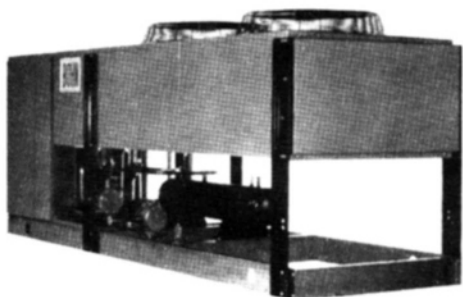
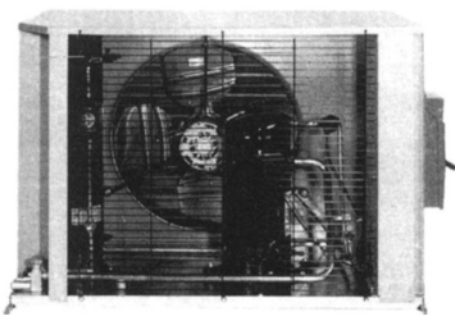
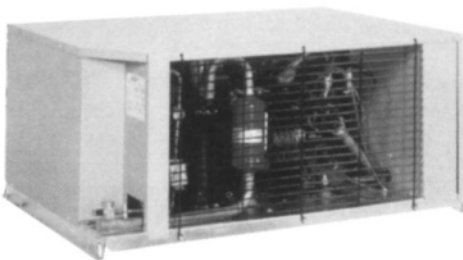
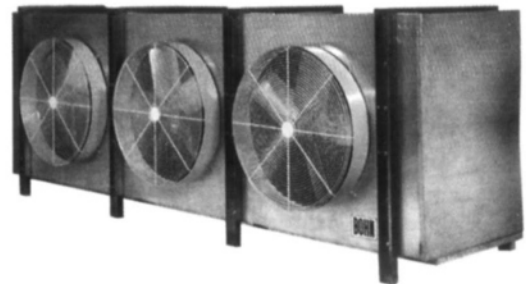
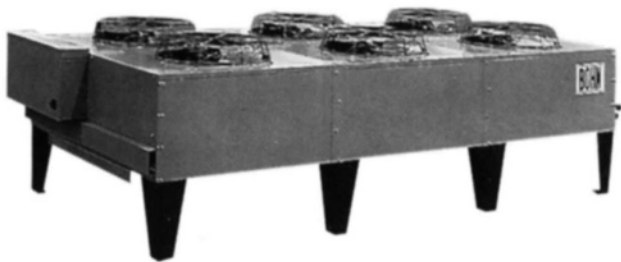




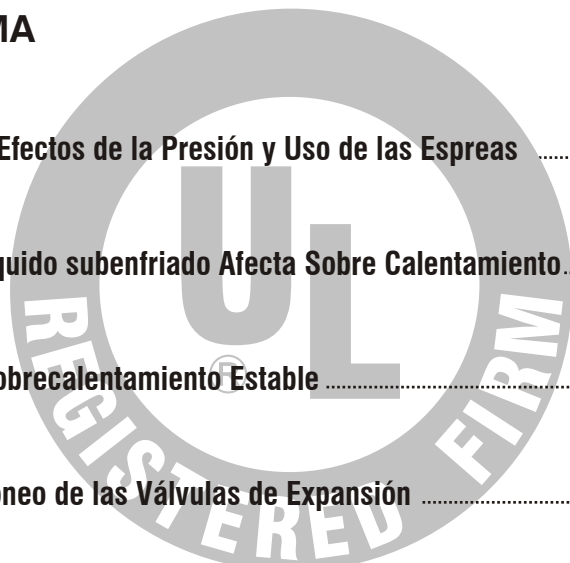
El Estándar del Frío

# BOLETIN DE INGENIERIA DE APLICACION



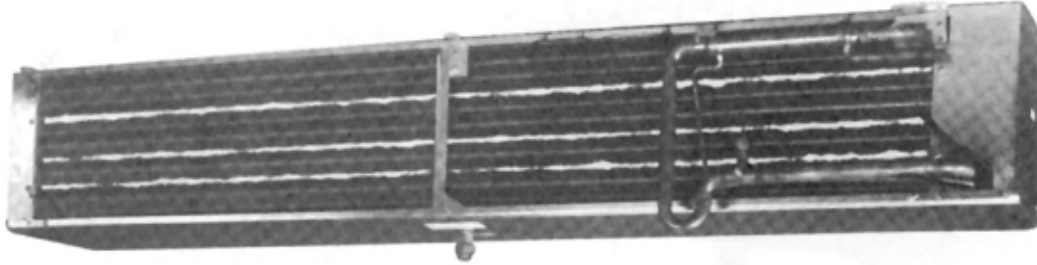
## EL FLUJO DE REFRIGERANTE EN LOS EVAPORADORES

TEMA	PAG.
• Los Efectos de la Presión y Uso de las Espreas .....	2,3
El líquido subenfriado Afecta Sobre Calentamiento .....	3
• El Sobrecalentamiento Estable .....	3,4
• Taponeo de las Válvulas de Expansión .....	4
Usando los Nuevos Poliolésters .....	4
• La Formación de Escarcha y los Serpentes con Amplio Espacio de Aletado .....	4,5,6



GRUPO THERME  
REGISTRO ISO 9001  
N.º DE ADOCIÓN 15405

# El Flujo de Refrigerante en los Evaporadores



**Un flujo de refrigerante accidentado a través del serpentín genera un escarchamiento irregular y reduce la capacidad del serpentín.**

Lo que a continuación se presenta es información del funcionamiento del evaporador, relacionado con el diferencial de temperatura (DT), el flujo del aire y sus efectos sobre su funcionamiento. Este artículo amplía lo discutido anteriormente sobre el flujo de refrigerante, y su relación con el funcionamiento y capacidad del evaporador.

Para mejorar el funcionamiento del evaporador se requiere de un balance y dimensionamiento adecuado de los componentes. Después de todo, actualmente la refrigeración de un sistema toma lugar en el serpentín del evaporador. Así que una planeación y un diagnóstico adecuado de las características del flujo de refrigerante, mejorará ampliamente el funcionamiento del sistema y reducirán los problemas del mantenimiento.

Para obtener una capacidad completa del serpentín, los tubos del serpentín del evaporador deben ser alimentados regularmente con la misma cantidad de refrigerante. Cuando el refrigerante sale del serpentín éste debe ser vapor sobrecalentado. Idealmente, el sobrecalentamiento estable debe ser bajo. Cuando el sobrecalentamiento es bajo porque se alimenta más refrigerante al serpentín, y por lo tanto más calor es retirado. En un circuito simple de un sistema el cual tiene una entrada y una salida, alimentar el serpentín es regular y relativamente simple. En serpentines grandes sin embargo es mucho más difícil utilizar efectivamente toda la superficie del serpentín. Se requiere de circuitos múltiples para minimizar la caída de presión a través del serpentín. Excesiva caída de

presión en el serpentín lleva por si misma una presión de succión baja hacia el compresor y consecuentemente una baja capacidad para el sistema. Pero se requiere una caída de presión desde el lado de alta hasta el lado de baja para iniciar el proceso de refrigeración. Esta caída de presión ocurre en la Válvula de Expansión Termostática (VET) y el distribuidor del refrigerante.

## Los Efectos de la Presión y el Uso de las Espreas

Como el refrigerante líquido de alta presión pasa a través de la VET, éste está expuesto a la baja presión del evaporador la cual es generada por el compresor. Esta exposición ocasiona que el refrigerante comience a "flashear" esto es a cambiar el líquido de alta presión a una mezcla líquido-gas de baja presión. Esta mezcla saliendo contiene líquido pesado en el fondo y vapor ligero en la parte superior. Con el propósito de alimentar adecuadamente un serpentín multicircuitado, el refrigerante "flasheando" debe pasar a través del distribuidor. Además adicionalmente con las caídas de presión, el distribuidor genera turbulencia para mezclar el líquido y vapor el cual regularmente alimentara cada circuito. Esta última caída de presión a través del distribuidor y los tubos (alrededor de 35 psig. dentro de la alta presión de los refrigerantes) completa la disminución de presión del refrigerante requerida en el evaporador.

La caída de presión en los distribuidores de los evaporadores de Frigus Bohn requiere de espreas,

las cuales provocan la caída de presión y ayudan a la mezcla líquido/gas del refrigerante. La espuma también ayuda a asegurar que el refrigerante entrando al evaporador desde la válvula de expansión eventualmente sea distribuido a todos los circuitos. Normalmente dos (2) ó más espumas son empacadas con cada evaporador, una para (HCFC22) y una para los otros refrigerantes (HFC 404A, 507, etc.). Las espumas están dimensionadas para adaptarse a cierta temperatura del líquido para capacidades basadas en toneladas (ton). Si la temperatura del líquido cambia. La mayoría de las espumas son seleccionadas a temperaturas de líquido entre 80-100° F (26.7-37.8° C).

## El Líquido Sub-enfriado Afecta el Sobrecalentamiento

El subenfriamiento del líquido es normalmente el resultado de un excesivo intercambio de calor entre el líquido y la succión, o mediante un subenfriador mecánico común en un sistema rack de compresores. Otras causas de subenfriamiento son las prácticas pobres de las instalaciones como son aquellas largas líneas sin aislamiento, que están expuestas al exterior. A la temperatura de líquido de 50° F/10° C, la capacidad por libra de refrigerante circulado es más del doble debido al incremento de entalpía (contenido de calor) del líquido.

Este incremento de entalpía significa que se requiere menos refrigerante para obtener el mismo tonelaje con esa espuma. Entonces, un serpentín usando una espuma seleccionada para 80-100° F/26.7-37.8° C de temperatura del líquido en el sistema el cual actualmente suministra líquido a 50° F/10° C tendrá una espuma más grande. El uso de esta espuma más grande resultará como una alimentación pobre del circuito debido a la mínima caída de presión, provocando que algunos circuitos presenten más alimentación que otros. La alimentación de los circuitos con la mayor cantidad de refrigerante controlarán la operación de la válvula de expansión termostática (VET). Cuando solamente parte del serpentín esta siendo alimentado con la cantidad adecuada de refrigerante, se presenta una disminución apreciable de la temperatura en el serpentín (mayor DT, menor succión) lo que resulta como un escarchamiento irregular a través de la superficie del serpentín. El escarchamiento generalmente aparece como una banda a través de la

cara del serpentín y puede estar en la parte superior, en el fondo o a la mitad, dependiendo que circuitos están siendo alimentados por el refrigerante. La alimentación del serpentín puede ser medida tomando la temperatura del conector de los tubos del serpentín en el cabezal de succión saliendo del serpentín. Los tubos que están siendo alimentados correctamente deben estar dentro de una diferencia de 2° F/1.1° C uno del otro. El circuito más frío escarchará a la mayoría y de esta manera controla el sobrecalentamiento de la VET, resultando como una pérdida de capacidad del serpentín.

Para corregir esta condición, se debe cambiar la espuma del distribuidor a una más pequeña. En algunos casos, los tubos del distribuidor requieren ser cambiados para obtener la caída de presión necesaria y alimentar una cantidad de refrigerante proporcional a los circuitos individuales. Esto es difícil y puede prevenirse si la temperatura del líquido y el DT son establecidos al iniciar la operación.

## El Sobre Calentamiento Estable

Si hay una caída de presión adecuada a través de la espuma y los tubos del distribuidor, entonces la VET puede ser ajustada para trabajar con un sobrecalentamiento estable.

El sobrecalentamiento estable se presenta cuando la VET mantiene una variación no mayor a + -2° F/+ -1.1° C a la salida del evaporador. Los serpentines de expansión directa (ED), por otro lado, son diseñados de tal manera que el refrigerante saliendo es un gas sobre calentado (seco), de manera opuesta a la mezcla líquido/gas saturada (húmeda). Como regla general, la mayoría de los sistemas de baja temperatura (35° F/1.7° C) trabajan de 8 a 10° F/4.4 a 5.5° C de sobrecalentamiento y los sistemas de baja temperatura (-10° F/-23.3° C) trabajan con un sobrecalentamiento de 4 a 6° F/2.2 a 3.3° C.

Por lo que el sobrecalentamiento puede ser estimado mediante la medición típica de la temperatura a la entrada del tubo del evaporador y la temperatura correspondiente del cabezal del tubo de succión del mismo circuito. La diferencia entre estos dos puntos es el sobrecalentamiento aproximado en el circuito. Estos sobrecalentamientos son en principio los deseados "normales" para un sistema típico. Sin

embargo, muchos sistemas no pueden generar estos niveles de sobrecalentamiento en un funcionamiento normal. Si hay un sobrecalentamiento considerable que se agrega en la línea de succión, entonces un sobrecalentamiento menor puede estar disponible para el serpentín. Esto permite que más refrigerante sea alimentado al serpentín el cual incrementa la presión de succión y la capacidad del sistema. Mientras un sobrecalentamiento bajo es deseado para un funcionamiento máximo del serpentín, un sobrecalentamiento mayor del refrigerante es el requerido en el compresor. Copeland recomienda un mínimo de 20° F/11.1° C de sobrecalentamiento estable en el compresor. Nuestra experiencia a demostrado que para sistemas al exterior, con un sobrecalentamiento de 30° F/16.6° C el enfriamiento en el compresor permite que trabaje mejor y elimina los disparos del control de seguridad de aceite.

Sin embargo, cuando un sobrecalentamiento mínimo debe mantenerse en el serpentín mientras se adiciona suficiente calor en la línea de succión permitirá mantener al compresor seguro y trabajando. Esto es difícil en sistemas dobles con poca separación, es mejor aislar las líneas de succión para no agregar más calor en estas líneas. Con el objeto de proteger el compresor, el sobrecalentamiento debe ser adicionado en el evaporador. Se ha experimentado en demasiadas aplicaciones de refrigeración donde el sobrecalentamiento del serpentín debe ser de 15° F/ 8.3° C o mayor para mantener el compresor dentro del buen funcionamiento. En esta situación, la presión de succión y la capacidad del sistema están disminuidos, pero el compresor debe ser protegido de las condiciones de un sobrecalentamiento bajo. Para ayudar a incrementar el sobrecalentamiento y agregar calor al línea de succión, es conveniente retirar el aislamiento o agregar un intercambiador de calor en la línea de succión.

### Taponeo de las Válvulas de Expansión

Si un serpentín tiene el distribuidor y la VET escarchados, pero no existe otro escarchamiento, quiere decir que hay un flujo pequeño de refrigerante fluyendo a través del serpentín que resulta como un sobrecalentamiento elevado. Si el sobrecalentamiento no puede ser disminuido mediante la apertura de la VET, entonces la VET está posiblemente defectuosa, taponada, mal dimensionada, o la esprea dentro del distribuidor esta mal dimensionada.

Posiblemente defectuosa, taponada, mal dimensionada, o la esprea dentro del distribuidor está mal dimensionada.

### Usando los nuevos Polioléster

El uso de los nuevos refrigerantes HFC y de los nuevos aceites Polioléster han ocasionado un ligero taponéo a las VT. Los aceites poliolésters son muy buenos solventes y limpian la tubería cuando estos circulan por el sistema. Pero los contaminantes que se mantienen en la solución de condensado en la válvula de expansión VET, taponéan la apertura de la válvula. Las practicas correctas de las instalaciones en la refrigeración, deben incluir hacer pasar nitrógeno a través de las líneas cuando se solda, para minimizar estas obstrucciones.

Desde que los aceites POE han llegado a ser mas comunes también más llamadas de servicio “flujos menores” han hecho diagnóstico incorrectos, tales como defectos de las VET. Adicionalmente, muchas aplicaciones de altos DT utilizan evaporadores con espreas estándar que resultan en un flujo de refrigeración pobre.

### La Formación de Escarcha y los Serpentes con Amplio Espacio de Aletado.

La figura y la gráfica representan la acumulación de hielo y como afecta este la caída de presión del aire.

Los serpentines Frigus Bohn de amplio espacio del aletado, son diseñados para equipos de refrigeración de baja temperatura usados en aplicaciones tan ordinarias como son las unidades de conservación de comida, vistas en la tienda de abarrotes de la esquina. Los serpentines son diseñados para mantener temperaturas constantes, los cuales en funcionamiento permiten al equipo operar más eficientemente. Los serpentines de amplio espacio del aletado son también particularmente sensibles a los efectos de la escarcha.

La escarcha acumulada progresivamente sobre las aletas y la superficie del tubo del serpentín restringen el flujo de aire y afectan el proceso normal de refrigeración, la escarcha también reduce la capacidad de funcionamiento debido a que ésta provoca pérdidas por la necesidad de los frecuentes períodos de deshielo.

Se conoce demasiadas cuestiones acerca de la escarcha y como afecta ésta la operación del serpentín aletado en las condiciones de congelamiento:

- Inicialmente la acumulación de escarcha puede simular un incremento del funcionamiento, pero solo temporalmente. Este incremento es actualmente reinvertido agregando el efecto por aislamiento de la escarcha sobre las aletas y la superficie del serpentín. La conductividad térmica del aluminio (aletas) es 128 veces comparado con 1.4 veces del hielo.
- El porcentaje del crecimiento de la escarcha es relativa al tiempo y no aparenta ser influenciada por su acumulación progresiva.
- La densidad y el espesor de la escarcha determinan la resistencia térmica de la misma.
- La densidad de la escarcha se incrementa dentro de un período de tiempo provocando una disminución en la caída de la temperatura del aire.

Relacionando los factores mencionados con el crecimiento de la escarcha en materia del tiempo, indican que el funcionamiento del serpentín es deficiente.

La necesidad de controlar el deshielo del serpentín es importante. Mientras que un trailer refrigerado sobre su ruta puede ser deshielado en cualquier momento y tan frecuente como lo es cada dos horas. Los supermercados refrigerados presentan el caso donde los serpentines son normalmente deshielados una vez por día a la media noche. Es entendible que la tienda no requiere casos refrigerados para deshielar en una tarde de un sábado caliente. Los clientes de la tienda percibirían que hubo un problema por el aire caliente que esta circulando en el congelador, la puerta de cristal sería empañada y además la tienda tendría que pagar porcentajes picos de electricidad cuando la demanda es alta. Muchos en nuestra industria piensan que la acumulación de escarcha sobre la superficie de las aletas y tubos es inevitable.

Todavía existen instancias donde las condiciones de operación y las instalaciones requieren más creatividad o aplicaciones complejas de equipos para alcanzar el funcionamiento óptimo.

Por ejemplo, la División de Serpentines de Heatcraft-Frigus Bohn recientemente concluyó la producción de una serie de serpentines grandes de enfriamiento por aire, diseñados para enfriar una gran cámara de prueba de aeronaves a-66<sup>o</sup> F/-54.4<sup>o</sup> C. La cámara será instalada en la Base de la Fuerza Aérea de ELGIN.

El funcionamiento de los serpentines fue medido y la acumulación de escarcha fue visualmente observada y video grabada durante la prueba de un prototipo a escala en el laboratorio de Heatcraft-Frigus Bohn localizado en Grenada, Mississippi.

En la aplicación de la cámara de aire, el diseño se caracteriza por el aletado en etapas y el flujo de aire constante para reducir el crecimiento de la escarcha y la disminución del funcionamiento, siempre y cuando sea posible. Los serpentines aletados por etapas tienen menos aletas por pulgadas sobre el lado donde entra el aire, que el lado por donde sale. Debido a la incidencia de la humedad en mayor proporción sobre las aletas de amplio espacio del aletado, un paso adecuado para el flujo de aire se mantuvo durante un período largo de tiempo. Con la profundidad y paso adecuado de las aletas del serpentín, el tiempo de operación entre el deshielo es incrementado alrededor de un 50% y la temperatura del aire saliendo permanece constante hacia arriba durante el tiempo del deshielo.

De una manera interesante, una velocidad variable del ventilador fue usada para reducir los requerimientos de deshielo que se presentaron en esta aplicación especial. Debido al flujo de aire que se mantuvo, la transferencia de calor global se incrementó con la acumulación de escarcha. Otras dos ideas de importancia son:

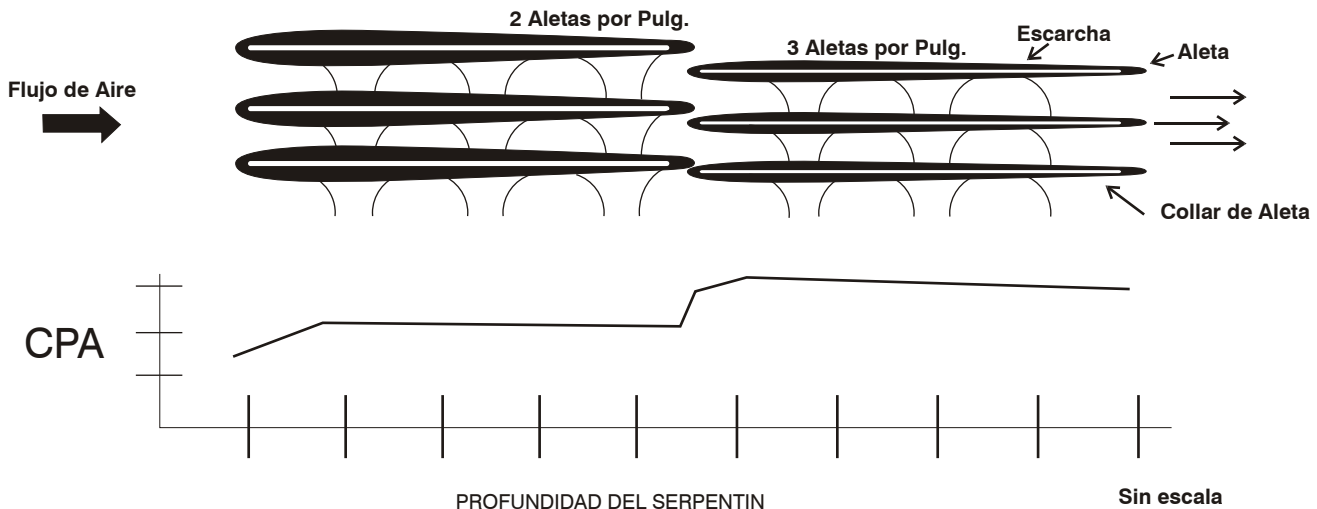
- Como resultado de la velocidad del aire ésta se incrementa debido a la disminución en el paso de aire a través del serpentín, el escarchamiento del aletado incrementa el coeficiente de conductividad de transferencia de calor por el lado de aire (factor U).
- La formación de escarcha adiciona una cantidad suficiente de área de superficie (valor A) hacia el aletado y las superficies del tubo.



Con el flujo constante de aire, la conductividad térmica de la escarcha resulta tener una pequeña influencia sobre el intercambio de calor del serpentín, mientras que el UA se incrementa con el tiempo y la acumulación de escarcha para una duración substancial, así de esta manera se retrasa el deshielo.

Lo cual nos lleva de regreso al porqué los serpentines de enfriamiento de baja temperatura en congeladores no pueden ser dehielados simplemente dentro de una

simplemente dentro de una base sencilla. La aplicación y el ambiente deben ser tomados en consideración. Mantener correctamente la temperatura de congelación de la comida por largos períodos de tiempo son muy importantes para la salud y la seguridad del consumidor. Y nuestros clientes quieren sus equipos con procedimientos probados para operarlos tan seguros como sea posible.



El dibujo la gráfica muestran la acumulación de hielo y su efecto sobre la caída de presión del aire.

**NOTA:** CPA = Caída de presión del aire

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN PERMISO DE FRIGUS BOHN.

**FRIGUS BOHN, S.A. DE C.V.**



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

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