

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL EXCEDENTE DE VAPOR,
PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN LA
EMPRESA AZULK S.A.

DANIEL ANDRES ORTIZ ROMERO
LAURA VICTORIA RUIZ BELTRÁN

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ, D. C.
2017

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACION DEL EXCEDENTE DE VAPOR,
PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN LA
EMPRESA AZULK S.A

DANIEL ANDRES ORTIZ ROMERO
LAURA VICTORIA RUIZ BELTRÁN

Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ, D. C.
2017

Nota de Aceptación:

Presidente del Jurado
Ing. Carlos Urrego Rodríguez

Ing. Carlos Mendoza
Jurado 1

Ing. Oscar M. Ochoa
Jurado 2

Bogotá D.C. Noviembre de 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García - Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García - Peña

Decano de la Facultad de Ingenierías

Dr. Julio César Fuentes Arismendi

Director Programa Ingeniería Mecánica

Dr. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo de docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Este trabajo y logro está dedicado a mis padres, que me dieron un gran apoyo, esfuerzo y motivación durante todo el proceso, gracias a esto culminé una gran etapa de mi vida.

Daniel Andrés Ortiz Romero

Dedico este gran logro a mis padres, a mi hermana y a todas las personas que de una u otra forma me acompañaron en este proceso.

Laura Victoria Ruiz Beltrán

Queremos agradecer a la empresa AzulK S.A., por su colaboración y apoyo en la realización de este proyecto.

Le agradecemos a nuestro orientador el Ingeniero Carlos Urrego Rodríguez por su colaboración, paciencia y entrega durante la elaboración del proyecto.

A la Universidad de América y a sus docentes porque contribuyeron en nuestro desarrollo como profesionales aportándonos día a día sus conocimientos.

Adicionalmente a nuestros padres quienes siempre estuvieron ahí, apoyándonos tanto moral como económicamente durante el desarrollo de nuestro proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES	17
1.1 EMPRESA	17
1.1.1 Misión	17
1.1.2 Visión	18
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DEL VAPOR UTILIZADO	19
2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABÓN AZULK S.A.	19
2.1.1 Recepción de materia prima	19
2.1.2 Blanqueo	20
2.1.3 Desodorización	20
2.1.4 Saponificación	20
2.1.5 Secado	23
2.1.6 Corte y empaque	23
2.1.7 Almacenamiento y distribución	23
2.2 DESCRIPCIÓN DEL VAPOR UTILIZADO	23
3. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DEL EXCEDENTE DE VAPOR	27
4. DISEÑO RED DE CAPTACIÓN	30
4.1 DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS	32
4.2 DISTRIBUIDOR DE VAPOR	36
4.3 LÍNEAS DE PURGA	38
4.4 DILATACIÓN Y SOPORTES DE TUBERIA	41
4.4.1 Dilatación	41
4.4.2 Soportes	42
4.5 SELECCIÓN DE VÁLVULAS	44
4.5.1 Válvulas para las chimeneas	44
4.5.2 Válvulas entrada manifold	45
4.6 ELIMINACIÓN DE AIRE	47
4.7 PÉRDIDAS DE CALOR EN LA TUBERÍA	47
4.8 REDUCCIÓN PÉRDIDAS DE CALOR EN LA TUBERÍA	50
4.9 SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR	54
4.9.1 Intercambiador de doble tubo	54
4.9.2 Intercambiador de tubos y coraza	55
4.9.3 Intercambiador de placas	55
4.9.4 Matriz de evaluación Scoring y selección de alternativa	56
4.10 INTERCAMBIADOR DE PLACAS	57
4.11 CÁLCULOS PARA EL INTERCAMBIADOR	60

4.11.1 Pérdida de calor del agua, desde el intercambiador hasta el tanque de alimentación	60
4.11.2 Parametrización	62
4.11.3 Cálculo para el número de placas	63
4.11.4 Cálculos reales	72
4.12 RESULTADOS INTERCAMBIADOR	76
4.12.1 Dos pailas en operación	76
4.12.2 Tres pailas en operación	76
5. SIMULACIÓN DEL VAPOR EN LA TUBERÍA	77
6. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	79
6.1 OPERACIÓN	79
6.2 MANTENIMIENTO	79
6.2.1 Tubería	79
6.2.1.1 Mantenimiento diario	79
6.2.1.2 Mantenimiento mensual	80
6.2.2 Intercambiador	82
7. IMPACTO AMBIENTAL	83
7.1 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES	83
7.1.1 Matriz de impacto ambiental	83
7.1.2 Evaluación de los impactos ambientales	83
7.2 POLÍTICA AMBIENTAL	86
7.3 LEGISLACIÓN AMBIENTAL	86
8. EVALUACIÓN FINANCIERA	87
8.1 INVERSIÓN INICIAL	87
8.2 ANALISIS DE COSTOS	87
8.2.1 Costos fijos	87
8.2.2 Costo consumo de gas con el sistema propuesto	88
8.3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO	88
9. CONCLUSIONES	90
10. RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	95

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Presión de vapor en saponificación	21
Cuadro 2. Parámetros de operación de las secciones analizadas	25
Cuadro 3. Vapor directo por paila	25
Cuadro 4. Flujo másico de vapor indirecto sección pailas	25
Cuadro 5. Coeficientes de dilatación	42
Cuadro 6. Intervalo entre soportes	43
Cuadro 7. Clasificación y puntuación	56
Cuadro 8. Matriz de selección	57
Cuadro 9. Coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2^{\circ}C$)	65
Cuadro 10. Factores de ensuciamiento	71
Cuadro 11. Identificación de aspectos ambientales	84
Cuadro 12. Matriz impacto ambiental	85
Cuadro 13. Calificación de los criterios	86
Cuadro 14. Puntuación de los criterios	86
Cuadro 15. Clasificación y puntuación	86
Cuadro 16. Evaluación de los impactos	87
Cuadro 17. Inversión	88
Cuadro 18. Consumo y costo actual de gas en tanque de alimentación	89
Cuadro 19. Consumo y costo de gas en tanque de alimentación con el sistema propuesto	89

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de jabón	19
Imagen 2. Paila de saponificación	21
Imagen 3. Diagrama PFD del sistema propuesto	31
Imagen 4. Relación presión – volumen	32
Imagen 5. Esquema de un distribuidor de vapor	37
Imagen 6. Evacuación del condensado	39
Imagen 7. Funcionamiento de un purgador de boya	40
Imagen 8. Funcionamiento de un purgador de cubeta invertida	41
Imagen 9. Soporte tubería	43
Imagen 10. Válvula de mariposa accionamiento neumático	45
Imagen 11. Válvula de globo	46
Imagen 12. Válvula check	46
Imagen 13. Eliminador de aire	47
Imagen 14. Pérdida de calor en pared cilíndrica con aislante	49
Imagen 15. Intercambiador de doble tubo	55
Imagen 16. Intercambiador de tubos y coraza	55
Imagen 17. Intercambiador de placas	56
Imagen 18. Partes del intercambiador de placas	59
Imagen 19. Flujos en un intercambiador de placas	59
Imagen 20. Dimensiones del intercambiador de placas	60
Imagen 21. Dimensión de la placa requerida	62
Imagen 22. Cambio de velocidad en la tubería	78
Imagen 23. Cambio de temperatura en la tubería	79
Imagen 24. Inspección de tubería	81
Imagen 25. Soporte tubería	82
Imagen 26. Fuga en uniones	82
Imagen 27. Válvula y actuador	83
Imagen 28. Junta para bridas	83
Imagen 29. Valor VPN	90

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Diámetros de las chimeneas	26
Tabla 2. Resultados medición excedente de vapor	27
Tabla 3. Factor de corrección del punto de ebullición por cambios en la presión	28
Tabla 4. Distancia entre el intercambiador y las líneas de captación	32
Tabla 5. Determinación cambio de velocidad	35
Tabla 6. Caída de presión para cada línea hasta el distribuidor	36
Tabla 7. Caída de presión en el distribuidor	38
Tabla 8. Presión de llegada al intercambiador	38
Tabla 9. Datos para el cálculo de pérdida de calor	49
Tabla 10. Datos para el cálculo de pérdida de calor con aislante	51
Tabla 11. Pérdida de calor Q para cada línea	52
Tabla 12. Calor radiante para cada línea	53
Tabla 13. Carga de condensado para cada línea	53
Tabla 14. Suministro de vapor por línea al intercambiador	53
Tabla 15. Cambio de temperatura del vapor por línea	54
Tabla 16. Resultados para dos pailas en operación	76
Tabla 17. Resultados para tres pailas en operación	77

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Catálogo tubería ASTM A53	97
Anexo B. Cálculo coeficiente de convección del aire	101
Anexo C. Catálogo aislante	102
Anexo D. Catálogo intercambiador	103
Anexo E. Capacidad calorífica	105
Anexo F. Catálogo de válvulas	106
Anexo G. Manual intercambiador	108
Anexo H. Cotización de materiales	124
Anexo I. Tarifa servicio gas	128
Anexo J. Catálogo accesorios	129

RESUMEN

Este proyecto propone el diseño de un sistema de captación del excedente de vapor, como una solución a un problema energético y ambiental partiendo del proceso de la saponificación.

El proyecto comprende de un trabajo de campo inicial en el cual se recopila información acerca de los procesos a trabajar, posteriormente se determinó el estado térmico y energético de dichos procesos y del excedente de vapor.

Se establece el diseño para recuperar el excedente de vapor de las 7 pailas de saponificación y se plantean alternativas de intercambiadores para realizar el proceso de calentamiento de agua para el tanque de alimentación de vacío III, posteriormente se elige la alternativa más viable. Se evalúa el diseño de captación mediante elementos finitos; consecutivamente se procede a la elaboración de los planos.

Seguido a esto se elabora la guía de operación indicando como el operario debe manipular el control de válvulas que se plantea en el diseño y el manual de mantenimiento de las tuberías y el intercambiador.

Finalmente se realiza el análisis del impacto ambiental donde se evidencia la reducción de la contaminación con el proyecto y la evaluación financiera que consiste en los costos y el tiempo de realización del proyecto por el método del VPN.

Palabras Claves: Diseño de un sistema de captación, Intercambio de calor, Recuperación de vapor.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ahorro de energía es uno de los factores que hacen más competitiva a la industria, pues se optimizan los procesos productivos utilizando igual o menos energía para producir más bienes y servicios. La *importancia* de utilizar el excedente de vapor además de suponer un ahorro en el costo de materias primas, aporta a la protección del ambiente y fomenta el desarrollo sustentable.

En el proceso de saponificación para la producción de jabones, se hierve grasa en grandes reactores (pailas) utilizando vapor de forma directa o indirecta mediante serpentines; durante el proceso se genera un excedente de vapor que es expulsado al ambiente mediante chimeneas, de allí se *origina* la necesidad de diseñar un sistema que aproveche este excedente de vapor y a la vez ayude a mitigar la contaminación que se genera.

El *objetivo general* del proyecto es diseñar un sistema de captación del excedente de vapor, para su aprovechamiento en el calentamiento de agua en la empresa AzulK S.A.

Para alcanzar este propósito, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Diagnosticar la situación actual del proceso
- ✓ Determinar las variables del vapor excedente
- ✓ Realizar el diseño conceptual y el planteamiento de alternativas
- ✓ Diseñar el sistema de captación de vapor
- ✓ Simular el sistema por el método de elementos finitos
- ✓ Elaborar los manuales de operación y mantenimiento
- ✓ Evaluar el impacto ambiental de la operación del sistema
- ✓ Elaborar la evaluación financiera del proyecto

El *alcance* del proyecto es diseñar un sistema de captación del excedente de vapor para aprovechamiento de un recurso que hasta el momento se ha desechado, pues en la actualidad no se cuenta con un método adecuado que permita beneficiarse de este mismo.

El proyecto se *limita* netamente al diseño para el aprovechamiento de vapor en el proceso de saponificación. El desarrollo e implementación de éste, será decisión de la empresa.

La *metodología* para el desarrollo del trabajo ha sido utilizar fuentes de información de libros y proyectos relacionados, se ha contado con la colaboración de los ingenieros en la empresa AzulK S.A. y profesores de la Universidad de América.

Se diagnostica la situación actual del proceso de saponificación y se identifican las variables asociadas a la caracterización del vapor tales como caudal, temperatura, presión, PH y conductividad de este excedente, además de los diámetros y distancias adecuadas para el diseño del sistema de captación y conductos apropiados para el transporte del mismo.

Posteriormente se realiza el diseño conceptual y se plantean alternativas para el sistema de intercambio de calor. Seguido a esto se elabora el diseño detallado del sistema de captación.

La evaluación del flujo de vapor se realiza mediante un software de elementos finitos con el fin de validar el diseño.

Se realizan los respectivos manuales de operación y mantenimiento, además de una evaluación al impacto ambiental del proyecto y la evaluación financiera del mismo.

El aprovechamiento del excedente de vapor *significa* la reducción de las emisiones, teniendo un ahorro considerable en términos de recursos de agua, energía y mejoramiento de las condiciones de trabajo.

1. GENERALIDADES

En este capítulo se describe brevemente la empresa AzulK S.A.

1.1 EMPRESA

AZULK S.A. es una compañía 100% colombiana dedicada a la manufactura y comercialización de productos de aseo personal, de las prendas y del hogar, vigente en el mercado colombiano desde 1958.

Desde su constitución, se ha destacado por su capacidad y experiencia para generar soluciones acordes a necesidades de sus clientes y consumidores logrando que sus marcas sean reconocidas por su calidad, seguridad, funcionalidad y cumplimiento de la legislación vigente y demás requisitos aplicables al negocio. AZULK S.A. es reconocida además como una de las principales maquiladoras de jabón de tocador del país.

Nuestra planta de producción ha venido ajustándose a los requerimientos del mercado y a las exigencias del entorno legal y productivo del país. Basados en un Sistema General De Calidad con Certificación ISO 9001, desarrollamos nuestros procesos con un enfoque integral de mejora continua que involucra todas sus etapas.

Desde la selección de las materias primas tales como grasas y aceites, álcalis y otros insumos suministrados por proveedores del más alto nivel, en la elaboración de los productos de AZULK participan activamente diferentes protagonistas de la economía nacional, convirtiéndonos en un eje de desarrollo y progreso social del país.

Nuestra planta tiene la capacidad para producir diferentes tipos de jabón y subproductos como la glicerina, que responden a las necesidades de nuestro mercado y nuestros clientes institucionales. Esta capacidad se vio reforzada al comenzar las operaciones de nuestra planta de líquidos y de la planta para la producción de cremas lava loza, en septiembre de 2006 y julio de 2007 respectivamente, que permiten la fabricación de una amplia gama de productos.

La compañía cuenta con una planta de producción ubicada en la Autopista Sur No 60-51 y un centro logístico Azul K El dorado de donde se remiten los productos para su posterior distribución, ubicado en la calle 25D # 95A-90, ambos en Bogotá.¹

1.1.1 Misión. “Generar utilidades crecientes y beneficios para nuestros Accionistas, Empleados, Proveedores, Clientes, Usuarios, Comunidad y Estado, a través de la

¹ AzulK S.A, quienes somos, [En línea]. Available: http://www.azulk.com.co/quien-es_somos.html. [Último acceso: 26 4 2017]

manufactura de productos de aseo hogar, cuidado de las prendas, cuidado personal y su comercialización junto con la de otros productos; basados en una sólida Responsabilidad Social Empresarial.”²

1.1.2 Visión. “Aumentar nuestra participación en el mercado Nacional e ingresar a otros mercados, que generen mayor valor económico, logrando posicionar nuestras principales Marcas, entre las primeras de alta recordación; llegando a ser una de las principales empresas en ventas de productos de aseo hogar, cuidado de las prendas y cuidado personal y reconocida como una Organización Socialmente Responsable.”³

² Ibíd.

³ Ibíd.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DEL VAPOR UTILIZADO

2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABÓN AZULK S.A.

La manera más común para la obtención de jabón es la saponificación, debido a la facilidad que tiene de implementar el proceso productivo en gran proporción, es de menor costo de inversión ya que no requiere de equipos resistentes a los ácidos y por último la buena calidad del producto terminado, este proceso es utilizado en la actualidad por AZULK S.A. se describe a continuación.⁴

En la siguiente imagen se describe el proceso de la producción del jabón.

Imagen 1. Diagrama de flujo de proceso de fabricación de jabón



Fuente. AzulK S.A., Bogotá D.C.

2.1.1 Recepción de materia prima. En AzulK S.A. se realiza de dos maneras diferentes, dependiendo de la clase de materia prima. El ingreso de todas inicia con verificación del producto, peso y toma de muestra para análisis en el laboratorio, en la distribución de materias primas el vapor es utilizado para calentar los tanques por medio de serpentines, se utiliza vapor indirecto y vapor directo, con el fin de

⁴ HERNÁNDEZ J.S., Proceso de producción del jabón en AzulK S.A., de *Desarrollo de una propuesta para la recuperación de aguas industriales en el proceso de obtención de glicerina en AzulK S.A.*, Bogota D.C., 2014, pp. 16-21.

limpiarla, a esto se le conoce como soplado de tuberías. Seguido a esto se refinan las grasas antes de iniciar el proceso de saponificación, ya que si las grasas no están blanqueadas y desodorizadas se ve afectada la calidad del producto final.⁵

2.1.2 Blanqueo. Se adiciona carbón activado, para arrastrar los metales que oscurecen las grasas, y de esta manera blanquearlas. Este proceso se realiza en un autoclave que contiene serpentines con vapor indirecto y luego se pasa por un filtro prensa para retener impurezas.⁶

2.1.3 Desodorización. Se aplica ácido fosfórico o cítrico, que se combina con los metales y se inactiva por medio de una corriente de vapor de presión reducida. Su objetivo es eliminar el olor natural de las grasas.⁷

2.1.4 Saponificación. Después de que la materia prima pasa por la sección de Destilación, Blanqueo y Desodorización, es transportada hacia las Pailas, en las cuales hay vapor directo húmedo, vapor directo de soplado y vapor indirecto; el vapor directo es el que se mezcla con los demás componentes dentro de la paila, el vapor indirecto es el que calienta la mezcla y la tubería por medio de un serpentín, y el vapor directo de soplado es el que limpia la tubería de descarga.⁸

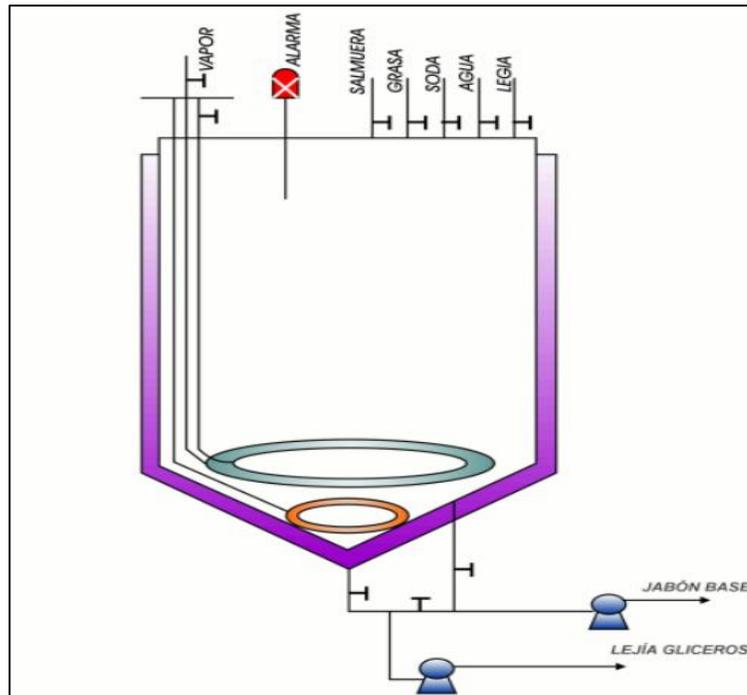
⁵ GARZÓN BLANCO S. G. F. E. R., «Proceso de producción del jabón,» de *Evaluación y diseño del sistema de generación, distribución y transporte de vapor para líneas de producción de la planta AzulK S.A.*, Bogotá, Bogotá, 2009, p. 30.

⁶ *Ibíd.*

⁷ *Ibíd.*

⁸ *Ibíd.*

Imagen 2. Paila de saponificación



Fuente. Producción de jabón. <https://iquimicas.com/proceso-de-producción-industrial-de-jabón/>

Inicialmente a la paila se adicionan aceites o grasas sólidas, cuando la grasa se ha fundido $\pm 80^{\circ}\text{C}$, o el aceite se ha calentado, se agrega regularmente y con agitación una solución acuosa de hidróxido de sodio y agua para evitar formación de grumos y dar viscosidad. La agitación se realiza mediante vapor directo de agua inyectado en el seno del líquido, manteniendo la mezcla en ebullición. El personal encargado del manejo de este proceso adiciona lejía para dar humedad al jabón y evitar rebose de la mezcla, ya que por su alto contenido de sal controla el volumen de la misma. Se continúa adicionando hidróxido de sodio y agua hasta obtener 100% de saponificación.⁹

La saponificación consta de dos partes, el cargue y la cocción, donde se utiliza vapor en distintas presiones como se muestra a continuación.

Cuadro 1. Presión de vapor en saponificación

	Presión	Temperatura
Cargue	145,5 psi	178°C
Cocción	89,6 psi	160°C

⁹ Ibíd.

Se observa en la tabla que la presión de vapor en cargue es mayor, esto se debe a que la paila está siendo llenada con la materia prima, por tanto, se necesita mantener homogénea la mezcla; este cargue dura entre 2 y 3 horas, mientras que en el proceso de cocción la presión se reduce para que la mezcla tome forma, esta operación dura entre 4 y 6 horas. Las horas dependen del tamaño de la paila que entra en operación.

✓ Salinización. Cuando el porcentaje de saponificación es del 100%, se agrega una solución concentrada de sal común (cloruro de sodio NaCl) y agua con el fin de realizar el proceso de separación del jabón, pues éste no se solubiliza debido a la gran cantidad de iones Na⁺ que se encuentran disueltos en el agua; (efecto del ion común este procedimiento permite separar el jabón de la glicerina formada y del exceso de hidróxido de sodio. Posteriormente el jabón se acumula en forma de grumos, se separa y queda flotando sobre la superficie por su menor densidad, luego se cierra la válvula de vapor y la mezcla se deja en reposo de dos a cuatro horas (reposo de saponificación).¹⁰

✓ Lavado. Después de este tiempo se extrae el jabón por la parte inferior de la paila y se envía a otra paila para saponificación; luego se inyecta vapor nuevamente para homogenizar la mezcla. Con esta operación se eliminan impurezas de la masa del jabón y se obtiene un producto con la composición final deseada, por esto entre más lavados se le realice al jabón mejor serán las características del producto final. En AzulK S.A. el proceso de saponificación se realiza de diferente manera para los tres grandes grupos de jabones (jabón azul, coco y tocador), la diferencia entre estos procesos radica principalmente en la cantidad de lavados que se les realiza. Cabe resaltar que después de cada proceso se toman muestras para ser llevadas a control de calidad, donde se realizan análisis químicos de alcalinidad, cloruros y humedad, la empresa tiene establecidos parámetros máximos y mínimos para cada uno de estos requisitos; si la muestra no cumple con los parámetros, control de calidad reporta cantidades aproximadas de las materias primas a entregar y de esta manera ajustar parámetros.¹¹

✓ Finalización. Al realizar los lavados requeridos se adiciona Hidrosulfito de sodio y dióxido de titanio (solo para jabones coco y tocador) con el fin de blanquear y quitar los malos olores. La finalización consiste en adicionar NaCl para realizar un corte suave homogéneo que genere Níger. Posteriormente se cierra la válvula de vapor y se deja en reposo el contenido de la paila de 12-24 h. Después de este tiempo se extrae por la parte inferior la lejía y el Níger, luego se inyecta vapor nuevamente para homogeneizar la mezcla de jabón (al jabón azul en este momento se le realiza el proceso de pintado o coloración). Por último, ya formada la base de jabón se envía a la planta de secado. Algunas de las variables del proceso de saponificación son de gran influencia en la calidad del producto final, entre ellas

¹⁰ Ibíd.

¹¹ Ibíd.

están: la calidad de grasa y lejía, las cantidades y concentraciones de colorantes, fragancias y otros aditivos; la temperatura constante y finalmente el pH de 8-9.¹²

Luego de que el proceso de saponificación termina se transporta el jabón de la paila hacia un tanque intermedio, el cual almacena este producto antes de ser llevado al secado. Este mantiene la temperatura constante del jabón, para garantizar esa temperatura está recubierto por una chaqueta la cual contiene agua caliente a 70°C que proviene del tanque de alimentación.

2.1.5 Secado. El jabón se seca en un gabinete, por desecación al vacío con aspersión, de la siguiente manera, el jabón se sobrecalienta en un intercambiador de calor y se atomiza en la cima de la torre de deshumidificación, en esta torre se sopla aire que opera al vacío se le adiciona simultáneamente el silicato (el cual cumple la función de relleno).¹³

El jabón cae a través de una tolva hacia un tornillo sin fin, donde se compacta y se le agrega perfume y colorante, el jabón sale como una barra continua o en pellets (base tocador), pasan a las plantas de tocador A, B o C, allí se procesan varios tipos de jabón de tocador que contienen diversos aditivos que le otorgan características especiales a cada jabón (antibacterial, humectante con fragancias diferentes, etc.). Las plantas de tocador incluyen los procesos de corte y empaque para cada jabón.¹⁴

2.1.6 Corte y empaque. La máquina cortadora o troqueladora, subdivide automáticamente las barras obtenidas, moldeándolas según el tamaño y forma definida; las pastas de jabón resultantes se conducen enseguida por una banda transportadora con sistema de enfriamiento, al proceso de empaclado. El empaque final del producto es realizado por una empacadora automática El jabón final bien terminado con la forma, tamaño y marca de fábrica requerida está listo para almacenamiento.¹⁵

2.1.7 Almacenamiento y Distribución. Los jabones ya terminados y empacados se almacenan en cajas de diferente tamaño, de acuerdo a su disposición final, en un almacén destinado para tal fin y por ultimo son distribuidos a clientes privados o almacenes de cadena.¹⁶

2.2 DESCRIPCIÓN DEL VAPOR UTILIZADO

Se dispone de tres calderas piro tubulares: una caldera DISTRAL de 200 BHP de capacidad y presión de diseño de 250 psi, una caldera CONTINENTAL de 250 BHP

¹² Ibíd.

¹³ Ibíd.

¹⁴ Ibíd.

¹⁵ Ibíd.

¹⁶ Ibíd.

de capacidad y presión de diseño de 200 psi y por ultimo una caldera POWER MASTER de 300 BHP de capacidad y presión de diseño de 200 psi. Teniendo en cuenta los requerimientos de vapor y presión para las líneas de producción, una de las calderas trabaja constantemente (POWER MASTER) a plena carga, mientras que las otras trabajan alternadamente siempre que se incremente la demanda de vapor para los procesos, esto se logra mediante un sistema automatizado que depende de la presión requerida por el sistema.¹⁷

Para el suministro de vapor a las líneas de producción, se dispone de dos distribuidores interconectados entre sí que recogen el vapor proveniente de las tres calderas; estos distribuyen el vapor a cada una de las líneas de producción de acuerdo a la demanda de cada una de estas. La red principal de distribución es la encargada de suministrar el vapor ya sea hacia un distribuidor o directamente a cada uno de los procesos, como es el caso de la saponificación.¹⁸

En los procesos descritos en el numeral 2.1 se utiliza vapor de la siguiente forma:

- ✓ Vapor indirecto para calentamiento: Este vapor es el utilizado para calentar las tuberías, tanques e intercambiadores de calor, y no tiene contacto con la materia prima.
- ✓ Vapor directo para limpieza de líneas: Este vapor es el utilizado para limpiar las líneas de transporte de materias primas, y se le conoce como vapor de soplado.
- ✓ Vapor directo seco: Este vapor es el suministrado por los distribuidores secundarios (distribuidores de cada proceso), el cual es utilizado en los procesos de mezcla y calentamiento de la misma.
- ✓ Vapor directo húmedo: Este vapor es el suministrado por la línea principal y va directamente al proceso requerido, es utilizado para mezcla y calentamiento.

A continuación, se presentan las condiciones del vapor de cada sección analizada de la planta.¹⁹

¹⁷ Ibíd.

¹⁸ Ibíd.

¹⁹ Ibíd.

Cuadro 2. Parámetros de operación de las secciones analizadas

Procesos	Temperatura		Presión		Calidad mínima
	mín	máx	mín	máx	%
	°C	°C	MPa	MPa	
Recepción	150	165	0,618	0,723	60
Blanqueo	150	172	0,618	0,975	60
Destilación	150	172	0,618	0,975	60
Vacío	165	178	0,723	1,017	60
Pailas	160	178	0,618	1,003	60

Fuente. S. G. Garzón Blanco, Proceso de producción del jabón, *Evaluación y diseño del sistema de generación, distribución y transporte de vapor para líneas de producción de la planta AzulK S.A., Bogotá, Bogotá, 2009.*

Los consumos de vapor directo e indirecto de cada una de las pailas fueron suministrados por AzulK S.A.²⁰

Cuadro 3. Vapor directo por Paila

	Paila 1	Paila 2	Paila 3	Paila 4	Paila 5	Paila 6	Paila 7
Flujo másico \dot{m} (kg/h)	457,905	97,2687	111,545	79,998	472,9167	182,031	182,031

Fuente. S. G. Garzón Blanco, Proceso de producción del jabón, *Evaluación y diseño del sistema de generación, distribución y transporte de vapor para líneas de producción de la planta AzulK S.A., Bogotá, Bogotá, 2009.*

✓ Consumo de masa de vapor directo en las Pailas:

$$\dot{m} \text{ (Vapor directo) (kg/h)} = \dot{m}_{P1} + \dot{m}_{P2} + \dot{m}_{P3} + \dot{m}_{P4} + \dot{m}_{P5} + \dot{m}_{P6} + \dot{m}_{P7}$$

$$\dot{m} \text{ (Vapor directo) (kg/h)} = 1.583,69$$

Cuadro 4. Flujo másico de vapor indirecto sección Pailas

	Paila 1	Paila 2	Paila 3	Paila 4	Paila 5	Paila 6	Paila 7
Flujo másico \dot{m} (kg/h)	219,24	67,74	78,31	204,28	226,42	174,31	126,77

Fuente. S. G. Garzón Blanco, Proceso de producción del jabón, *Evaluación y diseño del sistema de generación, distribución y transporte de vapor para líneas de producción de la planta AzulK S.A., Bogotá, Bogotá, 2009.*

²⁰ Ibíd.

- ✓ Consumo de masa de vapor indirecto en las Pailas:

$$\dot{m}_{\text{(Vapor indirecto)}} \text{ (kg/h)} = \dot{m}_{P1} + \dot{m}_{P2} + \dot{m}_{P3} + \dot{m}_{P4} + \dot{m}_{P5} + \dot{m}_{P6} + \dot{m}_{P7}$$

$$\dot{m}_{\text{(Vapor indirecto)}} \text{ (kg/h)} = 1.097,06$$

- ✓ Consumo de masa de vapor en la sección Pailas:

$$\dot{m}_{\text{Total}} \text{ (kg/h)} = \dot{m}_{\text{(Vapor directo)}} + \dot{m}_{\text{(Vapor indirecto)}}$$

$$\dot{m}_{\text{Total}} \text{ (kg/h)} = 2.680,75$$

Tabla 1. Diámetros de las chimeneas

Paila	Diámetro externo chimenea (m)	Diámetro interno chimenea (m)
1	0,508	0,49848
2	0,273	0,26373
3	0,273	0,26373
4	0,273	0,26373
5	0,508	0,49848
6	0,273	0,26373
7	0,273	0,26373

3. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DEL EXCEDENTE DE VAPOR

Para llevar a cabo el diseño se hace necesario conocer las variables de temperatura, presión, velocidad y flujo volumétrico, para esto AzulK realizó por medio de un tercero una medición por el método de pitometría en la paila 5, ya que es la más representativa, obteniendo los resultados del cuadro 6.

Tabla 2. Resultados medición excedente de vapor

Temperatura	Presión p1	Velocidad	Flujo Volumétrico
90°C	561,21 mmHg 10,85 psig	7,45 m/s	1,45 m ³ /s

Los resultados obtenidos con la medición se comparan con los datos teóricos del agua saturada con el fin de establecer la diferencia entre los valores estándares y los experimentales, pues se hace evidente la variación que se genera con el cambio de altura.

A medida que un sitio se encuentra más elevado sobre el nivel del mar, la temperatura de ebullición se hace menor. Para saber cuál es el punto de ebullición en la ciudad de Bogotá, se calcula la diferencia de presión atmosférica con la información del cuadro 6 y la siguiente ecuación;²¹

$$\Delta P = Patm_1 - Patm_2$$

Donde;

ΔP = Diferencia de presión atmosférica

$Patm_1$ = Presión atmosférica a nivel del mar

$Patm_2$ = Presión atmosférica a nivel de Bogotá

²¹ PEÑA M, Físico-Química, 01 2014. [En línea]. {10 de abril de 2017}. Available: <http://liquidossolidos-fq.blogspot.com.co/2014/01/puntos-de-ebullicion.html>.

Tabla 3. Factor de corrección del punto de ebullición por cambios en la presión

T normal (°C)	Variación en T por $\Delta P = 10$ mmHg	
	Líquidos no polares	Líquidos polares
50	0,380	0,320
60	0,392	0,330
70	0,404	0,340
80	0,416	0,350
90	0,428	0,360
100	0,440	0,370
110	0,452	0,380
120	0,464	0,390
130	0,476	0,400

Fuente. Físico-Química. Punto de ebullición

Reemplazando;

$$\Delta P = 760\text{mmHg} - 560\text{mmHg} = 200\text{mmHg}$$

Se halla el factor de corrección de la temperatura por cambio en la presión atmosférica, de la siguiente forma;

$$F_c = \frac{\Delta P * \Delta T}{10\text{mmHg}}$$

Donde;

F_c = Factor de corrección

ΔP = Diferencia de presión atmosférica

ΔT = Variación de T por ΔP (ver cuadro)

Reemplazando;

$$F_c = \frac{200\text{mmHg} * 0,370^\circ\text{C}}{10\text{mmHg}} = 7,4^\circ\text{C}$$

Por tanto, la presión absoluta es;

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

Reemplazando;

$$P_{abs} = 560\text{mmHg} + 561,21\text{mmHg} = 1.121,21\text{mmHg} \rightarrow 149,45\text{kPa}_{abs}$$

Finalmente se obtiene la temperatura de ebullición corregida por la siguiente ecuación;

$$Teb_{cor} = Teb_{nor} - F_c$$

Donde;

Teb_{cor} = Temperatura de ebullición corregida

Teb_{nor} = Temperatura de ebullición normal

F_c = Factor de corrección

Reemplazando;

$$Teb_{cor} = 100^{\circ}C - 7,4^{\circ}C = 92,6^{\circ}C$$

Con la temperatura de ebullición obtenida se evidencia una diferencia respecto al valor teórico establecido en las tablas del agua saturada, esta diferencia se debe a que las tablas toman como punto de referencia la altura al nivel del mar.

4. DISEÑO RED DE CAPTACIÓN

En esta sección se calculan los diámetros de tubería para el transporte del vapor hacia el intercambiador y el tanque de alimentación, adicionalmente se seleccionan los accesorios, soportes, el tipo de aislante y espesor.

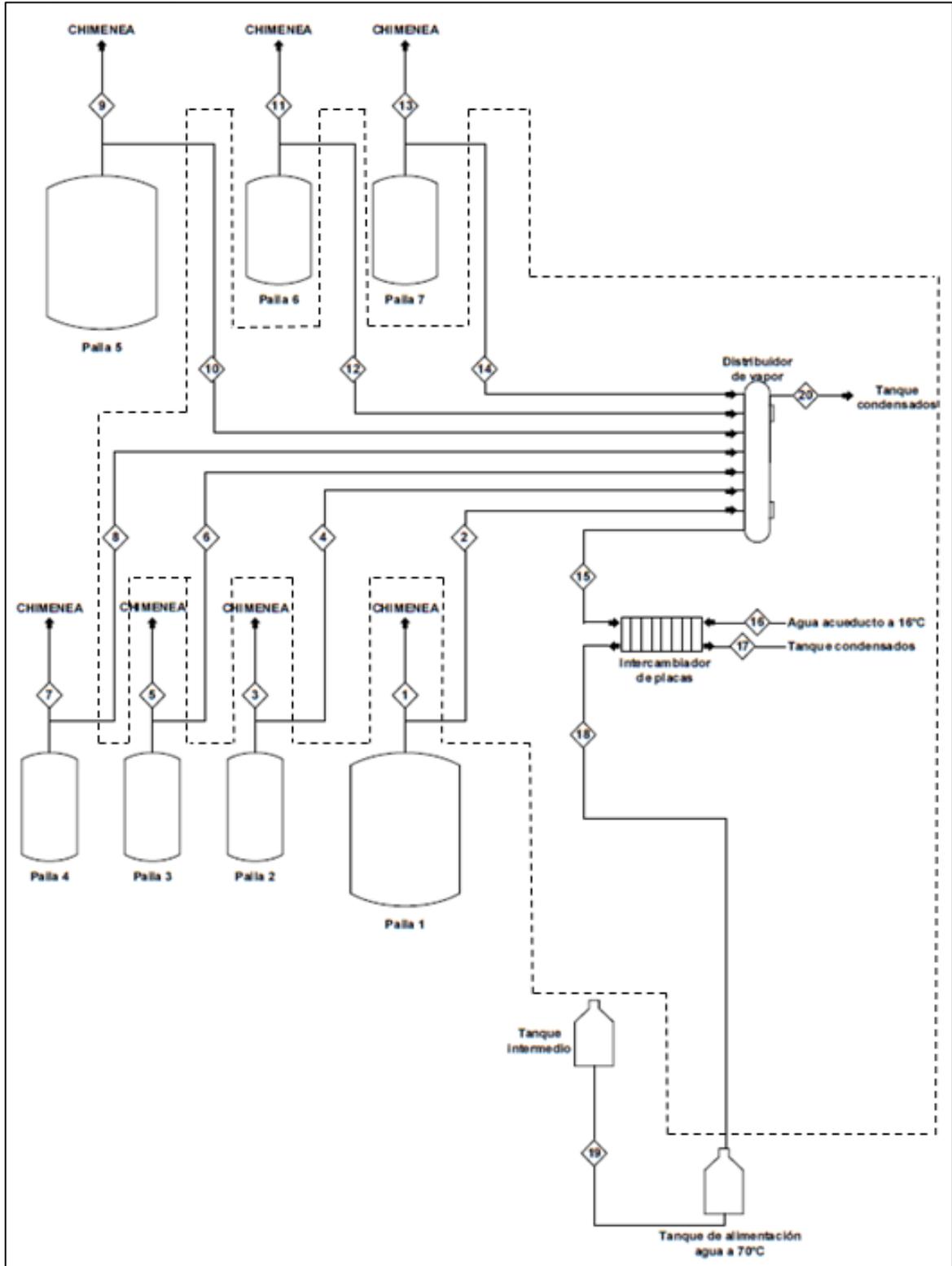
Para la recuperación del vapor que es expulsado por las chimeneas en el proceso de la saponificación se utiliza un sistema de captación que incluye un distribuidor de vapor y un intercambiador de calor para calentar el agua del tanque de alimentación del proceso de secado de vacío 3.

En AzulK S.A, se cuenta con tres secciones de vacío (I, II, III). El máximo de pailas en operación simultánea, se limita al número de secciones de vacío, es decir, 3, ya que este es el proceso posterior a saponificación, donde la distribución se da de la siguiente manera:

- ✓ Vacío I: Recibe la carga de jabón de las pailas 3 o 6 al tanque intermedio 1, que mantiene caliente la mezcla por medio de una chaqueta, que es alimentada por vapor de caldera
- ✓ Vacío II: Recibe la carga de jabón de las pailas 5 o 7 al tanque intermedio 2, que mantiene caliente la mezcla por medio de una chaqueta, que es alimentada por vapor de caldera
- ✓ Vacío III: Recibe la carga de jabón de las pailas 1, 2 o 4 al tanque intermedio 3, que mantiene caliente la mezcla por medio de una chaqueta, que es alimentada por agua caliente del tanque de alimentación

El tanque de alimentación de vacío III es el punto al que será transportada el agua que se calentará en el intercambiador, utilizando el excedente de vapor de las pailas que estén en operación. Este tanque almacena agua a 70°C las 24 horas del día, por esta razón se utilizará el excedente de vapor de todas las pailas.

Imagen 3. Diagrama PFD del sistema propuesto



En los planos se encuentra la información completa del diagrama PFD, P&ID y piping layout

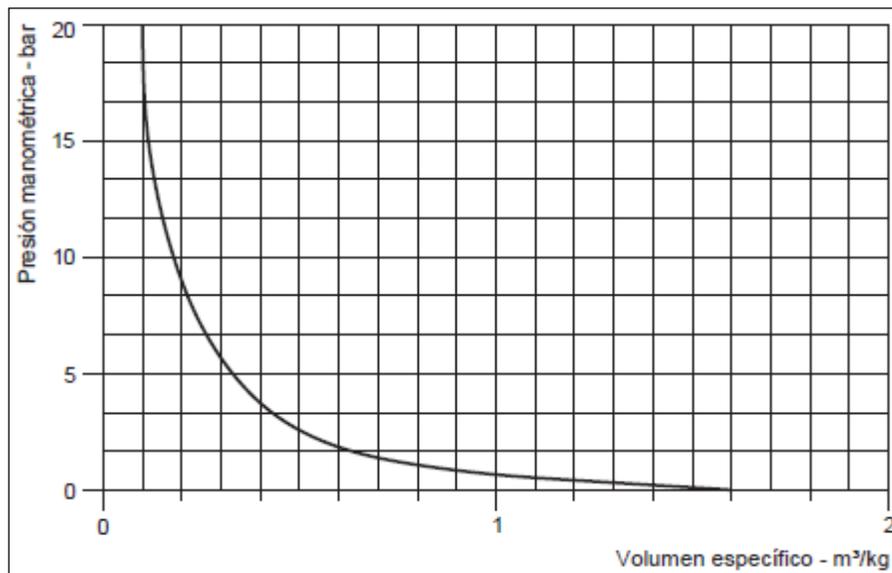
Tabla 4. Distancia entre el intercambiador y las líneas de captación

Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
6,78m	13,09m	17,27m	21,53m	20,53m	14,24m	10,26m

4.1 DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

“El vapor a alta presión ocupa menos volumen por kilogramo que el vapor a baja presión.”²² Teniendo en cuenta lo anterior y los resultados del cuadro 6, la presión del excedente de vapor es muy baja, por lo tanto el tamaño de las tuberías para su transporte son de un tamaño mayor a las otras tuberías de distribución que existen en la planta de AzulK.

Imagen 4. Relación presión – volumen



Fuente. Distribución del vapor. Spirax Sarco

“Existe una tendencia natural cuando se seleccionan los tamaños de tuberías, a guiarse por el tamaño de las conexiones del equipo a las que van a conectarse. Si la tubería se dimensiona de este modo, es posible que no se pueda alcanzar el caudal volumétrico deseado. Para corregir esto y poder dimensionar correctamente la tubería, se utilizan reductores excéntricos”²³

²² Spirax Sarco, guía de distribución de vapor, [En línea]. {23 junio 2017}. Available: http://www.spiraxsarco.com/global/co/Training/Documents/Gu%C3%ADa_de_distribuci%C3%B3n_de_vapor.pdf.

²³ Ibíd.

“Las tuberías que se utilizan más usualmente son de acero al carbono (longitud estándar de 6m) para distribución de vapor y líneas de condensado.”²⁴ En el anexo A se encuentra la ficha técnica de la tubería ASTM A53 para los cálculos posteriores.

El diámetro de las tuberías se puede calcular basándose en una de las dos características:

- ✓ Velocidad del fluido
- ✓ Caída de presión

“Para tuberías de vapor saturado seco, la experiencia demuestra que son razonables las velocidades entre 25 – 40 m/s, pero deben considerarse como el máximo sobre el cual aparecen el ruido y la erosión, particularmente si el vapor es húmedo.”²⁵

Para definir el diámetro de una tubería en función de la caída de presión, es necesario conocer los siguientes parámetros;²⁶

- ✓ Temperatura del vapor
- ✓ Presión
- ✓ Caudal másico
- ✓ Caída de presión

Se conocen los valores de temperatura y presión, se determina el flujo con la siguiente ecuación;²⁷

$$\dot{m} = 3.600\pi * \frac{v}{V} * \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Dónde;

\dot{m} = Flujo másico

kg/h

²⁴ Ibíd.

²⁵ Ibíd.

²⁶ Ibíd.

²⁷ TLV, Compañía especialista en vapor , Calculadora: Rango de flujo del vapor en la tubería, [En línea]. {23 octubre de 2017}. Available: <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-flow-rate-through-piping.html?advanced=on>.

$$\Delta P = \frac{\mu l v^2}{2d V}$$

Donde;

μ = Coeficiente de fricción	(0,3734)
l = Longitud de tubería	m
v = Velocidad del vapor	m/s
d = Diametro interno de la tubería	m
V = Volumen especifico	m^3/kg

Reemplazando con los valores de longitud del cuadro 8;

Tabla 6. Caída de presión para cada línea hasta el distribuidor

	Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
p2 (Pa)	2.932,56	5.661,83	7.469,80	9.312,38	8.879,85	6.159,24	4.437,76
p2 (kPa)	2,933	5,662	7,470	9,312	8,880	6,159	4,438
p2 (psi)	0,426	0,822	1,084	1,352	1,289	0,894	0,644

4.2 DISTRIBUIDOR DE VAPOR

“Los beneficios de implementar un distribuidor, es la reducción de mano de obra para el diseño y la instalación de la tubería, optimiza el manejo de válvulas y trampas de vapor. La inspección y el mantenimiento son fáciles después de su instalación.”³²

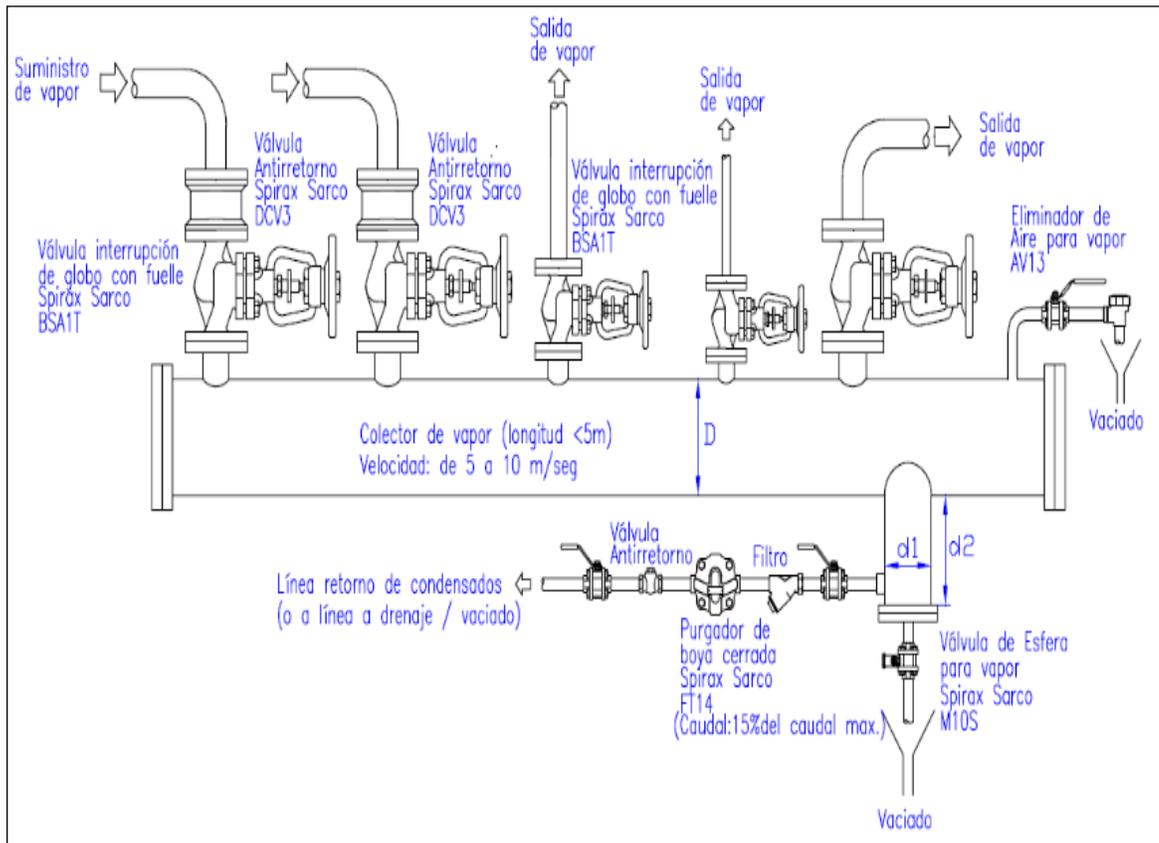
El diámetro del distribuidor se debe calcular para una velocidad de vapor entre 5 y 10 m/s. la velocidad baja es importante ya que ayuda a que caiga la humedad arrastrada. Debe tener una leve inclinación hacia donde este el pozo de goteo para drenar por gravedad ³³

<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-pipe-sizing-by-pressure-loss.html?advanced=on>.

³² TLV compañía especialista en vapor, Manifolds, [En línea]. {13 de septiembre de 2017}. Available: <http://www.tlv.com/global/LA/products/160000.html>.

³³ Spirax sarco, colector-distribuidor de vapor, [En línea]. {13 de septiembre de 2017}. Available: https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/455/42641/1/Documento12.pdf.

Imagen 5. Esquema de un distribuidor de vapor



Fuente. Colector-distribuidor de vapor. Spirax Sarco

Para la selección, el manifold tiene 7 vías de suministro de vapor que corresponden a las líneas de las pailas y una salida hacia el intercambiador. El diámetro será de 20 pulg, para que el vapor tenga una velocidad de 7,45 m/s, como se evidencia en el cuadro 9.

Se calcula la caída de presión en el distribuidor;

$$\Delta P = \frac{\mu l v^2}{2d V}$$

Donde;

μ = Coeficiente de fricción (0,3734)
 l = (Longitud del distribuidor + línea 15) = 4m
 v = Velocidad del vapor m/s
 d = Diametro interno de la tubería m
 V = Volumen especifico m^3/kg

$$\Delta P = \frac{0,3734 * 4m * 7,45^2}{2 * 0,508m * 1,1594 \frac{m^3}{kg}}$$

Tabla 7. Caída de presión en el distribuidor

(Pa)	71,719
(kPa)	0,0717
(psi)	0,01041

Tabla 8. Presión de llegada al intercambiador

	Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
p3 (kPa)	2,933	5,662	7,470	9,312	8,880	6,159	4,438
p3 (psi)	0,426	0,822	1,084	1,352	1,289	0,894	0,644

4.3 LÍNEAS DE PURGA

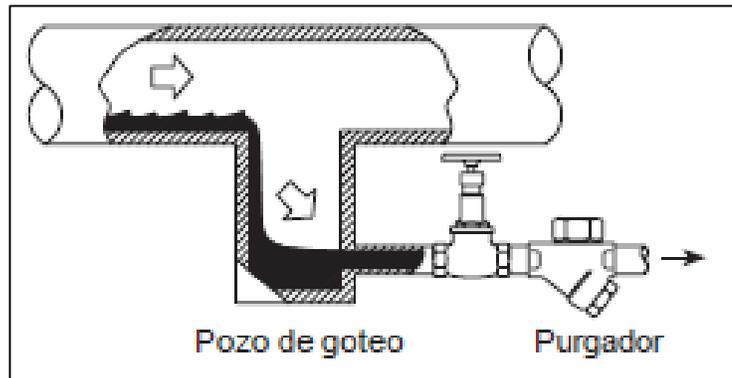
En cualquier tubería de vapor, parte del vapor condensará a causa de las pérdidas por radiación. Por tanto, debe preverse la purga de condensado, si esto no se realiza de forma efectiva, aparecerán problemas de corrosión y golpe de ariete, que se verán más adelante. Además, el vapor se vuelve húmedo, pues este recoge gotas de agua, reduciendo así su potencial de transferencia de calor.

Siempre que sea posible, la tubería de distribución debe montarse con un descenso no inferior a 40 mm cada 10 m, en la dirección del flujo, tanto el vapor como el condensado, irán en la misma dirección y se pueden colocar puntos de purga en la línea para recoger y evacuar el líquido. La instalación de puntos de purga debe hacerse cada 30 m a 50 m, así como en los puntos más bajos del sistema.

En la imagen 8 se muestra la solución más fiable para evacuar el condensado. Se monta una conexión T (el mismo diámetro hasta 150 mm y un diámetro inferior en tamaños mayores) en la tubería que actué como pozo de goteo. Todo el condensado caerá al pozo y recorrerá el camino por una tubería de 15 mm hasta el purgador.³⁴

³⁴ Spirax Sarco Op. Cit.

Imagen 6. Evacuación del condensado



Fuente. Distribución del vapor. Spirax Sacro

Existen tres tipos de purgadores; mecánicos, termostáticos y termodinámicos.

✓ Purgadores mecánicos: Descargan el condensado a la temperatura del vapor. Esto les hace ideales para aplicación con un alto rango de transferencia de calor para un área de transferencia dada, como a una aplicación de intercambiador de calor.³⁵

✓ Purgadores termostáticos: No abren hasta que la temperatura del condensado no esté por debajo de la del vapor saturado. Estos purgadores se usan en muchas aplicaciones en las que se desea aprovechar parte del calor sensible del condensado y reduce las pérdidas por revaporizado, como en líneas de traceado no críticas.³⁶

✓ Purgadores termodinámicos: Son compactos, sencillos, ligeros y no les afectan los golpes de ariete o vibraciones. Los purgadores descargan el condensado a una temperatura cercana a la de saturación del vapor. Esto les hace ideales para drenaje de líneas de vapor y traceado crítico.³⁷

Por el tipo de aplicación, se seleccionan los purgadores mecánicos. A continuación, se hace énfasis en dos tipos;

✓ De Boya: Los purgadores mecánicos de boya cerrada (FT) tienen de estándar un eliminador de aire interno y la opción de una válvula de aguja manual (SLR – dispositivo antibloqueo de vapor) y se puede suministrar con una conexión en la tapa para una conexión en la tapa para una válvula de purga.³⁸

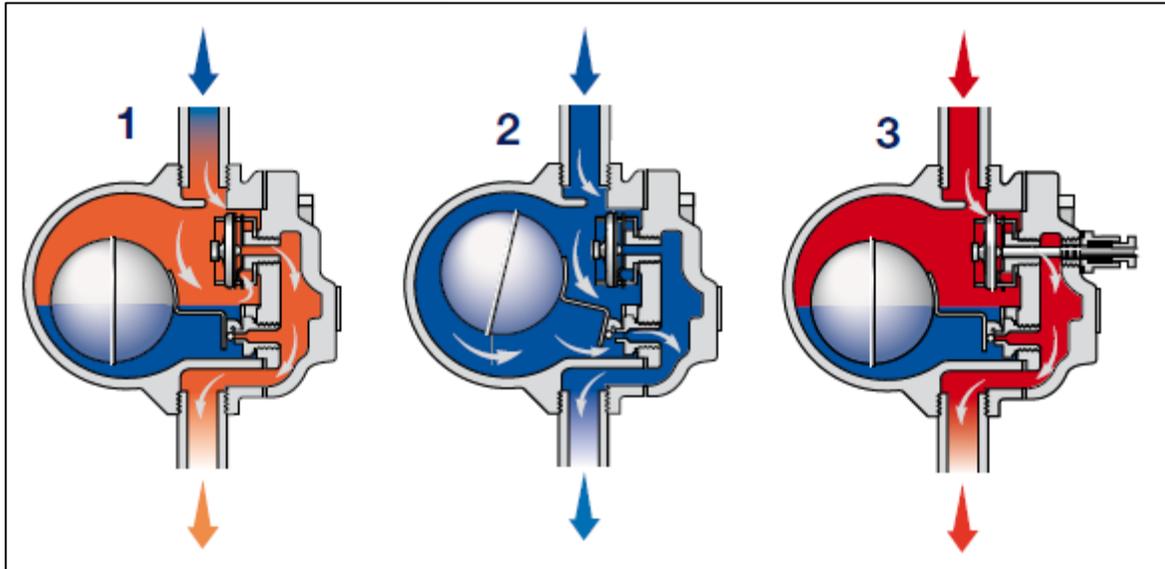
³⁵TLV compañía especialista en vapor, Manifolds. Op. Cit.

³⁶ Ibíd.

³⁷ Ibíd.

³⁸ Ibíd.

Imagen 7. Funcionamiento purgador de boya



Fuente. Purga de condensado en sistemas de vapor. Spirax Sarco

En la puesta en marcha el eliminador de aire termostático permite la salida de aire (1) evitando una condición como bloqueo por aire.

Tan pronto como el condensado llega al purgador, se eleva la boya y el mecanismo de la palanca abre la válvula principal (2). El condensado caliente cierra el eliminador de aire, pero sigue fluyendo a través de la válvula principal. Cuando llega vapor, el flotador baja y cierra la válvula principal, que permanece siempre debajo del nivel de agua, asegurando que no pueda pasar vapor vivo.

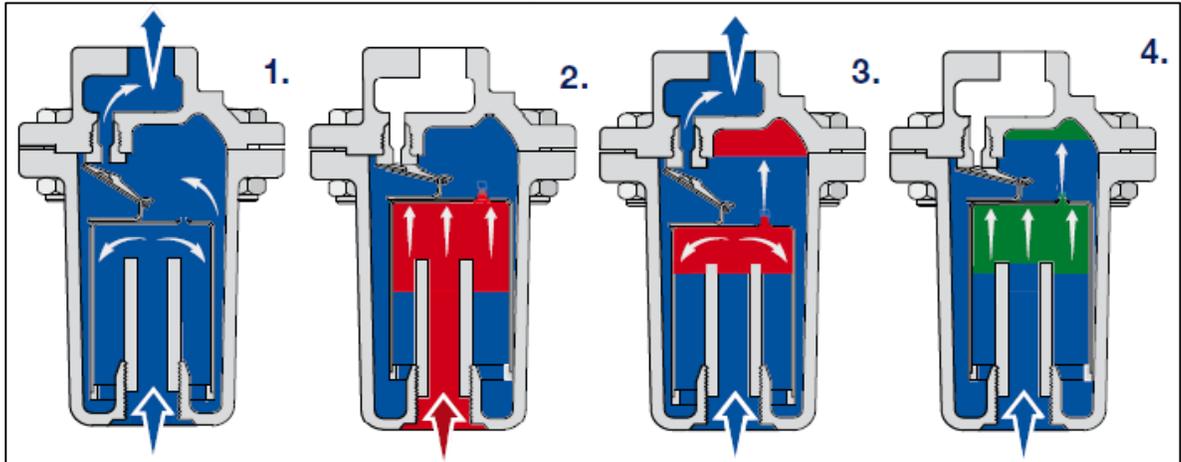
En un sifón o tubo curvado para drenaje de cilindros rotativos o líneas largas de drenaje, se puede formar una bolsa de vapor que puede evitar que el condensado llegue al purgador (una condición conocida como bloqueo por vapor). Para aliviar este problema se necesitará una pequeña válvula de aguja manual (SLR – dispositivo manual antibloqueo de vapor) para eliminar vapor bloqueado (3).³⁹

✓ Cubeta invertida: Los purgadores de cubeta invertida de Spirax Sarco usan un método sencillo y de probada eficiencia, por la diferencia de densidad entre el vapor y condensado. Tienen un diseño robusto e incorporan una cubeta sencilla a la densidad y un mecanismo de palanca.⁴⁰

³⁹ Ibíd.

⁴⁰ Ibíd.

Imagen 8. Funcionamiento de un purgador de cubeta invertida



Fuente. Purga de condensado en sistemas de vapor. Spirax Sarco

Cuando el condensado entra en el purgador se forma un sello de agua en el cuerpo. El peso de la cubeta mantiene la válvula abierta. El condensado puede fluir por el fondo y salir del purgador (1). Cuando el vapor entra por la parte de debajo de la cubeta, le da flotabilidad y eleva la cubeta. El mecanismo de palanca se desplaza y cierra la válvula (2). La cubeta perderá su flotabilidad según se vaya condensando el vapor atrapado debido a la pérdida por radiación y vapor que sale por un orificio de venteo. Cuando esto ocurre, el peso de la cubeta abre la válvula y se repite el ciclo (3). Si entra aire en el purgador también dará flotabilidad a la cubeta y cerrará la válvula evitando que salga el condensado. El pequeño orificio en la parte superior de la cubeta elimina el aire lentamente a la parte superior del purgador. Debido a que el orificio de venteo tiene un diámetro muy pequeño, venteará el aire muy lentamente. Por consiguiente puede que se requiera un eliminador de aire externo para asegurar una puesta en marcha de la planta de vapor rápida y eficiente (4).⁴¹

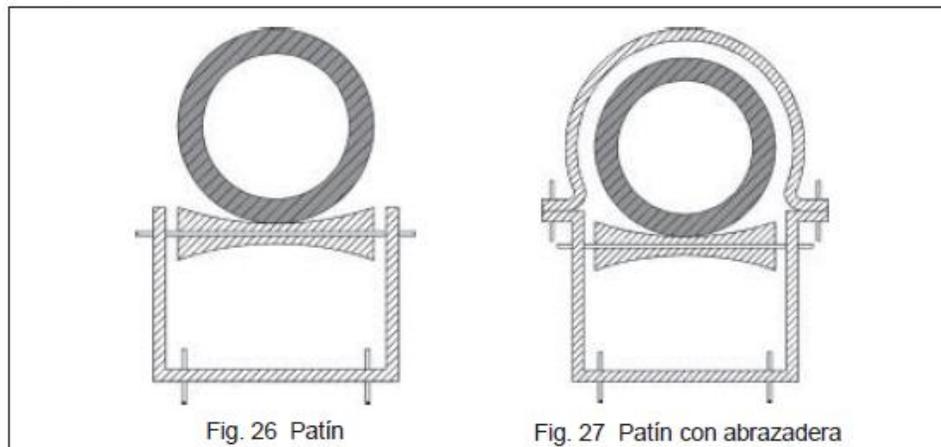
Se selecciona el purgador mecánico de boya por el alto rango de transferencia de calor que ofrecen y porque son más eficientes en evitar el bloqueo por aire. El condensado se conecta a la línea de retorno de condensados más cercana en la sección de saponificación.

4.4 DILATACIÓN Y SOPORTES DE TUBERÍAS

4.4.1 Dilatación. Las tuberías siempre se instalan a temperatura ambiente. Cuando transportan fluidos calientes, como agua o vapor, funcionan a temperaturas superiores y, por lo tanto, se expanden, especialmente en longitud, al pasar de temperatura ambiente a la temperatura de trabajo. Esto creará tensiones en ciertas

⁴¹ Ibíd.

Imagen 9. Soporte tubería



Fuente. Distribución del vapor. Spirax Sacrho

“La frecuencia de los soportes de tubería variará de acuerdo con el diámetro de la tubería, el material y la posición. Los soportes deben ir montados en las uniones de tubería, como en los codos, válvulas y bridas, esto se hace para eliminar las tensiones en juntas roscadas o con bridas.”⁴⁴

En el siguiente cuadro se muestra el intervalo entre soportes según el diámetro.

Cuadro 6. Intervalo entre soportes

Diámetro nominal (mm) Acero/Cobre		Intervalo de recorrido horizontal (m)		Intervalo de recorrido vertical (m)	
ø interior	ø exterior	Acero suave	Cobre	Acero suave	Cobre
12	15		1,0		1,2
15	18	2,0	1,2	2,4	1,4
20	22	2,4	1,4	3,0	1,7
25	28	2,7	1,7	3,0	2,0
32	35	2,7	1,7	3,0	2,4
40	42	3,0	2,0	3,6	2,4
50	54	3,4	2,0	4,1	2,4
65	67	3,7	2,0	4,4	2,9
80	76	3,7	2,4	4,4	3,2
100	108	4,1	2,7	4,9	3,6
125	133	4,4	3,0	5,3	4,1
150	159	4,8	3,4	5,7	
200	194	5,1		6,0	
250	267	5,8		5,9	

Fuente. Distribución del vapor. Spirax Sacrho

⁴⁴ Ibíd.

Para tubería horizontal se toma un intervalo de 5,1 m y para tubería vertical de 6 m. "Las tuberías verticales deben soportarse adecuadamente en la base, para aguantar todo el peso de la tubería. Las derivaciones de las tuberías verticales no deben utilizarse como medio de soporte de la tubería, ya que esto causaría excesivos esfuerzos sobre las uniones en T."⁴⁵

4.5 SELECCIÓN DE VÁLVULAS

4.5.1 Válvulas para las chimeneas. Para direccionar el flujo de vapor hacia las líneas y controlar el flujo se requiere que manejen los siguientes parámetros;

- ✓ Baja presión
- ✓ Temperatura
- ✓ Poco mantenimiento
- ✓ Tipo de mando neumático, facilidad de operación

Con los anteriores parámetros se seleccionó una válvula de mariposa tipo dámper con accionamiento neumático, la apertura es total o cierre total ya que para el sistema se requiere todo el flujo. (ver anexo F)

⁴⁵ Ibíd.

Imagen 10. Válvula de mariposa accionamiento neumático



Fuente. Válvula mariposa. Direct industry
<http://www.directindustry.es/prod/Spartan-peripheral-devices/product-16884-849163.html>

4.5.2 Válvulas entrada distribuidor. Como lo recomienda Spirax Sarco, las válvulas que se utilizan para la entrada de un distribuidor de vapor, son las válvulas de interrupción de globo con fuelle, ya que eliminan pérdidas por fugas y tienen alta eficiencia energética, son fáciles de manejar, no precisan ningún tipo de mantenimiento. También se utilizarán válvulas check, “son un tipo de válvula que permite al fluido fluir en una dirección, pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta (contra flujo).”⁴⁶ (ver anexo F)

⁴⁶ TLV, Compañía especialista en vapor, Beneficios de la instalación de la válvula check, [En línea]. {24 de octubre de 2017} Available: <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/check-valve-installation-and-benefits.html>.

Imagen 11. Válvula de globo



Fuente. Válvula de globo. Direct industry.
<http://www.directindustry.es/prod/spirax-sarco/product-18190-425999.html>

Imagen 12. Válvula check



Fuente. Válvula de retención. Direct industry
<http://www.directindustry.es/producto-fabricante/valvula-antirretorno-mival-136310-1379.html>

4.6 ELIMINACIÓN DE AIRE

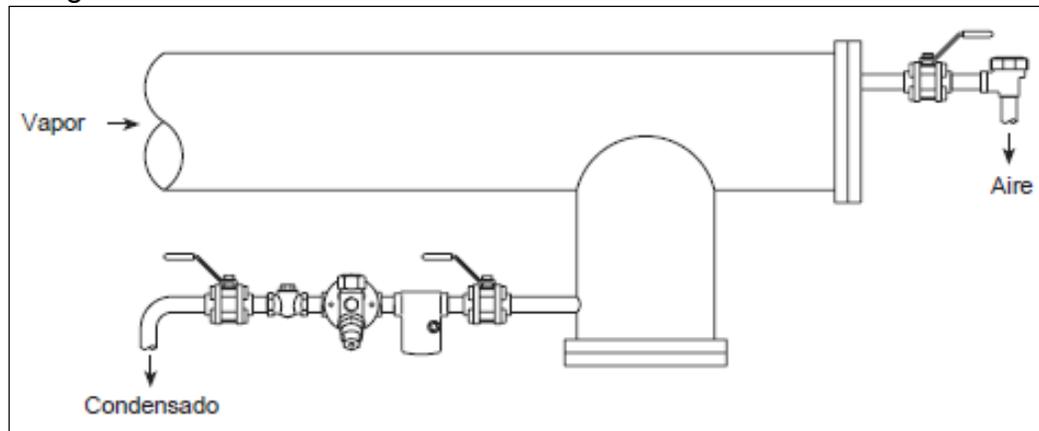
Cuando se introduce vapor en una línea después de un periodo de parada, la tubería está llena de aire. Además, con el vapor se introducen ciertas cantidades de aire y otros gases no condensables, si no se toman las medidas para eliminarlos, estos gases se acumularán en la tubería y en los espacios que libera el vapor al condensar en los intercambiadores de calor.

Otro efecto del aire en el sistema de vapor será el efecto sobre la presión y la temperatura. El aire ejercerá su presión parcial en el espacio del vapor, dando entre ambas, la presión total. Por lo tanto, la presión del vapor será menor y la temperatura será también menor a la señalada por el manómetro.

Los eliminadores de aire automáticos son purgadores de vapor termostáticos, montados a un nivel superior al del condensado, de forma que solo lo alcancen el vapor o el aire, o mezclas de aire/vapor. La mejor ubicación para los eliminadores de aire, son los extremos de las líneas de vapor principales o derivaciones de gran diámetro, como se observa en la siguiente imagen.

La descarga del eliminador se suele llevara una línea de condensado, cuando se trata de una línea que por gravedad desciende hasta un recipiente con venteo.⁴⁷

Imagen 13. Eliminador de aire



Fuente. Distribución del vapor. Spirax Sarco

4.7 PÉRDIDAS DE CALOR EN LA TUBERÍA

Cuando una línea de vapor se ha calentado, se sigue produciendo condensado a causa de las pérdidas de calor por radiación. La tasa de condensación depende de la temperatura del vapor, la temperatura ambiente y la eficacia del sistema de aislamiento.

⁴⁷ Spirax Sarco. Op. Cit.

Para que un sistema de distribución sea eficiente, deberán cuidarse todos los aspectos para reducir las pérdidas de calor al mínimo de forma rentable. El espesor del aislante dependerá del coste de la instalación, valor del calor transportado por el vapor, el tamaño de la tubería y la temperatura de la tubería.⁴⁸

Para determinar la pérdida de calor por unidad de longitud en la tubería sin aislante se tiene la siguiente ecuación;⁴⁹

$$\frac{q}{L} = \frac{Ti - To}{\frac{1}{2\pi r_1 h_{ci}} + \frac{1}{2\pi k_1} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{2\pi r_2 (h_{co} + h_{ro})}}$$

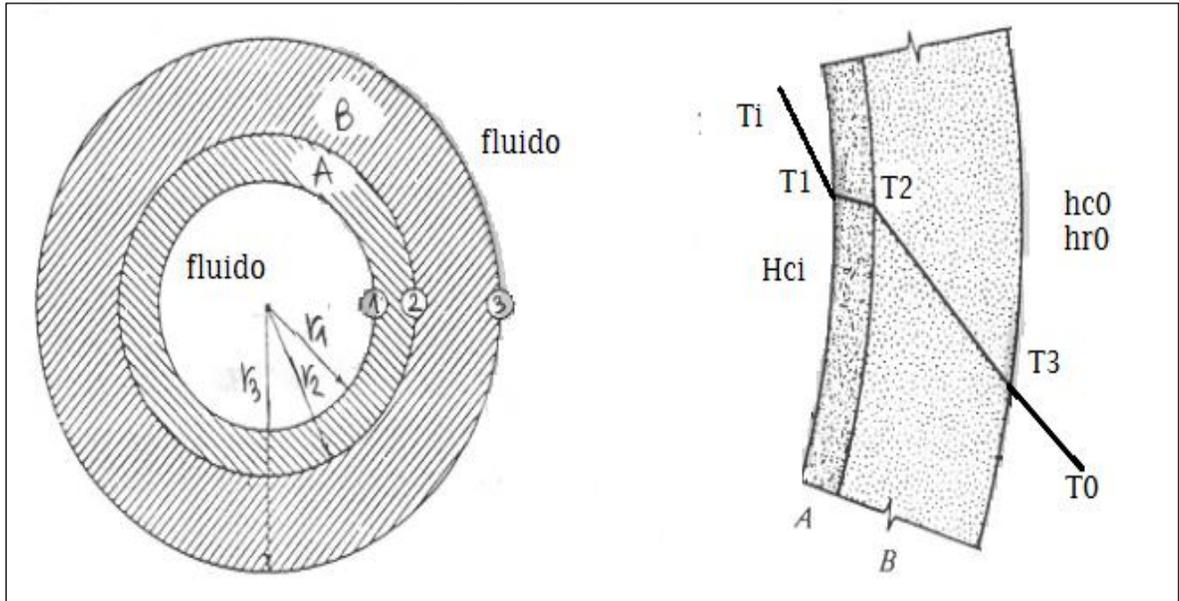
Donde;

- q/L = Emisión calorífica W/m
- Ti = Temperatura del fluido interno °C
- To = Temperatura del fluido exterior °C
- r1 = Radio interior de la tubería m
- r2 = Radio exterior de la tubería m
- h_{ci} fluido interior = Factor de transferencia de calor por convección del vapor
- h_{co} fluido exterior = Factor de transferencia de calor por convección del aire (ver anexo B)
- h_{ro} fluido exterior = Factor de transferencia de calor por radiación del aire
- k₁ = Factor de transferencia de calor para el material de la tubería (ver anexo A)

⁴⁸ Ibíd.

⁴⁹ CANUT NOVAL B, GUERRA MILLAN A., GUZMAN PIAZAF. J., tubos aislados y no aislados, universidad iberoamericana ingeniería química , 2008.

Imagen 14. Pérdida de calor en pared cilíndrica con aislante



Fuente. Pérdidas de calor. Universidad de Oviedo. Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion2.HornosResistencia.PERDIDAS.CALOR.pdf>

Tabla 9. Datos para el cálculo de pérdida de calor

T. vapor (°C)	T. aire (°C)	r1 (m)	r2 (m)	hci (W/m ² °C)	hco (W/m ² °C)	hro (W/m ² °C)	k1 (W/m°C)
90	29	0,132	0,137	6000	1,2043	0,035	0,023

Reemplazando;

$$\frac{q}{L} = \frac{90^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}}{\frac{1}{2\pi * 0,132\text{m} * 6.000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} + \frac{1}{2\pi * 0,023 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} \ln\left(\frac{0,137\text{m}}{0,132\text{m}}\right)} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{2\pi * 0,137\text{m}(1,2043 + 0,035) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}} = 51,66 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

4.8 REDUCCIÓN PÉRDIDAS DE CALOR EN LA TUBERÍA

“Debe tenerse en cuenta la necesidad de aislar todos los elementos calientes del sistema. Esto incluye todas las juntas con bridas de las tuberías de distribución, las válvulas y otros accesorios.”⁵⁰

Para reducir esta pérdida de calor se utiliza aislante térmico tipo cañuela fibra de vidrio, ya que maneja bajas temperaturas y es más económico que el de lana mineral de roca (ver anexo C).

Se sabe que al agregar más aislamiento a una pared o al ático siempre disminuye la transferencia de calor. Entre más grueso sea el aislamiento, más baja es la razón de la transferencia de calor. Esto es previsible ya que el área A de la transferencia de calor es constante y agregar aislamiento siempre incrementa la resistencia térmica de la pared sin incrementar la resistencia a la convección. Sin embargo, agregar aislamiento a un tubo cilíndrico o a una capa esférica es un asunto diferente. El aislamiento adicional incrementa la resistencia a la conducción de la capa de aislamiento, pero disminuye la resistencia a la convección de la superficie debido al incremento en el área exterior. La transferencia de calor del tubo puede aumentar o disminuir, dependiendo de cuál sea el efecto que domine.⁵¹

Se calcula el radio crítico del aislamiento con la siguiente ecuación;⁵²

$$r_{cr} = \frac{k_{ais}}{h_{co}}$$

Donde;

r_{cr} = Radio crítico aislante m

k_{ais} = Factor de transferencia de calor para el material del aislante (ver anexo C)

h_{co} = Factor de transferencia por conducción del aire (ver anexo B)

Reemplazando;

$$r_{cr} = \frac{0,034 \frac{W}{m^{\circ}C}}{1,1397 \frac{W}{m^2^{\circ}C}} = 0,030m \rightarrow 1,5 \text{ in} \rightarrow \text{espesor comercial } 2 \text{ in}$$

⁵⁰ Spirax Sarco. Op. Cit.

⁵¹ CENGEL Y., transferencia de calor y masa, 3 ed., Mc Graw Hill , pp. 156-159.

⁵² Ibíd.

✓ Para determinar la pérdida de calor por unidad de longitud en la tubería con aislante se tiene la siguiente ecuación;⁵³

$$\frac{q}{L} = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{2\pi r_1 h_{ci}} + \frac{1}{2\pi k_1} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{2\pi k_2} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{1}{2\pi r_3 (h_{co} + h_{ro})}}$$

Donde;

q/L = Emisión calorífica W/m
 T_i = Temperatura del fluido interno °C
 T_o = Temperatura del fluido exterior °C
 r_1 = Radio interior de la tubería m
 r_2 = Radio exterior de la tubería m
 r_3 = Radio exterior de la tubería con aislante m
 h_{ci} fluido interior = Factor de transferencia de calor por convección del vapor
 h_{co} fluido exterior = Factor de transferencia de calor por convección del aire
 h_{ro} fluido exterior = Factor de transferencia de calor por radiación del aire
 k_1 = Factor de transferencia de calor para el material de la tubería (ver anexo B)
 k_2 = Factor de transferencia de calor para el material del aislante (ver anexo D)

Tabla 10. Datos para el cálculo de pérdida de calor con aislante

r3 (m)	k2 (W/m ² °C)
0,188	0,034

Reemplazando;

$$\frac{q}{L} = \frac{90^\circ C - 29^\circ C}{\frac{1}{2\pi * 0,132m * 6.000 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{2\pi * 0,023 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} \ln\left(\frac{0,137m}{0,132m}\right)} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{2\pi * 0,034 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} \ln\left(\frac{0,188m}{0,137m}\right) + \frac{1}{2\pi * 0,188m(1,2043 + 0,035) \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}$$

$$\frac{q}{L} = 25,19 \frac{W}{m}$$

⁵³ CANUT NOVAL B. Op. Cit.

La pérdida para cada línea será;

Tabla 11. Pérdida de calor Q para cada línea (W)

Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
170,80	329,75	435,05	542,36	517,17	358,72	258,46

✓ Para determinar la carga de condensado en cada línea hasta el distribuidor se tiene la siguiente ecuación;⁵⁴

$$m_c = \frac{3,6 Q_r}{\Delta H} l$$

Donde;

m_c = Carga de condensado

Q_r = Calor radiante

ΔH = Delta de entalpias (hfg=2.226,87)

l = Longitud

Se calcula el calor radiante;⁵⁵

$$Q_r = \frac{2\pi (T_s - T_{amb})}{\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{d_1 + 2L}{d_1}\right) + \frac{2}{\alpha(d_1 + 2L)}}$$

Donde;

Q_r = Calor radiante W/m

T_s = Temperatura del vapor °C

T_{amb} = Temperatura ambiente °C

λ = Coeficiente de conductividad térmica del aislante $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

d_1 = Diámetro externo de la tubería m

L = Espesor del aislante m

α = Coeficiente de transferencia de calor del vapor $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

⁵⁴ TLV, Compañía especialista en vapor, Calculadora: Carga de condensado de la pérdida de calor por radiación en la tubería, [En línea]. {23 octubre de 2017} Available: <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/condensate-load-radiant-heat-loss.html?advanced=on>.

⁵⁵ Ibíd.

Reemplazando;

$$Q_r = \frac{2\pi (90 - 29)}{\frac{1}{0,034 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} \ln \left(\frac{0,137m + 2(0,051m)}{0,137m} \right) + \frac{2}{6.000 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (0,137m + 2(0,051m))}}$$

$$Q_r = 53,052 \frac{W}{m}$$

El calor radiante para cada línea será;

Tabla 12. Calor radiante para cada línea (W)

Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
359,69	694,45	916,21	1142,21	1089,16	755,46	544,32

Se calcula la carga de condensado en las líneas;

Tabla 13. Carga de condensado para cada línea (kg/h)

Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
0,581	1,123	1,481	1,847	1,761	1,221	0,880

Se calcula la carga de condensado en el distribuidor:

$$m_c \text{ distribuidor} = 0,37 \text{ kg/h}$$

Según los cálculos anteriores se condensan una pequeña cantidad de vapor en las líneas y en el distribuidor, este condensado se retira y se transporta hacia la línea de retorno de condensados más cercana, suministrando así al intercambiador vapor seco.

Tabla 14. Suministro de vapor por línea al intercambiador (kg/h)

Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
4513,57	4513,03	4512,67	4512,30	4512,39	4512,93	4513,27

✓ Para determinar el cambio de temperatura que tiene el vapor se parte del despeje de la ecuación de la ley cero de la termodinámica,⁵⁶

$$T2 = -\frac{Q}{\dot{m} * Cp} + T1$$

⁵⁶ KHAN ACADEMY , Energía interna, [En línea]. {12 de agosto de 2017}. Available: <https://es.khanacademy.org/science/chemistry/thermodynamics-chemistry/internal-energy-sal/a/heat>

Donde;

T2 = Temperatura de llegada del vapor °c
Q = Perdida de calor W
ṁ = Flujo másico kg/s
Cp = Capacidad calorífica (1.993 J/Kg/°c)
T1 = Temperatura de salida del vapor °c

Reemplazando;

Tabla 15. Cambio de temperatura del vapor por línea (°C)

Línea 2	Línea 4	Línea 6	Línea 8	Línea 10	Línea 12	Línea 14
89,94	89,88	89,85	89,81	89,82	89,87	89,91

De acuerdo con el cuadro anterior se observa que el cambio de temperatura es menor a 1°C.

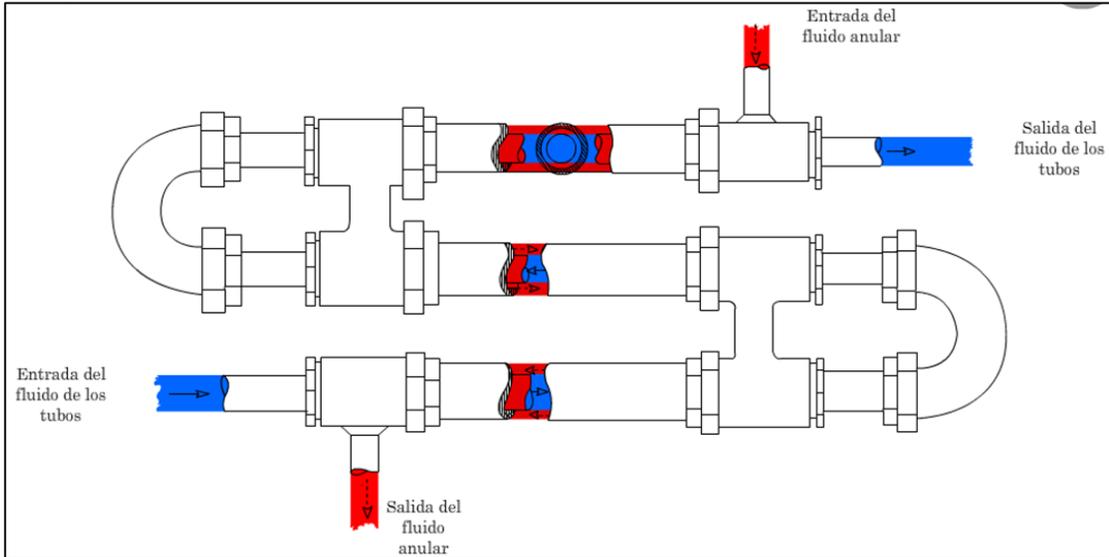
4.9 SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Se utilizan intercambiadores de calor de diferentes tipos por lo cual se elige el equipo adecuado de transferencia de calor. Lo que se quiere con esta selección es determinar el tipo de intercambiador de calor más conveniente para el aprovechamiento del excedente de vapor.

4.9.1 Intercambiador de doble tubo. Estos tipos de intercambiadores son los más sencillos que existen, ya que están contruidos por dos tubos concéntricos de diámetros diferentes. Uno de los fluidos fluye por el interior del tubo de menor diámetro y el otro fluido fluye por el espacio anular entre los dos tubos.⁵⁷

⁵⁷ Universidad Politecnica de Catalunya, UPC, [En línea]. {27 Abril 2017}. Available: http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/castella/tubs_concentrics.html.

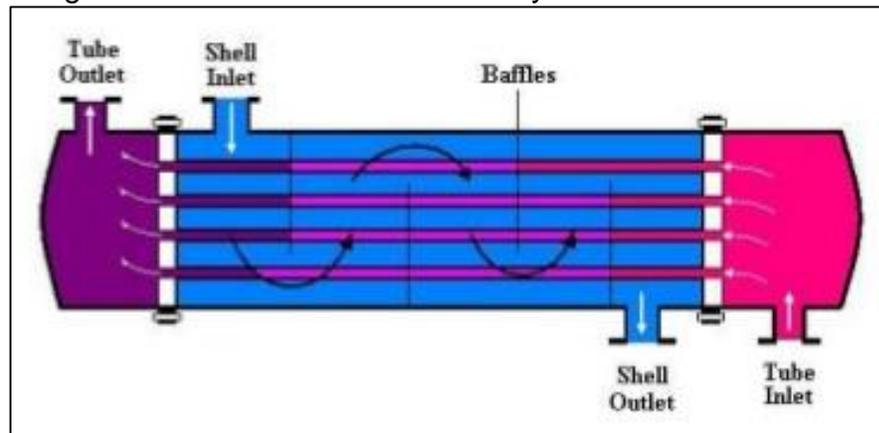
Imagen 15. Intercambiador de doble tubo



Fuente. Ingeniería Química. Intercambiadores de calor. En línea:
<http://www.industriaquimica.net/intercambiadores-de-calor.html>

4.9.2 Intercambiador de tubos y coraza. Es el más utilizado en la industria, está formado por una coraza y por varios tubos, se clasifican por el número de veces que pasa el fluido por la coraza y por el número de veces que pasa el fluido por los tubos.⁵⁸

Imagen 16. Intercambiador de tubos y coraza



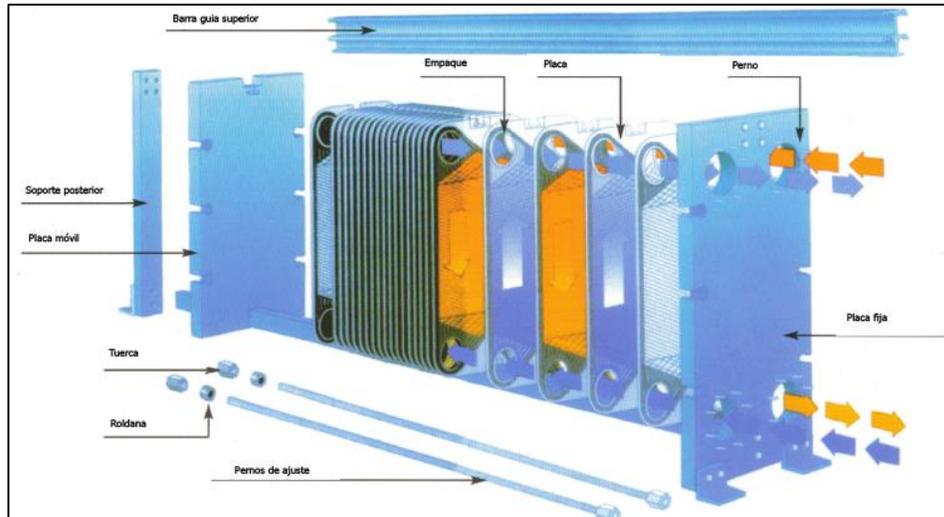
Fuente. SlideShare. Intercambiadores de calor. En línea:
<https://es.slideshare.net/albertolagozambrano/intercambiadores-de-calor-23038430>

4.9.3 Intercambiador de placas. Consiste en un gran número de placas de metal, que se mantienen unidas mediante presión en un bastidor y selladas por medio de

⁵⁸ Ibíd.

una junta o empaque de manera que se forman una serie de pasillos interconectados a través de los cuales se hacen circular los fluidos de trabajo. Un equipo típico se compone de dos partes principales, el bastidor y placas.⁵⁹

Imagen 17. Intercambiador de Placas



Fuente. Intercambiadores de Placas y Empaques: disponible en: http://sol-term.com/intercambiador_phe.htm

4.9.4 Matriz de evaluación Scoring y selección de alternativa. Asignación de una ponderación para los requerimientos de la selección de la alternativa de 1 a 5 puntos:

Cuadro 7. Clasificación y puntuación

Clasificación	Puntuación
Malo	1
Regular	2
Bueno	3
Muy bueno	4
Excelente	5

⁵⁹ Ibíd.

Cuadro 8. Matriz de selección

REQUERIMIENTOS	ALTERNATIVAS		
	Intercambiador de doble tubo	Intercambiador de tubos y coraza	Intercambiador de placas
Captar por completo el vapor emitido	3	4	5
Menor costo de fabricación	4	3	4
Diseño compacto	3	2	4
Mantenimiento	4	3	5
SCORE	14	12	19

De acuerdo con la matriz de selección, la mejor alternativa es el Intercambiador de placas, ya que no requiere una gran infraestructura y en cuestión de mantenimiento presenta mejores características.

4.10 INTERCAMBIADOR DE PLACAS

Ciertas condiciones lo hacen más atractivo que las unidades tubulares para las mismas aplicaciones. Entre las ventajas que ofrecen los intercambiadores de placas están,⁶⁰

- ✓ Mayor área de transferencia por unidad de volumen (ocupan menos espacio)
- ✓ Altas flexibilidades en el diseño de las áreas de transferencia y arreglos de flujos
- ✓ Puede operar con más de dos fluidos
- ✓ Alta turbulencia, produciéndose un coeficiente de película elevado y baja incrustación; lo cual lleva consigo una disminución en el área necesaria para la transferencia de calor
- ✓ Bajas caídas de presión
- ✓ Facilidad para extender o alargar la unidad para incrementos o modificaciones de las cargas de calor
- ✓ Facilidad de mantenimiento
- ✓ Aproximación de temperaturas.

⁶⁰ ALBITRES L. M., «DISEÑO DE PLANTAS DE PROCESOS QUÍMICOS, INTERCAMBIADORES DE CALOR,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Trujillo, Perú

El capital y los costos de operación, requerimientos de mantenimiento, peso y limitaciones de espacio; aproximación de temperaturas y niveles de temperatura y presión juegan roles críticos para la selección entre un intercambiador de placas y un intercambiador tubular.⁶¹

Las diferencias de temperatura aprovechables para un intercambiador de placas pueden ser tan bajas como 1 °C, haciéndolo ideal para alta recuperación de energía, mientras el límite práctico para un intercambiador de casco y tubo es alrededor de 5 °C. Los coeficientes de transferencia de calor en un intercambiador de placas son más altos debido a la alta turbulencia del flujo en los canales, lo cual es conseguido con moderadas caídas de presión. Un intercambiador de placas es capaz de recuperar el 90 % del calor mientras que un intercambiador de casco y tubos operando económicamente puede recuperar solamente el 50 %.⁶²

Las limitaciones de diseño, incluyen una presión máxima de 25 atm y temperaturas de alrededor de 300 °C. La tendencia en el desarrollo de los intercambiadores de placas ha sido hacia grandes capacidades, altas temperaturas y altas presiones de operación. Estos intercambiadores están ahora disponibles en muchos tamaños de placas teniendo una variedad de modelos.⁶³

Un intercambiador de placas consiste de una armazón y de placas corrugadas o ranuradas de metal. La armazón incluye una placa fija, una placa de presión y partes de conexión y presión. Las placas son presionadas unas a otras sobre una armazón. Las placas extremas no transfieren calor.⁶⁴

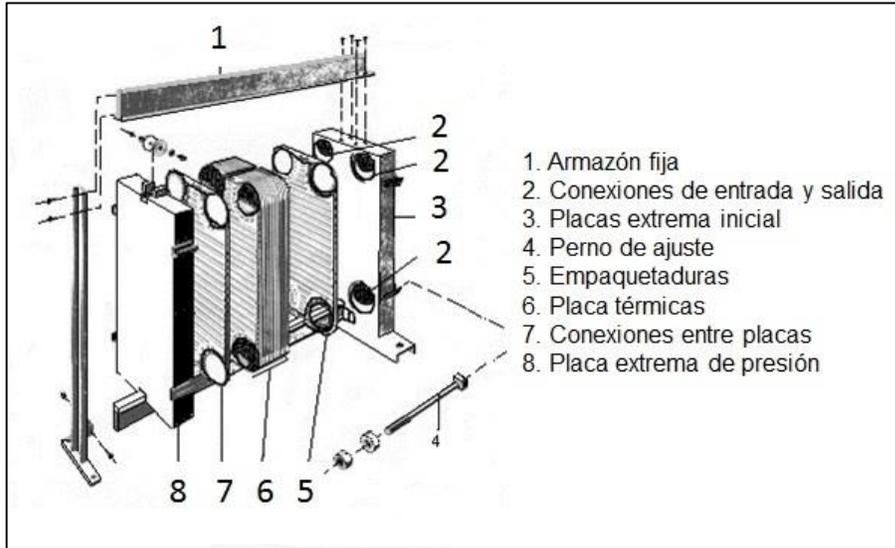
⁶¹ *Ibíd.*

⁶² *Ibíd.*

⁶³ *Ibíd.*

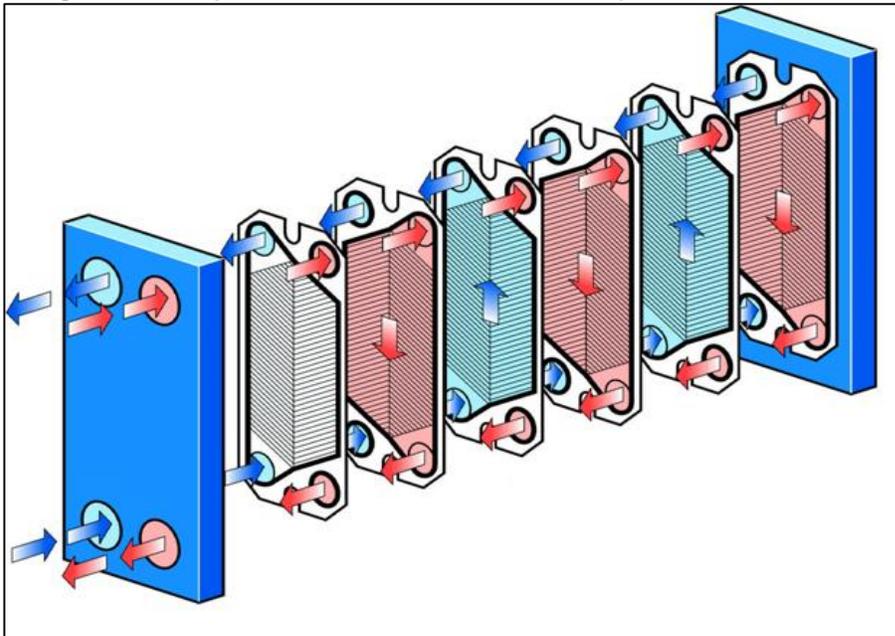
⁶⁴ *Ibíd.*

Imagen 18. Partes del intercambiador de placas



Fuente. Intercambiadores de Calor. En línea:
<https://www.slideshare.net/borisichicoma1/intercambiadores-de-calor-74774147>

Imagen 19. Flujos en un intercambiador de placas



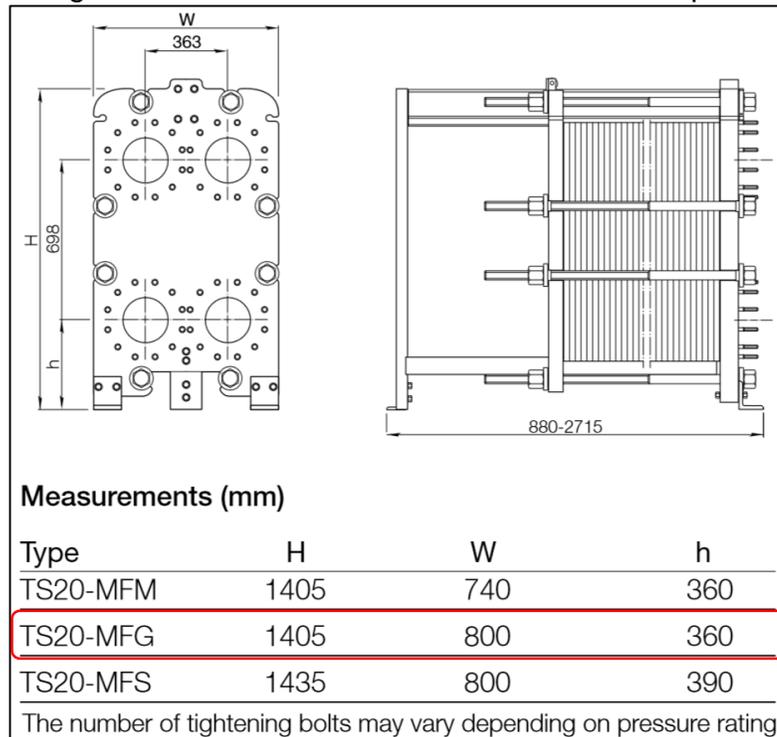
Fuente. TSOLUCIONA. En línea: <http://tsolucion.com/noticias/articulos-tecnicos/factor-de-ensuciamiento-en-intercambiadores/>

Series de placas son presionadas unas a otras, de tal manera que las corrugaciones forman estrechos canales para el flujo de los fluidos, lo cual siempre produce turbulencia aún a velocidades muy bajas. Las corrugaciones también aumentan la

rigidez de las delgadas placas, haciéndolas capaces de resistir deformaciones debido a las altas presiones. Un adecuado número de soportes también ayuda a minimizar los riesgos de deformaciones debido a las presiones.⁶⁵

De acuerdo con los parámetros establecidos por la empresa se selecciona un intercambiador que mejor cumpla con las especificaciones del diseño. De acuerdo con esto, se selecciona un intercambiador de la empresa Alfa Laval modelo TS20 por las dimensiones más acordes al espacio donde se va a ubicar según el diseño de la red. (Ver anexo D)

Imagen 20. Dimensiones del intercambiador de placas



Fuente. Alfa Laval. TS20 Plate Heat Exchanger

4.11 CÁLCULOS PARA EL INTERCAMBIADOR

Luego de conocer el diámetro de la tubería y la temperatura final que va a llegar al intercambiador se procede a realizar los siguientes cálculos para conocer el número de placas y temperatura final que va a llegar al tanque de alimentación.

4.11.1 Pérdida de calor del agua desde el intercambiador hasta el tanque de alimentación. Para garantizar que el agua llegue a 70°C al tanque, se determina la pérdida de calor por unidad de longitud. Se tiene la siguiente ecuación; ⁶⁶

⁶⁵ Ibíd.

⁶⁶ CANUT NOVAL B. Op. Cit.

$$\frac{q}{L} = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{2\pi r_1 h_{ci}} + \frac{1}{2\pi k_1} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{2\pi k_2} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{1}{2\pi r_3 (h_{co} + h_{ro})}}$$

Donde;

q/L = pérdida de calor por unidad de longitud

T_i = temperatura del fluido interno

T_o = temperatura del fluido exterior

r_1 = radio interior de la tubería

r_2 = radio exterior de la tubería

r_3 = radio exterior de la tubería con aislante

h_{ci} fluido interior = factor de transferencia de calor por convección del agua

h_{co} fluido exterior = factor de transferencia de calor por convección del aire

h_{ro} fluido exterior = factor de transferencia de calor por radiación del aire

k_1 tubería = factor de transferencia de calor para el material de la tubería

k_2 aislante = factor de transferencia de calor para el material del aislante

Reemplazando para un diámetro de 8 pulg;

$$\begin{aligned} \frac{q}{L} &= \frac{70^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}}{\frac{1}{2\pi * 0,103\text{m} * 6.000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}} + \frac{1}{2\pi * 0,023 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}} \ln\left(\frac{0,110\text{m}}{0,103\text{m}}\right)} \rightarrow \\ &\rightarrow \frac{1}{2\pi * 0,034 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}} \ln\left(\frac{0,148\text{m}}{0,110\text{m}}\right) + \frac{1}{2\pi * 0,148\text{m}(1,2043 + 0,035) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}} \\ \frac{q}{L} &= 15,30 \frac{\text{W}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Despejando la unidad de longitud en la pérdida de calor q/L , obtenemos las siguientes pérdidas de calor Q , la distancia del intercambiador hasta el tanque de alimentación es de 33m.

$$\frac{q}{L} = 15,30 \frac{\text{W}}{\text{m}} \rightarrow Q = 504,81 \text{ W}$$

✓ Para calcular la temperatura de salida del fluido caliente T_{cs} es necesario usar la ecuación de transferencia total de calor;⁶⁷

⁶⁷ INCROPERA. Op. Cit.

$$T_{cs} = T_{ce} - \frac{q}{\dot{m} * Cp}$$

Donde;

Tcs = Temperatura de salida del agua

Q = Pérdida de calor

\dot{m} = Flujo másico

Cp = Capacidad calorífica

Tce = Temperatura de entrada del agua

Reemplazando;

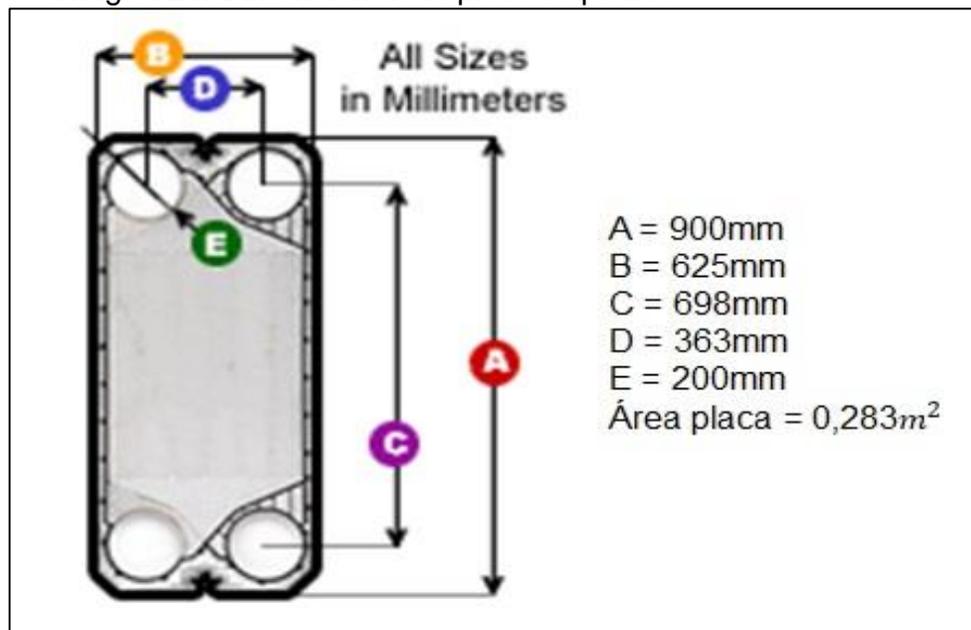
$$T_{cs} = -\frac{504,81}{0,61564 * 4.190} + 70 = 69,80^{\circ}\text{C}$$

Para garantizar los 70°C, el agua tiene que salir del intercambiador a 71°C.

4.11.2 Parametrización. Parámetros establecidos. Valores determinados para el diseño;

✓ El intercambiador seleccionado anteriormente, es un intercambiador de placas ALFA LAVAL TS20-MFG, con su respectiva placa;

Imagen 21. Dimensión de la placa requerida



Fuente. C. J. Mulanix Company, Inc. Plate Heat Exchanger Gaskets & Plates for Alfa Laval Products. En línea: <http://www.cjmulanixco.com/Alfa-Laval/>

- ✓ El material de las placas es de acero galvanizado AISI 316 con un espesor de $1,2 \times 10^{-3} \text{m}$
- ✓ El material de la junta es de espuma nitrilo caucho con un espesor de $5 \times 10^{-3} \text{m}$
- ✓ Distancia entre placas es de $2,4 \times 10^{-3} \text{m}$
- ✓ El material de la estructura soporte es de acero A36, de perfil L 25*25*3 mm
- ✓ Temperatura de entrada del fluido caliente (T_{ce}) proveniente de la línea de vapor es de $89,94^\circ\text{C}$ (cuadro 22)
- ✓ Temperatura de salida del fluido frío (T_{fs}) 71°C
- ✓ Temperatura de entrada del fluido frío (T_{fe}) proveniente del acueducto de Bogotá 16°C
- ✓ El flujo másico del fluido frío es de $0,443 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$
- ✓ El flujo másico del fluido caliente es de $4513,57 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1,2538 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ (cuadro 21). (Nota: Este fluido proviene de la Paila 1 en funcionamiento)

4.11.3 Cálculo para el número de placas. Como el intercambiador se selecciono es necesario saber el número de placas que son requeridas para obtener la temperatura necesaria que se necesita en el tanque de alimentación. El siguiente cálculo es para la paila más crítica (Paila 1).

✓ Transferencia total de calor entre fluido caliente y fluido frío, se puede dar de la siguiente expresión;⁶⁸

$$q = (\dot{m} * Cp) * \Delta T$$

Donde;

q = Transferencia total de calor

\dot{m} = Flujo másico fluido frío

Cp = Capacidad calorífica fluido frío seleccionado por tablas (ver anexo E)

ΔT = Diferencia de temperaturas

Reemplazando;

⁶⁸ Ibíd.

$$q = \left(0,443 \frac{kg}{s} * 4.185 \frac{J}{kg * ^\circ C}\right) * (71^\circ C - 16^\circ C) = 101.935W$$

✓ Para calcular la temperatura de salida del fluido caliente T_{cs} es necesario usar la ecuación de transferencia total de calor;⁶⁹

$$T_{cs} = T_{ce} - \frac{q}{\dot{m} * Cp}$$

Dónde;

T_{cs} = Temperatura de salida fluido caliente

T_{ce} = Temperatura de entrada fluido caliente

q = Transferencia total de calor

\dot{m} = Flujo másico fluido caliente

Cp = Capacidad calorífica fluido caliente seleccionado por tablas (anexo E)

Reemplazando;

$$T_{cs} = 89,94^\circ C - \frac{101.935W}{1,2538 \frac{kg}{s} * 1.993 \frac{J}{kg * ^\circ C}} = 49,15^\circ C$$

✓ Diferencia media logarítmica de temperatura (DMLT). La diferencia entre los dos fluidos no es constante, para calcular esta diferencia se hace uso de la diferencia media logarítmica de temperatura, como los intercambiadores de placas están diseñados para funcionar con fluidos en contraflujo, la expresión que se utiliza es; [18]

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{ce} - T_{fs}) - (T_{cs} - T_{fe})}{\ln\left(\frac{T_{ce} - T_{fs}}{T_{cs} - T_{fe}}\right)}$$

Donde;

ΔT_{ml} = Diferencia media logarítmica de temperatura

T_{ce} = Temperatura de entrada del fluido caliente

T_{cs} = Temperatura de salida del fluido caliente

T_{fe} = Temperatura de entrada del fluido frío

T_{fs} = Temperatura de salida del fluido frío

Reemplazando;

⁶⁹ Ibíd.

$$\Delta T_{ml} = \frac{(89,94^{\circ}\text{C} - 71^{\circ}\text{C}) - (49,15^{\circ}\text{C} - 16^{\circ}\text{C})}{\ln\left(\frac{89,94^{\circ}\text{C} - 71^{\circ}\text{C}}{49,15^{\circ}\text{C} - 16^{\circ}\text{C}}\right)} = 25,39^{\circ}\text{C}$$

✓ Área de transferencia. Es la superficie efectiva de transferencia, se tiene en cuenta que los extremos de las placas no son útiles de manera que no se incluirán en los cálculos.⁷⁰

Cuadro 9. Coeficiente global de transferencia de calor (W/m²°C)

CALENTADORES		
Vapor de Agua	Agua	976-3416 (200-700) ^a
Vapor de Agua	Metanol	976-3416 (200-700) ^a
Vapor de Agua	Amoniaco	976-3416 (200-700) ^a
Vapor de Agua	Soluciones acuosas:	
	Menos 2.0 cp	976-3416 (200-700)
	Más de 2.0 cp	488-2440 (100-500) ^a
Vapor de Agua	Sustancias orgánicas ligeras	244-488 (50-100)
Vapor de Agua	Sustancias orgánicas medias	488-976 (100-200)
Vapor de Agua	Sustancias orgánicas pesadas	30-300 (6-60)
Vapor de Agua	Gases	24-244 (5-50) ^b

Fuente. Universidad Autónoma de Nuevo León. Diseño de Equipos de Transferencia de Calor. En línea: <http://eprints.uanl.mx/4681/1/1020145448.PDF>

Con la transferencia total de calor se puede encontrar el área de transferencia;

$$q = U * A * \Delta T_{ml} \rightarrow A = \frac{q}{U * \Delta T_{ml}}$$

Donde;

q = Transferencia total de calor

U = Coeficiente global de transferencia de calor, se asume de la imagen 13

A = Área total de transferencia de calor

ΔT = Diferencia media logarítmica de temperaturas

Reemplazando;

⁷⁰ Ibíd.

$$A = \frac{101.935W}{1.135 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 25,39^\circ C} = 3,54m^2$$

✓ Número de placas. Con el área se puede determinar el número de placas necesarias;⁷¹

$$N = \frac{A}{A_{placa}}$$

Donde;

N = Número de placas

A = Área de transferencia

A_{placa} = Área por placa (imagen 12)

Reemplazando;

$$N = \frac{3,54m^2}{0,283m^2} = 13$$

✓ Con el número de placas es indispensable obtener el número de veces que el fluido pasa por las placas del intercambiador;⁷²

$$n = \frac{N + 1}{2}$$

Donde;

n = Número de veces que pasa el fluido

N = Número de placas

Reemplazando;

$$n = \frac{13 + 1}{2} = 7$$

✓ La cantidad de flujo que atraviesa en cada lado del intercambiador tanto para frío y para caliente se expresa así;⁷³

⁷¹ DÁVILA MOYA W., RENÁN OBANDO F., Diseño y Construcción de un Intercambiador de Calor de Placas, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2006.

⁷² Ibíd.

⁷³ Ibíd.

$$W = \frac{\dot{m}}{n}$$

Donde;

W = Cantidad de flujo (frío y caliente)

\dot{m} = Flujo másico

n = Número de veces que pasa el fluido

Reemplazando;

$$W_c = \frac{1,2538 \frac{kg}{s}}{7} = 0,186 \frac{kg}{s}$$

$$W_f = \frac{0,443 \frac{kg}{s}}{7} = 0,066 \frac{kg}{s}$$

✓ Se debe calcular el área de la sección transversal, esta área se obtiene de la siguiente forma;⁷⁴

$$A_c = a * c$$

Donde;

A_c = Área de sección transversal

a = Ancho efectivo de la placa (imagen 12)

c = Espesor de la junta (ver pág. 51)

Reemplazando;

$$A_c = 0,625m * 5 * 10^{-3}m = 3,12 * 10^{-3}m^2$$

✓ Teniendo la cantidad de flujo se deduce la velocidad de masa del fluido frío y caliente;⁷⁵

$$G = \frac{W}{A_c}$$

Donde;

W = Cantidad de flujo (frío y caliente)

G = Velocidad de masa del fluido (frío y caliente)

Reemplazando;

⁷⁴ Ibíd.

⁷⁵ Ibíd.

$$G_c = \frac{0,186 \frac{kg}{s}}{3,12 * 10^{-3} m^2} = 59,43 \frac{kg}{m^2 * s} \quad G_f = \frac{0,066 \frac{kg}{s}}{3,12 * 10^{-3} m^2} = 20,99 \frac{kg}{m^2 * s}$$

✓ Longitud característica. Es necesario el cálculo previo del longitud característica del canal, se puede determinar así;⁷⁶

$$L_c = 2 * b$$

Donde;

L_c = Longitud característica

b = Ancho del canal o distancia entre placas (ver pág. 51)

Reemplazando;

$$L_c = 2 * 0,0024m = 4,8 * 10^{-3}m$$

✓ Número de Reynolds. Es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye. A demás este número, permite predecir el carácter turbulento o laminar, si el número de Reynolds es menor de 2.100 el flujo será laminar y si es mayor de 4.000 el flujo será turbulento. el número de Reynolds se da por;⁷⁷

$$Re = \frac{G * L_c}{\mu}$$

Donde;

Re = Número de Reynolds

G = Velocidad de masa del fluido (frío y caliente)

μ = Viscosidad del fluido (Anexo E)

L_c = Longitud característica

Reemplazando;

$$Re_c = \frac{59,43 \frac{kg}{m^2 * s} * 4,8 * 10^{-3}m}{1,2 * 10^{-5} \frac{kg}{m * s}} \quad Re_f = \frac{20,99 \frac{kg}{m^2 * s} * 4,8 * 10^{-3}m}{1,111 * 10^{-3} \frac{kg}{m * s}}$$

$$Re_c = 23.775 \quad Re_f = 91$$

⁷⁶Ibíd.

⁷⁷ Ibíd.

✓ Número de Prandtl. Es adimensional proporcional al cociente entre la viscosidad y difusividad térmica. Si Prandtl es menor a 1 la difusividad térmica domina; cuando es mayor a 1, el momento de difusividad domina. El número de Prandtl se define como;⁷⁸

$$Pr = \frac{\mu * Cp}{k}$$

Donde;

Pr = Número de Prandtl (fluido frío y caliente)

μ = Viscosidad del fluido (Anexo E)

Cp = Calor específico

K = Conductividad térmica (Anexo E)

Reemplazando;

$$Pr_c = \frac{1,2 * 10^{-5} \frac{kg}{m * s} * 1.993 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{0,02397 \frac{W}{m * ^\circ C}} \quad Pr_f = \frac{1,111 * 10^{-3} \frac{kg}{m * s} * 4.185 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{0,5908 \frac{W}{m * ^\circ C}}$$

$$Pr_c = 0,99$$

$$Pr_f = 7,87$$

✓ Número de Nusselt. En los intercambiadores de placas se caracterizan por poseer ondulaciones que provocan turbulencias en el fluido mejorando la transferencia de calor. Entre mayor sea el número de Nusselt, más eficaz es la convección, si el número de Nusselt es menor que 1 sería conducción para este resultado es necesario la siguiente ecuación;⁷⁹

$$Nu = 0,4 * Pr^{0,4} * Re^{0,64}$$

Donde;

Nu = Número de Nusselt fluido caliente y frío

Pr = Número de Prandtl

Re = Número de Reynolds

Reemplazando;

$$Nu_c = 0,4 * 0,99^{0,4} * 23.775^{0,64} = 253 \quad Nu_f = 0,4 * 7,87^{0,4} * 91^{0,64} = 16$$

⁷⁸ RAMOS GONZÁLEZ, J.C, Fórmulas, tablas y figuras de transferencia de calor. {En línea}. {23 de octubre de 2017}. Disponible en: <http://www.marioloureiro.net/ciencia/termodinam/Formulas.pdf>

⁷⁹ Wagner, F. R, Op. Cit.

- ✓ Número de Stanton. Número adimensional utilizado en el estudio de la convección forzada, para calcular el número de Colburn, dado por la siguiente ecuación;⁸⁰

$$St = \frac{Nu}{Re * Pr}$$

Donde;

St = Número de Stanton fluido caliente y frío

Nu = Número de Nusselt

Pr = Número de Prandtl

Re = Número de Reynolds

Reemplazando;

$$St_c = \frac{253}{23.775 * 0,99} = 0,011 \qquad St_f = \frac{16}{91 * 7,87} = 0,023$$

- ✓ Factor de Colburn (j_H). Ecuación adimensional de transferencia de calor, para calcular la convección del calor en superficies verticales o cilindros horizontales, para fluidos (gases o líquidos) circulantes por esas superficies, a medida que el factor de Colburn aumenta, el coeficiente de transferencia de calor aumenta. Se determina por la siguiente ecuación;⁸¹

$$j_H = St * Pr^{2/3}$$

Donde;

j_H = Factor de transferencia de calor (fluido frío y caliente)

St = Número de Stanton (fluido frío y caliente)

Pr = Número de Prandtl (fluido frío y caliente)

Reemplazando;

$$j_{Hc} = 0,011 * 0,99^{2/3} = 0,011 \qquad j_{Hf} = 0,023 * 7,87^{2/3} = 0,090$$

- ✓ Coeficiente de convección. Función de las propiedades físicas y de la geometría de las placas, este coeficiente se puede determinar mediante la siguiente relación;⁸²

⁸⁰ COULSON J. y RICHARDSON J., Ingeniería química, vol. 1, barcelona: Reverte S.A, 2004, p. 514.

⁸¹ INCROPERA, Op. Cit.

⁸² DÁVILA MOYA W., RENÁN OBANDO F., Op. Cit

$$h = \frac{G * j_H * Cp}{Pr^{2/3}}$$

Donde;

h = Coeficiente de convección (fluido frío y caliente)

G = Velocidad de masa del fluido (frío y caliente)

j_H = Factor de transferencia de calor (fluido frío y caliente)

Pr = Número de Prandtl (fluido frío y caliente)

Cp = Calor específico

Reemplazando;

$$h_c = \frac{59,43 \frac{kg}{m^2 * s} * 0,011 * 1.993 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{0,99^{2/3}} = 1.262 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

$$h_f = \frac{20,99 \frac{kg}{m^2 * s} * 0,090 * 4.185 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{7,87^{2/3}} = 2.012 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

✓ Coeficiente global de transferencia de calor. Depende de los coeficientes de convección de los fluidos frío y caliente, está influenciado por la forma de ondulaciones de las placas y del factor de ensuciamiento que se genera como consecuencia de los contaminantes que pueden transportar los fluidos.⁸³

Cuadro 10. Factores de ensuciamiento

FLUIDO	ff (m ² -°C/W)
Agua de mar por debajo de 50°C	0,0001
Agua de mar por encima de 50°C	0,0002
Agua de río por debajo de 50°C	0,0002
Fuel Oil	0,0009
Vapor	0,0001
Líquidos Refrigerantes	0,0001

Fuente. Intercambiadores de Calor. En línea: http://personales.upv.es/vsoto/index_archivos/FTP/TC/Intercambiadores%20de%20calor.pdf

El coeficiente viene dado por la siguiente función;

⁸³ Ibíd.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{t_p}{k_m} + \frac{1}{h_f} + ff_h + ff_c}$$

Donde;

U = Coeficiente global de transferencia de calor
 k_m = Conductividad térmica del material (ver anexo F)
 t_p = Espesor de la placa (ver pag.51)
ff = Factor de ensuciamiento (ver cuadro 21)
 h_c = Coeficiente de convección fluido caliente
 h_f = Coeficiente de convección fluido frío

Reemplazando;

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.262 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}} + \frac{1,2 * 10^{-3} m}{16 \frac{W}{m * ^\circ C}} + \frac{1}{2.012 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}} + 0,0001 \frac{m^2 - ^\circ C}{W} + 0,0002 \frac{m^2 - ^\circ C}{W}}$$

$$U = 629 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

4.11.4 Cálculos reales. Luego de hallar el coeficiente global de transferencia de calor necesario, se procede a realizar los cálculos reales;

✓ Área de transferencia de calor;

$$A = \frac{101.935 W}{629 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 25,39^\circ C} = 6,4 m^2$$

✓ Número de placas.

$$N = \frac{6,4 m^2}{0,283 m^2} = 23$$

✓ Número de veces que el fluido pasa por las placas del intercambiador;

$$n = \frac{23 + 1}{2} = 12$$

✓ La cantidad de flujo que atraviesa en cada lado del intercambiador;

$$W_c = \frac{1,2538 \frac{kg}{s}}{12} = 0,106 \frac{kg}{s} \qquad W_f = \frac{0,443 \frac{kg}{s}}{712} = 0,038 \frac{kg}{s}$$

- ✓ Área de la sección transversal;

$$A_c = 0,625m * 5 * 10^{-3}m = 3,12 * 10^{-3}m^2$$

- ✓ Velocidad de masa del fluido;

$$G_c = \frac{0,106 \frac{kg}{s}}{3,12 * 10^{-3}m^2} = 34,06 \frac{kg}{m^2 * s} \quad G_f = \frac{0,038 \frac{kg}{s}}{3,12 * 10^{-3}m^2} = 12,03 \frac{kg}{m^2 * s}$$

- ✓ Longitud característica;

$$L_c = 2 * 0,0024m = 4,8 * 10^{-3}m$$

- ✓ Número de Reynolds;

$$Re_c = \frac{34,06 \frac{kg}{m^2 * s} * 4,8 * 10^{-3}m}{1,2 * 10^{-5} \frac{kg}{m * s}} \quad Re_f = \frac{12,03 \frac{kg}{m^2 * s} * 4,8 * 10^{-3}m}{1,111 * 10^{-3} \frac{kg}{m * s}}$$

$$Re_c = 13.624 \quad Re_f = 52$$

- ✓ Número de Prandtl;

$$Pr_c = \frac{1,2 * 10^{-5} \frac{kg}{m * s} * 1.993 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{0,02397 \frac{W}{m * ^\circ C}} \quad Pr_f = \frac{1,111 * 10^{-3} \frac{kg}{m * s} * 4.185 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{0,5908 \frac{W}{m * ^\circ C}}$$

$$Pr_c = 0,99 \quad Pr_f = 7,87$$

- ✓ Número de Nusselt;

$$Nu_c = 0,4 * 0,99^{0,4} * 13.624^{0,64} = 177 \quad Nu_f = 0,4 * 7,87^{0,4} * 52^{0,64} = 11$$

- ✓ Número de Stanton;

$$St_c = \frac{177}{13.624 * 0,99} = 0,013 \quad St_f = \frac{11}{52 * 7,87} = 0,028$$

- ✓ Factor de Colburn;

$$j_{Hc} = 0,013 * 0,99^{2/3} = 0,013 \quad j_{Hf} = 0,028 * 7,87^{2/3} = 0,109$$

✓ Coeficiente de convección;

$$h_c = \frac{34,06 \frac{kg}{m^2 * s} * 0,013 * 1.993 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{0,99^{2/3}} = 883 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

$$h_f = \frac{12,03 \frac{kg}{m^2 * s} * 0,109 * 4.185 \frac{J}{kg * ^\circ C}}{7,87^{2/3}} = 1.409 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

4.11.4 Calculo de la caída de presión. Para cualquier intercambiador la perdida de calor es decisiva, ya que determina la potencia y consumo de energía, por tanto, influye en la inversión, costos de operación y mantenimiento.

✓ La velocidad media se halla de la siguiente manera;⁸⁴

$$V = \frac{G}{\rho}$$

Donde;

G = Velocidad de masa del fluido (frio y caliente)

ρ = Densidad del fluido

Reemplazando;

$$V_c = \frac{34,06 \frac{kg}{m^2 * s}}{0,4207 \frac{kg}{m^3}} = 81 \frac{m}{s} \qquad V_f = \frac{17 \frac{kg}{m^2 * s}}{998,88 \frac{kg}{m^3}} = 0,0120 \frac{m}{s}$$

✓ Factor de fricción, se calcula por medio de;⁸⁵

$$\left(f = \frac{0,136}{Re^{0,25}} \right) \text{ si } Re > 1.190 \qquad \left(f = \frac{0,64}{Re} \right) \text{ si } Re < 1.190$$

Donde;

f = Factor de fricción

Re = Numero de Reynolds

Reemplazando;

⁸⁴ Ibíd.

⁸⁵ ESCOBAR F., SlideShare, [En línea]. {16 de octubre de 2017}. Available: <https://es.slideshare.net/FabyEscobar/intercambiadoresdecalor>.

$$f_c = \frac{0,136}{13.624^{0,25}}$$

$$f_c = 0,013$$

$$f_f = \frac{0,64}{52}$$

$$f_f = 0,051$$

✓ Diámetro equivalente se calcula de la misma forma de la longitud característica y se expresa de la siguiente manera;⁸⁶

$$D = 2 * b$$

Donde;

D = Longitud característica

b = Ancho del canal o distancia entre placas (ver pág. 51)

Reemplazando;

$$D = 2 * 0,0024m = 4,8 * 10^{-3}m$$

✓ La caída de presión se expresa de la siguiente manera;⁸⁷

$$\Delta P = \frac{(2fG^2L)}{gD_e\rho}$$

Donde;

ΔP = Caída de presión

f = Factor de fricción para el fluido caliente y frio

G= velocidad másica

L = Longitud entre diámetro de entrada y salida del intercambiador (cuadro 21)

g= gravedad

D_e = Diámetro equivalente

ρ = Densidad del fluido a la salida

Reemplazando;

$$\Delta P = \frac{\left(2 * 0,013 * \left(34,06 \frac{kg}{m^2s}\right)^2 * 0,698m\right)}{9,8 \frac{m}{s^2} * 4,8x10^{-3}m * 0,4207 \frac{kg}{m^3}}$$

⁸⁶ DÁVILA MOYA W., RENÁN OBANDO F., Op. Cit

⁸⁷ INCROPERA. Op. Cit.

$$\Delta P = 1.064 \frac{kg}{m^2} \rightarrow 10,43kPa \rightarrow 1,51 psi$$

4.12 RESULTADOS INTERCAMBIADOR

Los cálculos anteriores hacen referencia cuando la Paila 1 está en operación, debido a que se considera la más crítica por la cantidad de flujo de vapor que le suministra al intercambiador. Los otros casos más críticos, son cuando las pailas 2 y 4 también entran en operación; siendo la 1 la de mayor flujo de vapor, la 2 con un flujo medio y la 4 con un flujo bajo ya que es la más alejada del intercambiador. Para estos casos, se realiza el mismo procedimiento de la sección 4.8.3, teniendo en cuenta un cambio de flujo tanto para el vapor como para el agua.

T_{ce} = Temperatura de entrada del fluido caliente

T_{fe} = Temperatura de entrada del fluido frío

C_p = Calor específico para el fluido caliente y frío

\dot{m} = Flujo másico para el fluido caliente y frío

T_{cs} = Temperatura de salida del fluido caliente

T_{fs} = Temperatura de salida del fluido frío

ΔT_{ml} = Diferencia media logarítmica de temperatura

A = Área total de transferencia de calor

N = Número de placas

n = Número de veces que pasa el fluido

4.12.1 Dos pailas en operación. En este caso se calcula cuando las pailas 1 y 2 están en funcionamiento.

Tabla 16. Resultados para 2 pailas en operación

T_{ce} (°C)	C_{pc} (J/Kg*°C)	\dot{m}_c (Kg/s)	T_{cs} (°C)	ΔT_{ml}	A (m ²)
89,91	1993,2	2,50739	49,12	25,3558864	12,543055
T_{fe} (°C)	C_{pf} (J/Kg*°C)	\dot{m}_f (Kg/s)	T_{fs} (°C)	N	n
16	4185,2	0,886	71	44,32	22,7

4.12.2 Tres pailas en operación. Para este caso se calcula cuando las pailas 1,2 y 4 se encuentran en funcionamiento.

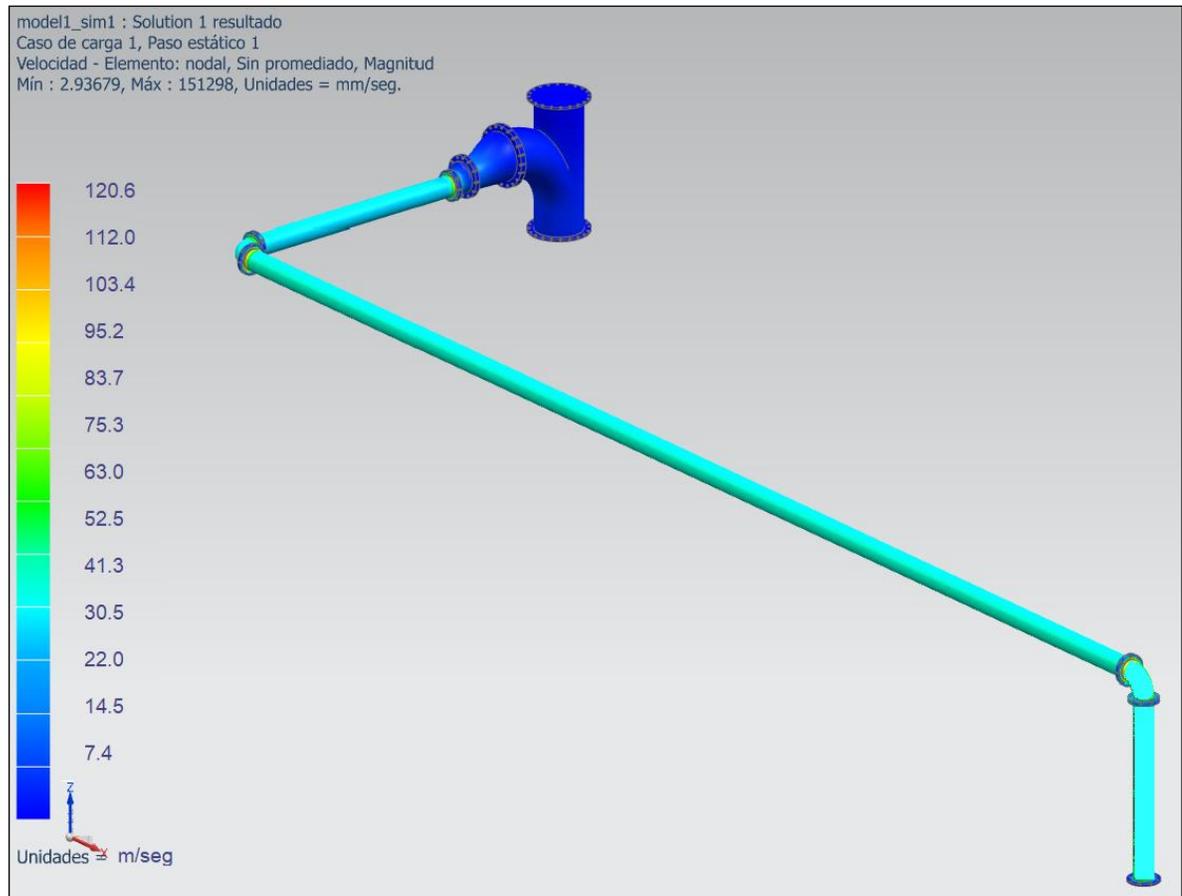
Tabla 17. Resultados para 3 pailas en operación

T_{ce} (°C)	C_{pc} (J/Kg*°C)	\dot{m}_c (Kg/s)	T_{cs} (°C)	ΔT_{ml}	A (m ²)
89,88	1993,2	3,76080	49,08	25,31951704	18,730544
T_{fe} (°C)	C_{pf} (J/Kg*°C)	\dot{m}_f (Kg/s)	T_{fs} (°C)	N	n
16	4185,2	1,329	71	66,19	33,6

5. SIMULACIÓN DEL VAPOR EN LA TUBERÍA

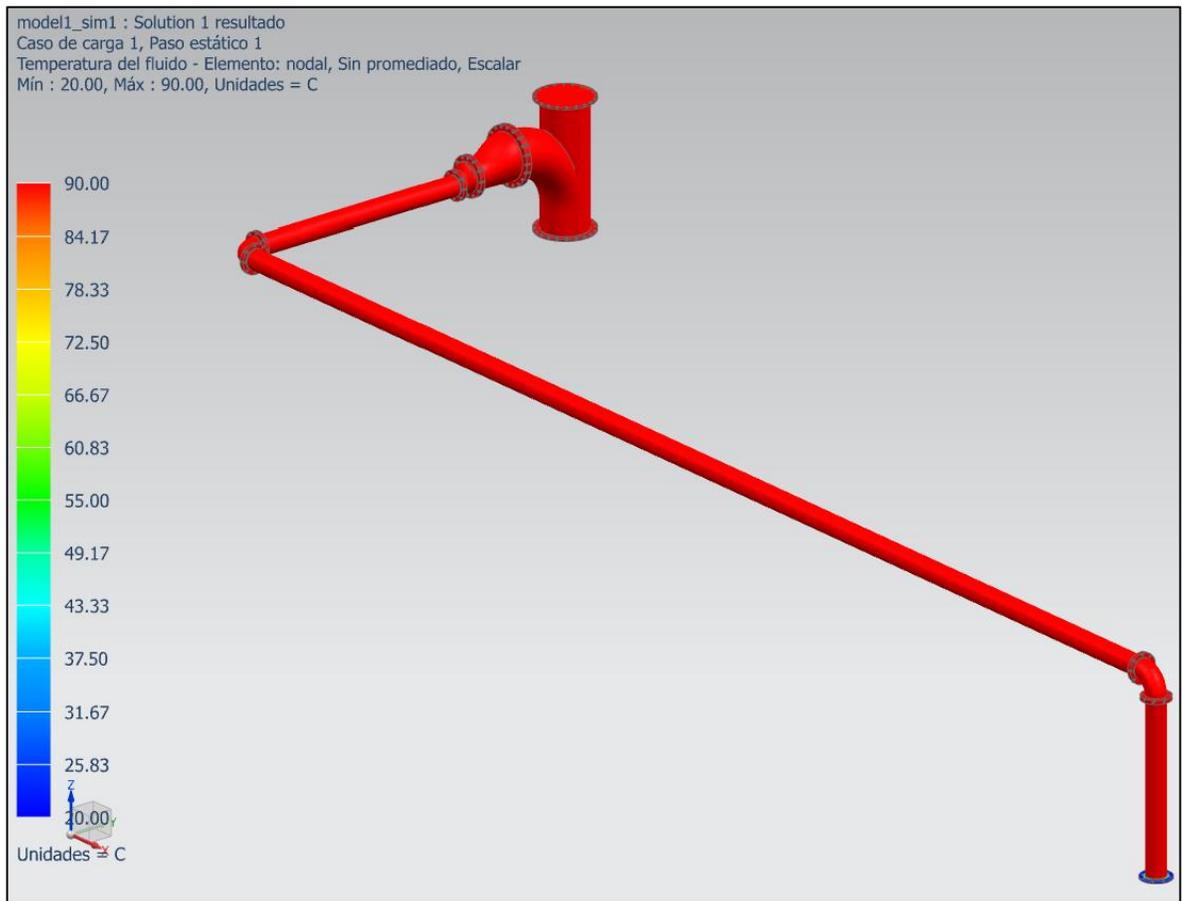
Para comprobar los cálculos anteriores, se simuló, mediante el software “NX 11, Nastran” el cambio de velocidad que tiene el fluido respecto al diámetro de la tubería y el cambio de temperatura, en el tramo donde se desvía el excedente de vapor de la chimenea en la paila 5 hacia el sistema de captación hasta la entrada del manifold.

Imagen 22. Cambio de velocidad en la tubería



Como se observa en la imagen anterior, se evidencia el aumento de la velocidad luego de que el fluido pasa por las reducciones, se compara con los resultados del cuadro 10 y se obtienen resultados semejantes.

Imagen 23. Cambio de temperatura en la tubería



Se observa en la imagen anterior que la temperatura dentro de la tubería se mantiene dentro de un mismo rango, lo que significa que hay un cambio mínimo de 89°C.

6. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

6.1 OPERACIÓN

Para comenzar la operación se tienen los siguientes pasos;

- ✓ Identificar las pailas que entren en operación
- ✓ Verificar el número de placas del intercambiador para montar o desmontar las placas necesarias de acuerdo con el número de pailas en operación
- ✓ Abrir las válvulas del distribuidor de vapor de las líneas que serán usadas
- ✓ Cerrar las válvulas de las chimeneas de las pailas
- ✓ Cuando termine el proceso de saponificación, abrir las válvulas de las chimeneas de las pailas y cerrar las válvulas del distribuidor

La apertura y el cierre serán controlados mediante actuadores neumáticos, ubicando los pulsadores para cada válvula en un tablero de control. Como la producción de jabón varía según la demanda, controlar los actuadores mediante un PLC no sería lo apropiado. En el plano neumático y eléctrico se encuentra la secuencia de las válvulas realizado en FluidSim.

6.2 MANTENIMIENTO

Para garantizar una óptima operación es necesario realizar un mantenimiento preventivo periódico.⁸⁸

El manual del intercambiador se encuentra en el anexo G.

6.2 Tubería. Se describe el régimen de mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento de la red.

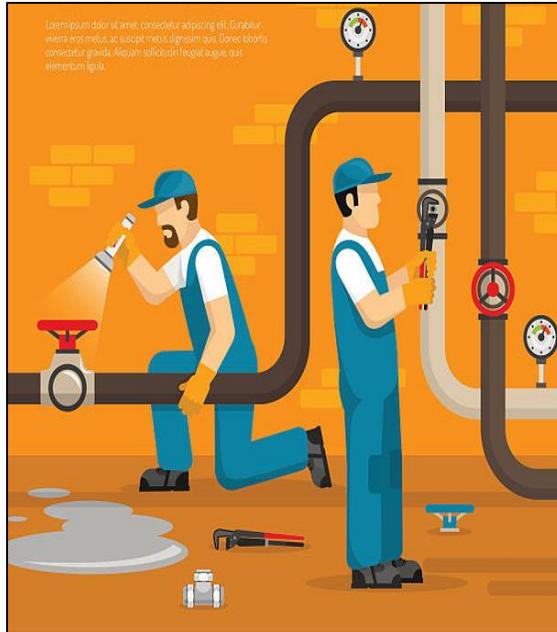
6.2.1 Mantenimiento diario. Se describe el protocolo a seguir.

- ✓ Las tuberías de distribución de vapor deben ser revisadas diariamente para determinar si hay pérdidas en uniones, tees, codos, válvulas, entre otras
- ✓ Revisar las juntas de expansión ajustando los topes de sujeción

⁸⁸ VAPORTEC, Mantenimiento de la red de distribución de vapor, [En línea]. {19 de septiembre de 2017 Available: <https://vaportecvalvulas.wordpress.com/2013/04/12/mantenimiento-de-la-red-de-distribucion-de-vapor/>.

- ✓ Revisar el aislante térmico por desprendimiento o erosión
- ✓ Inspeccionar las válvulas de control para determinar si operan en condiciones satisfactorias
- ✓ Reportar las fallas y proceder a efectuar cualquier reparación que sea necesaria

Imagen 24. Inspección de tubería

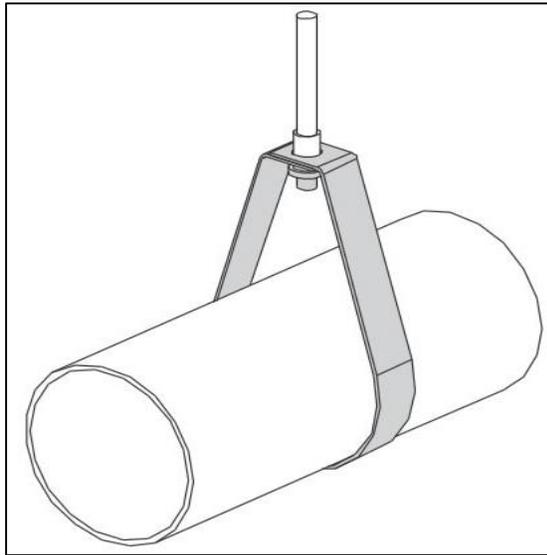


Fuente. Inspection of pipeline. iStock.
<http://www.istockphoto.com/vector/inspection-of-pipeline-composition-gm535415344-94900681>

6.2.2 Mantenimiento mensual. Se describe el procedimiento a seguir.

- ✓ Inspeccionar las conexiones de los anclajes y soportes del sistema de tubería
- ✓ Determinar si existe vibración en las tuberías. Aún el menor temblor puede convertirse en algo serio si no se remedia de inmediato
- ✓ Reporte cualquier problema de vibración tan pronto como sea posible para tomar las medidas correctivas correspondientes
- ✓ Los soportes doblados o desprendidos causan drenajes inapropiados y deformación de las juntas y pueden finalmente causar escapes. Cualquier defecto debe reportarse y corregirse los des-alineamientos cuando ellos existan

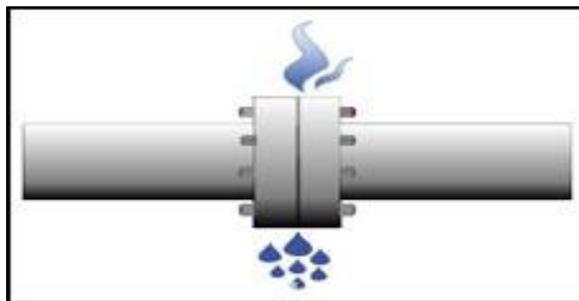
Imagen 25, soporte tubería



Fuente. Sistemas porta cables. Mecano.
http://www.mecano.co/sistemaportacables/generalidades.html?page=shop.product_details&flypage=&product_id=338&category_id=0

- ✓ Asegurarse que cada gancho está montado adecuadamente para soportar la tubería
- ✓ Limpie la superficie exterior de las tuberías de tal forma que los escapes y los desperfectos del forro aislante puedan ser fácilmente vistos y reparados
- ✓ Repare cualquier rotura o grieta que tenga el forro aislante

Imagen 26. Fuga en uniones



Fuente. Arandelas Belleville para bridas.
<https://www.muellesdeplatillo.com/content/arandelas-belleville-para-bridas>

- ✓ Inspeccione regularmente la válvula, el actuador y sus componentes

- ✓ Lleve un registro de funcionamiento de cada válvula, anotando cualquier incidencia

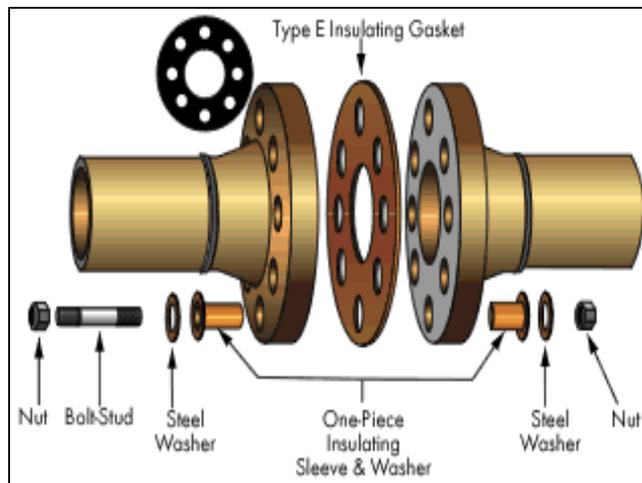
Imagen 27. Válvula y actuador



Fuente. Válvula actuada. Noraplas.
<https://noraplas.eu/76-valvula-actuada>

- ✓ Sustituya las juntas cada 12 meses y disponga siempre de juntas de repuesto en stock

Imagen 28. Junta para bridas



Fuente. Kits de aislamiento. Flex seal.
<http://fseal.com/productos/kits-de-aislamiento-para-bridas/>

7. IMPACTO AMBIENTAL

Se deben establecer los pasos y formas adecuadas en la utilización de los recursos siempre teniendo en cuenta la protección de los recursos naturales. Se debe buscar la minimización, reducción y prevención de los problemas medio ambientales, creando el desarrollo sostenible. Para la elaboración de este capítulo se tomó en cuenta la información suministrada por el método de “Evaluación ambiental de Leopold”⁸⁹ el cual permite evaluar los factores que interfieren en el ambiente.

7.1 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES

Identificación de posible generación de incidencia al medio ambiente.

Cuadro 11. Identificación de aspectos ambientales

FACTOR	ÁREA	ASPECTO AMBIENTAL
Agua	Administración y servicio	Consumo de recurso hídrico
Luz	Administración y servicio	Consumo de energía
Gas	Administración y servicio	Consumo de recurso natural

7.1.1 Matriz de impacto ambiental. Permite identificar los elementos de una actividad o producto (bien y/o servicio) que realiza la entidad u organismo distrital en diferentes escenarios, relacionadas a la interacción con el ambiente, permitiendo valorar el daño que potencialmente se deriva de dicha actividad o producto y la identificación apropiada del control operacional.⁹⁰

7.1.2 Evaluación de los impactos ambientales. A partir de los impactos negativos obtenidos en la matriz se debe realizar una evaluación de estos y calificarlos según los criterios adecuados.

⁸⁹ La matriz de Leopold, Matrices causa-efecto, [En línea]. {10 de septiembre de 2017}. Available: http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html.

⁹⁰ Ambiente bogota, Matriz de impacto ambiental, [En línea]. {19 de septiembre de 2017}. Available: http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2426046/INSTRUCTIVO_MATRIZ_EIA.pdf.

Cuadro 12. Matriz impacto ambiental

GAS	AGUA	ENERGÍA		
Consumo de gas	Consumo de agua	Consumo de energía	ASPECTO AMBIENTAL	
Agotamiento del recurso	Agotamiento del recurso	Agotamiento del recurso	IMPACTO AMBIENTAL	
x	x	x	Positivo	NATURALEZA
			Negativo	
			Largo plazo	EFECTO
x	x	x	Mediano plazo	
			Corto plazo	
x			Temporal	TEMPORALIDAD
	x	x	Permanente	
			Local	MAGNITUD
x	x	x	Regional	
			Reversible	REVERSIBILIDAD
x	X	X	No reversible	
x	x	x	Mitigable	MITIGABLE
			No mitigable	

Cuadro 13. Calificación de los criterios

Criterio	Abreviatura	Descripción
Efecto	E	Evidencia de impacto en el tiempo
Temporalidad	T	Permanencia del impacto en el tiempo
Magnitud	MG	Extensión del impacto
Reversibilidad	R	Nivel de recuperación
Mitigable	M	Disminución de Impacto

Cuadro 14. Puntuación de los criterios

Abreviatura	Puntuación		
	Largo plazo 1	Mediano plazo 2	Corto plazo 3
E			
T	Temporal 1	Permanente 3	
MG	Local 1	Regional 3	
R	Reversible 1	No reversible 3	
M	Mitigable 1	No mitigable 3	

La clasificación y puntuación correspondiente al impacto

Cuadro 15. Clasificación y puntuación

Clasificación	Puntuación
Alto	12 – 15
Medio	8 – 11
Bajo	5 – 7

Cuadro 16. Evaluación de los impactos

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Criterios de evaluación					Puntuación total	Clasificación
		E	T	MG	R	M		
Consumo de energía	Agotamiento del recurso	2	3	3	3	1	12	Alto
Consumo de agua	Agotamiento del recurso	2	3	3	3	1	12	Alto
Consumo de gas	Agotamiento del recurso	2	3	3	3	1	12	Alto

La evaluación de los impactos ambientales arrojo que los impactos de nivel alto, son los 3 aspectos ambientales evaluados.

7.2 POLÍTICA AMBIENTAL

La política ambiental se debe tener integrada en el sistema de gestión ya que en la actualidad los consumidores e inversionistas son más exigentes con los productos y servicios para que estos cumplan características amigables con el ambiente. En la política ambiental se busca la mayor conservación de la naturaleza y aun así conseguir el desarrollo sostenible.

Lo que se ofrece con este proyecto, es la disminución de contaminación visual que produce el excedente de vapor en las chimeneas de saponificación.

7.3 LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Se deben conocer las normas jurídicas establecidas por el gobierno colombiano y las diferentes entidades que se encargan en la protección del medio ambiente y su debido cumplimiento de estas.

Las normas o decretos que hay en la actualidad en el país tratan sobre la calidad del aire o de las emisiones de vapor generadas por combustión como en una caldera o un generador, en cuanto a la emisión de condensado de vapor que se está generando en saponificación actualmente no está regida por alguna norma.

8. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

El presente análisis financiero tiene como objetivo evaluar la viabilidad financiera de diseñar un sistema de captación del excedente de vapor, para su aprovechamiento en el calentamiento de agua en la empresa AzulK S.A. Para esto se tiene en cuenta la metodología del Valor Presente Neto (VPN), tomando como unidad monetaria corriente pesos colombianos (COP), con una Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) del 11% efectivo anual (para este caso) y un período de evaluación de 5 años.

Para el desarrollo del análisis se determinan los costos de inversión y los costos de consumo de gas del tanque de alimentación, posteriormente se establecen el Valor Presente Neto (VPN) y se determina la viabilidad financiera del proyecto.

8.1 INVERSION INICIAL

Para el análisis de inversión solo se estiman los valores de implementación de la red de captación y del intercambiador y para ello se tuvo en cuenta la cotización de los materiales (anexo H). A continuación, se presenta los gastos de inversión;

Cuadro 17. Inversión

Ítem	Inversión (COP)
Materiales sistema de captación	\$49'131.271
Intercambiador *	\$48'474.862
Gastos de estudio	\$15'000.000
Total	\$112'606.132

*El precio del intercambiador fue entregado en euros, se hace la conversión a pesos colombianos con la fecha del 19 de septiembre de 2017, día cuando fue recibida la cotización.

8.2 ANALISIS DE COSTOS

El análisis de costos de este proyecto se enfoca en determinar el costo total de los servicios públicos como el agua, el gas y la energía eléctrica, siendo el agua el costo que más representa un ahorro debido a la recuperación de vapor proveniente del proceso de saponificación.

8.2.1 Costos fijos. Para determinar los costos de operación del tanque de alimentación es necesario conocer el consumo medio anual de los servicios. La siguiente información fue suministrada por la empresa AzulK. En el anexo I se aprecia la tarifa para el servicio de acueducto, gas y energía eléctrica a la industria.

Cuadro 18. Consumo y costo actual de gas en tanque de alimentación

Consumo gas al año en tanque alimentación (m^3)	366.346
Costo m^3 gas (COP)	\$382,9
Total costo consumo gas al año (COP)	\$140'273.883

8.2.2 Costo consumo de gas con el sistema propuesto. Teniendo en cuenta que la operación de pailas oscila entre 8 y 9 horas al día y suponiendo dos turnos de trabajo diario se tendrá disponible 16 horas de recuperación de vapor, esto siendo solo para una sola paila. La reducción de consumo de gas en el tanque de alimentación sería del 70%, el 30% restante se divide en las horas de parada en saponificación y en mantenimiento o fallas eventuales.

El tanque de alimentación tiene el siguiente consumo;

$$366.346 m^3 * 0,30 = 109.903 m^3$$

Cuadro 19. Consumo y costo de gas en tanque de alimentación con el sistema propuesto

Consumo gas con el sistema ($m^3/año$)	109.903
Costo m^3 de gas (COP)	\$382,9
Costo total gas al año (COP)	\$42'081.858

Con el sistema propuesto se ahorra un 66% en el consumo de gas al año para en tanque de alimentación lo que monetariamente representa;

$$\$140'273.883 - \$42'081.858 = \$98'192.025 \text{ anual}$$

8.3 EVALUACION DEL PROYECTO

La evaluación de este proyecto se realiza de acuerdo a la inversión necesaria para implementar el sistema.

✓ Valor Presente Neto (VPN). “Presenta unas características especiales que lo hacen adecuado para la comparación de alternativa. Primero tiene en cuenta el efecto del tiempo en el valor del dinero de acuerdo a la tasa de interés de oportunidad que se use y segundo una tasa de interés dada, i equivale al flujo de caja en el momento cero.”⁹¹ Se calcula mediante la siguiente ecuación;

$$VPN = -S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Donde;

⁹¹ PYMES FUTURO. El valor presente neto. [En línea]. {10 de abril de 2017}. Disponible en: (<https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>)

VPN = Valor presente neto
 So = Inversión inicial
 St = Flujo efectivo neto del periodo t
 n = Número de periodos a evaluar
 i = Tasa de recuperación

Reemplazando;

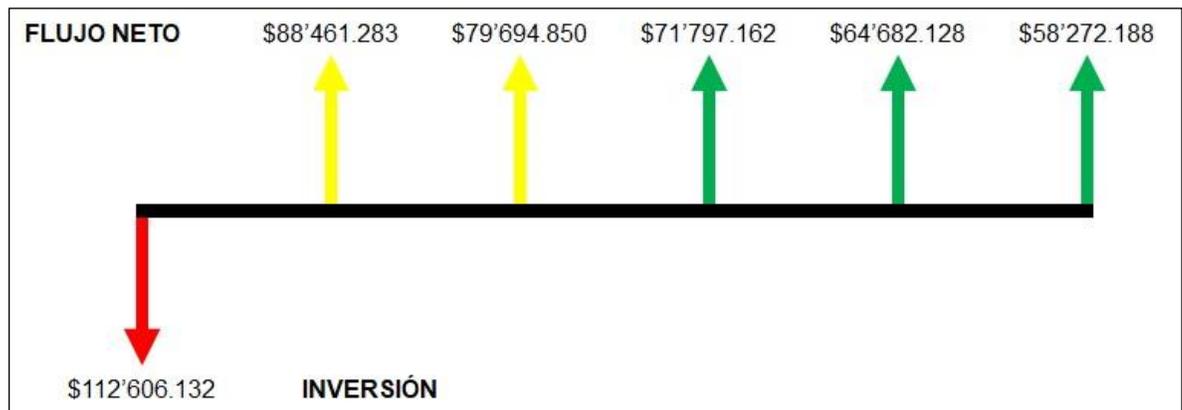
$$\begin{aligned}
 VPN = & -\$112'606.132 + \frac{\$98'192.025}{(1 + 0,11)^1} + \frac{\$98'192.025}{(1 + 0,11)^2} + \frac{\$98'192.025}{(1 + 0,11)^3} + \frac{\$98'192.025}{(1 + 0,11)^4} \\
 & + \frac{\$98'192.025}{(1 + 0,11)^5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VPN = & -\$112'606.132 + \$88'461.283 + \$79'694.850 + \$71'797.162 + \$64'682.128 \\
 & + \$58'272.188
 \end{aligned}$$

$$VPN = \$ 250'301.479$$

Con la implementación del proyecto, en el transcurso del segundo periodo la empresa habrá recuperado la inversión inicial y en los periodos siguientes se evidenciará una reducción en los costos totales anuales.

Imagen 29. Valor VPN



9. CONCLUSIONES

- ✓ Luego de obtener las variables del excedente de vapor (velocidad, temperatura y presión), se determinó que es una mezcla de vapor - agua y que a la altura de la ciudad de Bogotá es posible obtener vapor a la temperatura de 90°C
- ✓ Se realizó la simulación del cambio de velocidad según la disminución del diámetro de la tubería y el cambio de temperatura según la distancia, se observó el aumento de velocidad en porcentajes iguales a los cálculos y la disminución de menos de 1°C de la temperatura del vapor en la tubería
- ✓ Actualmente hay normas sobre producción de vapor en calderas y humo en chimeneas, pero el excedente de vapor que se está evacuando por medio de las chimeneas de las pailas en saponificación, no está siendo controlado por ninguna norma, sin embargo, AzulK, está a favor del ahorro energético y disminuir la contaminación visual y las emanaciones actuales
- ✓ Se realizó el análisis financiero del proyecto mediante el método de VPN en un periodo de 5 años, dando un resultado positivo, lo que indica que el proyecto es viable y la inversión inicial se recuperará en el transcurso del segundo año

10.RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario que el operador que manipule el intercambiador esté capacitado para el montaje y desmontaje de este
- ✓ Al utilizar el intercambiador se debe evitar exceder los caudales de diseño que se consideran los máximos para el fluido frío y caliente
- ✓ Si se implementa este proyecto, se recomienda realizar un procedimiento de prueba con valores de caudal para los fluidos frío y caliente diferentes a los expuestos en este proyecto, pero sin exceder los valores máximos, para así, analizar si el comportamiento del coeficiente global es similar

BIBLIOGRAFÍA

ALBITRES MONCADA, Luis. intercambiadores de calor. Diseño de plantas de procesos quimicos, [En línea]. {23 de mayo de 2017}. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/67796223/Intercambiadores-de-Calor>

AMBIENTE BOGOTA, Matriz de impacto ambiental, [En línea]. {19 de septiembre de 2017}. Disponible en: (http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2426046/INSTRUCTIVO_MATRIZ_EIA.pdf.)

AZULK S.A. Quienes somos, [En línea]. {26 de abril de 2017}. Disponible en: ([http://www.azulk.com.co/quien es_somos.html](http://www.azulk.com.co/quien_es_somos.html).)

CENGEL, Yunus. Transferencia de calor y masa. Radio critico. 3 ed. Mexico, Mc Graw Hill, 2007. pp. 156-159.

COULSON J. y RICHARDSON J., Ingeniería química, vol. 1, barcelona: Reverte S.A, 2004, p. 514.

CANUT NOVAL B, GUERRA MILLAN A., GUZMAN PIAZAF. J., tubos aislados y no aislados, universidad iberoamericana ingeniería química , 2008

DÁVILA MOYA W., Diseño y Construcción de un Intercambiador de Calor de Placas, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2006.

ESCOBAR F., intercambiadores de calor, [En línea]. {16 de octubre de 2017}. Disponible en: (<https://es.slideshare.net/FabyEscobar/intercambiadoresdecalor>.)

GARZÓN BLANCO S. G., Proceso de producción del jabón, En: Evaluación y diseño del sistema de generación, distribución y transporte de vapor para líneas de producción de la planta AzulK S.A., Bogotá, 2009, p. 30.

HERNÁNDEZ J., Proceso de producción del jabón en AzulK S.A., En: Desarrollo de una propuesta para la recuperación de aguas industriales en el proceso de obtención de glicerina en AzulK S.A., Bogota D.C., 2014, pp. 16-21.

INCROPERA, F.P. Fundamentos de transferencia de calor, Introducción a la convección. Ed. 4. Mexico : Prentice-hall, 1999, p.320, p. 587.

KHAN ACADEMY , Energía interna, [En línea]. {12 de agosto de 2017}. Disponible en: (<https://es.khanacademy.org/science/chemistry/thermodynamics-chemistry/internal-energy-sal/a/heat>.)

MATRIZ DE LEOPOLD. Matrices causa-efecto, [En línea]. {10 de abril de 2017}. Disponible: (http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html.)

PEÑA M., Físico-Química, 01 2014. [En línea]. {10 de abril de 2017}. Disponible en: (<http://liquidossolidos-fq.blogspot.com.co/2014/01/puntos-de-ebullicion.html>.)

PYMES FUTURO. El valor presente neto. [En línea]. {10 de abril de 2017}. Disponible en: (<https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>)

SPIRAX SARCO. Colector-distribuidor de vapor, [En línea]. {13 de septiembre de 2017}. Disponible en: (https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/455/42641/1/Documento12.pdf.)

SPIRAX SARCO. Guia de distribucion de vapor, [En línea]. {23 de junio de 2017}. Disponible en: (http://www.spiraxsarco.com/global/co/Training/Documents/Gu%C3%ADa_de_distribuci%C3%B3n_de_vapor.pdf).

TLV, Compañía especialista en vapor, Beneficios de la intalación de la válvula check, [En línea]. {24 de octubre de 2017}. Disponible en: (<https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/check-valve-installation-and-benefits.html>.)

TLV, Compañía especialista en vapor, Calculadora: Carga de condensado de la perdida de calor por radiación en la tuberia, [En línea]. {23 de octubre de 2017}. Disponible en: (<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/condensate-load-radiant-heat-loss.html?advanced=on>.)

TLV, Compañía especialista en vapor, Calculadora: Dimensionamiento de tuberia para vapor por caída de presión, [En línea]. {23 de octubre de 2017}. Disponible en: (<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-pipe-sizing-by-pressure-loss.html?advanced=on>.)

TLV, Compañía especialista en vapor , Calculadora: Rango de flujo del vapor en la tuberia, [En línea]. {23 de octubre de 2017}. Disponible en: (<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-flow-rate-through-piping.html?advanced=on>.)

TLV, Compañía especialista en vapor , Calculadora: Velocidad del vapor dentro de la tuberia, [En línea]. {24 de octubre de 2017}. Disponible en: (<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-velocity-throughpiping.html?advanced=on>.)

TLV compañía especialista en vapor, Manifolds, [En línea]. {13 de septiembre de 2017}. Disponible en: (<http://www.tlv.com/global/LA/products/160000.html>.)

Universidad Politecnica de Catalunya, UPC, [En línea]. {27 de abril de 2017). Disponible en: (http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/castella/tubs_concentrics.html.)

VAPORTEC. Mantenimiento de la red de distribución de vapor, [En línea]. {19 de septiembre de 2017). Disponible en: (<https://vaportecvalvulas.wordpress.com/2013/04/12/mantenimiento-de-la-red-de-distribucion-de-vapor/>.)

ANEXOS

ANEXO A CATALOGO TUBERIA ASTM A53



**TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106**

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	(in.)	(mm.)	Weight Class	Schedule	D/pulg	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2900	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2900	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2900	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2900	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2900	176	2500	176
3	80	3.500	88.9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1990	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
				0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114.3	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	-	19.00	28.32	2800	197	2800	197
				0.531	13.49	-	-	22.51	33.54	2800	197	2800	197
0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03	2800	197	2800	197				
5	125	5.563	141.3	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2290	157	2600	183
0.375	9.52	XS	80	20.78	30.94	2490	171	2800	197				
6	150	6.625	168.3	0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	-	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	-	45.35	67.56	2800	197	2800	197
				0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22	2800	197	2800	197



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Palgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Palgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm ²	psi	Kg/cm ²
8	200	8.625	219,1	0.188	4.78	-	-	16.94	25.26	780	55	920	65
				0.203	5.16	-	-	18.26	27.22	850	60	1000	70
				0.219	5.56	-	-	19.66	29.28	910	64	1070	75
				0.250	6.35	-	20	22.96	33.31	1040	73	1220	86
				0.277	7.04	-	30	24.70	36.81	1160	82	1350	95
				0.312	7.92	-	-	27.70	41.24	1300	91	1520	107
				0.322	8.18	STD	40	28.55	42.55	1340	94	1570	110
				0.344	8.74	-	-	30.42	45.34	1440	101	1680	118
				0.375	9.52	-	-	33.04	49.20	1570	110	1830	129
				0.406	10.31	-	60	35.64	53.08	1700	120	2000	141
				0.438	11.13	-	-	38.30	57.08	1830	129	2130	150
				0.500	12.70	XS	80	43.39	64.64	2090	147	2430	171
				0.594	15.09	-	100	50.95	75.92	2500	176	2800	197
				0.719	18.26	-	120	60.71	90.44	2800	197	2800	197
				0.812	20.62	-	140	67.76	100.92	2800	197	2800	197
				0.875	22.22	XXS	-	72.42	107.88	2800	197	2800	197
0.906	23.01	-	160	74.69	111.27	2800	197	2800	197				
10	250	10.750	273,0	0.188	4.78	-	-	21.21	31.62	630	44	730	51
				0.203	5.16	-	-	22.87	34.08	680	48	800	56
				0.219	5.56	-	-	24.63	36.67	730	51	860	60
				0.250	6.35	-	20	28.04	41.75	840	59	980	69
				0.279	7.09	-	-	31.20	46.49	930	65	1090	77
				0.307	7.80	-	30	34.24	51.01	1030	72	1200	84
				0.344	8.74	-	-	38.23	56.96	1150	81	1340	94
				0.365	9.27	STD	40	40.48	60.29	1220	86	1430	101
				0.438	11.13	-	-	48.19	71.87	1470	103	1710	120
				0.500	12.70	XS	60	54.71	81.32	1670	117	1950	137
				0.594	15.09	-	80	64.43	95.97	1990	140	2320	163
				0.719	18.26	-	100	77.03	114.70	2410	169	2800	197
				0.844	21.44	-	120	89.29	133.00	2800	197	2800	197
				1.000	25.40	XXS	140	104.13	155.09	2800	197	2800	197
				1.125	28.57	-	160	115.65	172.21	2800	197	2800	197
				12	300	12.750	323,8	0.203	5.16	-	-	27.20	40.55
0.219	5.56	-	-					29.31	43.63	620	44	720	51
0.250	6.35	-	20					33.38	49.71	710	50	820	58
0.281	7.14	-	-					37.42	55.75	790	56	930	65
0.312	7.92	-	-					41.45	61.69	880	62	1030	72
0.330	8.38	-	30					43.77	65.18	930	65	1090	77
0.344	8.74	-	-					45.58	67.90	970	68	1130	79
0.375	9.52	STD	-					49.52	73.78	1060	75	1240	87
0.406	10.31	-	40					53.52	79.70	1150	81	1340	94
0.438	11.13	-	-					57.59	85.82	1240	87	1440	101
0.500	12.70	XS	-					65.42	97.43	1410	99	1650	116
0.562	14.27	-	60					73.15	108.92	1590	112	1850	130
0.688	17.28	-	80					88.63	132.04	1940	136	2270	160
0.844	21.44	-	100					107.32	159.86	2390	168	2780	195
1.000	25.40	XXS	120					125.40	186.91	2800	197	2800	197
1.125	28.57	-	140					139.68	208.00	2800	197	2800	197
1.312	33.32	-	160	160.27	238.68	2800	197	2800	197				



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Palgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Palgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
14	350	14.000	355,6	0.250	6.35	-	10	36.71	54.69	640	45	750	53
				0.281	7.14	-	-	41.17	61.35	720	51	840	59
				0.312	7.92	-	20	45.61	67.90	800	56	940	66
				0.344	8.74	-	-	50.17	74.76	880	62	1030	72
				0.375	9.52	STD	30	54.57	81.25	960	67	1120	79
				0.438	11.13	-	40	63.44	94.55	1130	79	1310	92
				0.469	11.91	-	-	67.78	100.94	1210	85	1410	99
				0.500	12.70	X5	-	72.09	107.39	1290	91	1500	105
				16	400	16.000	406,4	0.250	6.35	-	10	42.05	62.64
0.281	7.14	-	-					47.17	70.30	630	44	740	52
0.312	7.92	-	20					52.27	77.83	700	49	820	58
0.344	8.74	-	-					57.52	85.71	770	54	900	63
0.375	9.52	STD	30					62.58	93.17	840	59	980	69
0.438	11.13	-	-					72.80	108.49	990	70	1150	81
0.469	11.91	-	-					77.79	115.86	1060	75	1230	86
0.500	12.70	X5	40					82.77	123.30	1120	79	1310	92
18	450	18.000	457,2					0.250	6.35	-	10	47.39	70.60
				0.281	7.14	-	-	53.18	79.24	560	39	660	46
				0.312	7.92	-	20	58.94	87.75	620	44	730	51
				0.344	8.74	-	-	64.87	96.66	690	49	800	56
				0.375	9.52	STD	-	70.59	105.10	750	53	880	62
				0.406	10.31	-	-	76.29	113.62	810	57	950	67
				0.438	11.13	-	30	82.15	122.43	880	62	1020	72
				0.469	11.91	-	-	87.81	130.78	940	66	1090	77
				0.500	12.70	X5	-	93.45	139.20	1000	70	1170	82
20	500	20.000	508,0	0.250	6.35	-	10	52.73	78.55	450	32	520	37
				0.281	7.14	-	-	59.18	88.19	510	36	590	41
				0.312	7.92	-	-	65.60	97.67	560	39	660	46
				0.344	8.74	-	-	72.21	107.60	620	44	720	51
				0.375	9.52	STD	20	78.60	117.02	680	48	790	56
				0.406	10.31	-	-	84.96	126.53	730	51	850	60
				0.438	11.13	-	-	91.51	136.37	790	56	920	65
				0.469	11.91	-	-	97.83	145.70	850	60	950	67
				0.500	12.70	X5	30	104.13	155.12	900	63	1050	74
24	600	24.000	609,6	0.250	6.35	-	10	63.41	94.46	380	27	440	31
				0.281	7.14	-	-	71.18	106.08	420	30	490	34
				0.312	7.92	-	-	78.93	117.51	470	33	550	39
				0.344	8.74	-	-	86.91	129.50	520	37	600	42
				0.375	9.52	STD	20	94.62	140.88	560	39	660	46
				0.406	10.31	-	-	102.31	152.37	610	43	710	50
				0.438	11.13	-	-	110.22	164.26	660	46	770	54
				0.469	11.91	-	-	117.86	175.54	700	49	820	58
				0.500	12.70	X5	-	125.49	186.94	750	53	880	62
0.562	14.27	-	30	140.68	209.50	840	59	980	69				

Tolerancias dimensionales:

Espesor: ±12,5% de espesor nominal en cualquier punto del tubo.

Peso: ±10% del paquete de tubos con diámetro menor o igual a 4" (114,3mm) o tubos individuales con diámetro nominal mayor a 4" (114,3mm)

Diámetro exterior: Para diámetro nominal o igual a 1-1/2" (48,3mm) +0,016 pulg (+0,40mm)

Para diámetro superior o igual a 2" (50,8mm) a 1%



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Normas de Fabricación ASTM A53

Los tubos para conducción de fluidos tales como agua, vapor, gas y aire a altas presiones, son fabricados bajo la norma **ASTM A 53**. Estos tubos son aptos para operaciones que involucran doblado, rebordeado y cualquier otra formación en frío.

Para validar las exigencias de las normas de fabricación el fabricante realiza ensayos y verificación en los tubos procesados en sus instalaciones. En el caso de conducción de fluidos se realizan ensayos dependiendo de la designación comercial del tubo.

Para Designaciones Comerciales Mayores a 50 DNH (1) (2 *NPS*(2)): ensayo de aplastamiento, ensayo de tracción para determinar propiedades mecánicas, análisis químico, ensayo de ultrasonido al cordón de soldadura, verificación dimensional del tubo, ensayo gravimétrico, ensayo metalográfico, prueba hidrostática, ensayo no destructivo e inspección visual.

Para Designaciones Comerciales Menores o Iguales a 50 DN (2 *NPS*): ensayo de expansión, ensayo de doblado, ensayo de tracción para determinar propiedades mecánicas, análisis químico, verificación dimensional del tubo, prueba hidrostática, ensayo gravimétrico, ensayo metalográfico, ensayo no destructivo e inspección visual.

Condiciones de Extremos

Biselados o Refrentados.

Roscados (según norma ANSI B1.20.1).

Acabados

Negro (acabado de laminación o con protección de aceite inhibidor de la oxidación).

Galvanizado (recubiertos de Zinc).

Barnizado (película protectora para conservación de los tubos en traslados bajo condiciones especiales o por requerimientos del cliente).

El galvanizado del tubo en su superficie interna y externa se realiza a través de un proceso de inmersión en caliente ("Hot-Dip")

(1) DN: Designación comercial del producto en milímetros.

(2) *NPS*: Designación comercial del producto en pulgadas.

ANEXO C CATALOGO AISLANTE

Cañuelas Aislantes en Fibra de Vidrio y Lana Mineral de Roca



Cañuelas aislantes con acabado exterior en chapa aluminio

Descripción:
Lana Mineral de Vidrio o de Roca, preformada en dos medias cañas, para aislar tuberías con servicios de operación de hasta 4548C. Disponible para diámetros nominales desde 1/2" hasta 12" y en presentaciones con foil de aluminio o sin ningún tipo de acabado.

Aplicaciones:
Aislamiento térmico para sistemas de tuberías que conducen vapor, calefacción y enfriamiento, agua caliente y en general tuberías para procesos industriales.

Su proceso de fabricación permite que las cañuelas mantengan la densidad uniforme en toda su longitud, conservando el factor de conductividad térmica invariable.

Se especifica también como aislamiento contra el ruido en tuberías.



Material	Conductividad Térmica	Temperatura de aplicación	Dimensiones	TEMPERATURA (°C)	100	150	200	250	300	400	450	500	550			
				DIÁMETRO TUBERÍA	ESPESORES DE AISLAMIENTO (cm.)											
Lana Mineral de Vidrio	0.24 BTU*in/ hr*SF*ft2 a 75SF	Desde 323F (09C) hasta 830SF (4348C)	Longitud: 910mm Diámetros: 1/2" hasta 12" Espesores: 1" a 3"	1/2"	1	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2			
				3/4"	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2		
				1"	1	1	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	
				1 1/4"	1	1	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	
				1 1/2"	1	1 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	
				2"	1 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	4	4	
				2 1/2"	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	3	3 1/2	3 1/2	4	4	
				3"	1 1/2	2	2	2 1/2	3	3	3	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	
				4"	1 1/2	2	2 1/2	3	3	3	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5
				5"	1 1/2	2	2 1/2	3	3	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5 1/2	5 1/2
				6"	1 1/2	2	2 1/2	3	3	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5 1/2	5 1/2
				Lana Mineral de Roca	0.24 BTU*in/ hr*SF*ft2 a 100SF	Desde -1123F (-809C) hasta 830SF (4348C)	Longitud: 910mm Diámetros: 1/2" hasta 8" Espesores: 1" a 4"	8"	1 1/2	2	2 1/2	3	3	3 1/2	4	4
10"	2	2 1/2	3					3	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5 1/2		
12"	2	2 1/2	3					3	3 1/2	4	4	4 1/2	4 1/2	5	5 1/2	
14"	2	2 1/2	3					3 1/2	4	4	4 1/2	4 1/2	5	5 1/2	5 1/2	
16"	2	2 1/2	3					3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5	5 1/2	5 1/2	
18"	2	2 1/2	3					3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5	5 1/2	5 1/2	
20"	2 1/2	3	3 1/2					4	4	4 1/2	4 1/2	5	5	5 1/2	5 1/2	
22"	2 1/2	3	3 1/2					4	4	4 1/2	4 1/2	5	5	5 1/2	5 1/2	
24"	2 1/2	3	3 1/2					4	4	4 1/2	4 1/2	5	5	5 1/2	5 1/2	



Tel. 3124235450 – 3044007443 PEREIRA – COLOMBIA
Email: info@dcdistrítec.com www.dcdistrítec.com



ANEXO D CATALOGO INTERCAMBIADOR



GIAFLEX
www.alfalaval.si

TS20

Plate heat exchanger

Applications

General heating and cooling duties. Heating by means of steam.

Standard design

The plate heat exchanger consists of a pack of corrugated metal plates with perforations for the passage of the two fluids between which heat transfer will take place.

The plate pack is assembled between a fix frame plate and a movable pressure plate and compressed by tightening bolts. The plates are fitted with a gasket which seals the interplate channel and directs the fluids into alternate channels. The number of plates is determined by the flow rate, physical properties of the fluids, pressure drop and temperature program. The plate corrugations promote fluid turbulence and support the plates against differential pressure.

The plate and the pressure plate are suspended from an upper carrying bar and located by a lower guiding bar, both of which are fixed to a support column.

Connections are located in the frame plate or, if either or both fluids make more than a single pass within the unit, in the frame and pressure plates.

Typical capacities

Liquid flow rate

Up to 190 kg/s, depending on media, permitted pressure drop and temperature program.

Water heating by steam

2.5 - 15 MW at a steam condensation temperature of 150°C
2.5 - 9 MW at a steam condensation temperature of 120°C

Plate types

TS20M plates

Frame types

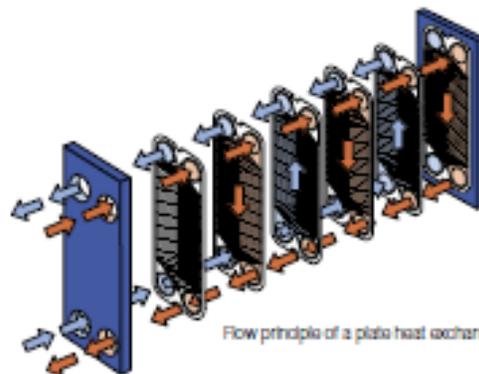
FM, FG and FS



TS20-MFG

Working principle

Channels are formed between the plates and the corner ports are arranged so that the two media flow through alternate channels. The heat is transferred through the plate between the channels, and complete counter-current flow is created for highest possible efficiency. The corrugation of the plates provides the passage between the plates, supports each plate against the adjacent one and enhances the turbulence, resulting in efficient heat transfer.



Flow principle of a plate heat exchanger

STANDARD MATERIALS

Frame plate

Mild steel, Epoxy painted

Nozzles

Carbon steel

Metal lined: Stainless steel, Titanium

Rubber lined: Nitrile, EPDM

Plates

Stainless steel Alloy 316 or Titanium

Gaskets

Nitrile, EPDM or HeatSeal™

TECHNICAL DATA

Pressure vessel codes, PED, ASME, pvcALS™

Mechanical design pressure (g) / temperature

FM	PED, pvcALS™	1.0 MPa / 180°C
FG	PED	1.6 MPa / 180°C *)
FG	ASME	150 psig / 350°F
FG	pvcALS™	1.6 MPa / 180°C
FS	PED	3.0 MPa / 160°C
FS	ASME	150 psig / 350°F

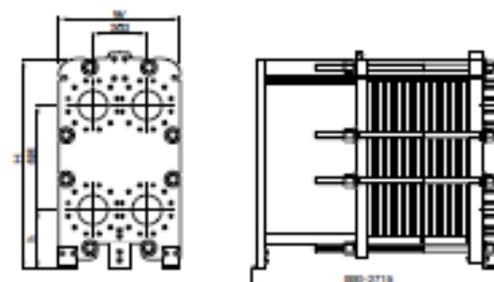
*) Frame FG also approved for 1.2 MPa / 200°C

to allow use in steam systems without safety valves.

CONNECTIONS

FM	PED	Size 200 mm	DIN 2501, PN10, ASME CL 150
FM	pvcALS™	Size 200 mm	DIN 2501, PN10, ASME CL 150, JIS 10K
FG	PED	Size 200 mm	DIN 2501, PN16, ASME CL 150
FG	ASME	Size 8"	ASME CL 150
FG	pvcALS™	Size 200 mm	DIN 2501, PN16, ASME CL 150, JIS 10K
FS	PED	Size 200 mm	DIN 2501, PN25/PN40, ASME CL 300
FS	ASME	Size 8"	ASME CL 300/ASME CL 150

Dimensions



Measurements (mm)

Type	H	W	h
TS20-MFM	1405	740	360
TS20-MFG	1405	800	360
TS20-MFS	1435	800	390

The number of tightening bolts may vary depending on pressure rating.

Maximum heat transfer surface

86 m² (910 sq. ft)

Particulars required for quotation

- Flow rates or heat load
- Temperature program
- Physical properties of liquids in question (if not water)
- Desired working pressure
- Maximum permitted pressure drop
- Available steam pressure

EPMD0001EN 0503

All rights reserved for changes in specifications

How to contact Alfa Laval

Up-to-date Alfa Laval contact details for all countries are always available on our website at www.alfalaval.com

GIAFLEX

GIA-S d.o.o., Industrijska cesta 5, 1200 Grosuplje, Slovenija
 Telefon: +386 1 7866 300, Telefaks: +386 1 7863 568,
 info@gia.si, www.giaflex.com

ANEXO E CAPACIDAD CALORIFICA

730
APÉNDICE I

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpia de vaporización, h _{fg} kJ/kg	Calor específico, C _p kJ/kg · °C		Conductividad térmica, k W/m · °C		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.573	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0185	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.356 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.633 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.657 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.679 × 10 ⁻³
95	84.56	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2 000 × 10 ⁻³
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2 380 × 10 ⁻³
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2 950 × 10 ⁻³
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho C_p = w/Pr$. Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

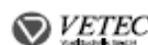
Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 15 (1986), pp. 393-1222. Los otros datos se tomaron de *Thermophysical Properties of Matter*, Vol. 3, Y. S. Touloukian et al., Eds., Plenum Press, New York, 1970.

ANEXO F CATALOGO VÁLVULAS

Válvula de control con accionamiento neumático

Válvula de obturador excéntrico - VETEC Tipo 72.x/AT y Tipo 72.x/R

Válvula de sector de bola - Tipo 3310/Serie AT



Aplicación

Válvula de control para la técnica de procesos e instalaciones industriales

Características

- Cuerpo de la válvula en acero al carbono, acero inoxidable u otros materiales especiales
- Construcción con bridas o entre bridas

Ejecuciones

- Tipo 72.x/AT - válvula de obturador con doble excentricidad con accionamiento de pistón Serie AT de simple o doble efecto
- Tipo 72.x/R - válvula de obturador con doble excentricidad con accionamiento de membrana de simple efecto
- Tipo 3310/AT - válvula de sector de bola con accionamiento neumático de pistón Serie AT de simple o doble efecto

Datos técnicos

Tipo		72.x/AT	72.x/R	3310/AT
Díámetro nominal	DN in	25 ... 200 1" ... 8"	25 ... 400 1" ... 16"	- 1" ... 10"
Material del cuerpo		WN 1.0619 - WN 1.4581		A 216 WCC A 351 CF8M
Presión nominal	PN	10 ... 40 (presiones superiores sobre demanda)		-
	Class	150 - 300		150 - 300
Forma del cuerpo y conexiones	DIN	entre bridas: EN 558-1/2, R 36 bridas: EN 558-1, R 1		-
	ANSI	entre bridas: EN 558-1/2, R 36 bridas: EN 558-2, R 37/38		entre bridas/ tipo lug bridas según ANSI B 16.5
Anillo de asiento y fuga DIN EN 1349		cierre metálico: IV-L1 cierre blando: VI-G1		metálico: IV blando: VI
Característica (en el posicionador)		isoporcentual - lineal		
Rel. de regulación		≥ 200 : 1		≥ 100 : 1
Margen de temperatura	metálico	-10 ... 400 °C 14 ... 752 °F		-10 ... 250 °C* 14 ... 482 °F*
	blando	-10 ... 220 °C 14 ... 430 °F		-10 ... 220 °C 14 ... 430 °F
Accionamiento		Serie AT	Tipo R	Serie AT
Hojas técnicas		T 9921	T 9918	T 8222

* temperaturas superiores sobre demanda

Otras ejecuciones - Con volante manual adicional

En la VETEC Tipo 72: empaquetadura de baja emisión según TA-Luft -
Medidas para la reducción de ruido - Camisa de calefacción



Válvula de obturador excéntrico
VETEC Tipo 72.1/AT



Válvula de obturador excéntrico VETEC
Tipo 72.4/R



Válvula de sector de bola Tipo 3310/AT

- Pfeiffer Tipo BR 10a - válvula de control de mariposa con doble excentricidad, con revestimiento de PTFE grueso de 8 a 12 mm
- Pfeiffer Tipo BR 10e - válvula de control y de interrupción de mariposa, con revestimiento de PTFE isoestático grueso mínimo de 3 mm
- Pfeiffer Tipo BR 14b/AT - válvula de control de mariposa con doble excentricidad, con accionamiento neumático de pistón Serie AT
- Leusch Tipo LTR 43 - válvula de mariposa con cierre hermético para altas presiones con triple excentricidad, fuga cero en ambos sentidos de circulación con la máxima presión diferencial
opcional: empaquetadura TA-Luft, ejecución Fire-safe, con extensión para altas y bajas temperaturas

Datos técnicos

Tipo		BR 10a	BR 10e	BR 14b	LTR 43
Diámetro nominal	DN	100...800	80 ... 300	80... 400	80... 2000
	in	4" ... 32"	3" ... 12"	3" ... 16"	3" ... 80"
Material del cuerpo	DIN	EN-JS1049 St 52-3 revestido PTFE	EN-JS1049 revestido PTFE	WN 1.4408 WN 1.0619	WN 1.0619 WN 1.4408
	ANSI	A 395		A 216 WCC A 351 CF8M	A 216 WCC A 351 CF8M
Presión nominal	PN	10	10/16	10 ... 40	10 ... 420
	Class	150		150 - 300	150 ... 2500
Forma del cuerpo		entre bridas tipo Lug	tipo Lug	entre bridas tipo Lug	entre bridas tipo Lug doble brida
Material del disco		acero carbono revestido	WN 1.4401 revestido	acero al carbono	A 216 WCC A 351 CF8M
cierre		PTFE		metálico junta blanda	metal/grafito estilizado PTFE
fuga/clase DIN EN 1349		VI	V	IV/V	cierre hermético API 598 DIN 3230
Ángulo apertura		90°			90°
Regulación hasta		70°			80°
Ral. de regulación		30 : 1	50 : 1	50 : 1	>50 : 1
Margen de temperatura	°C	-10...200	-50...200	-10...250	-196...1000
	°F	14...392	-58...392	14...482	-320...1830
Tipo accionamiento		Serie AT	Serie AT	Serie AT	otros accion.
Hojas técnicas		T 9925	TB 10e	T 9924	T 9923

Accesorios - Posicionadores, finales de carrera, electroválvulas



Válvula de mariposa de regulación con revestimiento de PTFE Tipo BR 10a



Válvula de mariposa de regulación e interrupción con revestimiento de PTFE Tipo BR 10e/AT



Válvula mariposa de regulación Tipo BR14b/AT



Válvula de mariposa para altas presiones Tipo LTR 43, cuerpo con bridas 10", Class 1500, con accionamiento neumático y posicionador



Válvula de mariposa de interrupción Leusch Tipo LTR43, cuerpo tipo Lug, con volante manual

ANEXO G MANUAL INTERCAMBIADOR



Installation

Requirements

ENG

Multi-pass units:
Connections on the pressure plate
It is important that the plate pack has been tightened to the correct measurement (check against drawing) before the pipe is connected.

Elbow
To make it easier to disconnect the plate heat exchanger, an elbow should be flanged to the connection in the pressure plate, directed upwards or sideways, and with another flange located just outside the contour of the heat exchanger.

Space
1500 mm minimum free space is needed for lifting plates in and out.

Shut-off valves
To be able to open the heat exchanger, shut-off valves should be provided in all connections.

Foundation
Install on a flat foundation giving enough support to the frame.

Note!

- Before connecting any piping, make sure all foreign objects have been rinsed out of the system.
- When connecting the pipe system make sure the pipes do not subject the plate heat exchanger to stress or strain.
- To avoid water hammer, do not use fast-closing valves.

Safety valves should be installed according to current pressure vessel regulations.

If PHE surface temperature is expected to be hot or cold, the PHE should be isolated.

It is recommended that protective sheets are used to cover the PHE.

For each model, design pressures and temperatures are marked on the identification plate. Those must not be exceeded.



eng

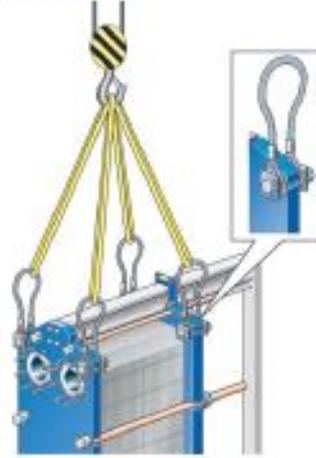
Lifting**Warning!**

Never lift by the connections or the studs around them. Straps should be used when lifting. Place straps according to picture.

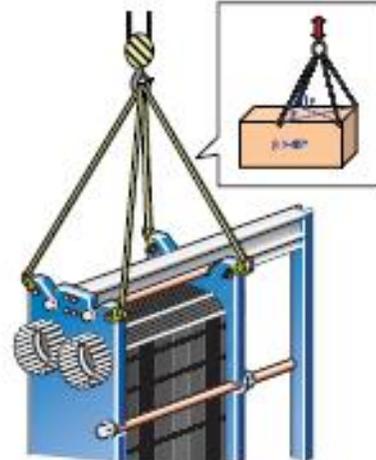
M15, TL10, T20, TS20



MX25, M30, MA30



TL35



**Raising**

- 1** Place two timber beams on the floor.



- 2** Lift the heat exchanger off pallet using e.g. straps.



- 3** Place the heat exchanger on the timber beams.



- 4** Place straps around one bolt on each side.



- 5** Lift the heat exchanger off the timber beams.



- 6** Lower the heat exchanger to horizontal position and place it on the floor.





eng

Operation

Start-up

Note!

If several pumps are included in the system, make sure you know which one should be activated first.

Note!

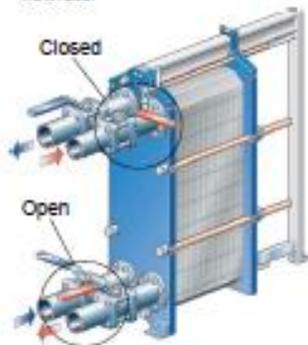
Adjustments of flowrates should be made slowly in order to avoid the risk of water hammer.

Water hammer is a shortlasting pressure peak that can appear during start-up or shut-down of a system, causing liquids to travel along a pipe as a wave at the speed of sound. This can cause considerable damage to the equipment.

- 1 Check that measurement A is correct. For A, see enclosed PHE-drawing.



- 2 Check that the valve is closed between the pump and the unit controlling the system flowrate.



- 3 If there is a valve at the exit, make sure it is fully open.

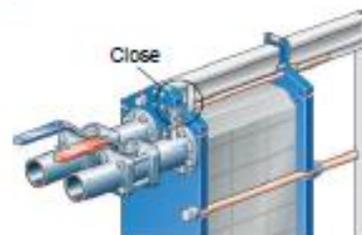
- 4 Open the vent and start the pump.



- 5 Open the valve slowly.



- 6 When all air is out, close the vent.



- 7 Repeat steps 1–6 for the second media.



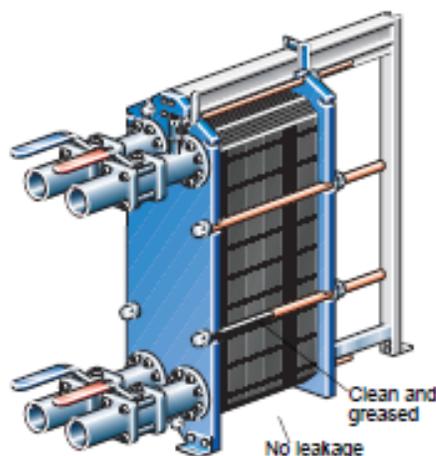
Unit in operation

Note!

Adjustments of flowrates should be made slowly in order to protect the system against sudden and extreme variations of temperature and pressure.

During operation, check that

- ✓ media temperatures and pressures are within the limits stated on the PHE-drawing
- ✓ no leakages appear due to faulty tightening of the plate pack or to defective or damaged gaskets
- ✓ carrying bar and guiding bar are kept clean and greased
- ✓ the bolts are kept clean and greased.



Always consult your local Alfa Laval office for advice on

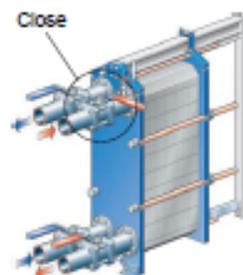
- new plate pack dimensions if you intend to change number of plates
- selection of gasket material if operating temperatures and pressures are permanently changed, or if another medium is to be processed in the PHE.

Shut-down

Note!

If several pumps are included in the system, make sure you know which one should be stopped first.

- 1 Slowly close the valve controlling the flow-rate of the pump you are about to stop.



- 2 When the valve is closed, stop the pump.
- 3 Repeat steps 1–2 for the other side.

- 4 If the heat exchanger is shut down for several days or longer, it should be drained. Draining should also be done if the process is shut down and the ambient temperature is below freezing temperature of the media. Depending on the media processed, it is also recommended to rinse and dry it.





eng

Maintenance

Cleaning-In-Place (CIP)

The Cleaning-In-Place (CIP) equipment permits cleaning of the plate heat exchanger without opening it.

If CIP cannot be done, cleaning must be performed manually, see section "Manual cleaning"

CIP performs

- cleaning of fouling and descaling of lime deposits
- passivation of cleaned surfaces to reduce susceptibility to corrosion
- neutralization of cleaning liquids before draining.

Follow the instructions of the CIP equipment.

The following CIP models can be used: CIP75, CIP200, CIP400 and CIP600.

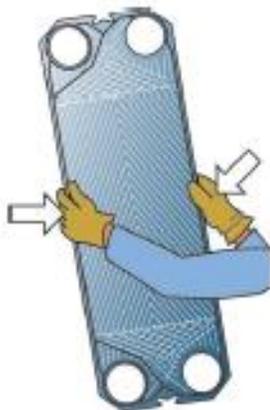


Cleaning liquids

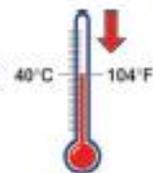
Cleaning liquid	Description
AlfaCaus	A strong alkaline liquid, for removing paint, fat, oil and biological deposits.
AlfaPhos	An acid cleaning liquid for removing metallic oxides, rust, lime and other inorganic scale.
AlfaPass	An alkaline liquid for passivation (inhibition of corrosion).
AlfaNeutra	A strong alkaline liquid for neutralization of AlfaPhos before drainage.
Alfa P-Scale	An acidic cleaning powder with a corrosion inhibitor particularly effective for removing of calcium carbonate and other inorganic scale.
Alfa P-Neutra	An alkaline powder for neutralization of used Alfa P-Scale prior to disposal.
AlfaAdd	A neutral cleaning strengthener to be used with AlfaPhos, AlfaCaus and Alfa P-Scale. Provides better cleaning results on oily, fatty surfaces and where biological growth occurs. AlfaAdd also reduces any foaming.
Alpacon Descalant	An acidic, water based, non-hazardous cleaning agent designed for removal of scale, magnetite, algae, humus, mussels, shellfish, lime and rust. Containing BIOGEN ACTIVE, a biological mixture made from renewable materials, as an active ingredient.
Alpacon Degreaser	A neutral degreaser to be used with Alpacon Descalant. Effectively removes oil, fat or grease layers, but also reduces foaming. Containing BIOGEN ACTIVE, a biological mixture made from renewable materials, as an active ingredient.

**Manual cleaning****Warning!**

To avoid hand injuries owing to sharp edges, protective gloves should always be worn when handling plates and protective sheets.

**Opening****Warning!**

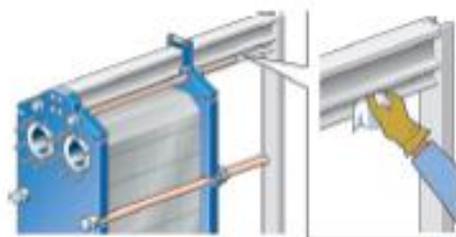
If the heat exchanger is hot, wait until it has cooled down to about 40 °C (104 °F).

**1**

Drain the plate heat exchanger.

**2**

Inspect the sliding surfaces of the carrying bar and wipe clean.





eng

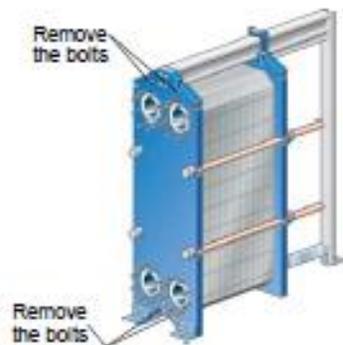
- 3** Mark the plate assembly on the outside by a diagonal line.



- 4** Measure and note down the dimension A.



- 5** Loosen the bolts which are not fitted with bearing boxes and remove them.

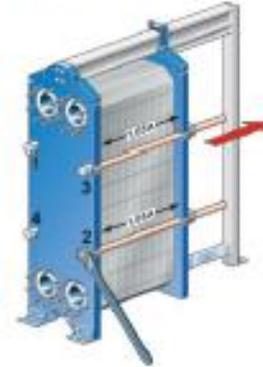


- 6** The pairs of bolts that are fitted with bearing boxes are opened alternately and diagonally in two steps, see figures below.

Step	Bolt No.	To dimension
1	1-2-3-4	1,05A
2	1-2 or 3-4	Opening

Be careful so that the frame plate and pressure plate are always in parallel. Skewing of the pressure plate during opening must not exceed 10 mm (2 turns per bolt) across the width and 25 mm (5 turns per bolt) vertically.

Step 1: Loosen the four bolts alternately and diagonally until the plate package measures 1,05A.



Step 2: Loosen the two diagonal pairs of bolts are loosened alternately, as shown in the figure below.



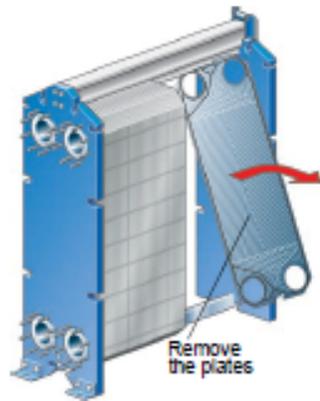


7 Open the plate pack by letting the pressure plate glide on the carrying bar.

If plates are to be numbered, do this before removing the plates.

Plates need not be removed if cleaning is done using only water, i.e. without cleaning agent.

eng





eng

Manual cleaning of opened units



Caution!

Never use hydrochloric acid with stainless steel plates. Water of more than 330 ppm Cl may not be used for the preparation of cleaning solutions. It is very important that carrying bars and support columns in aluminium are protected against chemicals.

Note!

Be careful not to damage the gasket during manual cleaning.

Deposits removable with water and brush

Plates need not to be removed from the plate heat exchanger during cleaning.

- 1** Remove deposits using a soft brush and running water.



- 2** Rinse with water using a high pressure hose.



Deposits not removable with water and brush

Plates must be removed from the plate heat exchanger during cleaning.

- 1** Brush with cleaning agent.



- 2** Rinse with water.





Cleaning agents – Incrustation, scaling
Concentration max 4 %
Temperature max 60 °C (140 °F)

Incrustation – Scaling	Sediment	Cleaning agent
Calcium carbonate	Corrosion products	Nitric acid
Calcium sulphate	Metal oxides	Sulfamic acid
Silicates	Silt	Citric acid
	Alumina	Phosphoric acid
	Diatomc organisms and their excrement of various colours	Complexing agents (EDTA, NTA) Sodium polyphosphates

Cleaning agents – Biological growth, slime
Concentration max 4 %
Temperature max 80 °C (176 °F)

Biological growth – Slime	Cleaning agent
Bacteria	Sodium hydroxide
Nematodes	Sodium carbonate
Protozoa	Cleaning effect can be considerably increased by the addition of small quantities of hypochlorite or agents for the formation of complexes and surfactants.

Cleaning agents – Oil residues, asphalt, fats

Deposit	Cleaning agent
Oil residues Asphalt Fats	Paraffinic naphta-based solvent (e.g. kerosine). Note! Gaskets in EPDM rubber qualities swell in these media. Contact time should be limited to 30 minutes.



Caution!

The following solutions should not be used:

- Ketones (e.g. Acetone, Methyl-ethylketone, Methylisobutylketone)
- Esters (e.g. Ethylacetate, Butylacetate)
- Halogenated hydrocarbons (e.g. Chloroethene, Carbon tetrachloride, Freons)
- Aromatics (e.g. Benzene, Toluene).



eng

Closing

- 1 Check that all the sealing surfaces are clean.
- 2 Brush the threads of the bolts clean, using a steel wire brush. Lubricate the threads with a thin layer of grease, e.g. Gleitmo 800 or equivalent.



- 3 Attach gaskets to the plates or check that all the gaskets are properly attached.

Note!

If the gasket is wrongly positioned, it will show by the fact that it rises out of the gasket groove or that it is positioned outside the groove.

- 4 Insert the plates with the herring bone pattern positioned in alternate directions and with the gaskets turned towards the frame plate.



- 5 Press the plate assembly together. Tightening is done in two steps, see figures below. Be careful so that the frame plate and the pressure plate are always in parallel.

Step	Bolt No.	To dimension
1	1-2 or 3-4	1,10A
2	1-2-3-4	A

Step 1: Tighten the two diagonal pairs of bolts alternately until the plate package measures 1,10A.



Step 2: After that bolts are tightened alternately and diagonally, as shown in the figure below. Check the dimension A during tightening at the positions of the bolts that are being used.



**Max tightening torque****Note!**

When a pneumatic tightening device is used, see table below for maximum torque. Measure dimension A during tightening.

Bolt size	Bolt with bearing box		Bolt with washers	
	N-m	kpm	N-m	kpm
M24			450	45
M30			900	90
M39	1300	130	2000	200
M48	2100	210	3300	330

For manual tightening, the tightening torque has to be estimated.

If dimension A cannot be reached

- Check the number of plates and the dimension A.
- Check that all the nuts and bearing boxes are running freely. If not, clean and lubricate, or replace.

The dimension A can be exceeded in exceptional cases. The following plate package lengths could then be accepted:

Plate package length/plate	Plate package length (dimension A)
>4 mm	A + 1 %
3–4 mm	A + 1,5 %
<3 mm	A + 2 %

6

Place the other bolts in position.

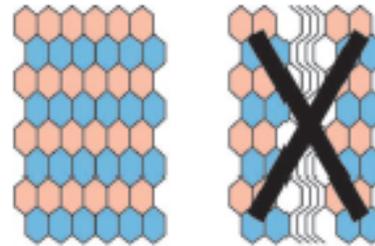
- Inspect the washers.
- When fully tightened, the bolts should all be equally tensioned.
- The difference between the plate package lengths (the dimension A) measured at adjacent bolts should not exceed:
 - 2 mm when A < 1000 mm
 - 4 mm when A > 1000 mm.

- The plate package length at all bolts must not differ more than 1 %.
- If the unit does not seal fully, it can be tightened to give dimension A – 1 %. The maximum tightening torque must not, however, be exceeded.

eng

**7**

If the plates are correctly assembled, the edges form a "honeycomb" pattern, see picture below.





eng

Pressure test after maintenance

Before start-up of production, whenever plates or gaskets have been removed, inserted or exchanged, it is strongly recommended to perform a pressure test to confirm the internal and external sealing function of the PHE. At this test, one media side at the time must be tested with the other side open to the atmosphere.

The pressure testing shall be performed at a pressure equal to the operating pressure of the actual unit but never above the design pressure as stated on the nameplate.

The recommended test time is 10 minutes.

Please note that PHE units for refrigeration applications and units with media not mixable with water must be dried after hydrostatic pressure testing.

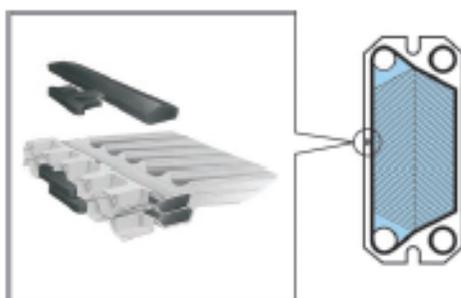
Please consult the local office/representative of the supplier for advice on the pressure testing procedure.



Regasketing

Clip-on gaskets

- 1 Open the plate heat exchanger according to page 9, and remove the plate that is to have a new gasket.
- 2 Remove the old gasket.
- 3 Assure that all sealing surfaces are dry, clean and free of foreign matters.
- 4 Attach the clip-on gasket to the plate. Slip the gasket prongs under the edge of the plate.



Note!

Make sure the two gasket prongs are in correct position.

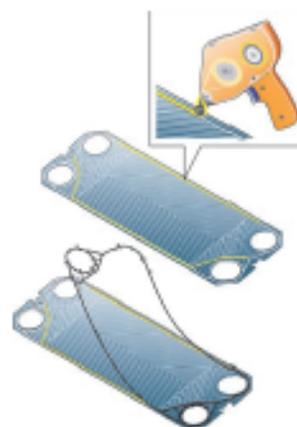
- 5 Proceed with the next plate to be regasketed until all plates in need of regasketing are done with.
- 6 Close the plate heat exchanger according to page 14.

Clip-AD gaskets (MX25)

The Clip-AD gasket represents a system with the conventional Clip-on fastening around the ports and fastening by means of adhesive tape along the sides of the plates.

The use of the adhesive tape (GC1) is a simple way to obtain secure gasket positioning. It is adhered to the gasket groove by means of a special tape pistol, making it easy to apply the tape exactly where wanted.

- 1 Open the plate heat exchanger according to page 9, and remove the plate that is to have a new gasket.
- 2 Remove the old gasket.
- 3 It is not necessary to remove old tapes as the film is very thin. Make sure, however, that the gasket groove is clean and dry.
- 4 Adhere tape, using the pistol.





eng

- 5** Attach the gasket to the plate. Slip the gasket prongs under the edge of the plate.

- 6** Close the plate heat exchanger according to page 14.

Glued gaskets

Separate gluing instructions will be delivered together with the glue.

ANEXO H COTIZACIÓN DE MATERIALES



FERRERÍA
Reina
S.A.

TÉCNICOS INDUSTRIALES
- Desde 1957 -
NIT. 866.881.607-5
www.ferreriar Reina.com

- VÍVILEAS, FUNDIDA, ACERADOS -
- PARA LIBRERÍA, VAPOR, AIRE, SUELO, GAS, AGUA, AIRE CONDICIONADO -
- MATERIALES, ACTUACIÓN, CARRONES, BARRANDULLA, LEER, PUL, BOMBAS, CUBIERTOS, P.V. -
- TRANSMISORES PARA VAPOR, RECIPIENTES, RECIPIENTES DE FUNDIDA, TERMOESTRUCUTURAS, MANOMÉTRICOS

SOMOS IMPORTADORES - TÉCNICOS INDUSTRIALES

Fo 7201.Vv1

COTIZACIÓN No. 69286

Pag. 1

FECHA

21 09 2017

SEÑORES PROQUEL LTDA	DIRECCIÓN CRA 16A # 78-75	CIUDAD
TENEMOS EL AGRADO DE COTIZARLES		
DANIEL ORTIZ 3302134961		TEL: 5304000-63644

ITEM	CANTIDAD	UNID	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1	1.00	UND	ACCESORIOS SOLDAR COFA EXCENTR SCH STD COFA EC 20x12 AC SCH STD	710,515	710,515
2	2.00	UND	ACCESORIO SOLDAR FLANGE C/C 150 ACERO BRIDA CC 20 AC 150 SCH STD A-105 OCHO	720,215	1,440,430
3	4.00	UND	ACCESORIO SOLDAR FLANGE C/C 150 ACERO BRIDA CC 12 AC 150 SCH STD A-105 OCHO	273,370	1,093,480
4	8.00	UND	ACCESORIO SOLDAR FLANGE C/C 150 ACERO BRIDA CC 8 AC 150 SCH STD A-105 OCHO	138,185	1,104,840
5	5.00	UND	ACCESORIO SOLDAR FLANGE C/C 150 ACERO BRIDA CC 10 AC 150 SCH STD A-105 EUROPEAS	233,450	1,167,250
6	1.00	UND	ACCESORIO SOLDAR FLANGE C/C 150 ACERO BRIDA CC 4 AC 150 SCH STD A-105 OCHO	49,405	49,405
7	1.00	UND	ACCESORIO SOLDAR TEE ACERO SCH STD TEE 20 ACERO SCH STD S SIETE	765,250	765,250
8	1.00	UND	ACCESORIO SOLDAR TEE ACERO SCH STD TEE 10 ACERO SCH STD S SIETE	246,430	246,430
9	6.00	MTR	TUBERIA AS3-APISL-A306 TUB 5/C 20 ACERO SCH STD S/COSTURA	449,310	2,695,860
10	98.00	MTR	TUBERIA AS3-APISL-A306 TUB 5/C 8 ACERO SCH 40 S/COSTURA 35	128,495	12,669,607
11	40.00	MTR	TUBERIA AS3-APISL-A306 TUB 5/C 4 ACERO SCH 40 S/COSTURA 35	49,110	1,964,866
12	7.00	UND	VALVULA FLANQUE P/D ACERO 150 LBS VC B ACERO 150F TH C.WCB F.5202F WALTHAM O EQUIVALENTE	2,478,550	17,349,850
Subtotal					41,286,783
Dcto.					
I.V.A.					7,844,488
TOTAL					49,131,271

CONDICIONES	PAIS DE ORIGEN	VALORACION	TERMINOS
10%	COLA	8 DLA	CONTADO

EN ESPERA DE SUS COMENTARIOS NOS SUSCRIBIMOS DE USTEDES CORDIALMENTE

BOGOTÁ
CALLE 100 No. 100-100
Tel: (57) 311 444 444
www.ferreriar Reina.com

BOGOTÁ
CALLE 100 No. 100-100
Tel: (57) 311 444 444
www.ferreriar Reina.com

BOGOTÁ
CALLE 100 No. 100-100
Tel: (57) 311 444 444
www.ferreriar Reina.com

BOGOTÁ
CALLE 100 No. 100-100
Tel: (57) 311 444 444
www.ferreriar Reina.com

BOGOTÁ
CALLE 100 No. 100-100
Tel: (57) 311 444 444
www.ferreriar Reina.com

SERVIDO POR COMPUTADOR

Bogotá, 19 Septiembre de 2017



Ingeniero
CÁROLINA ALMANZA
Proyectos
calmanza@proquil.com
PROQUIL SAS
Tel: 3155885662
Bogotá D.C

COTIZACIÓN
MV-CC-93363-09-17

ASUNTO: OFERTA PRESUPUESTAL PARA EL SUMINISTRO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR
TS20M-FG ALFA LAVAL

Respetado Ingeniero,

Atendiendo su amable solicitud, anexo presentamos oferta de Intercambiador según sus requerimientos.

Agradecemos su invitación a cotizar y quedamos a total disposición para cualquier inquietud o comentario.

Cordialmente,

ING. MARIO ALEXANDER MALAGÓN VELA
mario.malagon@equisol.com.co
Celular: 3137435619
Ingeniero de Ventas Alfa Laval
EQUISOL, Equipos y Soluciones S.A.S



www.facebook.com/1EQUISOL



@Equisol1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ITEM	REF.	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	MON.	VR/UNT	VR/TOTAL
1	BP	INTERCAMBIADOR DE CALOR MARCA ALFA LAVAL Modelo: TS20M-FG Bastidor: Acero carbón Placas: 26 - Acero Inoxidable Empaque: NBRP	UND.	1	EURO	€ 13.962	€ 13.962
TOTAL EURO							13.962 €

TOTAL OFERTA

El valor total de la oferta es de 13.962 Euros, que serán facturados en Pesos Colombianos al costo del Euro de la fecha del día de facturación, más el correspondiente valor del IVA.

Los valores unitarios sólo son válidos para el total de la oferta, cualquier cambio en las cantidades implicará la reevaluación de la misma.

Según la Reforma Tributaria Estructural, Ley 819 de 2016, Las sociedades podrán deducir del Impuesto sobre la renta el IVA sobre los bienes de capital utilizados en procesos productivos; es decir, lo que compren para expandirse, mejorar los negocios e invertir (maquinarias, fábricas, nuevas tecnologías, entre otras), lo cual implica que el IVA (19%) causado sobre este proyecto podrá ser deducido de la declaración de renta de en el año 2018 (Periodo 2017).

LUGAR DE ENTREGA

Según términos Incoterms 2010, DDP en las instalaciones de PROQUIL SAS

FORMA DE PAGO

50% Anticipo - 50% para despachar Facturado
Consignados en la cuenta de ahorros de Bancolombia N° 274-579623-26 a nombre de Equisol S.A.S

TIEMPO DE ENTREGA

12 a 13 semanas a partir del momento en que se recibe la orden en firme y el anticipo.

Este tiempo empieza a contar a partir del reconocimiento de Orden de Compra emitido por Equisol.
Si los tiempos de entrega ofrecidos en esta propuesta no cumplen con sus requerimientos, por favor informarnos.

VALIDEZ DE LA OFERTA

La presente oferta es válida hasta por 15 días.

GARANTÍA

Los equipos y componentes tienen una garantía de 12 meses, para defectos de fabricación y/o en los materiales.
Si no existen los elementos apropiados para medir adecuadamente las variables fundamentales que permitieron la selección de los equipos, Equisol - Alfa Laval no tomara ninguna responsabilidad en la comprobación que los Equipos cumplan con las condiciones de diseño. De tal forma, será el cliente quien debe asegurar que exista los elementos de control y medidas necesarios para poder comprobar la capacidad de los equipos.

Ver términos de garantía anexos (T.G.EQUISOL_REV0) ó ingresando al siguiente link:

http://www.equisol.com.co/images/documentos/Terminos_de_Garantia.pdf

GARANTÍA TÉCNICA

Anexa a la presente cotización estamos enviando el resultado de la hoja de cálculo utilizada para seleccionar los equipos. En él podrán confirmar las características de los fluidos y procesos involucrados, las cuáles fueron utilizadas para la adecuada selección de los mismos. Equisol - Alfa Laval garantiza que los equipos suministrados en esta oferta cumplirán con los requisitos técnicos aquí estipulados.

Si no existen los elementos apropiados para medir adecuadamente las variables fundamentales que permitieron la selección de los equipos, Equisol - Alfa Laval no tomara ninguna responsabilidad en la comprobación que los equipos cumplan con las condiciones de diseño. De tal forma, será el cliente quien debe asegurar que existan los elementos de control y medidas necesarios para poder comprobar la capacidad de los equipos.

NOTAS

ELABORAR ORDEN DE COMPRA A NOMBRE DE EQUISOL, EQUIPOS Y SOLUCIONES S.A.S CON NÚMERO DE NIT: 900.953.704

Cuando sea aceptado el pedido (orden de compra o cualquier otro documento de aceptación) se tiene 4 días hábiles para modificar o cancelar el pedido, después de pasado este tiempo la orden se considera en firme y no podrán realizarse cambios.

Si se realizan cambios dentro de estos 4 días, la fecha de entrega se desplazara según las condiciones de acuerdo a los cambios realizados.

1. Esta cotización no incluye montaje, pólizas, impuestos ni certificados. En caso de ser requeridos, se cotizaran de manera adicional.

2. Cuando sea aceptado el pedido (orden de compra o cualquier otro documento de aceptación) por parte de Equisol, a través de la confirmación de orden, el cliente tiene 4 días hábiles para realizar modificaciones o cancelar el pedido. Después de pasado este tiempo, la orden se considera como en firme y no podrán realizarse cambios ni cancelaciones.

3. Se anexa catalogo técnico de los equipos ofertados.

4. Para la prestación de la puesta en servicio y calibración de los equipos en puntos de trabajo, debe tener todas las conexiones necesarias para su funcionamiento.

"EQUISOL cuenta ahora con un correo electrónico de servicio al cliente donde podremos atender todas sus sugerencias, Garantías y aspectos postventa, la dirección es: sugerencias@equisol.com.co"

CLÁUSULA DE CONFIDENCIALIDAD

El contenido del presente documento es de carácter confidencial y no podrá ser divulgado a terceros sin la previa autorización por escrito de EQUISOL SAS. Este documento no podrá ser reproducido parcial o totalmente, ni podrá ser usado para propósitos distintos a la evaluación de la propuesta por parte de PROQUIL SAS

ELABORACIÓN Y APROBACIÓN

ELABORADO POR: MARIO ALEXANDER MALAGÓN
Ingeniero de ventas

APROBADO POR: JUAN ESTEBAN VELEZ
Gerente General

ANEXO I TARIFA SERVICIO GAS



GAS NATURAL, S.A. ESP informa para el mes de Marzo de 2016

1. La Comisión de Regulación de Energía y Gas definió, mediante Resolución 137 de 2013, la fórmula tarifaria a usuarios regulados
2. La Resolución CREG 186 de 2010 modificada por la Resolución CREG 186 de 2013 y por la Resolución CREG 186 de 2014, reglamenta el otorgamiento de subsidios para los estratos 1 y 2 del servicio de Gas Combustible por Red de Tubería.

Mercado relevante compuesto por los municipios de Bogotá, Soacha y Sibaté

El costo promedio unitario para compras de gas natural destinado a usuarios regulados:	Gm = 662,55 \$/m3
El costo promedio unitario para transporte de gas natural destinado a usuarios regulados:	Tm = 448,69 \$/m3
Las pérdidas reconocidas en el sistema de distribución:	p = 3,24%
Costo por uso del sistema de distribución de gas natural destinado a usuarios regulados:	Dm = 334,04 \$/m3
El cargo variable de comercialización a usuarios regulados:	Cv = -
El cargo de confiabilidad del servicio de gas combustible:	Cc = -
El cargo fijo de comercialización a usuarios regulados:	Cuf = 2878 \$/factura
Factor de Poder Calorífico	Fpc = 1,138

Los rangos de consumo, los cargos de distribución, las tarifas a usuario final y porcentajes de subsidios y contribuciones son:

	Limite inferior (m3)	Limite superior (m3)	(Dm, Lj x fpo m, Lj)	CUm, Lj	CUm, Lj
			\$/m3	\$/m3	\$/factura
Rango 1	0	26.300	418,15	1.566,57	2.878,00
Rango 2	26.301	74.500	374,41	1.522,83	2.878,00
Rango 3	74.501	438.300	360,86	(1)	
Rango 4	438.301	789.000	248,03		
Rango 6	789.001	1.490.300	210,00		
Rango 8	1.490.301	10.000.000	154,23		

*El cargo de distribución aplicado a cada rango de consumo es ajustado por el factor multiplicador del poder calorífico (fpcm, Lj) y se aplica al volumen corregido por presión y temperatura.

(1) Para clientes No Regulados el Costo Unitario se aplica de conformidad con los términos contractuales

Subsidio	% S	Cm (\$/m3)	Subs (\$/m3)	T Eq (\$/m3)
Estrato 1 (*)	-55,86%	1.788,16	-998,92	789,24
Estrato 2 (*)	-44,87%	1.808,74	-811,56	997,18

**El valor del subsidio en \$/m3 corresponde a %S * Cm de acuerdo con lo establecido en la Resolución CREG 186 de 2014

Cargo de Distribución para comercializadores de GNCV	418,15 \$/m3
--	--------------

Para liquidar las pérdidas del sistema de distribución a comercializadores se emplearán los componentes Gm y Tm regulados.

Porcentajes de Contribución	
Estrato 5	20%
Estrato 6	20%
No Residencial	8,9%

ANEXO j CATALOGO ACCESORIOS



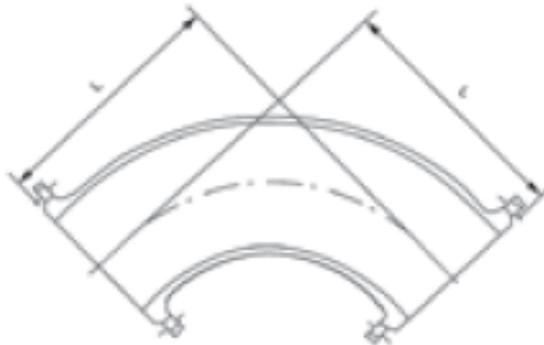
K=12

Diámetro Nominal		Longitud L	Peso(kg)		
DN	dn		PN10	PN16	PN25
100	80	200	8.5	9.5	9.8
150	80	400	15.2	15.2	16.2
150	100	300	15.5	15.5	17
200	100	600	29.5	28	30.8
200	150	300	22	21.5	25.0
250	150	600	43	42.5	46.7
250	200	300	30	29.5	35.5
300	150	600	56	55	62
300	200	600	58.5	57	65
300	250	300	40.5	38.5	48.5
350	200	600	60.5	63.5	74.0
350	250	600	67	70	82.5
350	300	300	49.5	52	66.0
400	200	600	74.5	73	86.5
400	250	600	77.0	83	98.5
400	300	600	82	90	107
400	350	300	58	67.0	86.0
450	250	600	82	87	103
450	300	600	87	92	110
450	350	600	96	106	125
450	400	300	81	85	101
500	300	600	126	134	152
500	350	600	117	125	150
500	400	600	110	130	153
500	450	300	83.0	104	127
600	350	700	167	188	228
600	400	600	164	191	229
600	450	600	167	193	221
600	500	600	195	210	216
700	400	800	196	212	255
700	450	700	197	217	259
700	500	600	200	256	268
700	600	600	195	236	282
800	450	900	263	286	347
800	500	800	256	284	346
800	600	600	260	298	363
800	700	600	263	290	371

K=12

Diámetro Nominal		Longitud L	Peso(kg)		
DN	dn		PN10	PN16	PN25
900	500	1000	338	370	443
900	600	800	318	360	436
900	700	600	321	352	444
900	800	600	308	352	462
1000	600	1000	422	490	583
1000	700	800	396	442	551
1000	800	600	399	448	575
1000	900	600	376	438	577
1200	700	1260	711	777	908
1200	800	1070	688	758	908
1200	900	880	652	726	887
1200	1000	790	586	692	879
1200	1100	800	566	655	850
1400	800	1590	1034	1105	1308
1400	900	1405	998	1074	1288
1400	1000	1220	961	1052	1236
1400	1100	1035	914	1005	1253
1400	1200	850	817	947	1199
1600	1000	1650	1424	1547	1802
1600	1100	1460	1377	1502	1774
1600	1200	1280	1324	1468	1745
1600	1400	910	1103	1273	1602
1600	1500	725	1073	1250	1594
1800	1100	1895	1910	2057	2392
1800	1200	1710	1858	2024	2363
1800	1400	1340	1701	1870	2263
1800	1500	1155	1610	1810	2216
1800	1600	970	1436	1664	2081
2000	1200	2140	2512	2705	3068
2000	1400	1770	2358	2553	3059
2000	1500	1585	2268	2494	3014
2000	1600	1400	2176	2404	2934
2000	1800	1030	1800	2079	2671

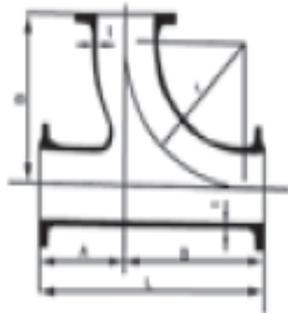
Codo doble brida 90 °de radio largo



K=12

DN	Longitud	Peso(kg)		
	L	PN10	PN16	PN25
80	380	14.5	14.5	14.5
100	400	18.0	18.0	19.0
150	450	30.5	30.5	32.5
200	500	46.5	46.0	50.0
250	550	67.0	66.0	73.5
300	600	91.0	90.5	101
350	650	117	122	138
400	700	149	158	180
450	750	184	200	221
500	800	227	254	275
600	900	332	379	403
700	1000	466	489	552
800	1100	632	661	759
900	1200	816	854	975
1000	1300	1048	1117	1272
1200	1500	1627	1737	1936

Tee con tres bridas de radio



K=14

diametro nominal		L	A	B	r	Peso(kg) PN16
DN	dn					
80	80	545	165	380	330	23.0
100	100	580	180	400	340	30
150	150	670	220	450	385	52
200	200	760	260	500	430	80
250	250	900	350	550	475	121
300	300	1000	400	600	515	163
350	350	1100	450	650	560	222
400	400	1200	500	700	605	299
450	450	1300	550	750	650	394
500	500	1400	600	800	690	489
600	600	1600	700	900	780	739

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros, Daniel Andrés Ortiz Romero y Laura Victoria Ruiz Beltrán en calidad de titulares de la obra **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL EXCEDENTE DE VAPOR, PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN LA EMPRESA AZULK S.A.”** elaborada en el año 2017, autorizamos al Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

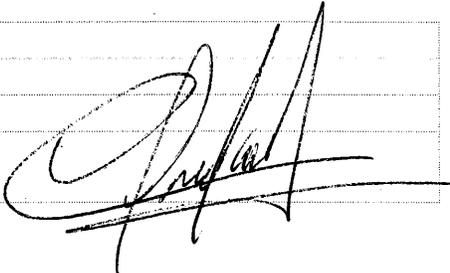
AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación		X

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en la ciudad de Bogotá, a los 8 días del mes de noviembre del año 2017.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Daniel Andrés	Ortiz Romero
Documento de identificación No	Firma
c.c. 1010200857	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Laura Victoria	Ruiz Beltrán
Documento de identificación No	Firma
c.c. 1023902488	