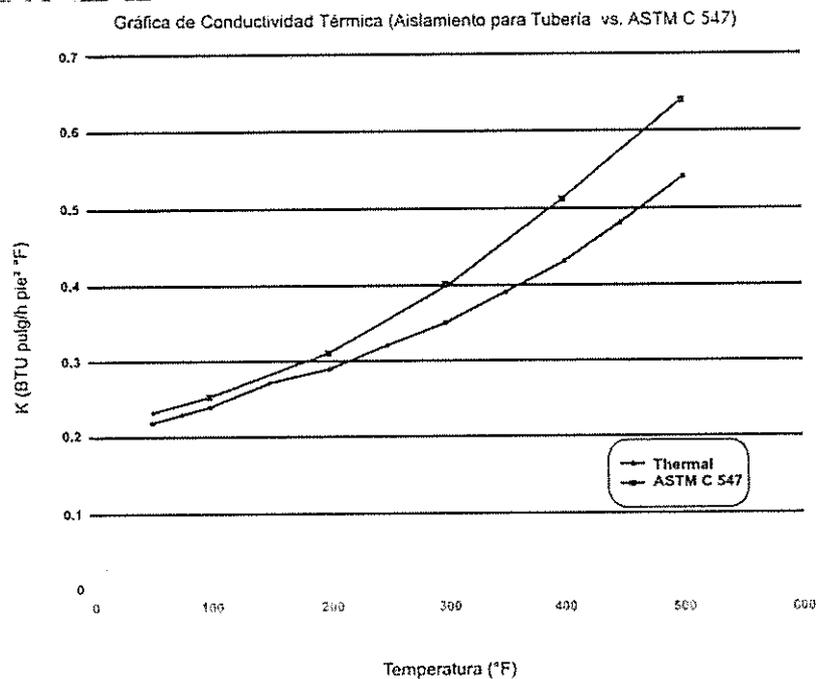
FACTOR DE CONVERSIÓN: BTU pulg/h ft² °F = 0.146 W/°C m

Aislamiento para Tubería





Conductividad Térmica

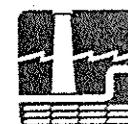


Temp. Media °F	k BTU pulg/h pie² °F	Temp. Media °C	W/m°C
50	0.22	10	0.032
75	0.23	25	0.034
100	0.24	50	0.037
150	0.27	100	0.043
200	0.29	125	0.047
250	0.32	150	0.051
300	0.35	175	0.056
350	0.39	200	0.062
400	0.43	225	0.068
450	0.48	250	0.075
500	0.54	275	0.082

Conductividad térmica aparente obtenida de acuerdo con la Práctica C 1045 de ASTM, obteniéndose por el Método de Prueba C 177 de ASTM.

Los valores son nominales y están sujetos a las tolerancias normales de ensayo y fabricación.

Aislamiento para Tubería





CIB - ESPOL

Criterios de adopción

Junta de expansión axial

Destinada a absorber movimientos axiales de compresión o extensión, en tramos rectos de tubería, es constituida de un fuelle, caño-guía interno y terminales, siendo una de las versiones más simple de las juntas de expansión. Debido a pertenecer al grupo de juntas sin tensores, libera fuerza de reacción debido a la presión interna (FRP), y así debe estar siempre instalada entre puntos fijos anclajes).

Están proyectadas para una vida útil mínima de 1000 ciclos, para el movimiento axial de compresión máximo informado en la tabla.

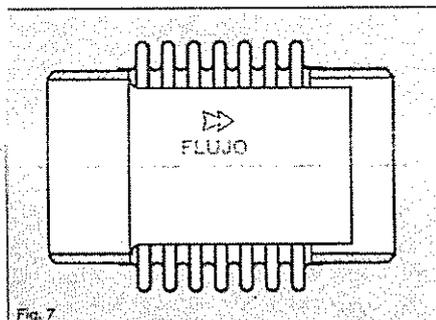


Fig. 7

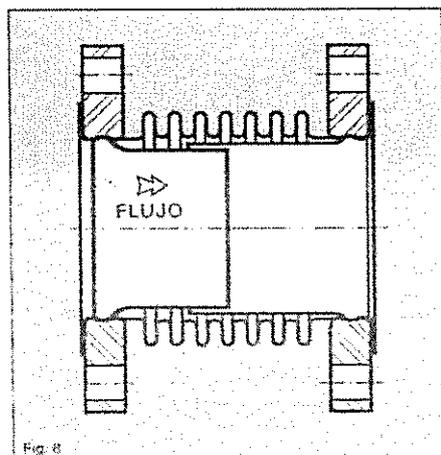


Fig. 8

La adopción de la junta de expansión axial simple debe seguir los siguientes criterios:

- Ser aplicada en sistemas que operen con bajas o medianas presiones.
- Tener la posibilidad de instalar puntos fijos y guías unidireccionales axiales (GUA), adecuadamente dimensionados.
- No ser instalada en líneas con máquinas o equipos sensibles, ante los altos esfuerzos transmitidos.
- No ser utilizada en tramos donde haya posibilidad de que ocurran movimientos no axiales, tales como laterales y angulares, pues la junta de expansión axial no es proyectada para absorber estos movimientos.
- Ser necesario reducido largo de instalación.

Movimiento axial (X):

El movimiento axial se traduce en la compresión o extensión de un fuelle de una junta de expansión en la dirección de su eje longitudinal.

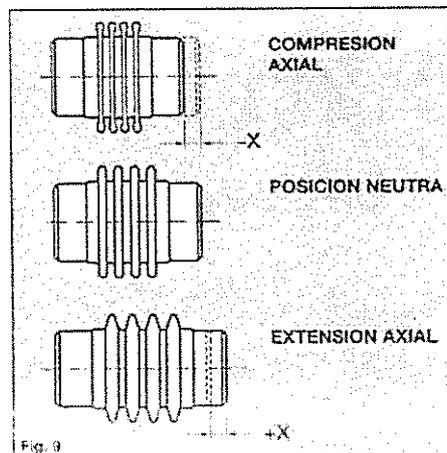


Fig. 9

Correcta instalación:

La junta de expansión axial simple debe ser siempre instalada entre puntos fijos (PF), y el tramo convenientemente guiado mediante el uso de guías unidireccionales (GUA), para evitar el pandeo de la misma.

La distancia máxima entre guías debe seguir lo mostrado en la tabla 2 al lado.

Los puntos fijos principales (PFP, PFP1 y PFP2) deben ser dimensionados para resistir a las siguientes fuerzas transmitidas:

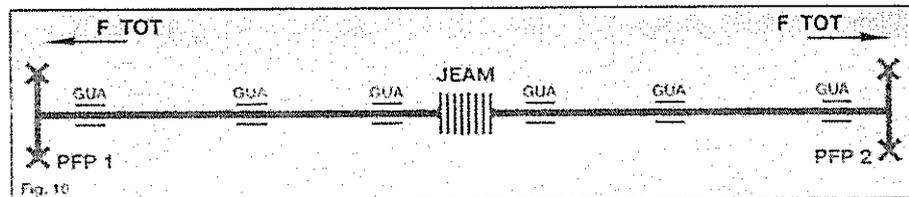


Fig. 10

$$FTOT = FRP + F + FG$$

Donde:

FTOT = Fuerza total transmitida a los puntos fijos principales (kgf).

FRP = Fuerza de reacción por presión (kgf).

F = Fuerza elástica axial (kgf).

FG = Fuerza de rozamiento de las guías (sumatoria de las fuerzas de rozamiento de las guías a la izquierda de la junta para el punto fijo PFP1 y de las guías a la derecha de la junta para el punto fijo PFP2) (kgf).

Los puntos fijos intermedios (PFI) serán

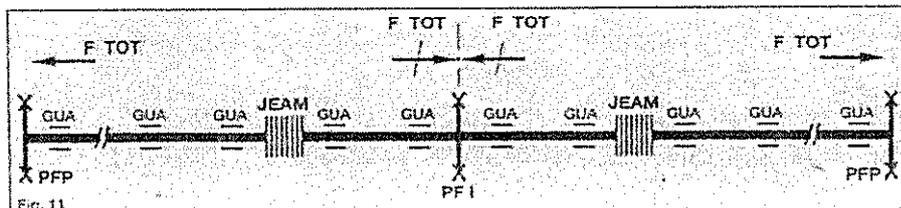


Fig. 11

dimensionados de acuerdo con el tipo de instalación.

En este ejemplo típico de instalación, observamos que el punto fijo intermedio (PFI) recibe fuerzas de igual magnitud (siempre y cuando los diámetros de los tramos a ambos lados del PFI y las juntas instaladas en ellos sean iguales) de la misma dirección, pero de sentido contrario.

A pesar de que tengamos así nulidad de fuerzas sobre el punto fijo intermedio (PFI), éste debe existir con el objetivo de separar tramos de dilatación definida. Así, recomendamos que el PFI sea dimensionado para resistir a una fuerza igual a la fuerza elástica axial (F) más la fuerza de rozamiento de las guías (FG).

Distancias entre puntos fijos (PF) y guías (GUA)

Las distancias máximas recomendadas entre la junta de expansión y las guías unidireccionales están indicadas en la tabla 2.

Distancias máximas entre guías (GUA)(mm)

D (pul)	De la junta a la 1ª Guía	Entre la 1ª y la 2ª Guía	De la 3ª Guía en adelante
3	350	1200	5600
4	450	1500	6500
5	560	1900	7100
6	670	2400	7600
8	880	3000	8400
10	1100	3800	9400
12	1300	4500	10200

Tabla 2

A continuación, mostramos uno de los modelos de guía unidireccional axial de tubería recomendado:

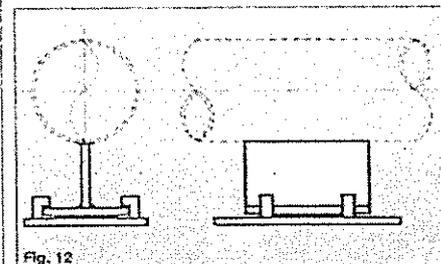


Fig. 12

terios de adopción

Junta de expansión amortiguadora de vibración

Proyectada para reducir o eliminar vibraciones mecánicas y sus consecuencias en tuberías conectadas a fuentes de vibración, tales como bombas, compresores, etc.; es suministrada con o sin caño-guía, en tres modelos diferentes:

sin tensores

Junta de expansión amortiguadora de vibración simple

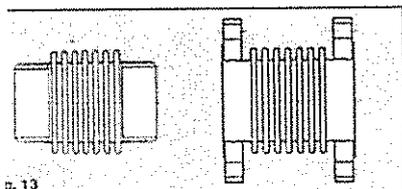


Fig. 13

Con tensores

Junta de expansión amortiguadora de vibración simple con tensores

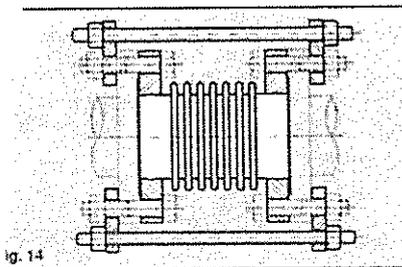


Fig. 14

Las primeras liberan la fuerza de reacción por presión (FRP), transmitiéndola a la boquilla de la fuente vibratoria y al punto fijo de la instalación.

La junta de expansión con tensores autocontiene esa fuerza, liberando así los anclajes de esfuerzos considerables.

La adopción de la junta de expansión amortiguadora de vibración, así como la del modelo más apropiado para cada caso, debe seguir los siguientes criterios:

La vibración mecánica es comúnmente generada por máquinas rotativas y su frecuencia coincide casi siempre con el número de rotaciones de esos equipos. Las mayores amplitudes son por regla general, radiales al eje principal y se registran consecuentemente en el plano normal a éste. Para una correcta instalación no es suficiente apoyar los equipos sobre bases antivibratorias, debiéndose también evitar la propagación de la vibración al sistema de tuberías vinculado a la máquina, lo que se consigue eficazmente con la utilización de juntas de expansión amortiguadoras de vibración. El gráfico muestra el campo de vibración mecánica normal (zona azul), definido por los parámetros frecuencia y amplitud normales. Cualquier vibración fuera del campo señalado es irregular, no siendo recomendada la utilización de juntas amortiguadoras standard para eliminar sus

para eliminar sus efectos. En esos casos deberá ser verificada la causa de la vibración no común, procurando solucionar-la de tal forma que la nueva vibración resultante se encuadra dentro de los valores normales. Si tal vibración anormal se debe a un tipo especial de máquina y/o aplicación, solicitamos entrar en contacto con nuestro departamento técnico, que recomendará la junta apropiada para esas características operacionales específicas.

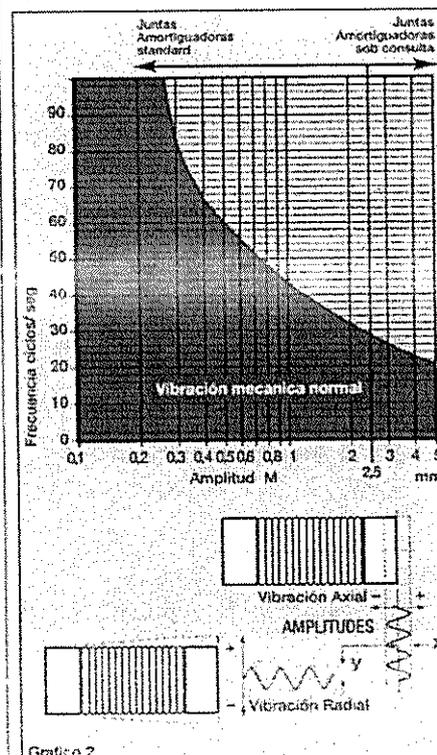


Gráfico 2

Se denomina vibración axial aquella que tiende a mover la junta axialmente, y vibración radial la que tiende a moverla lateralmente.

Las juntas de expansión amortiguadoras de vibración simple son calculadas para infinitos ciclos de vida útil, apesar de que eso no signifique que tendran duración ilimitada, pues diversos factores operacionales (corrosión, fatiga térmica, vibración inducida por el fluido, golpes de presión, choque térmico, etc.), influyen notablemente en el desempeño de las mismas.

Las juntas sin tensores son recomendadas para líneas de baja presión (succión de bombas). Ya para medias y altas presiones (descarga), se recomienda utilizar las juntas con tensores que autocontienen la fuerza de reacción de presión, no transmitiendo estos esfuerzos hacia boquillas y anclajes.

Correcta instalación

La instalación de las juntas amortiguadoras de vibración debe seguir siempre el siguiente esquema básico:

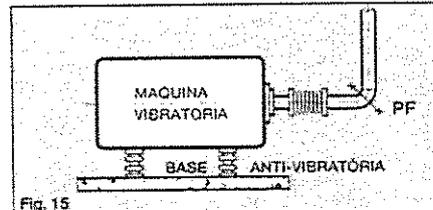


Fig. 15

De esa forma, el sistema vibratorio es aislado, evitando la propagación de las vibraciones y sus consecuencias al resto de la instalación. Para líneas de baja presión, donde juntas amortiguadoras sin tensores son aplicadas, el punto fijo (PF) debe estar dimensionado para resistir a la fuerza de reacción por presión (FRP). Además, en el caso de utilización de juntas con tensores, el punto fijo (PF) queda liberado de esta fuerza, teniendo como función única y específica aislar el sistema vibratorio del resto de la tubería. Las juntas amortiguadoras de vibraciones no son recomendadas para trabajar simultáneamente como juntas de expansión. En el caso donde sea necesario la absorción de vibraciones mecánicas y de movimientos producidos por dilatación térmica, sugerimos que sean utilizadas piezas diferentes para cada tipo de sollicitación. Así, las vibraciones mecánicas serán eliminadas mediante juntas amortiguadoras instaladas conforme el esquema básico de la figura 15, mientras que los movimientos térmicos deben ser absorbidos por juntas de expansión instaladas en el resto de la tubería.

Para un correcto desempeño, debe ser siempre respetado el esquema básico de instalación de la figura 15.

APLICACIONES TÍPICAS

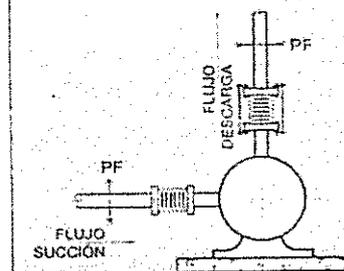


Fig. 16

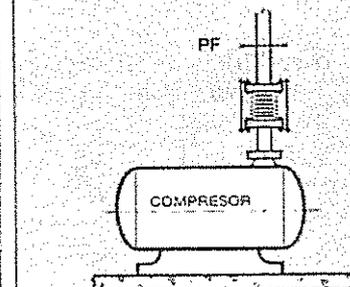
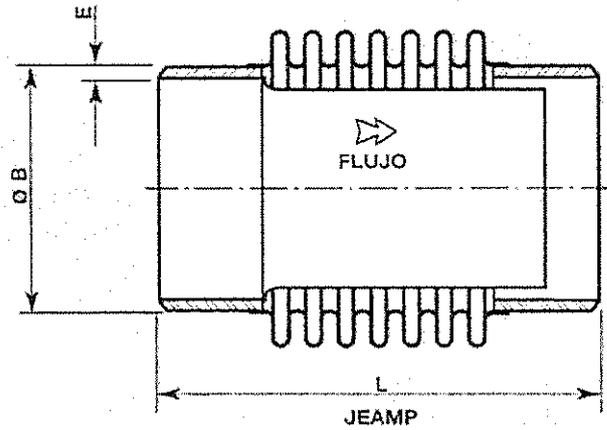


Fig. 17



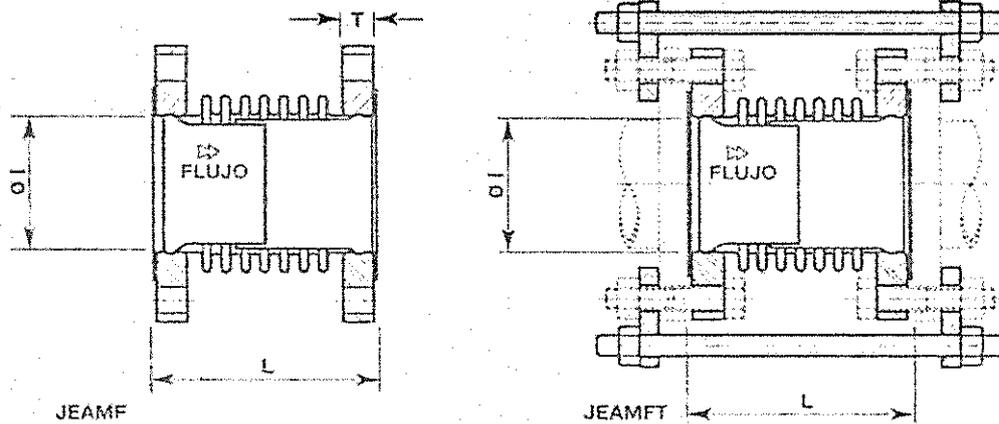
DN	o B	E	L	Xc	Xe	Kx	Ky	Af	Ax	Ay
(pul)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kgf/mm)	(kgf/mm)	(cm)	(mm)	(mm)
3	88,9	5,5	290	38	19	18	14	81	± 1,5	± 0,5
4	114,3	6	340	50	25	20	16	133	± 1,5	± 0,5
5	141,3	6,5	350	50	25	24	27	194	± 1,5	± 0,5
6	168,3	7,1	350	50	25	25	41	267	± 1,5	± 0,5
8	219	8,2	350	50	25	30	80	410	± 1,5	± 0,5
10	273	9,3	350	50	25	34	134	667	± 1,5	± 0,5
12	323,8	9,5	350	50	25	53	312	943	± 1,5	± 0,5

Presión del proyecto: 10 kgf/cm²
Af: área efectiva del fuelle

Xc: movimiento axial de compresión
Xe: movimiento axial de extensión
Kx: constante de resorte axial (25° C)

Ax: amplitud de vibración axial
Ay: amplitud de vibración lateral
Ky: constante de resorte lateral (25° C)

Tabla 3



DN	o l	T	L	Xc	Xe	Kx	Ky	Af	Ax	Ay
(pul)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kgf/mm)	(kgf/mm)	(cm)	(mm)	(mm)
3	87	22,2	215	38	19	18	14	81	± 1,5	± 0,5
4	112	22,2	250	50	25	20	16	133	± 1,5	± 0,5
5	139	22,2	250	50	25	24	27	194	± 1,5	± 0,5
6	165	25,4	250	50	25	25	41	267	± 1,5	± 0,5
8	217	28,6	260	50	25	30	80	410	± 1,5	± 0,5
10	270	28,6	260	50	25	34	134	667	± 1,5	± 0,5
12	321	31,8	260	50	25	53	312	943	± 1,5	± 0,5

Presión del proyecto: 10 kgf/cm²
Af: área efectiva del fuelle
Bridas: Perforación ANSI B16.5 - 150#

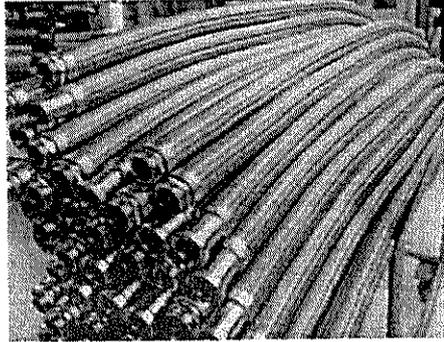
Xc: movimiento axial de compresión
Xe: movimiento axial de extensión
Kx: constante de resorte axial (25° C)

Ax: amplitud de vibración axial
Ay: amplitud de vibración lateral
Ky: constante de resorte lateral (25° C)

Tabla 4



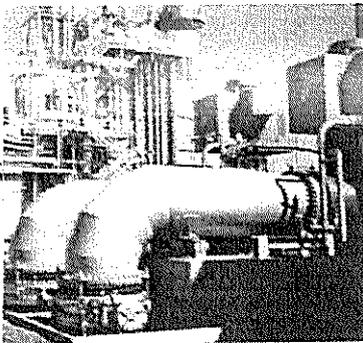
JUNTA DE EXPANSION METALICAS. Juntas de expansion tipo-pandeo, auto-compensadas, universales, cardanicas. Pueden tener secciones circulares, o rectangulares.



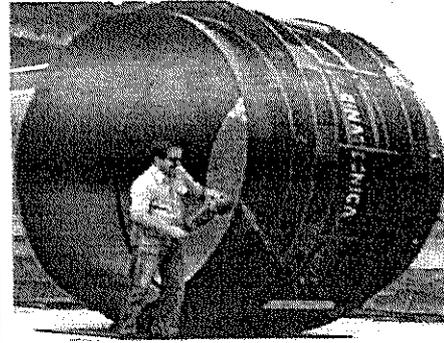
TUBOS FLEXIBLES Y MANGUERAS CORRUGADAS DINATECNICA. Fabricados de acero inoxidable de la serie 300, con corrugacion anular, son indicados para la conduccion de fluidos a altas y bajas temperaturas y presiones.



TUBOS Y CONEXIONES, VASOS Y TANQUES REVESTIDOS CON PTFE. La linea de productos de acero y fibra revestidos con PTFE, solucionan los problemas de seleccion para conduccion de fluidos corrosivos.



JUNTA DE EXPANSION DE CAUCHO. Los cuerpos son en diversos elastomeros: Cloropreno, nitrilica, PDM sanitario, natural, hyppalon, butilica y s con PTFE. Son suministradas desde 1" hasta 80" de diametro.



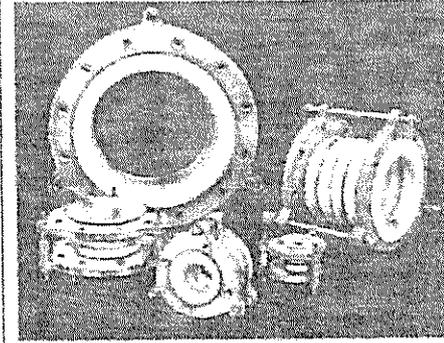
JUNTA TIPO DRESSER. Las juntas tipo Dresser son elementos de facil y rapida union para tubos, dispensando de bridas, soldaduras, roscas, etc.



SOPORTES DE TUBERIA DE BAJO COEFICIENTE DE ROZAMIENTO. Projectados para reducir las fuerzas de rozamiento generadas por los movimientos relativos entre los tubos y las estructuras soportantes a valores minimos.



JUNTA DE RESORTE. Los soportes de resorte de carga constante son proyectados para soportar pesos pesados o equipos sujetos a movimientos verticales por efectos de dilatacion termica. Suministramos tambien resortes, tales como abrazaderas, tirantes, estradores, etc.



JUNTA DE EXPANSION DE PTFE. Son proyectadas para absorber movimientos axiales, laterales, angulares, combinaciones de estos y vibracion. Son particularmente indicados para conduccion de fluidos corrosivos.

Garantia Tecnico-Comercial

Certificamos que nuestros productos son proyectados, fabricados y probados estrictamente de acuerdo con las normas aplicables.

Esto nos permite emitir, para todos los productos, nuestra garantia para un periodo de 12 (doce) meses contados a partir de la fecha efectiva de entrada en operacion o de 18 (dieciocho) meses contados a partir de la fecha de entrega del material, prevaleciendo lo que primero ocurra. Esta garantia cubre la reposicion de componentes defectuosos debidamente comprobados, no aplicandose a aquellos casos derivados de la no observancia de cualquiera de los items constantes en los catalogos y/o dibujos DINATECNICA o instrucciones de instalacion y montaje que acompañan todas las piezas.

Para mayores informaciones consulte catalogo e correo electrónico. Otros modelos, tipos, tamaños y/o dimensiones bajo consulta.

Este catalogo es propiedad intelectual de la DINATECNICA y protegido por ley, no pudiendo ser copiado total ni parcialmente, ni expuesto a terceros sin nuestra expresa autorizacion.

La DINATECNICA se reserva el derecho de modificar cualesquiera informaciones aqui contenidas, sin aviso previo.

DINATECNICA



DINATECNICA Industrial e Comércio Ltda.
 Rua Santa Cruz, 240 (DEF) 05200-000, Embury SP - Brasil.
 Tel: (11) 785-2244, Fax: (11) 785-2288, E-mail: din@din.com.br
 Rua Santa Cruz, 240 - Embury - SP - Brasil. Web: www.dinatecnica.com.br

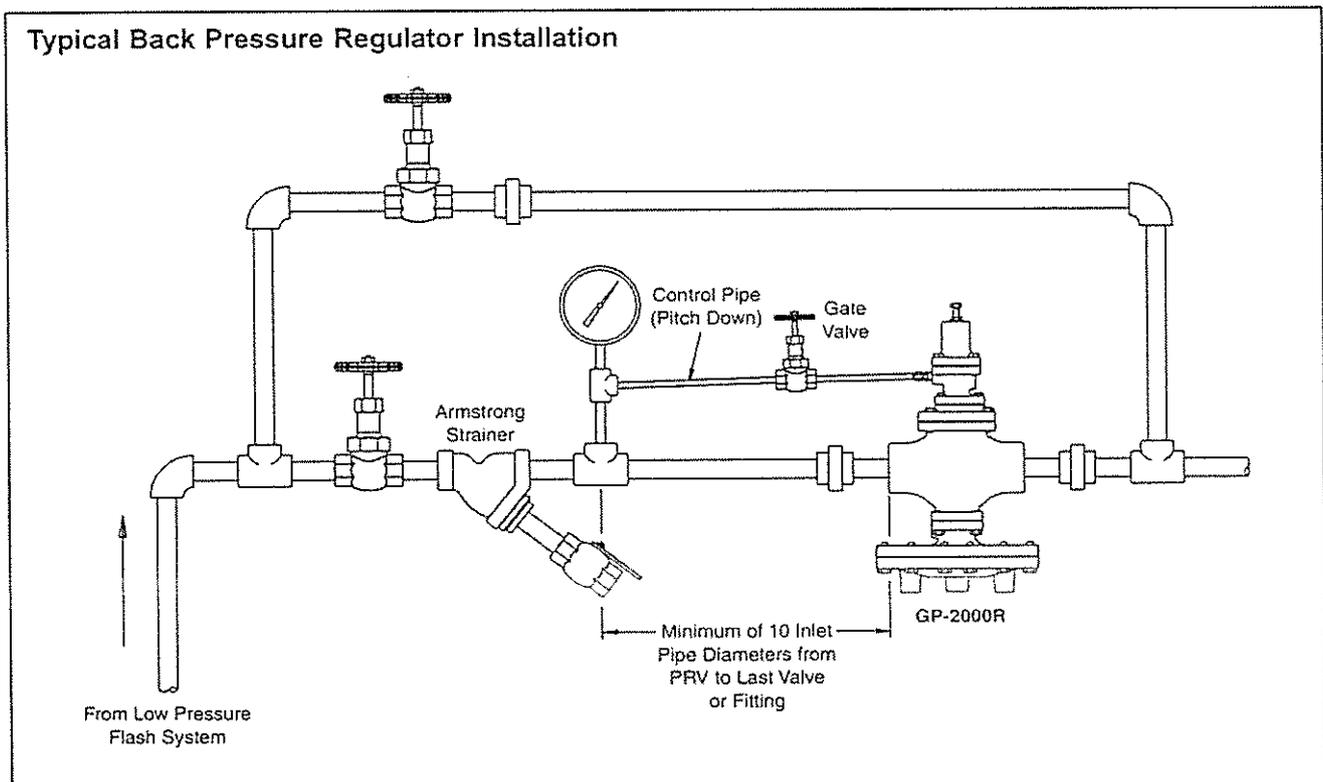


CIB-ESPOL

ANEXO 4



Model GP-2000R Back Pressure Regulator Installation, Operation and Maintenance Instructions



This bulletin should be used by experienced personnel as a guide to the installation of the Model GP-2000R Back Pressure Regulator. Selection or installation of equipment should always be accompanied by competent technical assistance. You are encouraged to contact Armstrong International, Inc. or its local representative for additional information.

Installation Instructions

1. An Armstrong Inverted Bucket Steam Trap is recommended to drain condensate at inlet of regulator if required.
2. An Armstrong Y-Strainer (100 mesh) should be installed before the regulator to reduce the chance of dirt fouling.
3. Pressure gauges should be installed before the regulator. The upstream gauge should be installed in or near the control pipe.
4. Control pipe connections go into $\frac{1}{4}$ " tapping on the side of the pilot valve. Be certain the pipe is *pitched* away from the regulator. Erratic control could result if this is not done. Control pipe length should be a minimum of 10 inlet pipe diameters.
5. By-pass line around regulator will allow manual relief while valve is being serviced.
6. Install regulator with diaphragm down and with flow in the direction of the arrow on the body.

Color Coding Chart

Operating Pressure	Color Code
0 - 21 psig	Yellow
21 - 157 psig	Green
157 - 200 psig	Brown

Tighten the valves before and after the regulator are tested, including the valve in the control pipe. Also, make sure that no pressure and drainage remains inside of the regulator.

Disassembly

Pilot Valve (Figure 3-1)

Slightly loosen lock nut (28) and turn adjusting screw (27) counterclockwise to release adjusting spring (24) (no compression).

Remove bolts (37) of spring housing (3). Remove the spring housing, spring, top spring plate (25), bottom spring plate (26), and pilot diaphragms (23).

Remove seal bellows (61) using a ring spanner or socket wrench and remove gasket (62), pilot valve (63), and pilot valve spring (64).

Remove pilot valve seat (65) using a socket wrench.

Main Valve (Figure 3-1)

Remove pipe A (34) at fitting (30A) and tee (33).

For nominal sizes 1/2" to 1-1/2", remove bolts (38) of pilot body (2). Dismount the pilot body from the body (1). And remove screen (15), spring plate (14), main valve spring (13) and main valve (6). For series 2" to 6", remove bolts of adapter plate and adapter from the main body (1). Remove main valve spring (13) and main valve (6).

Main Diaphragm (Figure 3-1)

Remove pipe C (36) at tee (33).

Remove bolts (41) of bottom diaphragm case (5). Dismount the bottom diaphragm case, main diaphragms (12), retainer (11), and spindle (9). Check that spindle moves up and down freely and that no particulate or scale build-up is obstructing its performance.

Reassembly

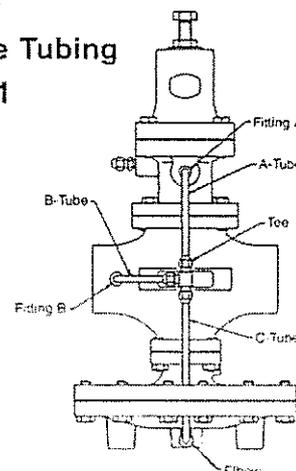
Check that there is no damage on the main valve, main valve seat, pilot valve, and pilot valve seat. If any scratches exist on the seating surface of valve seat, they may cause an increase in outlet pressure and excess temperature. When any scratches exist on the main valve and valve seat, carry out lapping to remove them. If it is not possible to remove them, replace with new parts. When any scratches exist on the pilot valve and valve seat, replace with new parts.

2. Move the sliding section (pilot valve, main spindle, etc.) two to three times and confirm they move smoothly. If they do not move smoothly, original performance may be affected.
3. Replace gaskets with new ones when disassembling. Steam may leak if gaskets are reused.
4. After the main valve, spring, and spring plate are assembled correctly, mount the main diaphragm. Incorrect assembly may affect the original performance.
5. Carry-out re-assembling in reverse order of disassembling. Tighten all hexagon bolts evenly on each bolt in turn of diagonal position. When re-assembling the product in the wrong order, proper function may not be possible. Uneven tightening of bolts may cause leakage of steam.

New Tubing Set-Up

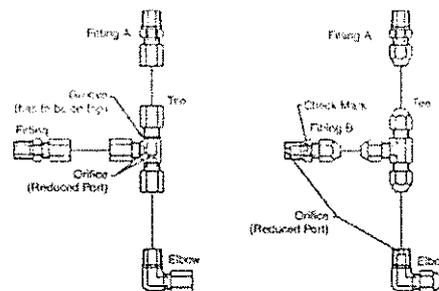
The external tubing for our GP-2000R series has been modified to enhance the performance of these models. The following explains the difference between the old and new tubing assembly. It is important to have these fittings in the correct location in order to get optimum performance from these valves. It is very important that the old and new tubing assemblies are not mixed. The location of all fittings is critical and should not vary from the assembly instructions.

New Type Tubing Figure 5-1



New Type Tubing

Old Type Tubing



Note: Fittings and tee are to be located in similar positions for all GP-2000 models.

Troubleshooting Guide

Problem	Cause	Solution
Adjustment is impossible	Main diaphragm is damaged.	Remove pipe C (36) and open the by-pass valve. If fluid runs out from the elbow replace main diaphragm.
	Orifice of tee fitting is clogged.	Remove and clean it or replace.
	Screen is clogged.	Remove and clean it or replace.
	Sensing pipe is clogged.	Remove and clean it or replace.
	Pressure gauge is malfunctioning.	Replace the pressure gauge.
Excessive leakage.	Incorrect pressure is being used.	Correct the pressure.
	Check for foreign matter stuck to main valve and main seat, or for scratches on these components.	Remove pipe A (34). If fluid runs out from tee when pressure is applied to the inlet side of the regulating valve at a pressure below the setting level, clean the main valve and main valve seat. When any scratches are identified, lap the main valve and main valve seat.
	Check for foreign matter stuck to pilot valve and pilot valve seat, or for scratches on these components.	If fluid runs out from joint when pressure is applied to inlet, remove the pilot valve assembly to clean or replace it.
	Bellows seal is damaged.	Remove the joint (to pilot body). If fluid runs out from the joint when it is supplied from pressure sensing port, replace the bellows seal.
Inlet pressure increases beyond the prescribed level.	Fluid leaks from by-pass valve.	Repair or replace it.
	Nominal size is too small for the application.	Change to an appropriate nominal size.
	The amount of steam released (amount used) at the regulating valve's outlet side is insufficient.	Increase the amount of released steam.
	Too much condensate collecting prior to the regulator.	Install a steam trap.
	The flow of steam is being obstructed at the outlet pipe of the regulating valve.	Check the pipe diameter and the isolation valve to be sure it is open.
Excessive error	The pipe diameter for outlet side is too small.	Make a pipe diameter selection that will keep flow velocity less than 6000 ft/min.
	Strainer placed in front of regulating valve is clogged.	Disassemble and clean it.
	Movement of pilot valve is not smooth.	Remove and clean or replace.
	Flow at the connection of the sensing pipe fluctuates excessively.	Examine the connections.
Excessive error	Too much condensate collecting prior to the regulator.	Install a steam trap.
	Drain is present in the sensing pipe.	Connect the sensing pipe in upward slope to the regulating valve.



CIB-ESPOL

GP-2000-R Startup and Adjustment Procedures

Proper adjustment of the pressure reducing valve may cause hunting, improper control and possible damage to the valve itself. Adjust the valve as follows:

Close the gate valves before and after the pressure reducing valve and blow fluid through the by-pass line. After draining, be sure to close the by-pass globe valve.

Turn the adjusting screw clockwise to close and counterclockwise to open.

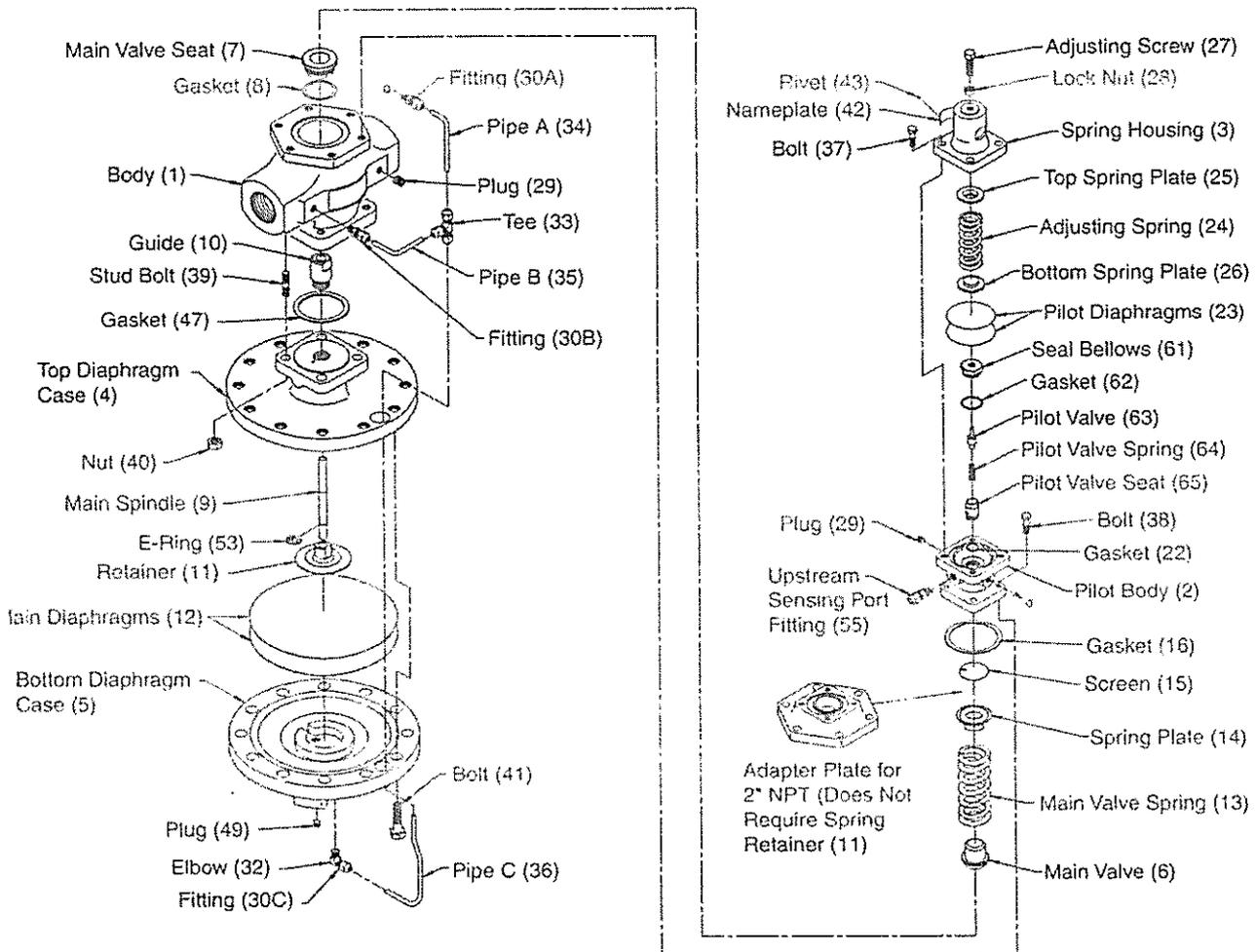
Close the pilot valve *before* opening up the steam inlet valve.

4. Open the outlet valve to the full open position and then slowly open the inlet side gate valve to the full open position.
5. Slowly turn the adjusting screw clockwise until the desired pressure is obtained while watching the pressure gauge on the inlet side of the regulator. Turning clockwise will increase the set pressure of the back pressure regulator.
6. After adjustment, tighten the lock nut.

GP-2000R Back Pressure Regulator

For Steam Service

Figure 3-1

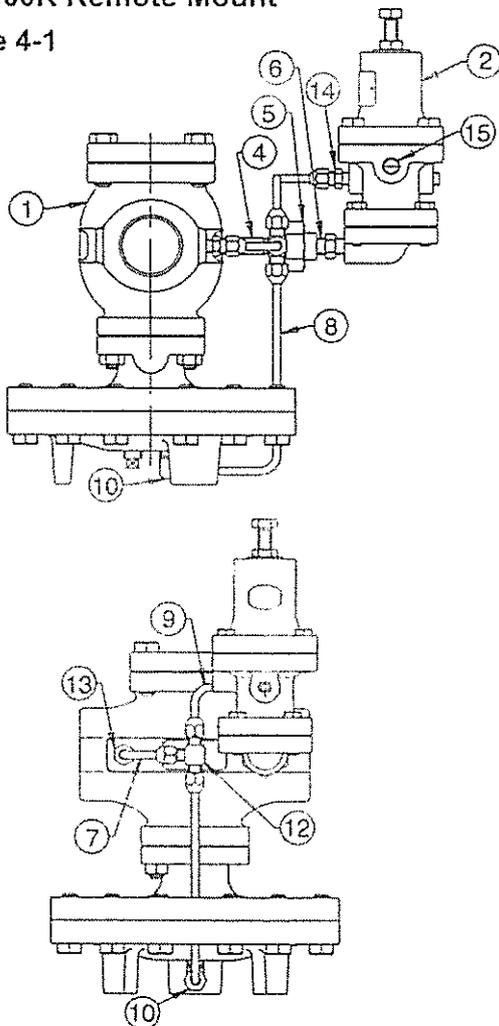


Tubing Assembly Instructions

1. All 2000 series valves with remote mount pilots have the following similar parts: 1/4" long nipple (4), 1/4" x 1/4" short nipple (6), fitting B (13), and union set (5). Use thread tape on the threads of both nipples.
2. Remove the 1/4" plug on the inlet side of the main valve (1) with an allen wrench.
3. Thread the 1/4" long nipple (4) into the main valve (1) in place of the 1/4" plug.
4. Thread one-half of the union set (5) onto the long nipple (4). Thread the other half onto the short nipple (6).
5. Thread the short nipple (6) into the pilot (2). The short nipple (6) will thread into the bottom cap of the pressure pilot (2) remote mount.
6. Place fitting "A" (14) into the pilot and thread into place. Note: This fitting is full port with no restriction fitting (14). Use Teflon[®] tape on valve fittings.
7. Once the union set (5) has been tightened it should be facing the main valve (1). See remote mount drawing.
8. Connect the "S" shaped D-tube (9) to the outlet of the pressure pilot at fitting "A" (14) and to the top of the tee (12) and tighten. Note: Make sure the downstream sensing port (15) on the pilot faces upstream.

GP-2000R Remote Mount

Figure 4-1



Part Listing

- | | |
|-----|-------------------------------|
| 1. | Main Valve Body |
| 2. | Back Pressure Pilot |
| 3. | Temperature Pilot (not shown) |
| 4. | 1/4" Long Nipple |
| 5. | Union Set |
| 6. | 1/4" x 1/4" Short Nipple |
| 7. | B-Tube |
| 8. | C-Tube |
| 9. | D-Tube |
| 10. | Elbow |
| 11. | Capillary (Not Shown) |
| 12. | Tee |
| 13. | Fitting B |
| 14. | Fitting A |
| 15. | Upstream Sensing Port |



CIB - ESPOL

Limited Warranty and Remedy

Armstrong-Yoshitake, Inc. ("Armstrong") warrants to the original user of those products supplied by it and used in the manner and in the manner for which they are intended, that such products shall be free from defects in material and workmanship for a period of one (1) year from the date of installation, but not longer than 15 months from the date of shipment from the factory [unless a Special Warranty Period applies, as listed below]. This warranty does not extend to product that has been subject to misuse, neglect, or alteration after shipment from the Armstrong factory. Except as may be expressly provided in a written agreement between Armstrong and the user, which is signed by both parties, Armstrong **DOES NOT MAKE ANY OTHER REPRESENTATIONS OR WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR ANY IMPLIED WARRANTY OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE**. The sole and exclusive remedy with respect to the above warranted warranty or with respect to any other claim relating to the products or to defects or any condition or use of the products supplied by Armstrong, however caused, and whether such claim is based upon warranty, contract, negligence, strict liability, or any other basis or theory, is limited to Armstrong's repair or replacement of the part or product, including any labor or any other cost to remove or install said part or product, or, at Armstrong's option, to repayment of the purchase price. As a condition of enforcing any rights or remedies relating to Armstrong products, notice of any warranty or other claim relating to the products must be given in writing to Armstrong: (i) within 30 days of last day of applicable warranty period, or (ii) within 30 days of the date of the manifestation of the condition or occurrence giving rise to the claim, whichever is earlier. **IN NO EVENT SHALL ARMSTRONG BE LIABLE FOR SPECIAL, DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, LOSS OF USE OR PROFITS OR INTERRUPTION OF BUSINESS**. The Limited Warranty and Remedy terms herein apply notwithstanding any contrary terms in any purchase order or form submitted or issued by any user, purchaser, or third party and all such contrary terms shall be deemed rejected by Armstrong.

Special Warranty Periods are as follows:

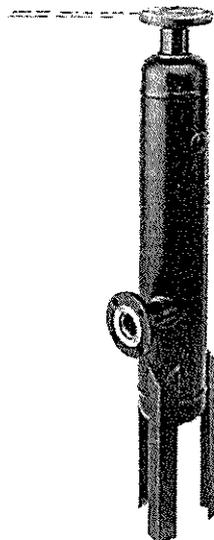
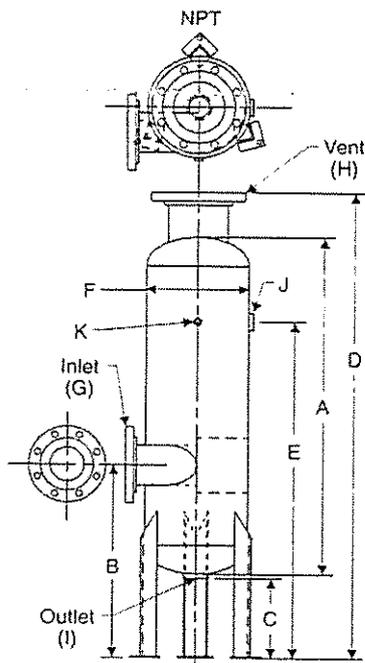
o-Rite-Temp Instantaneous Water Heater—The tube bundle shall have a 10-year guarantee against failure caused by materials or workmanship provided by Armstrong but not against gasket failure or damage caused by corrosion, water hammer or lack of proper cleaning.

o-Rite-Temp Packaged Instantaneous Water Heater—
10 (2) years from the date of installation, but not longer than 27 months from the date of shipment.

o-Direct Gas Fired Water Heater—The stainless steel structure and stainless steel internals shall have a 5-year guarantee against failure caused by materials or workmanship provided by Armstrong. Provided only clean potable water is heated.



Flash Recovery Vessels



Features

- ASME coded and stamped vessels
- Standard pressure rating 150 psi (other pressure ratings available upon request)
- Standard models are designed and sized to cover a wide range of applications and loads
- Flash vessels are designed to provide low velocity flash steam with no water carryover
- Quick payback for flash recovery investment
- Special tanks available upon request

For a fully detailed certified drawing, refer to CDF #1023.

Flash Steam Savings Analysis

Part I: Determining the amount of flash steam produced

- A. Condensate Load A = _____ lb/hr.
- B. Annual hours of operation B = _____ hrs/yr.
- C. Steam Cost C = _____ \$/1,000 lbs.
- D. Flash steam percentage from chart (on page CRE-41) D = _____ %
- E. Flash steam produced:
- $D \times A = \text{flash steam produced}$ E = _____ lb/hr.

Part II: Determining dollar value of the flash steam

- F. Annual flash steam savings:
- $\frac{F = E \times B \times C}{1,000}$ F = _____ \$/yr.

Physical Data—Standard Design Model AFT

Model No.	AFT-6		AFT-8		AFT-12		AFT-16	
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
A	36	914	36	914	40	1,016	48	1,219
B	21	533	21	533	23	584	26	660
C	9-1/2	241	9-1/2	241	9-1/2	241	9-1/2	241
D	51	1,295	52	1,321	55-3/8	1,407	63-1/2	1,613
E	36	914	36	914	40	1,016	48	1,219
F	6	150	8	203	12	305	16	406
G	2	50	3	80	4	102	6	150
H	2-1/2	65	4	102	6	150	6	150
I	1-1/2	40	1-1/2	40	2	50	2	50
J	3/4	20	1	25	1-1/2	40	2	50
K	1/2	15	1/2	15	1/2	15	1/2	15

NOTE: Connections "G" and "H" are 150 lb. flanges. All others are NPT. All flash tanks are ASME coded for 150 psig (10 bar). Special sizes available upon request.

Capacities—Standard Design Model AFT

Model No.	Maximum Condensate Load		Maximum Flash Load	
	lb/hr	kg/hr	lb/hr	kg/hr
AFT-6	2,000	907	500	227
AFT-8	5,000	2,268	1,000	454
AFT-12	10,000	4,536	2,000	907
AFT-16	20,000	9,072	3,000	1,361

All dimensions and weights are approximate. Use certified print for exact dimensions. Design and materials are subject to change without notice.

GP-2000R



For Steam Back Pressure Regulation

The GP-2000R is a high performance externally piloted throttling back pressure valve for large capacity applications. Typical applications would include those systems utilizing flash steam for low pressure heating or processes. The GP-2000R valves will function to maintain a constant upstream pressure. This valve is not a safety valve and should not be used for that purpose.

For a fully detailed certified drawing, refer to:
 GP-2000R Threaded CDY #1018
 GP-2000R Flanged CDY #1019

GP-2000R Specifications									
Application	Inlet Pressure psig (bar)	Relieving Pressure psig (bar)	Spring Color	Maximum Temperature °F (°C)	Minimum Differential psig (bar)	Materials			
						Body	Main Valve/Seat	Pilot Valve/Seat	Diaphragm
Steam	NPT 3 - 200 (.21 - 13.8)	3 - 21 (.21 - 1.4)	Yellow	450 (232)	3 (.21)*	Ductile Iron ASTM A536	Stainless Steel AISI 420	Stainless Steel AISI 301	Dark Gray
	150 lb Flg. 3 - 185 (.21 - 13)	14 - 157 (1.0 - 11.0)	Green						
	300 lb Flg. 3 - 200 (.21 - 13.8)	143 - 200 (10 - 13.8)	Brown						

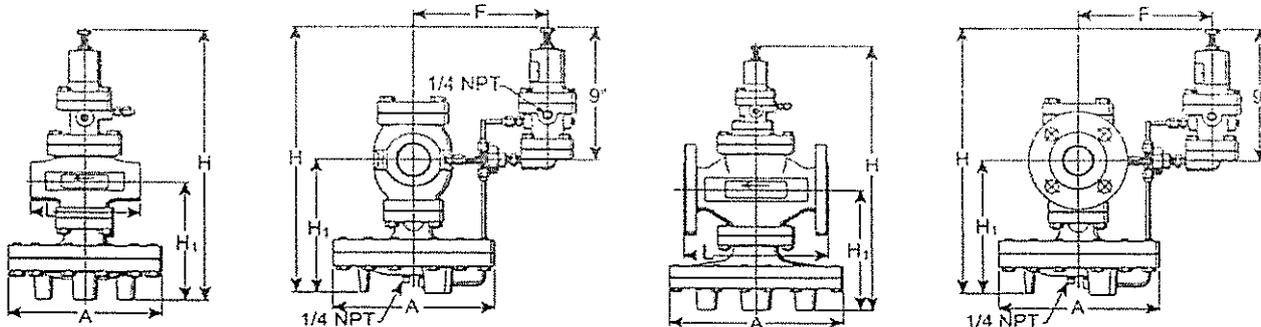
*If used for a 3-15 psig set point, outlet pressure must be 0 psig.

GP-2000R Dimensions																	
Size		Face-to-Face						A		F		H Integral		H Remote		H _i	
		NPT		150#		300#											
in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
1/2	15	5-15/16	150	-	-	-	-	7-15/16	200	6-15/16	176	15-3/4	398	14-1/4	362	6-3/4	170
3/4	20	5-15/16	150	-	-	-	-	7-15/16	200	6-15/16	176	15-3/4	398	14-1/4	362	6-3/4	170
1	25	6-15/16	160	-	-	-	-	8-15/16	226	7-1/8	180	15-15/16	404	14-7/16	367	6-15/16	175
1-1/4	32	7-1/8	180	-	-	-	-	8-15/16	226	7-1/8	180	17-1/8	434	15-1/8	384	7-5/8	192
1-1/2	40	7-1/8	180	-	-	-	-	8-15/16	226	7-1/8	180	17-1/8	434	15-1/8	384	7-5/8	192
2	50	9-1/8	230	8-5/8	218	9-1/8	232	10-15/16	276	7-3/4	197	19-5/8	498	16	406	8-1/2	216
2-1/2	65	-	-	10-15/16	278	11-1/2	292	13-13/16	352	8-5/16	211	21-3/4	552	17-5/16	440	9-13/16	251
3	80	-	-	11-3/4	298	12-7/16	316	13-13/16	352	8-3/4	222	22-5/8	575	17-15/16	456	10-7/16	264
4	100	-	-	13-1/2	343	14-1/8	359	15-13/16	401	9-7/16	240	25-15/16	658	20-1/8	511	12-5/8	321

Pressure and Temperature Controls

GP-2000R Weights									
Size		Weight						C _v	
		NPT		150#		300#			
in	mm	lb	kg	lb	kg	lb	kg		
1/2	15	34	14	-	-	-	-	5	
3/4	20	34	14	-	-	-	-	7.2	
1	25	44	19	-	-	-	-	10.9	
1-1/4	32	51	22	-	-	-	-	14.3	
1-1/2	40	51	22	-	-	-	-	18.8	
2	50	75	33	81	36	84	38	32	
2-1/2	65	-	-	142	65	150	68	60	
3	80	-	-	155	69	166	75	78	
4	100	-	-	247	112	264	120	120	

For capacities see page PTC-37.



All dimensions and weights are approximate. Use certified print for exact dimensions. Design and materials are subject to change without notice.



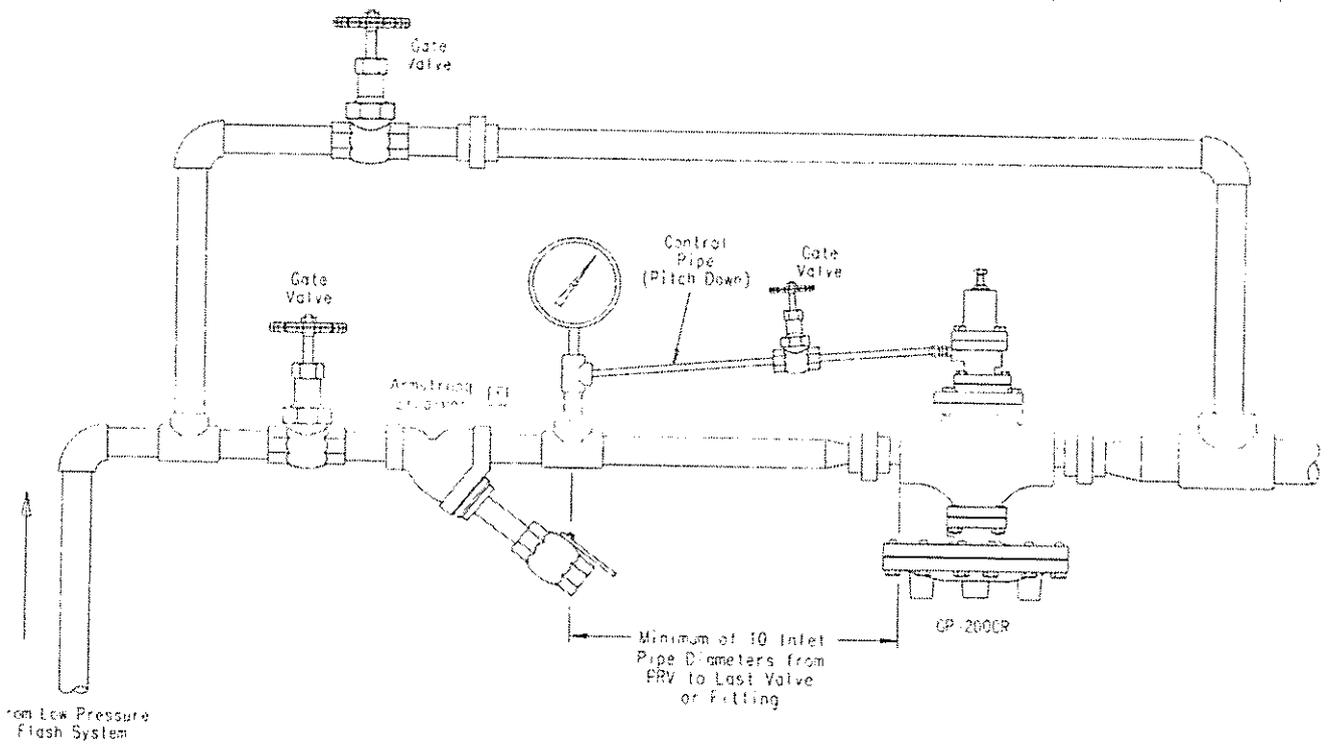
GP-2000, 2000K-1, 3 & 6, GD-2000K, GP-2000R, GP-11S

capacities for Steam

GP-2000, GP-2000K-1, GP-2000K-3, GP-2000K-6, GD-2000K, GP-2000R, GP-11S Capacities—Steam lb/hr

Inlet psig	Outlet psig	lb/hr									
		Connection Size									
		in									
		1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	6
15	8	201	298	438	575	756	1,297	2,413	3,137	4,826	10,054
	3	250	360	545	716	941	1,602	3,005	3,906	6,010	12,697
20	13	219	316	478	627	825	1,404	2,633	3,423	5,266	10,972
	10	255	368	557	731	962	1,637	3,070	3,992	6,141	14,834
25	3	313	451	683	896	1,178	2,005	3,760	4,888	7,521	15,050
	18	236	340	515	676	898	1,512	2,836	3,687	5,673	11,819
30	3-5	362	522	790	1,037	1,363	2,320	4,351	5,657	8,703	16,971
	23	252	363	549	721	948	1,613	3,026	3,933	6,052	12,608
40	3-7	408	587	898	1,167	1,535	2,613	4,899	6,369	9,799	19,109
	33	281	404	612	803	1,056	1,799	3,373	4,335	6,746	14,055
50	25	395	568	861	1,130	1,485	2,528	4,741	6,163	9,482	19,755
	3-12	499	719	1,089	1,429	1,878	3,197	5,996	7,795	11,992	23,384
60	42	327	471	713	935	1,230	2,084	3,926	5,164	7,853	16,361
	30	491	707	1,070	1,404	1,846	3,143	5,893	7,661	11,787	24,557
75	3-17	591	851	1,288	1,699	2,222	3,782	7,092	9,220	14,184	27,659
	51	373	537	813	1,067	1,403	2,388	4,478	5,822	8,957	18,662
100	45	471	678	1,027	1,348	1,772	3,017	5,657	7,354	11,314	23,572
	35	585	843	1,276	1,674	2,201	3,747	7,026	9,134	14,053	29,278
125	3-22	682	982	1,487	1,951	2,555	4,367	8,188	10,645	16,377	31,934
	63	470	677	1,025	1,345	1,769	3,011	5,647	7,341	11,294	23,530
150	55	592	853	1,292	1,695	2,229	3,794	7,114	9,248	14,228	29,642
	45	702	1,012	1,532	2,010	2,643	4,498	8,435	10,966	16,870	35,147
200	4-30	910	1,170	1,785	2,343	3,030	5,244	9,832	12,782	19,565	38,346
	85	595	857	1,298	1,702	2,235	3,810	7,145	9,289	14,290	29,772
250	75	750	1,090	1,636	2,146	2,822	4,803	9,007	11,709	18,014	37,529
	60	913	1,316	1,992	2,613	3,436	5,849	10,967	14,257	21,934	45,696
300	5-42	1,047	1,508	2,284	2,996	3,939	6,705	12,573	16,345	25,146	49,034
	106	738	1,063	1,610	2,112	2,776	4,726	8,862	11,521	17,725	36,928
350	100	837	1,205	1,825	2,394	3,148	5,359	10,048	13,062	20,096	41,868
	75	1,124	1,619	2,451	3,216	4,228	7,196	13,494	17,542	26,988	56,226
425	7-55	1,276	1,837	2,792	3,649	4,798	8,167	15,313	19,906	30,627	59,721
	127	881	1,269	1,921	2,520	3,314	5,641	10,577	13,750	21,154	44,072
500	100	1,241	1,787	2,705	3,549	4,666	7,942	14,892	19,360	29,785	62,052
	8-67	1,504	2,166	3,279	4,302	5,657	9,628	18,054	23,470	36,108	70,409
600	148	1,024	1,474	2,232	2,929	3,851	6,554	12,290	15,977	24,581	51,210
	125	1,347	1,940	2,937	3,853	5,066	8,624	16,170	21,021	32,340	67,376
700	100	1,586	2,284	3,458	4,537	5,965	10,153	19,038	24,749	38,076	79,325
	9-80	1,732	2,495	3,777	4,956	6,515	11,090	20,794	27,033	41,589	81,096
800	170	1,149	1,655	2,505	3,287	4,321	7,355	13,792	17,929	27,584	57,467
	150	1,446	2,082	3,152	4,136	5,437	9,255	17,354	22,560	34,708	72,309
900	125	1,711	2,465	3,731	4,895	6,436	10,955	20,542	26,704	41,094	85,592
	10-92	1,861	2,824	4,275	5,609	7,374	12,552	23,535	30,995	47,070	91,784
1000	191	1,292	1,860	2,816	3,695	4,856	8,269	15,050	20,157	31,010	64,605
	175	1,538	2,215	3,353	4,400	5,784	9,846	18,462	24,001	36,924	76,926
1200	150	1,828	2,633	3,996	5,229	6,875	11,703	21,943	28,525	43,887	91,431
	12-105	2,189	3,153	4,773	6,262	8,233	14,013	26,275	34,188	52,551	102,471
1400	200	1,625	2,340	3,543	4,649	6,112	10,434	19,607	25,359	39,015	81,281
	175	1,938	2,791	4,225	5,543	7,285	12,405	23,260	30,239	46,521	95,919
1600	150	2,175	3,133	4,743	6,222	8,181	13,925	26,109	33,942	52,219	109,790
	13-117	2,418	3,481	5,271	6,915	9,031	15,475	29,016	37,721	59,032	113,159
1800	200	2,041	2,941	4,451	5,842	7,681	13,073	24,513	31,867	49,025	102,113
	175	2,300	3,311	5,013	6,576	8,644	14,718	27,585	35,873	55,190	114,950
2000	14-116	2,694	3,748	5,675	7,389	9,788	16,650	31,239	40,611	62,478	123,848
	200	2,416	3,479	5,267	6,910	9,084	15,462	28,591	37,688	57,982	120,795
2200	175	2,570	3,737	5,748	7,540	9,913	16,874	31,638	41,130	62,276	131,825
	15-142	2,863	4,123	6,243	8,190	10,767	18,328	34,565	44,674	68,730	134,535
2400	245	2,655	3,824	5,788	7,437	9,934	16,998	-	-	-	-
	225	2,885	4,154	6,289	8,251	10,848	18,464	-	-	-	-
2600	200	3,094	4,455	6,745	8,849	11,634	19,804	-	-	-	-
	18-160	3,331	4,797	7,262	9,529	12,526	21,321	-	-	-	-
2800	248	3,701	5,329	8,068	11,487	13,916	23,687	-	-	-	-
	225	3,869	5,572	8,435	10,585	14,548	24,763	-	-	-	-
3000	22-195	4,016	5,783	8,756	11,066	15,102	25,706	-	-	-	-

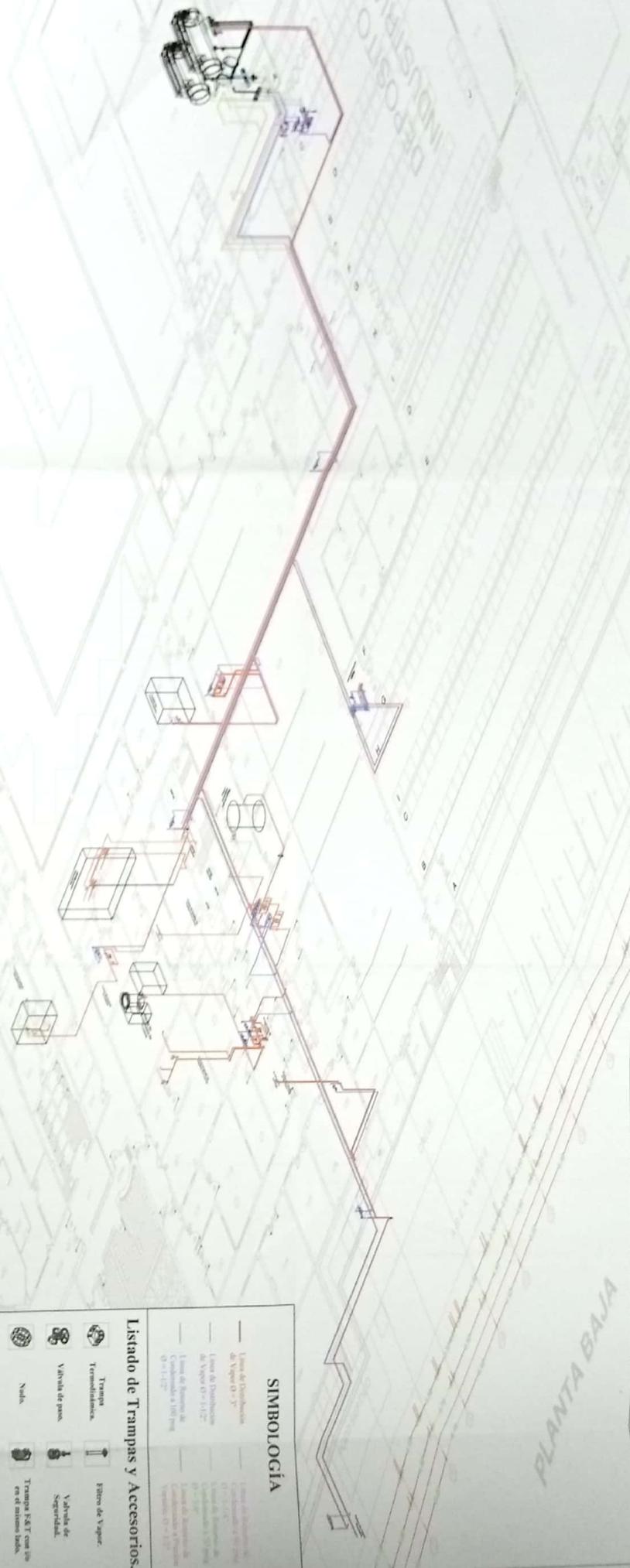
NOTE: Maximum pressure reduction 20:1, except for GD-2000K (10:1).
Minimum pressure reduction is 85% of inlet pressure.



from Low Pressure Flash System

Note:
 It is suggested that the inlet NY type strainer be installed on this side to avoid the possibility of liquid in the unit that could be carried through the regulator as a carrying bias under certain conditions.

APPROVED	DATE
CP 200CR BACKFLOW PREVENTER INSTALLATION	



PLANTA BAJA

SIMBOLOGÍA

- Línea de Distribución de Vapor Ø = 7"
- Línea de Distribución de Vapor Ø = 1-1/2"
- Línea de Retorno de Vapor Ø = 1-1/2"
- Línea de Retorno de Vapor Ø = 1"

Listado de Trampas y Accesorios.

	Trampa		Trampa K&T con 1/2" en el sistema baja.
	Trampa de pes.		Trampa de Vapor.
	Nada.		Valvula de Seguridad.
	Yitro + Valvula.		Manómetro.
	Valvula Solenoida.		Termómetro.
	Trampa Termométrica.		Bomba.
	Valvula Check.		Trampa K&T con 1/2" en el sistema baja.
	Junto de Expansión.		Valvula Seguridad.
	Secador de Vapor vertical.		Valvula Automática.
	Secador de vapor horizontal.		Trapo de Vapor.
	Trampa Termométrica.		Ramplador de Vacia.
	Valvula de Ventos.		

FIMCP - ESPOL

Regeneración del Sistema de Vapor para un Laboratorio Farmacéutico

Plano	Escala	Hoja	2
Indicador	500	Escala	
TÍTULO DE VAPOR PROPUESTO			
TECNOLOGÍA		NOMBRE	
DISEÑO		DISEÑO	
REVISIÓN		REVISIÓN	
AUTORIZADO		AUTORIZADO	
FECHA		FECHA	

