



A R T I C U L O S

IMPORTANCIA DEL SUBENFRIAMIENTO DE LÍQUIDO

Se define como Subenfriamiento de Líquido en un sistema, al valor de temperatura (°F ó °C) de un refrigerante en estado líquido al quitarle calor sensible a partir de su punto de 100 % de saturación. Empieza dentro del Condensador con líquido 100 % saturado, hasta el Dispositivo de Control de Líquido. Ver Fig 1.

Subenfriamiento

- Se Remueve Calor del refrigerante Líquido, que Causa que su Temperatura Disminuya Abajo de su Temperatura de Saturación
- La Tabla P/T no se aplica, la temperatura se disminuye sin disminuir su presión.

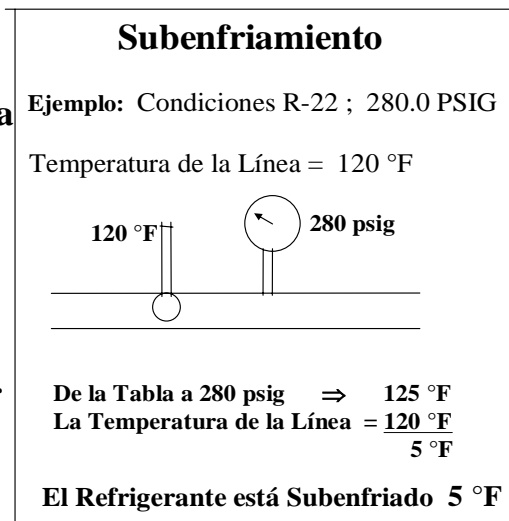


Fig # 1.

Una vez que el vapor saturado dentro del Condensador comienza a cambiar de fase a líquido saturado, el subenfriamiento empieza a ocurrir y calor sensible se rechaza, Recordar que Calor Sensible es calor que causa un cambio de temperatura, por lo que una disminución en temperatura de líquido saturado en el condensador se considera subenfriamiento

Consideraremos dos tipos de Subenfriamientos A.- Subenfriamiento en el Condensador, y B.- Subenfriamiento total.

SUBENFRIAMIENTO EN EL CONDENSADOR. El subenfriamiento del líquido dentro del condensador, puede ser determinado mediante la diferencia de temperatura de condensado, y la del líquido a la salida del condensador. Cuando el refrigerante es subenfriado no tiene pérdida en su presión de vapor, por lo que tabla (para cada refrigerante en particular) de la relación P/T presión y temperatura, no es aplicable, ver Fig. # 1. La temperatura de líquido a la salida del condensador debe ser medida mediante un termistor, ó un termocople para obtener una buena precisión. Por otro lado la temperatura de condensado debe ser obtenida mediante la medición con un manómetro la presión de condensado del sistema de refrigeración, y con este valor de presión determinar la temperatura en la tabla P/T, ya que en condición de saturación existe la relación P/T presión y temperatura.

Ejemplo # 1

Determinar el subenfriamiento en el condensador si la presión de descarga es 211.0 psig y la temperatura del refrigerante tomada con termistor en el tubo de salida del condensador es 95.0 °F (35.0 °C) (despreciar la caída de presión en el condensador).

De la Tabla del refrigerante R-22, a 211.0 psig corresponde una temperatura de condensación de saturación de 105 °F por lo tanto.



A R T I C U L O S

Temp de condensado	= 105 °F
Temp. de salida del condensador	= 95 °F
Subenfriamiento en el condensador	10 °F

EL SUBENFRIAMIENTO TOTAL: Abarca desde el subenfriamiento del condensador con 100 % líquido saturado hasta el dispositivo del control de líquido del sistema (válvula de expansión, tubo capilar, etc.), esto significa que el subenfriamiento total se incluye el del condensador, y el de cualquier otro subenfriamiento que tenga lugar después de este, se puede subenfriar en el recibidor, en el filtro secador, tubería o línea de líquido, etc. hasta el dispositivo de control de líquido.

En el caso de tubo capilar como elemento para la regulación del flujo de líquido en el sistema, su funcionamiento es complejo y depende del subenfriamiento de líquido en su entrada, el subenfriamiento continua a todo lo largo del tubo capilar, por simplificación se supone que el subenfriamiento termina a la entrada del tubo, en servicio es muy difícil medir la temperatura a la salida del tubo. El cálculo del Subenfriamiento Total se hace restando la temperatura a la entrada del elemento regulador de flujo de la temperatura de condensado (de saturación)

Ejemplo # 2

Cual es el subenfriamiento total, si la presión de descarga en un sistema con refrigerante R-22 es 226.0 psig, y la temperatura del refrigerante tomada con termistor o termopar en la entrada de una válvula de expansión es de 90.0 °F.

De la Tabla del refrigerante R-22, a 226.0 psig corresponde una temperatura de condensación de saturación de 110 °F.

Por lo tanto	Temp de condensado	= 110 °F
	Temp. entrada en la válvula de expansión	= 90 °F
	Subenfriamiento Total	20 °F

NOTA: Cuando se mida la temperatura a la entrada de una TXV, colocar en el tubo de líquido el termómetro o termocople de 5 a 8 cm. de ella y aislar el sensor de cualquier ganancia de calor ambiental.

El subenfriamiento en el condensador nos asegura la existencia de líquido en la parte baja a la salida del condensador, en tal forma que el recibidor o la línea de líquido no se alimenten con vapor refrigerante. Esta situación también prevé que los gases no condensables salgan del condensador. Este subenfriamiento en conjunción con la presión de descarga en el condensador nos indica la cantidad de carga de refrigerante en el sistema (el fabricante del condensador deberá indicar el grado de subenfriamiento permisible, cuando un sistema de refrigeración o aire acondicionado se carga de refrigerante bajo este procedimiento) Un alto grado de subenfriamiento en el condensador indica que está inundado de refrigerante, su area efectiva de de disipación de calor se reduce y su presión será alta, con la consecuente perdida de capacidad del sistema (un aumento del 10 % en la presión de descarga de un compresor, causa un detrimento en su capacidad aproximadamente de un 10 %, con una baja en consumo potencia de solo un 7 %, por lo que también baja la eficiencia).

Si se tuviera un sistema con un exceso de refrigerante. en el que se requiriera un enfriamiento de X Btu, este exceso se alojaría en la descarga en el condensador (o recibidor), a su vez este exceso disminuiría el área de disipación de calor del condensador, disminuyendo su capacidad, por lo que para enfriar los X Btu se requeriría mas tiempo de operación del compresor que nos costaría \$ pesos, mas la ineficiencia con un mayor consumo eléctrico otros \$ pesos.

El subenfriamiento en el condensador nos determina con precisión la carga correcta de refrigerante en un sistema. Cero subenfriamiento en el condensador nos indica que al sistema le falta refrigerante, y se formaran burbujas de vapor en la línea de líquido. Un subenfriamiento elevado en el condensador nos causa altas pérdidas económicas y costos de operación (y elevación de la presión de descarga).

Es necesario tomar en cuenta que cuando la temperatura ambiente sube, el valor del subenfriamiento en el condensador baja. (en el extremo pudiéndose quedar sin refrigerante líquido) Y viceversa cuando la temperatura ambiente baja el valor del subenfriamiento sube (existiendo mayor cantidad de líquido en el condensador).

La caída de presión en la línea de líquido es causada por cualquier elemento restrictivo, incluyendo filtros secadores, válvulas, mirillas, líneas estranguladas, curvas torcidas, etc. También caídas de presión debido a longitud de la tubería, tuberías verticales para subir el refrigerante, pendientes incorrectas, etc. Entre mayor sea la longitud, y mayor el número de codos y curvaturas en la línea de líquido, mayor es la caída de presión. Si no hubiese subenfriamiento, el líquido saturado del condensador pasaría a través de estas caídas de presión, tendería a establecer una más baja temperatura de saturación de acuerdo a su menor presión, liberando su calor sensible, ocasionando la transformación del refrigerante líquido saturado a vapor.

En otras palabras al bajar la presión del líquido saturado, inmediatamente se evapora, el calor necesario para esta evaporación es tomado del líquido el cual baja su temperatura a su nueva condición de saturación. Esta situación se refiere a Enfriamiento Adiabático ya que no hay una ganancia de energía en el líquido, ya que la energía para evaporar el líquido proviene del mismo líquido...

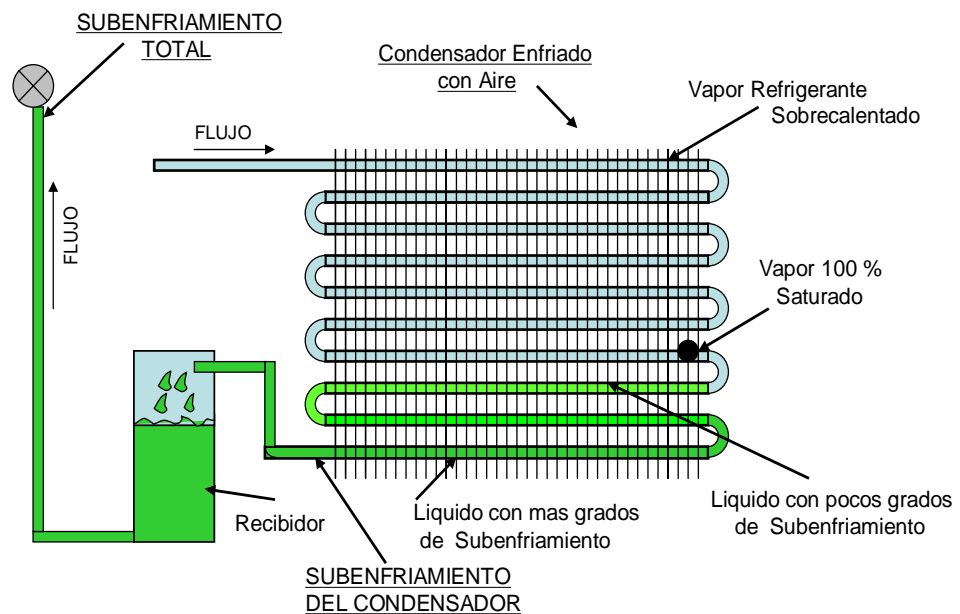


Fig. # 2

Siempre que líquido saturado pasé a través de una caída de presión en la línea de líquido, se evaporará instantáneamente y en consecuencia causará un detrimento en el funcionamiento del sistema. Los dispositivos para la regulación del flujo de líquido en el sistema experimentan en su entrada una mezcla de líquido y vapor en vez de líquido solamente. La mezcla líquido – vapor del refrigerante disminuye la capacidad del sistema, además de un funcionamiento errático.

La Caída de Presión se debe a dos situaciones:

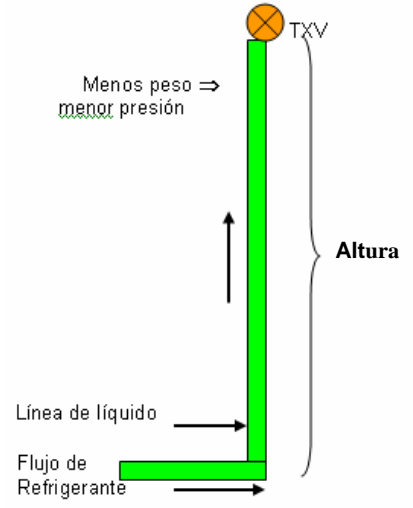
La caída de presión debido a la Fricción en los diferentes elementos tales como: longitud y diámetro de tuberías, filtros, secadores, codos, curvas, restricciones, etc. esta pérdida de presión o de carga se estima de acuerdo a la siguiente relación

$$H \propto f l/d \times v^2 / 2g$$

es proporcional a la longitud "l" de la tubería, inversamente a su diámetro "d", y proporcional a la velocidad promedio del refrigerante "v" al cuadrado. La pérdida de energía del fluido debido a estas fricciones causa la pérdida de presión, que origina la ebullición instantánea del refrigerante. Tamaños adecuados de tuberías, filtros limpios que no estén tapados, accesorios sin obstrucciones, disminuyen las caídas de presión. .

Caída de Presión Estática Ocurre cuando el refrigerante en la tubería tiene que ascender a una altura determinada

Supongamos se tiene un sistema operando con refrigerante R-22 con una temperatura de condensado de 105 °F (40.5 °C), que le corresponde una presión de 210.75 psig, Su densidad = 70.472 lb/ft³ (1.131 gr./cm³). Esto es equivalente a una pérdida de presión de 0.489 psi por cada pie de altura. Si se tuviese una altura 20 ft. (6.1 m.), se tendría una pérdida de presión de 10 psi., que en términos de subenfriamiento significarían una disminución de 4 °F (2.22 °C). Si en la parte inferior del tubo se tuviese un subenfriamiento de 4 °F, en su parte superior el refrigerante estaría en ebullición, convirtiéndose en vapor, causando la falta de operación de la válvula de expansión y del sistema



Refrigerante	Altura Vertical (ft)				
	20	40	60	80	100
R-22	10	20	30	40	50
R134a	11	22	33	44	55

Fig. 3

Lo anterior nos muestra la importancia de tener un grado de subenfriamiento de un valor tal que nos asegure líquido subenfriado en el dispositivos para la regulación del flujo de líquido del sistema (válvula de expansión, tubo capilar, etc). El grado de subenfriamiento en el condensador no debe excederse a un valor tal que se inunde de refrigerante el condensador, con el consecuente aumento de presión, la pérdida de capacidad (Btu/h), y pérdida de eficiencia del sistema, por lo que la carga de refrigerante del sistema debe controlarse y medirse correctamente para no tener los problemas mencionados. La utilización de un intercambiador de calor de Emerson Climate Technologies "ALLS Series Liquid Line Stabilizer" funciona para asegurar un flujo consistente de refrigerante líquido en la válvula de expansión o dispositivo de control que se use .

Es deseable tener un valor positivo de subenfriamiento total en la entrada del dispositivo de medición de flujo, ya que por cada grado de aumento de temperatura se tiene también un aumento en la capacidad y eficiencia del sistema de enfriamiento. La fórmula para determinar el aumento de capacidad en el evaporador de un sistema, es

$$Q'_A \times F_A \times \Delta t + Q'_A = Q_A$$

donde Q'_A = Btu /h a cero grados de subenfriamiento

F_A = Factor de aplicación, Alta Temp = 0.009; Media Temp = .0007; Baja Temp = 0.006

Δt = Grado de subenfriamiento en °F a la entrada de dispositivo de control

Q_A = Btu /h con el subenfriamiento deseado

Nota: La demostración de esta fórmula se presenta en otro reporte técnico

Ejemplo # 3:

Se tiene un sistema de refrigeración de 63500 Btu/h en alta temperatura y cero grados de subenfriamiento. ¿Cuál sería la capacidad de refrigeración con 8 °F de subenfriamiento?

Aplicando la fórmula = 63500.0 x 0.009 x 8 + 63500 = 68072 Btu/h

Por Ing. Javier Ortega C
21 de febrero de 2005.