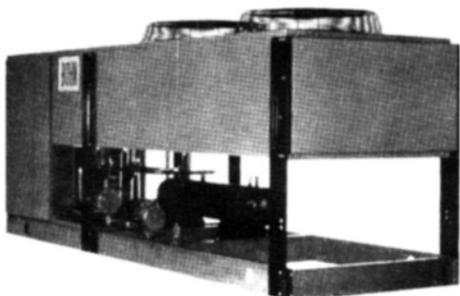
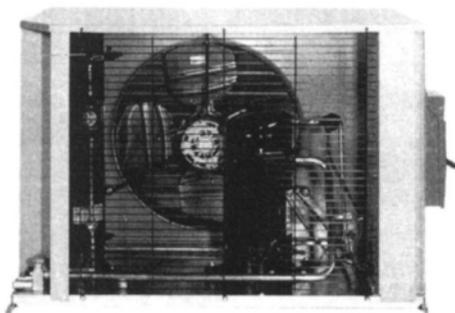
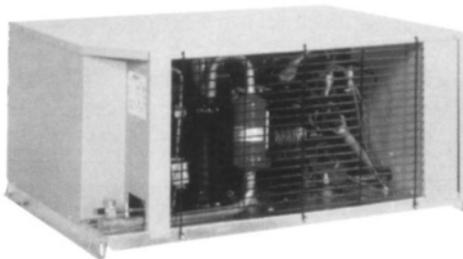
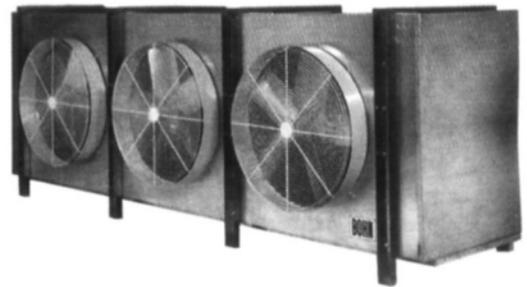
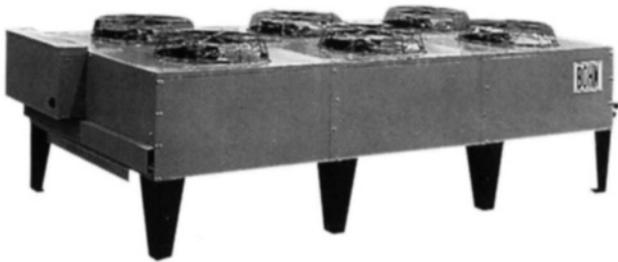




El Estándar del Frío

BOLETIN DE INGENIERIA DE APLICACION



TIPS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACION COMERCIAL E INDUSTRIAL

TEMA	PAG.
• Introducción	2
• Aspectos Básicos Sobre la Instalación de Tuberías	2
• Velocidades Recomendadas en la Tubería de Refrigerante.....	3
• Dimensionamiento de la Tubería de Refrigerante.....	3
• Tubería de Succión	4
• Tubería de Descarga	4
• Tuberías de Descarga del Condensador.....	5
• Recibidor	5
• Tubería de Líquido	6,7

Tips para el Dimensionamiento de Tuberías en los Sistemas de Refrigeración Comercial e Industrial

Introducción

Un sistema de refrigeración consiste en el manejo de aceite, gas, líquido, transportación del refrigerante en estado líquido y gaseoso, flujo en dos fases tanto en el condensador y evaporador, etc.

La buena operación de un sistema de refrigeración depende del diseño correcto y de la adecuada selección de los sistemas de tuberías y demás accesorios requeridos.

Dentro de las primeras habilidades que adquiere un técnico en refrigeración es la técnica de soldar. Instalar una tubería es una práctica común que a menudo se olvida que es crucial para el correcto funcionamiento de un sistema de refrigeración. Es por esto, que es muy común encontrar sistemas con una instalación inadecuada de tuberías que el operario vierte galones de aceite y éste se esfuma al parecer sin dejar rastro. Desde luego, este se acumula en algún punto del sistema; por lo general en la tubería de succión o en el evaporador. Por lo que, este aceite debe removerse cuando vuelva al compresor, una vez que cambien las condiciones de operación del sistema o de lo contrario, el compresor fallará prematuramente.

Aspectos Básicos Sobre la Instalación de Tuberías

Las tuberías en los sistemas de refrigeración involucran relaciones extremadamente complejas entre el flujo de refrigerante y el aceite. La mecánica de los fluidos se encarga del estudio de la forma del movimiento de estos, bien sea gas o líquido, y de la interacción entre su velocidad, presión, fricción, etc...

Diseñar un sistema de tuberías para refrigeración implica una serie de compromisos continuos. Lo ideal es lograr una capacidad máxima con costos mínimos y conseguir un retorno apropiado del aceite al compresor. En vista de que es necesario que pase aceite por los cilindros en el caso de compresores de émbolo y/o espirales (en el caso de compresores Scroll) esto, con el fin de que exista una adecuada lubricación, y siempre haya una pequeña cantidad de aceite circulando junto con el refrigerante.

Sin embargo, el aceite y el vapor refrigerante no se mezclan fácilmente, y el aceite sólo puede hacerse pasar adecuadamente por el sistema si la velocidad del vapor refrigerante es lo suficientemente mayor como para arrastrarlo. Para garantizar la circulación del aceite se deben conservar velocidades del refrigerante en las tuberías de succión, descarga, y en el mismo evaporador; asimismo también, el colocar trampas en los elevadores verticales largos de tubería de succión; se recomienda

una por cada 6 m.

El correcto diseño de los sistemas de tuberías para refrigeración deben de cumplir con lo siguiente:

- Suministrar la cantidad suficiente de refrigerante al evaporador y/o evaporadores.
- Diámetros prácticos de tubería de refrigerante sin pérdidas de presiones excesivas.
- Evitar la acumulación de aceite lubricante en cualquier punto del sistema.
- Proteger al compresor de la pérdida de refrigerante.
- Evitar que llegue refrigerante líquido al compresor durante o cuando éste se encuentre fuera de operación.

Velocidades en la Tubería de Refrigerante.

Es importante que al realizar la selección de dimensionamiento de tuberías se tomen en cuenta los siguientes criterios: económico, pérdida de presión mínima requerida, ruido y acumulación de aceite y gas ya que son factores que inciden en la viabilidad de las velocidades de diseño en las líneas de refrigerante.

En las aplicaciones de refrigeración comercial e industrial, donde el equipo trabaja casi continuamente; las tuberías deben de estar dimensionadas para bajas velocidades del refrigerante con el fin de que el compresor funcione mejor y los costos de operación del sistema sean menores.

El tamaño de la tubería que conduce al refrigerante en estado líquido del condensador a los recipientes debe de estar diseñada para

velocidades de 1.66 pies/seg. o menores, ya que, esto garantizará un flujo por gravedad y a su vez evitará que el líquido se regrese. Las tuberías de líquido que van de los recipientes al evaporador deben de tener un tamaño que mantenga las velocidades por debajo de los 5.0 pies/seg., para minimizar o evitar el flujo irregular del líquido cuando se usen válvulas solenoides o cualquier otra válvula eléctrica y/o accesorio.

Velocidades recomendadas para tuberías	
Tubería de succión	11.66 @ 66.66 pies/seg
Tubería de descarga	8.33 @ 58.33 pies/seg.
Tubería de dren del condensador	1.66 pies/seg. o menos
Tubería de líquido	2 @ 7.5 pies/seg. (5 pies/seg.) $\Delta P = 3@5$ Psig.

Para diseñar tuberías que conduzcan refrigerante por su interior, se deben considerar las velocidades anteriores, con el fin de obtener bajas pérdidas debido a la fricción y evitar una vibración excesiva.

Dimensionamiento de la Tubería de Refrigerante.

Las consideraciones económicas recomiendan que esta tubería sea lo más corta posible. Sin embargo, las pérdidas de presión en la tubería de succión y de descarga ocasionan pérdida de capacidad en el compresor y a su vez mayor consumo de energía. Las pérdidas de presiones excesivas en la tubería de líquido pueden provocar que el refrigerante se evapore y afectar el funcionamiento de la válvula de expansión. Los sistemas de refrigeración se deben de diseñar de tal forma que las pérdidas de presión originadas por el rozamiento no sobrepasen un diferencial de presión equivalente a un cambio correspondiente en la temperatura de evaporación por saturación.

“La medida principal para determinar la pérdida de presión es un cambio en la temperatura de saturación”.

Esta pérdida de presión dentro de la tubería de refrigerante da origen a una disminución en el rendimiento del sistema. Por lo que el adecuado dimensionamiento debe guiarse por la disminución de costos con un respectivo aumento en la eficiencia del sistema. Los cálculos de las pérdidas de presión se determinan como pérdida normal de presión asociada a un cambio en la temperatura de saturación de refrigerante. Normalmente, el sistema de refrigeración tiene dimensiones aptas para pérdidas de presión de 2 °F o menos por cada tramo de tubería de líquido de succión y de descarga.

Un sistema de tubería proyectada para refrigerante ecológico HFC líquido debe de estar diseñada para pérdidas de presión de 1 °F o menos.

Tubería de Succión

Desde el punto de vista del diseño y la construcción, las tuberías de succión son más importantes que las de líquido y de descarga.

El tamaño de la tubería de refrigerante debe diseñarse para lo siguiente:

- Proporcionar una pérdida de presión mínima con carga completa.
- Devolver el aceite desde el evaporador hacia el compresor bajo condiciones de carga mínima.
- Evitar que el aceite se drene de un evaporador activo a uno inactivo.

Una pérdida de presión en la tubería de succión merma la capacidad del sistema porque obliga al compresor a funcionar con una menor presión de succión con el propósito de mantener la temperatura de evaporación deseada en el serpentín. A medida que disminuye la presión de succión, cada libra de refrigerante que retorna al compresor ocupa mayor volumen, y el peso del refrigerante comprimido por el compresor disminuye.

Por lo general, en el diseño de estas líneas es aceptable usar una pérdida de presión equivalente a un cambio de 2 °F en la temperatura de saturación. Igualmente importante en cuanto al dimensionamiento de la tubería de succión es la necesidad de mantener velocidades adecuadas para que el aceite regrese como es debido al compresor. Las velocidades mínimas nominales que se han recomendado y usado exitosamente para las tuberías de succión son de 11.66 pies/seg. para las tuberías horizontales y 25 pies/seg. para las tuberías verticales. La velocidad requerida para una tubería vertical depende tanto de la temperatura de evaporación como del tamaño de la tubería y, de las condiciones de operación, por lo que, la velocidad específica necesaria puede ser o bien superior o inferior a 25 pies/seg.

“Un refrigerante ecológico HFC está diseñado a 25 pies/seg. o más”.

Tubería de Descarga

Las tuberías de gas caliente deben de diseñarse para cumplir con lo siguiente:

- Evitar la acumulación de aceite durante el funcionamiento a carga parcial ó total.
- Evitar que el refrigerante condensado y el

aceite se regresen al compresor.

- Evitar la emisión excesiva de ruido o de vibración proveniente de la pulsación de gas caliente, de la vibración del compresor o de ambas.

Los criterios para determinar el tamaño de las tuberías de descarga, que transportan el vapor refrigerante del compresor al condensador, son similares a los aplicados en las tuberías de succión. La pérdida de presión en las tuberías de gas caliente aumenta los requerimientos de energía para el compresor y disminuye la capacidad del compresor al aumentar la relación de compresión.

Debido a que las pérdidas de presión en la tubería de descarga no es tan importante como la de la tubería de succión, los valores máximos aceptables son de alrededor de 6 Psi para HCFC-22. Se han observado valores mínimos de velocidad del gas de 8.33 pies/seg. para las tuberías horizontales y 16.66 pies/seg. para tuberías verticales con flujo de gas ascendente. La velocidad máxima aceptable para el gas, de acuerdo con consideraciones sobre el ruido, es de 66.66 pies/seg.

Tubería de Descarga del Condensador

Se debe seleccionar con cuidado el tamaño de la tubería que va del condensador al receptor de líquido, cuando se dispone de dicho accesorio. Pese a que es casi imposible excederse en el tamaño de esta tubería, hay que evitar siempre que sea posible el subdimensionarla. Una tubería cuyo tamaño no sea el adecuado puede impedir el movimiento del refrigerante a tal grado que una parte quede en el condensa-

dor. Si alguna parte de la superficie del condensador se inunda, se reduce la capacidad; esto hace que se eleve la presión de descarga y disminuya, por ende, la capacidad total del sistema. A la par, aumenta el consumo de energía para accionar al compresor.

Existen algunos puntos que se deben de tener presentes cuando se diseña una tubería de descarga del condensador y que a continuación se indican:

- La velocidad dentro de la tubería del condensador recomendada es de alrededor de 1.66 pies/seg. o menos.
- La distancia entre el condensador y el receptor debe ser lo más corta como sea posible.
- Si el sistema de refrigeración cuenta con un condensador enfriado por aire y un receptor de líquido, es conveniente que este último esté dentro del compartimiento. Se debe disponer de un medio para aislar el receptor del condensador durante las bajas temperaturas ambientales, algo como una combinación entre una válvula de retención y de seguridad.

Receptor

Los receptores de refrigerantes son recipientes usados para almacenar el exceso de refrigerante que pasa por el sistema. Los receptores deben de cumplir con las siguientes funciones y ser diseñados para lo siguiente:

- Brindar capacidad de almacenamiento para la descarga de refrigerante para cuando se repare alguna parte del sistema o cuando haya que apagarlo durante un tiempo prolongado. En algunos sistemas que

utilizan un condensador enfriado por agua, el condensador sirve también como receptor cuando la carga total de refrigerante no sobrepasa la capacidad de almacenamiento.

- Acomodar una carga fluctuante en la parte baja y evacuar el líquido del condensador manteniendo una adecuada superficie de condensación efectiva en aquellos sistemas donde la carga de trabajo del evaporador y el condensador varía para distintas condiciones de carga. Cuando el suministro de refrigerante al evaporador depende de una válvula de expansión térmica, de una válvula de expansión manual o de un flotador a baja presión, la carga de trabajo del evaporador cambia sustancialmente según la carga. Durante cargas bajas, el evaporador exige cargas mayores porque la evaporación no tiene la intensidad suficiente. Cuando se aumenta la carga, el trabajo del evaporador disminuye, y el receptor debe almacenar el exceso de refrigerante.
- Mantener la carga del circuito inactivo en sistemas con evaporadores de múltiples circuitos, que cortan el suministro de líquido hacia uno o varios circuitos durante la carga reducida y vacían el circuito inactivo.

Dentro de lo que debe de cumplir el receptor, esta lo siguiente:

- Debe respetarse siempre la mínima dimensión vertical requerida para evitar la fricción.
- Debe haber accesorios de liberación de la presión en la parte superior de cada receptor y en el condensador.
- Los accesorios de liberación de sobrepresión del receptor deben de estar conecta-

dos con los condensadores y/o condensador.

- Se recomiendan cargas de refrigerante entre 40 y 125 % dependiendo de las variaciones de carga del sistema.

Cuando se usa un receptor directo, el líquido siempre debe ir del condensador al receptor. El receptor y sus conductos permiten el flujo libre del líquido del condensador al receptor al igualar la presión entre ambos, de modo que el receptor no acumule una presión mayor que la del condensador. Generalmente, una tubería de condensación proyectada para una velocidad de líquido de 1.66 pies/seg. es adecuada a ese flujo y elimina cualquier tipo de acumulación.

Tubería de Líquido

En esta línea la pérdida de presión no debe ser tan grande como para formar gas en ella, o la presión de líquido en los accesorios de suministro sea insuficiente u ocurran ambas cosas. Normalmente los sistemas están diseñados para que la pérdida de energía debida a la fricción, no sea mayor a la que corresponde a un cambio de más o menos 1 ó 2° F en la temperatura de saturación

El subenfriamiento de líquido es el único método para contrarrestar las pérdidas de carga en la tubería de líquido y garantizar que haya líquido en la válvula de expansión del evaporador. Si el subenfriamiento es insuficiente, el líquido de la tubería se evaporará y afectará la eficiencia del sistema.

Las pérdidas de presión por fricción en la tubería de líquido se deben a accesorios, como

válvulas solenoides, filtros, y otros accesorios, así como a la tubería misma y a los adaptadores entre la salida del receptor y en los accesorios de suministro de refrigerante al evaporador.

También, las tuberías verticales son una fuente de pérdida de carga que se añade a la pérdida de la tubería de líquido. La pérdida debida a una tubería vertical es de aproximadamente 0.556 Psi/pie, o una libra en 1.8 pies de refrigerante elevado.

Por último, a continuación se presentan las pérdidas de presión recomendadas para 2° F como referencia en la selección de tuberías.

Cualquier duda sobre la selección de los diámetros de tuberías favor de consultar el Manual de Instalación del Sistema de Refrigeración págs. 13 ala 21.

Pérdida de presión de evaporación, Psig a 2° F											
Temperatura	R-22	R-134a	R-404A	R-507	R-401A	R-401B	R-402A	R-402B	R-407A	R-409A	R-410A
45 °F	3.0	2.0	3.7	3.7	2.1	2.2	3.8	3.6	3.1	2.0	5.0
20 °F	2.2	1.4	2.7	2.8	1.	1.5	2.8	2.6	2.1	1.4	3.0
0 °F	1.7	1.0	2.0	2.0	1.0	1.1	2.0	1.9	1.6	1.0	2.6
- 20 °F	1.2	0.75	1.4	1.5	0.7	0.8	1.5	1.4	1.1	0.65	1.9
- 40 °F	0.8	0.45	1.0	1.0	0.45	0.45	1.1	1.0	0.7	0.45	1.3

Pérdida de presión de evaporación, Psig a 2° F	
Temperatura	R-507
-40 °F	5.0
-60 °F	3.68
-80 °F	2.64
-100 °F	1.8
-120 °F	1.16



GRUPO FRIGUS THERME
REGISTRO ISO 9001
No. DE ARCHIVO: A5405

Frigus Bohn, S.A. de C.V.

Ventas: Bosques de Alisos No. 47-A 5o. Piso Col. Bosques de las Lomas C.P. 05120
México, D.F. Tel.: (0155) 5261-81-00 Fax: (0155) 5259-55-21 Tel. Sin Costo: 01-800-50-970-00
Planta: Acceso II Calle 2 No. 48 Parque Industrial Benito Juárez Querétaro, Qro. C.P. 76120
Tel.: (01442) 238-45-00 Fax: (01442) 217-06-16 Tel. Sin Costo: 01-800-40-049-00