

TEMPERATURA		REFRIGERANTE						TEMPERATURA		REFRIGERANTE						TEMPERATURA		REFRIGERANTE					
°F		12	22	134a	502	404A	410A	°F		12	22	134a	502	404A	410A	°F		12	22	134a	502	404A	410A
-60	19.0	12.0		7.2	6.6	0.3		12	15.8	34.7	13.2	43.2	46.2	65.3		42	38.8	71.4	37.0	83.8	89.7	122.9	
-55	17.3	9.2		3.8	3.1	2.6		13	16.4	35.7	13.8	44.3	47.4	66.8		43	39.8	73.0	38.0	85.4	91.5	125.2	
-50	15.4	6.2		0.2	0.8	5.0		14	17.1	36.7	14.4	45.4	48.6	68.4		44	40.7	74.5	39.0	87.0	93.3	127.6	
-45	13.3	2.7		1.9	2.5	7.8		15	17.7	37.7	15.1	46.5	49.8	70.0		45	41.7	76.0	40.1	88.7	95.1	130.0	
-40	11.0	0.5	14.7	4.1	4.8	9.8		16	18.4	38.7	15.7	47.7	51.0	71.6		46	42.6	77.6	41.1	90.4	97.0	132.4	
-35	8.4	2.6	12.4	6.5	7.4	14.2		17	19.0	39.8	16.4	48.8	52.3	73.2		47	43.6	79.2	42.2	92.1	98.8	134.9	
-30	5.5	4.9	9.7	9.2	10.2	17.9		18	19.7	40.8	17.1	50.0	53.5	75.0		48	44.6	80.8	43.3	93.9	100.7	136.4	
-25	2.3	7.4	6.8	12.1	13.3	21.9		19	20.4	41.9	17.7	51.2	54.8	76.7		49	45.7	82.4	44.4	95.6	102.6	139.9	
-20	0.6	10.1	3.6	15.3	16.7	26.4		20	21.0	43.0	18.4	52.4	56.1	78.4		50	46.7	84.0	45.5	97.4	104.5	142.5	
-18	1.3	11.3	2.2	16.7	18.2	28.2		21	21.7	44.1	19.2	53.7	57.4	80.1		55	52.0	92.6	51.3	106.6	114.6	156.0	
-16	2.0	12.5	0.7	18.1	19.6	30.2		22	22.4	45.3	19.9	54.9	58.8	81.9		60	57.7	101.6	57.3	116.4	125.2	170.0	
-14	2.8	13.8	0.3	19.5	21.1	32.2		23	23.2	46.4	20.6	56.2	60.1	83.7		65	63.8	111.2	64.1	126.7	136.5	185.0	
-12	3.6	15.1	1.2	21.0	22.7	34.3		24	23.9	47.6	21.4	57.5	61.5	85.5		70	70.2	121.4	71.2	137.6	148.5	200.8	
-10	4.5	16.5	2.0	22.6	24.3	36.4		25	24.6	48.8	22.0	58.8	62.9	87.3		75	77.0	132.2	78.7	149.1	161.1	217.6	
-8	5.4	17.9	2.8	24.2	26.0	38.7		26	25.4	49.9	22.9	60.1	64.3	90.2		80	84.2	143.6	86.8	161.2	174.5	235.4	
-6	6.3	19.3	3.7	25.8	27.8	40.9		27	26.1	51.2	23.7	61.5	65.8	91.1		85	91.8	155.7	95.3	174.0	188.6	254.2	
-4	7.2	20.8	4.6	27.5	30.0	42.3		28	26.9	52.4	24.5	62.8	67.2	93.0		90	99.8	168.4	104.4	187.4	203.5	274.1	
-2	8.2	22.4	5.5	29.3	31.4	45.8		29	27.7	53.6	25.3	64.2	68.7	95.0		95	108.2	181.8	114.0	201.4	219.2	295.0	
0	9.2	24.0	6.5	31.1	33.3	48.3		30	28.4	54.9	26.1	65.6	70.2	97.0		100	117.2	195.9	124.2	216.2	235.7	317.1	
1	9.7	24.8	7.0	32.0	37.3	49.6		31	29.2	56.2	26.9	67.0	71.7	99.0		105	126.6	210.8	135.0	231.7	253.1	340.3	
2	10.2	25.6	7.5	32.9	35.3	50.9		32	30.1	57.5	27.8	68.4	73.2	101.0		110	136.4	226.4	146.4	247.9	271.4	364.8	
3	10.7	26.4	8.0	33.9	36.4	52.3		33	30.9	58.8	28.7	69.9	74.8	103.1		115	146.8	242.7	158.5	264.9	290.6	390.5	
4	11.2	27.3	8.6	34.9	37.4	53.6		34	31.7	60.1	29.5	71.3	76.4	105.1		120	157.6	259.9	171.2	282.7	310.7	417.4	
5	11.8	28.2	9.1	35.8	38.4	55.0		35	32.6	61.5	30.4	72.8	78.0	107.3		125	169.1	277.9	184.6	301.4	331.8	445.8	
6	12.3	29.1	9.7	36.8	39.5	56.4		36	33.4	62.8	31.3	74.3	79.6	108.4		130	181.0	296.8	198.7	320.8	354.0	475.4	
7	12.9	30.0	10.2	37.9	40.6	57.8		37	34.3	64.2	32.2	75.8	81.2	111.6		135	193.5	316.6	213.5	341.2	377.1	506.5	
8	13.5	30.9	10.8	38.9	41.7	59.3		38	35.2	65.6	33.2	77.4	82.9	113.8		140	206.6	337.2	229.1	362.6	401.4	539.1	
9	14.0	31.8	11.4	39.9	42.8	60.7		39	36.1	67.1	34.1	79.0	84.6	116.0		145	220.3	358.9	245.5	385.9	426.8	573.2	
10	14.6	32.8	11.9	41.0	43.9	62.2		40	37.0	68.5	35.1	80.5	86.3	118.3		150	234.6	381.5	262.7	408.4	453.3	608.9	
11	15.2	33.7	12.5	42.1	45.0	63.7		41	37.9	70.0	36.0	82.1	88.0	120.5		155	249.5	405.1	280.7	432.9	479.8	616.2	

VACÍO (in. Hg): NÚMEROS EN COLOR ROJO
PRESIÓN MANOMÉTRICA (psig): NÚMEROS EN NEGRITAS

Figura 21-5 Tabla de relación presión/temperatura en mm Hg de vacío o psig. Las presiones para P-404A y B-410 son una presión promedio de líquido y vapor.

Cuando el evaporador opera a estas temperaturas tan bajas remueve el calor latente y el sensible del refrigerador. Cuando trabaja a 20 °F, como en el ejemplo anterior, el evaporador juntará humedad del aire en el enfriador, es decir, calor latente. La eliminación del calor sensible reduce la temperatura de los alimentos.

21.4 EBULLICIÓN Y CONDENSACIÓN

Hay dos factores importantes para comprender la refrigeración son: (1) la temperatura de ebullición y (2) la temperatura de condensación. La temperatura de ebullición y su relación con el sistema tienen lugar en el evaporador. La temperatura de condensación, por su parte, se lleva a cabo en el condensador y se analiza en la siguiente unidad.

Estas temperaturas se pueden seguir utilizando la tabla de presiones y temperaturas, en combinación con un conjunto de manómetros de refrigeración, **figura 21-5** y la **figura 21-6**.

21.5 EL EVAPADOR Y LA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN

La **temperatura de ebullición** de un líquido refrigerante es la que determina la temperatura de funcionamiento del serpentín. En un sistema de aire acondicionado, un serpentín de un evaporador a 40 °F, por el que pasara aire a 75 °F, produciría las condiciones adecuadas para el acondicionamiento de aire o la refrigeración a temperatura alta. La ebullición se suele asociar con temperaturas altas y el agua. En la unidad 3, “Refrigeración y refrigerantes”, analizamos el hecho de que el agua hierve a 212 °F a presión atmosférica. También explicamos que el agua puede hervir a otras temperaturas, dependiendo de la presión. Cuando la presión se re-

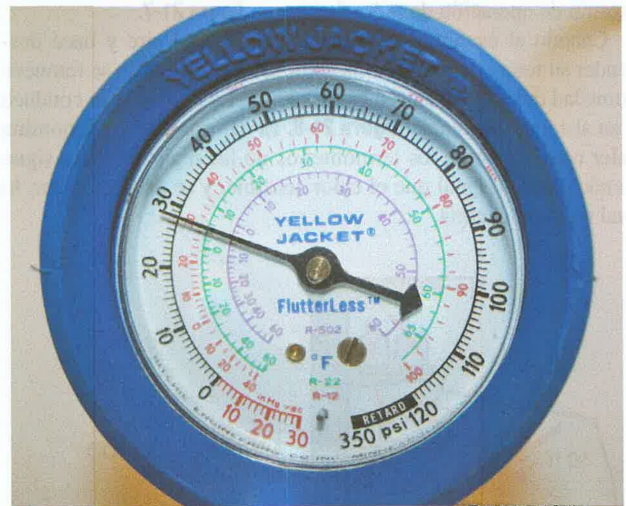


Figura 21-6 Muchos manómetros tienen relaciones temperatura/presión impresas en ellos. Fotografía de John Tomczyk

duce, el agua hervirá a 40 °F. Esto también es ebullición, ya que el agua pasa de estado líquido a gaseoso. En un sistema de refrigeración, el refrigerante puede hervir a 20 °F absorbiendo calor de los alimentos que se encuentran a 35 °F.

Los técnicos de mantenimiento deben poder determinar cuáles son las temperaturas y las presiones de funcionamiento correctas para los distintos sistemas a los que se esté dando servicio en diferentes condiciones de carga. Buena parte de este conocimiento

proviene de la experiencia. Cuando se vean las lecturas en los termómetros y manómetros, se deben evaluar éstas, ya que puede haber tantas lecturas diferentes como condiciones cambiantes.

Por fortuna existen directrices que pueden ayudar a los técnicos a saber cuáles son las escalas de temperaturas y presiones a las que debería trabajar el equipo. Hay relaciones en cada sistema entre la temperatura del aire entrante y la del evaporador. Estas relaciones son muy similares de una instalación a otra.

21.6 ELIMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Deshumidificar el aire significa remover la humedad, lo cual es algo que con frecuencia es necesario en los sistemas de refrigeración. El proceso de eliminación de la humedad es muy similar de un sistema de refrigeración a otro. Si el técnico conoce esta relación le puede ayudar para saber las condiciones que tiene que buscar. La carga en el serpentín se elevará o descenderá correspondientemente, según suba o baje la temperatura del aire de retorno. Si el aire de retorno que hay en el compartimento es más caliente, también tendrá más humedad, lo que aumentará el nivel de carga del serpentín. Si el refrigerador está caliente debido a que se haya introducido un alimento en él, el serpentín tendrá que eliminar más calor, porque tiene más carga. Sería algo parecido a hervir agua en una cacerola abierta en una estufa. El agua hierve a una cierta tasa cuando el quemador se encuentra a media potencia y a una tasa mayor cuando está a toda potencia. La presión de ebullición del agua hirviendo se mantendrá igual en el agua hirviendo en una cacerola dado que ésta abierta a la atmósfera. Cuando este mismo proceso tiene lugar en un serpentín cerrado, la presión se eleva a medida que va aumentando la tasa de la ebullición. Esto hace que suba la presión de operación de todo el sistema, **figura 21-7**.

Cuando el evaporador remueve el calor del aire y hace descender su temperatura, elimina calor sensible. Cuando se remueve humedad del aire, se extrae calor latente. La humedad se conduce a un sistema de drenaje, **figura 21-8**. El calor latente se denomina calor oculto, porque los termómetros no los registran, pero sigue siendo calor, al igual que el calor sensible, y se debe eliminar, lo cual requiere energía.

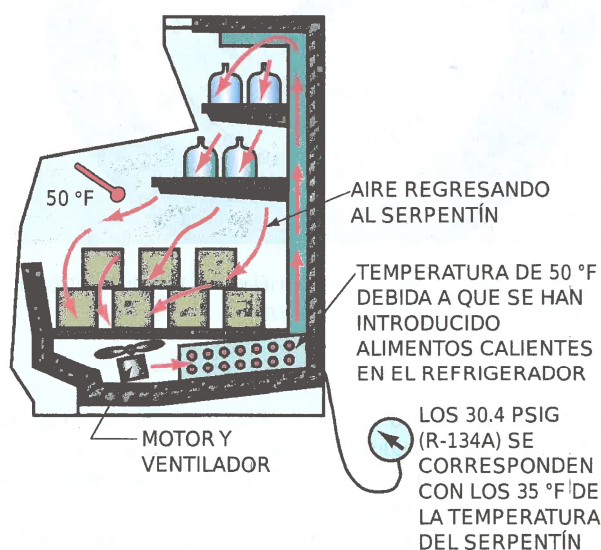


Figura 21-7 Relación de temperatura entre el serpentín y el aire en condiciones de carga del serpentín mayores.



Figura 21-8 El serpentín de enfriamiento condensa la humedad del aire.

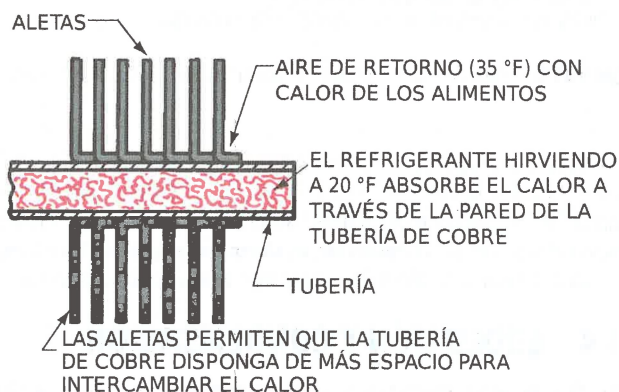


Figura 21-9 Relación del intercambio de calor entre el aire y el refrigerante.

El evaporador de refrigeración es un componente que absorbe calor del espacio acondicionado hacia el sistema de refrigeración. El evaporador se puede considerar como una *esponja* del sistema. Es el responsable del intercambio de calor entre el espacio acondicionado y el refrigerante dentro del sistema. Algunos evaporadores absorben calor más eficientemente que otros. La **figura 21-9** ilustra este intercambio de calor entre el aire y el refrigerante.

21.7 CARACTERÍSTICAS DE INTERCAMBIO DE CALOR DEL EVAPADOR

Las condiciones que rigen la tasa de intercambio de calor son las siguientes:

1. El *material* del evaporador a través del cual se tiene que intercambiar el calor. Los evaporadores pueden ser de cobre, acero, latón, acero inoxidable o aluminio.

La corrosión es uno de los factores que determina el tipo de material utilizado. Por ejemplo, si hay que enfriar materiales ácidos, los serpentines de aluminio o cobre se corroerían. En este caso se podría utilizar un serpentín de acero inoxidable, pero este material no conduce tan bien el calor como el cobre. Algunos evaporadores incluso se recubren con una sustancia similar al plástico para proteger el metal subyacente de la herrumbre u oxidación. Esta aplicación a menudo se puede ver en restaurantes con enfriadores comerciales pequeños de temperatura media que conservan materiales para la preparación de ensaladas. Estos materiales son ácidos dado que con frecuencia tienen una base de vinagre para agregar sabor y prolongar su duración en el anaquel.

2. El **medio** con el cual se intercambia el calor. Un ejemplo sería cuando se pasa calor del aire al refrigerante. Los mejores intercambios de calor son los que tienen lugar entre dos líquidos como del agua a un refrigerante líquido. Esto se debe a que los líquidos son más densos que los vapores y usualmente tienen un calor específico mayor. Sin embargo, no siempre es muy práctico, porque con frecuencia hay que intercambiar calor entre el aire y vapor refrigerante. El intercambio de vapor a vapor es más lento que el de un líquido a otro, **figura 21-10**.
3. El **coeficiente de película**, que es la relación entre el medio que proporciona el calor y la superficie de intercambio de calor. El coeficiente de película está relacionado con la velocidad del medio que pasa por la superficie de intercambio. Cuando la velocidad es demasiado lenta, la película que se encuentra entre el medio y la superficie se convierte en un aislante y aminora el intercambio de calor. La velocidad mantiene la película a un mínimo, **figura 21-11**. La velocidad correcta la elige el propio fabricante.
4. La **diferencia de temperatura** entre los dos medios en los que tiene lugar el intercambio de calor. Entre mayor sea la diferencia de temperatura entre el serpentín del evaporador y el medio que cede el calor, más rápido será el intercambio de calor.

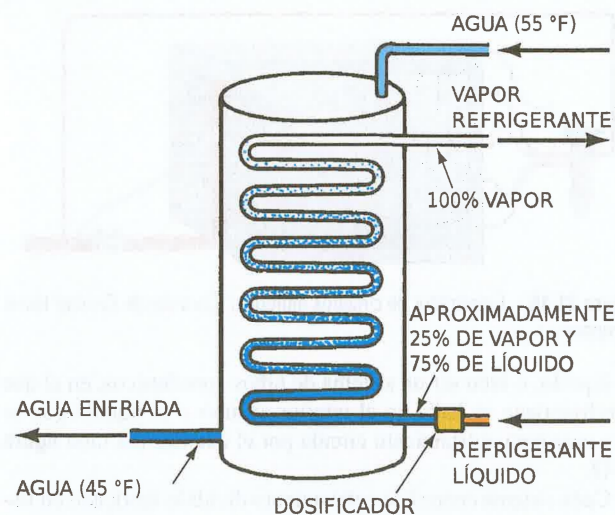


Figura 21-10 Relación de intercambio de calor entre un líquido en un intercambiador de calor y el refrigerante dentro del serpentín.

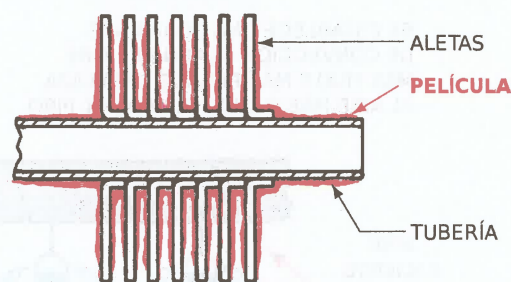


Figura 21-11 Uno de los factores disuasivos de un proceso normal de intercambio de calor. El coeficiente de película es la película de aire líquido que hay junto al tubo en el intercambiador de calor.

21.8 TIPOS DE EVAPORADORES

Existen numerosos tipos de evaporadores y cada uno de ellos tiene su propia función. Los primeros evaporadores para enfriar aire eran de tipo de convección natural. En realidad se trataba de evaporadores de tubos simples por los que circulaba el refrigerante, **figura 21-12**. Este evaporador se utilizaba en las primeras cámaras frigoríficas con acceso a su interior y se solía instalar arriba en el cielo raso. Se basaban en que el aire se enfriara y bajara hasta el suelo, estableciendo de esta manera una corriente natural de aire. El evaporador tenía que ser bastante grande para su aplicación particular, dado que la velocidad del aire que pasaba sobre el serpentín era muy lenta. En la actualidad aún se utiliza ocasionalmente.

La utilización de un ventilador para forzar o inducir aire sobre el serpentín mejoró el rendimiento del proceso de intercambio de calor. Esto implicaba que se podrían utilizar evaporadores más pequeños para realizar el mismo trabajo. Las tendencias en la industria siempre han sido hacia el diseño de equipos más pequeños y eficientes, **figura 21-13**.

La expansión de la superficie del evaporador a una superficie más grande que el propio tubo, da mayor eficiencia al intercambio de calor. El **evaporador estampado** es el resultado de los primeros diseños para crear una superficie del tubo más grande. El evaporador estampado está compuesto por dos piezas de metal estampado con la impresión de un pasaje de tubo, **figura 21-14**.

En la actualidad se utiliza un tubo con aletas, denominado **evaporador de tubo aletado**, más que cualquier otro tipo de sistema de intercambio de calor entre el aire y el refrigerante. Este intercambiador de calor es eficiente debido a que las aletas tienen buen contacto con el tubo que transporta el refrigerante. La **figura 21-15** muestra un ejemplo de un evaporador con aletas.

La configuración de múltiples circuitos mejora el rendimiento y la eficiencia del evaporador, ya que reduce la caída de presión en el interior del evaporador. Los tubos que hay en el interior del evaporador se pueden pulir, pero aún seguirán ofreciendo resistencia al flujo, tanto del refrigerante líquido como del vapor refrigerante. Entre más corto sea el evaporador, menos resistencia habrá al flujo. Los codos en "U" en los extremos del evaporador también causan una gran resistencia al flujo de refrigerante. Cuando un evaporador es muy largo, es habitual dividirlo y tender otro circuito en paralelo junto a él, **figura 21-16**.

El evaporador utilizado para enfriar líquidos o fabricar hielo se basa en los mismos principios que sirven para enfriar aire, pero su diseño es diferente. Puede estar sujeto a un lado de un cilindro con líquido en su interior, sumergido en un contenedor

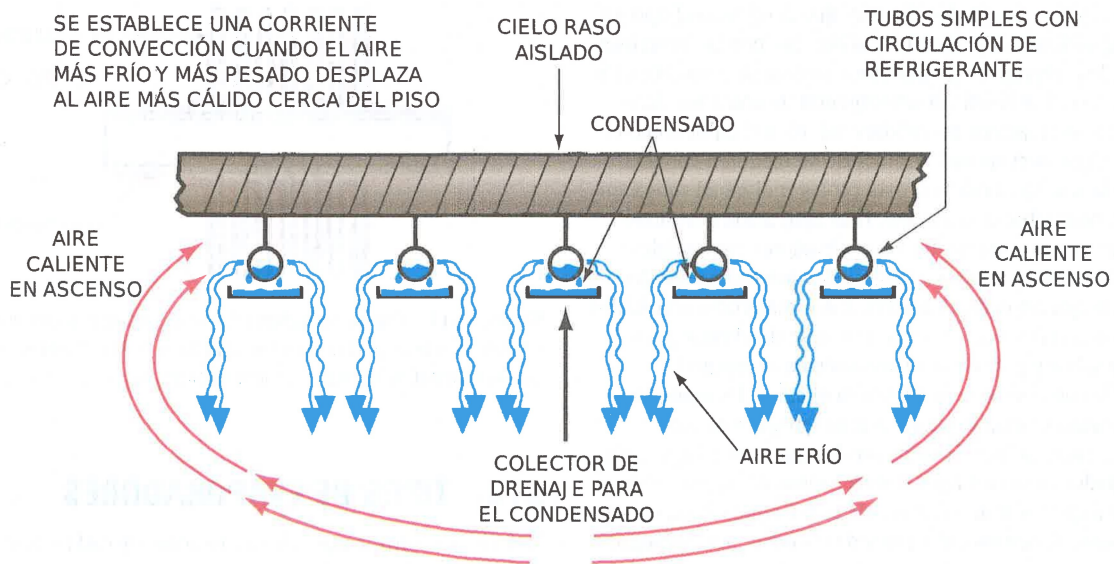


Figura 21-12 Evaporador de tubo simple.

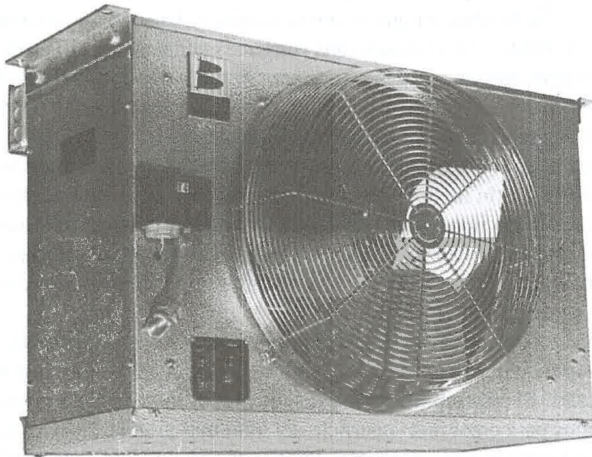


Figura 21-13 Evaporador de tiro forzado. *Cortesía de Bally Case and Cooler, Inc.*

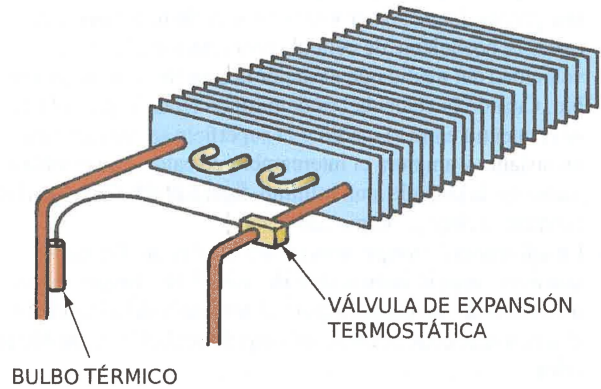


Figura 21-15 Evaporador de tubo aletado.

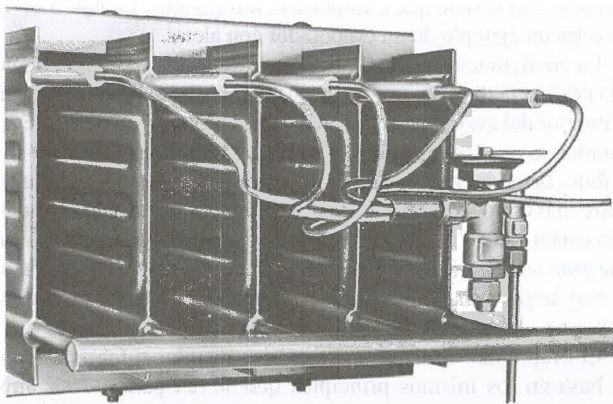


Figura 21-14 Evaporador estampado. *Cortesía de Sporlan Valve Company*

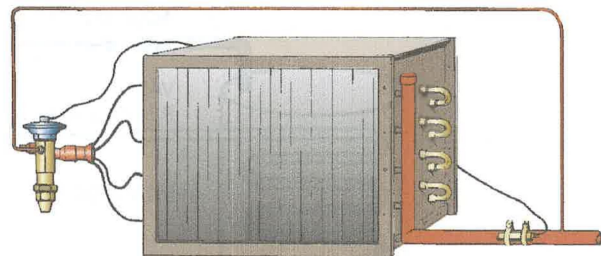
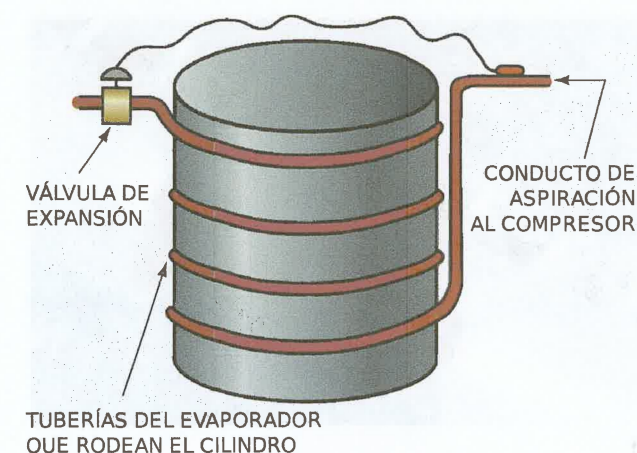


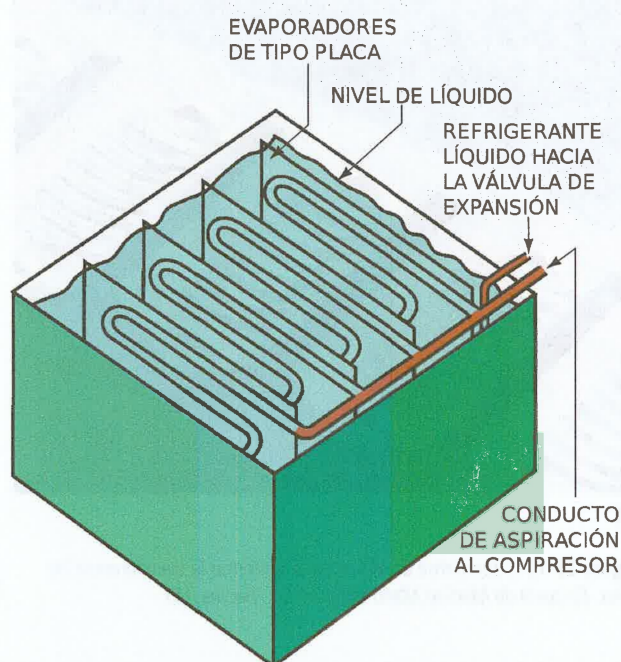
Figura 21-16 Evaporador de circuitos múltiples. *Cortesía de Sporlan Valve Company*

de líquido, o bien ser un sistema de tubos concéntricos, en el que el refrigerante se halla en el interior el tubo y el líquido que se va a usar para enfriamiento circula por el exterior del tubo **figura 21-17**.

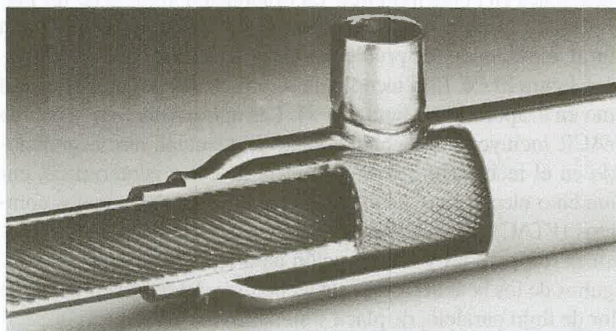
Cada sistema central de enfriamiento dividido fabricado en Estados Unidos en la actualidad debe tener una clasificación Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) de al menos 13. Este requisito de energía fue obligatorio por la ley federal desde el 23 de enero



(A)



(B)



(C)

Figura 21-17 Intercambiadores de calor mediante líquido. (A) Evaporador de tipo tambor. (B) Evaporador de tipo placa en un tanque. (C) Evaporador de tubo concéntrico. (C) Cortesía de Noranda Metal Industries, Inc.

de 2006. Además, con la eliminación del refrigerante R-22 muy próxima, los fabricantes de equipo HVACR están desarrollando métodos energéticamente eficientes para aplicarlos a sus equipos, a fin de cumplir con estos requisitos nuevos de energía. El cronograma para el refrigerante R-22 es el siguiente:

- 2010: se prohíbe el uso de R-22 a nivel del fabricante de equipo original (OEM) con una reducción de 65% en la producción de HCFC.
- 2015: reducción de 90% de la producción de HCFC.
- 2020: prohibición total de la producción de R-22.

El equipo incluido en este mandato federal incluye:

- Equipo unitario de 1 1/2 a 5 ton.
- Acondicionadores de aire divididos/compactos y bombas de calor.

El equipo que no se contempla incluye

- Equipo comercial con una capacidad mayor a 6 ton.
- Unidades de espacio restringido menores a 3 ton (acondicionadores de aire de espacios).
- Unidades con fuente de agua.

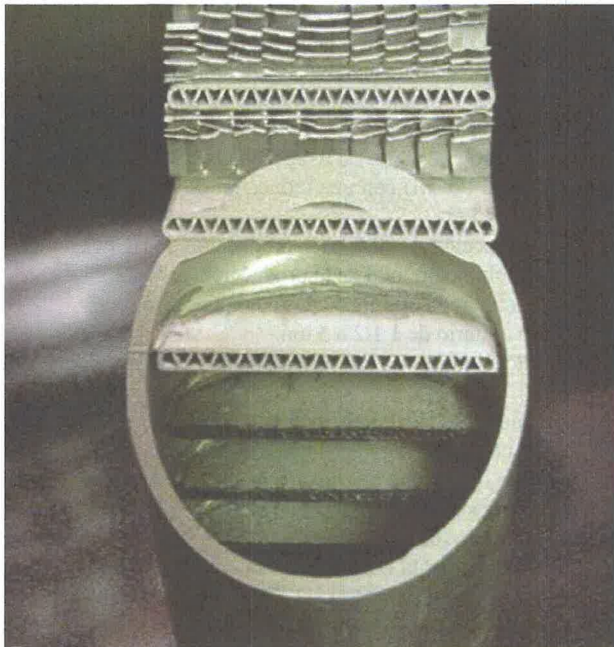
La SEER se calcula con base en la cantidad total de enfriamiento (en Btu) que suministrará el sistema durante toda la temporada, dividida entre el número total de watts-hora que consumirá. Las puntuaciones mayores de la SEER reflejan un sistema de enfriamiento más eficiente. Este mandato federal tiene un impacto en 95% del mercado unitario en Estados Unidos, que representa aproximadamente 8 millones de unidades al momento de escribir este libro. Debido a este nuevo mandato federal de 13 puntos SEER, la mayoría de los fabricantes de equipo de aire acondicionado y bombas de calor están investigando diseños más eficientes del evaporador y condensador, compresores y motores de ventiladores más eficientes y sistemas de control más sofisticados a fin de cumplir con este nuevo requisito de eficiencia energética.

Uno de estos diseños de un evaporador incorpora una configuración de aluminio de flujo paralelo, placas planas y aletas, con canales paralelos pequeños dentro de la placa plana. Estas placas consisten de tubos aplanados hidrodinámicos, que se dividen en orificios paralelos menores, **figura 21-28**. El refrigerante cambiará de fase o se evaporará de líquido a vapor dentro de los canales en la placa, en tanto que las aletas conformadas de manera estratégica (superficies extendidas) mejorarán la transferencia de calor del aire al evaporador. Las placas y las aletas están pegadas o soldadas a fin de aumentar la transferencia del calor y para eliminar cualquier resistencia al contacto (espacios de aire) que reduzcan la transferencia del calor. También se utilizan tubos colectores en la entrada y la salida del intercambiador de calor, los cuales también están unidos a las placas mediante soldadura.

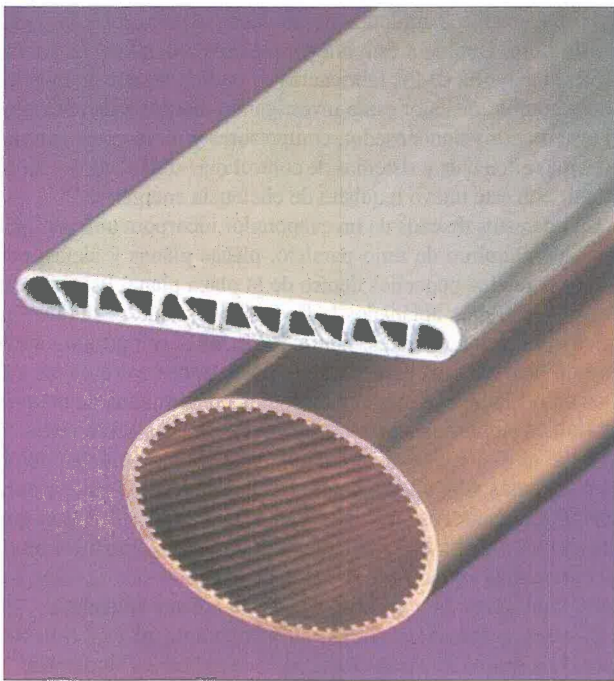
El calor se transfiere del aire al refrigerante en vapor en tres pasos. Los pasos de la transferencia de calor son los siguientes:

1. En el lado del aire: entre las aletas y el aire que se va a enfriar.
2. Conducción del calor: entre las aletas y los tubos.
3. En el lado del refrigerante: entre los tubos y el refrigerante en vapor.

El lado del aire del intercambio de calor se puede mejorar mediante la geometría de las aletas. La transferencia de calor aumenta agregando rejillas, lanzas y bordes ondulados, **figura 21-19**. La conducción entre las aletas y los tubos se mejora mediante la aplicación de un enlace mecánico (soldadura) que elimina los espacios de aire. El lado del refrigerante de la transferencia de calor tiene que ver con cuánta área superficial del interior de los tubos entrará en contacto con el refrigerante cambiando de fase. A



(A)

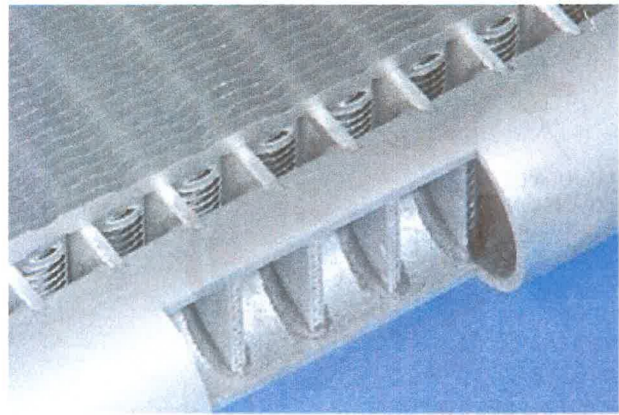


(B)

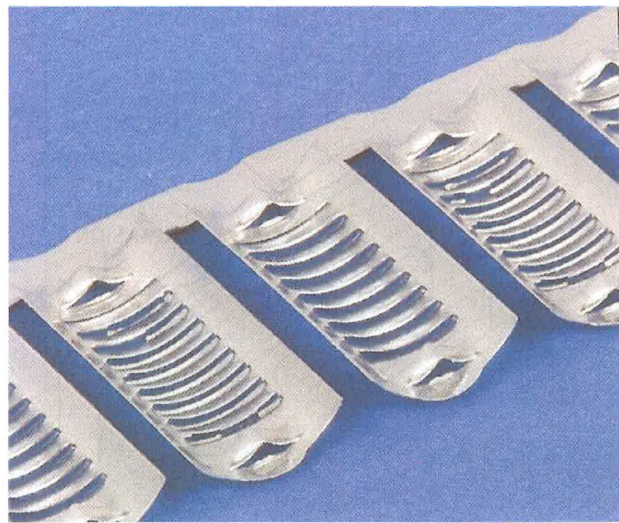
Figura 21-18 Intercambiador de calor de aluminio de flujo paralelo, de placa plana y aletas. Cortesía de Modine Manufacturing Co., Racine, WI

esta área superficial interna a menudo se le refiere como *perímetro mojado*. Conforme el área superficial interna de los tubos aumenta, también se incrementa la transferencia del calor. El área superficial interna se puede aumentar

- incrementando el número de canales paralelos dentro de las placas planas.
- incrementando el número de placas planas (disminuyendo el espaciamiento entre ellas).



(A)



(B)

Figura 21-19 Geometría de aletas para aumentar la transferencia de calor. Cortesía de Modine Manufacturing Co., Racine, WI

La capacidad (tonelaje) del intercambiador de calor varía con su altura y longitud. Las placas se pueden orientar en forma vertical para una aplicación en un evaporador y de manera horizontal para aplicaciones en condensadores. La orientación vertical de las placas planas permite que la remoción del condensado sea de manera natural, eliminando los problemas de drenaje del agua del evaporador, **figura 21-20**. Esta tecnología se utiliza en condensadores así como en evaporadores, **figura 21-21**. Las aplicaciones en el campo HVACR incluyen aire acondicionado residencial, aire acondicionado en el techo, enfriadores, bombas de calor geotérmicas, enfriamiento electrónico, acondicionadores de aire terminales compactos (PTAC), fabricantes de hielo, dispensadores de bebidas, vitrinas refrigeradas y refrigeración para el servicio de alimentos. Algunos de los beneficios de esta tecnología del intercambiador de calor de flujo paralelo, de placa y aleta son los siguientes:

- **Reduce la presión estática a través del serpentín, lo que se traduce en menos watts del ventilador y menos potencia**
- **Reduce la profundidad del serpentín para el evaporador y condensador, lo que conduce a facilitar su limpieza y a menos presión estática en el lado del aire**

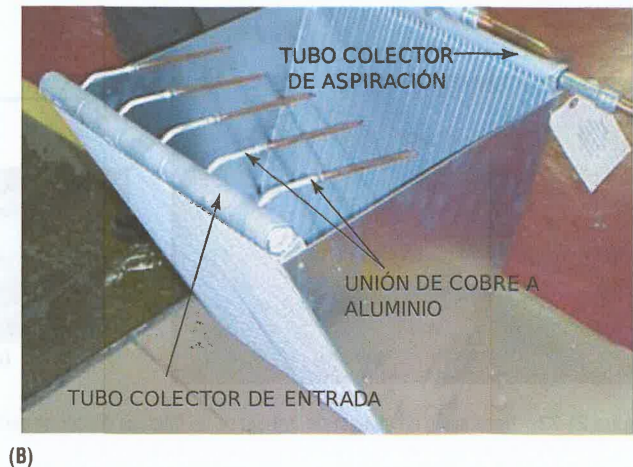
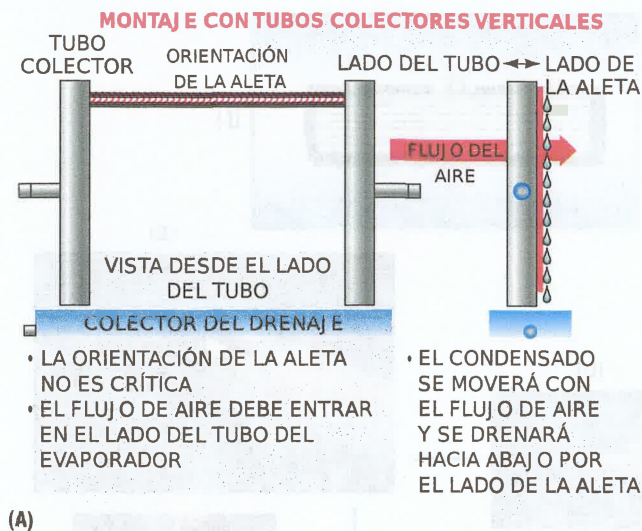


Figura 21-21 (A) Condensador. (B) Evaporador. Cortesía de Modine Manufacturing Co., Racine, WI

Figura 21-20 Remoción del condensado para una configuración vertical y horizontal del tubo colector. Cortesía de Modine Manufacturing Co., Racine, WI

- El volumen interno reducido aminora la carga de refrigerante
- Área reducida de la cara del condensador y evaporador
- Huella menor para la unidad de condensación
- Reducción de 30% del peso y del tamaño del serpentín
- Una reducción en los costos de empaque, tamaños y pesos
- El serpentín, tubo colector y aletas todas hechas de aluminio aumentan la resistencia a la corrosión
- Costos menores del sistema
- Proporciona mayores eficiencias del sistema que un intercambiador de calor redondo y de cobre con aletas de aluminio, figura 21-34(B)
- Costos menores de operación
- Operaciones más silenciosas

La reparación en el lugar de trabajo de intercambiadores de calor con fugas, figura 21-22, se puede efectuar

- recuperando refrigerante.
- limpiando el área con fugas con una solución.
- cepillando el área con un cepillo de alambre.

- utilizando la hoja de un cuchillo y removiendo cualesquiera aletas que estén en el área local.
- haciendo un vacío con una bomba de vacío.
- aplicando un compuesto epóxico de dos partes que se aspirará hacia la placa plana donde existe la fuga.
- aplicando calor con una secadora eléctrica hasta que cure el epóxico.
- evacuando a un vacío de 500 micras
- cargando con el refrigerante adecuado.

La limpieza de los intercambiadores de calor en el lugar de trabajo se puede hacer empleando los mismos métodos utilizados para un intercambiador de calor de tubo estándar redondo de cobre con aletas de aluminio:

- Aumente la temperatura del limpiador mezclado a 120 °F.
- Utilice una lavadora de potencia con un patrón de rocío amplio.
- Utilice limpiadores no ácidos (pH < 10.5).
- Cuando el intercambiador de calor esté limpio, enjuague el serpentín con agua limpia.

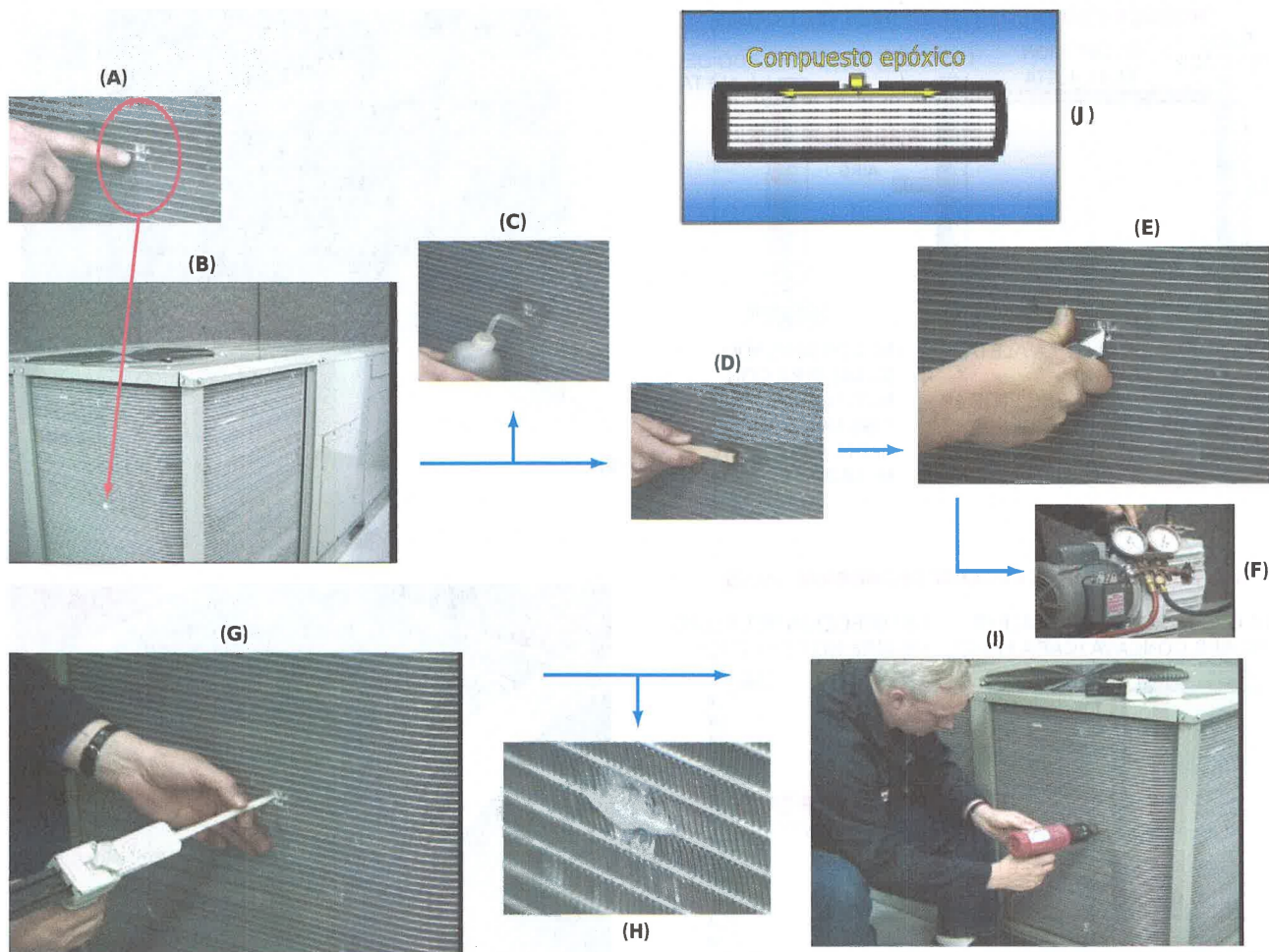


Figura 21-22 Reparación en el lugar de trabajo de un intercambiador de calor con fugas. Cortesía de Modine Manufacturing Co., Racine, WI

21.9 EVALUACIÓN DEL EVAPORADOR

Conocer todos los aspectos de diseño ayuda a *evaluar el evaporador*. Cuando el técnico de mantenimiento llegue al trabajo, es posible que tenga que evaluar si un evaporador particular está funcionando o no de la manera adecuada. Esta tarea se puede considerar uno de los puntos de partida más importantes en el diagnóstico organizado. El evaporador absorbe calor, el compresor lo bombea y el condensador lo expulsa. El siguiente ejemplo se refiere a una cámara frigorífica de media temperatura. Sin embargo, la evaluación del evaporador es prácticamente la misma que para cualquier otro tipo de aplicación.

Especificaciones del evaporador

1. Serpentín de tubo de cobre
2. Aletas de aluminio sujetas al serpentín de tubo de cobre
3. Tiro forzado con un ventilador
4. Un circuito refrigerante continuo
5. Refrigerante R-134a
6. Evaporador para mantener la temperatura del espacio a 35 °F
7. Evaporador limpio y en buenas condiciones de funcionamiento

En primer lugar, se describe cómo funciona el evaporador cuando opera de manera correcta.

En el evaporador entra una mezcla líquido y vapor a 20 °F y 18.4 psig, de la cual, aproximadamente 65% es líquido y el 35% restante es vapor. Casi 35% del líquido que entra en el dispositivo de expansión del evaporador se convierte en vapor y enfría el 65% restante del líquido hasta su temperatura de ebullición (20 °F). Esto se logra mediante la caída de presión a través del dispositivo de expansión. Cuando el líquido cálido pasa por la pequeña abertura del dispositivo de expansión hacia el lado de baja presión (18.4 psig) del evaporador, parte del líquido se convierte de forma instantánea en vapor, **figura 21-23**.

Conforme la mezcla parcial de vapor y líquido se mueve por el evaporador, la mayor parte del líquido se transforma en vapor. A este proceso se le denomina *ebullición* y es el resultado del calor que se ha absorbido en el serpentín desde cualquiera que sea el medio que esté enfriando el evaporador. Por último, cerca del final del evaporador, todo el líquido habrá hervido y se habrá convertido en vapor. En este punto el refrigerante se denomina *vapor saturado*, lo que significa que el vapor refrigerante está saturado con calor. Si se le añadiera más calor, la temperatura subiría.

Si se le quitara calor, comenzaría a convertirse de nuevo en líquido. Este vapor está saturado con calor, pero aún se encuentra a la

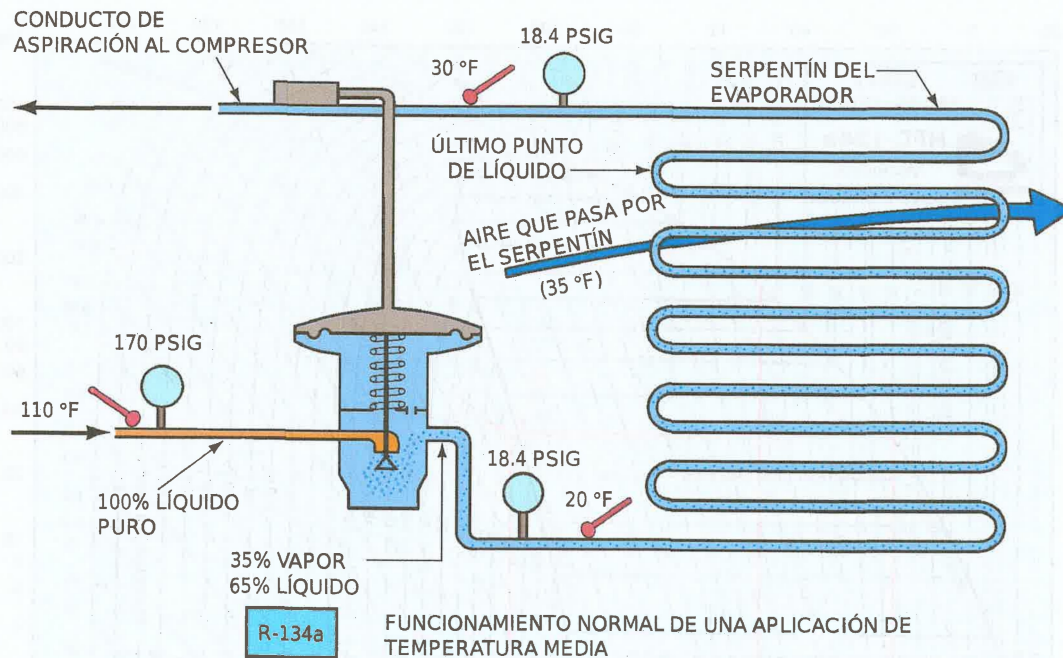


Figura 21-23 Cuando el líquido a 110 °F pasa por el orificio de la válvula de expansión, parte del líquido se convierte de manera instantánea en vapor y enfría el líquido restante a la temperatura del evaporador: 20 °F.

temperatura de evaporación que se corresponde con el punto de ebullición; es decir, 20 °F. **Este es un factor muy importante de la función de un evaporador, dado que todo el líquido tiene que hervir lo más cerca posible del final del serpentín. Esto es necesario (1) para mantener el nivel de rendimiento del serpentín y (2) para garantizar que no salga refrigerante líquido del evaporador y vaya al compresor.** Para que el evaporador funcione de manera eficiente, debe funcionar con la mayor cantidad posible de líquido sin que llegue a presentarse en la salida del serpentín, ya que el mejor intercambio de calor es entre el refrigerante líquido y el aire que pasa por el serpentín.

La gráfica de presión/entalpía de la **figura 21-24** muestra gráficamente lo que ocurre en el interior del evaporador para el ejemplo de la cámara frigorífica del ejemplo anterior. El refrigerante entra en el evaporador en el punto A (después de salir de la válvula de expansión). La presión del líquido es de 18.4 psig y en este punto contiene 48.7 Btu/lb de calor. Aproximadamente 35% del líquido se convierte en forma instantánea en vapor al pasar por la válvula de expansión. Conforme el líquido va avanzando por el evaporador, va transformándose en vapor. En el punto B ha convertido todo en vapor, pero su temperatura sigue siendo de 20 °F y puede absorber calor transformándose en vapor sobrecalentado. La temperatura del vapor comienza a subir mientras se encuentra en el evaporador, hasta llegar a los 30 °F (con 10 °F de sobrecalentamiento). El vapor sale del evaporador en el punto C con un contenido de calor de 108.1 Btu/lb. La refrigeración útil en el evaporador es la que va desde el punto A al C, en donde el refrigerante absorbió 59.4 Btu/lb (108.1 Btu/lb - 48.7 Btu/lb) del refrigerante circulando. Solamente es necesario saber qué capacidad en Btu/h es necesaria para determinar la cantidad de refrigerante que hay que hacer circular. Por ejemplo, si el evaporador necesita tener una capacidad de 35 000 Btu/h, debe hacer circular 673 lb

de refrigerante por hora ($35\,000 \text{ Btu/h} \div 59.4 \text{ Btu/lb} = 589.2 \text{ lb/h}$). Esta cantidad de refrigerante podría parecer elevada, pero solamente corresponde a 9.82 lb/min ($589.2 \text{ lb/h} \div 60 \text{ min/h} = 9.82 \text{ lb/min}$). El tamaño del compresor y las condiciones de operación del sistema determinan cuánto refrigerante se puede bombear.

21.10 EL CALOR LATENTE EN EL EVAPORADOR

El calor latente absorbido durante el cambio de estado está mucho más concentrado que el calor sensible que se agregaría al vapor que sale del serpentín. Consulte el ejemplo sobre calor en la unidad 1, sección 1.3, en donde se mostró que se necesitaba 1 Btu para cambiar la temperatura de 1 lb de agua de 68 °F a 69 °F. En la sección 1.8 también se explicó que eran necesarias 970 Btu para cambiar la temperatura de 1 lb de agua a 212 °F en vapor a 212 °F. Durante el cambio de estado es cuando se absorbe mayor cantidad de calor hacia el sistema. En el ejemplo anterior se mostró que 59.4 Btu de calor se absorbieron por cada 1 lb de refrigerante que se hizo circular (59.4 Btu/lb). Esto ocurrió a una temperatura de ebullición de 20 °F, sin un cambio en la presión.

21.11 EVAPORADOR INUNDADO

Para obtener la máxima eficiencia en el intercambio de calor del evaporador, algunos evaporadores se operan llenos totalmente de líquido o inundados, y están equipados con un dispositivo para evitar que el refrigerante líquido pase al compresor. Estos **evaporadores inundados** son de fabricación especial y normalmente utilizan un dosificador de flotador para mantener el nivel de líquido lo más

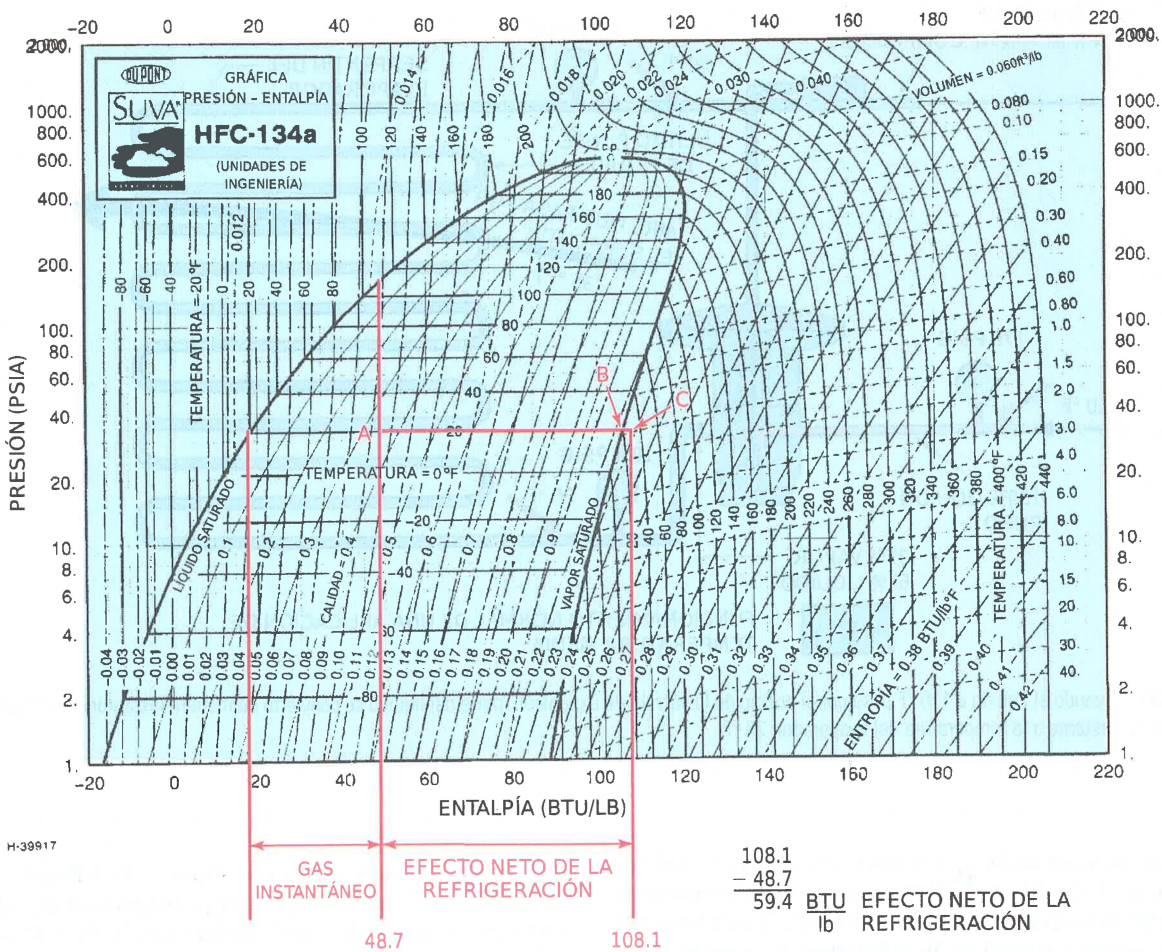


Figura 21-24 Efecto de la refrigeración en el evaporador. Cortesía de E. I. DuPont

alto posible en el evaporador. En este libro no vamos a explicar detalles acerca de este sistema porque no es un dispositivo que se encuentre con frecuencia. Debe consultarse la información del fabricante correspondiente para cualquier aplicación especial.

Cuando un evaporador se inunda, lo que ocurre es algo parecido a hervir agua en una cacerola que tuviera un compresor que extrajera el vapor de la parte superior del líquido. Siempre habría un nivel de líquido. Cuando el evaporador no se inunda, es decir, cuando el refrigerante comienza siendo un líquido parcial y hierve y se convierte en vapor en los tubos de intercambio de calor, se denomina evaporador *de tipo seco* o de expansión directa.

21.12 DESEMPEÑO DEL EVAPORADOR DE TIPO SECO

Para verificar el desempeño de un evaporador de tipo seco, el técnico de mantenimiento tendría que asegurarse primero de que el serpentín refrigerante opera con suficiente líquido en su interior. Para determinar si se encuentra suficiente líquido en el serpentín, el técnico debe calcular el sobrecalentamiento del evaporador. Esto generalmente se hace comparando la temperatura de ebullición del refrigerante en el interior del serpentín con la temperatura del conducto que sale del serpentín. La diferencia entre ambas temperaturas suele ser de 8 °F a 12 °F. Por ejemplo, en la imagen

del serpentín de la **figura 21-25**, el sobrecalentamiento en el serpentín se determinó convirtiendo la presión de serpentín (presión de aspiración) en temperatura. En este ejemplo la presión era de 18.4 psig, que corresponde a 20 °F. La lectura de esta presión de aspiración es importante para el técnico dado que se debe conocer la temperatura de ebullición para deducir la lectura del sobrecalentamiento del serpentín. En el siguiente ejemplo, la lectura del sobrecalentamiento del serpentín es de 10 °F (30 °F – 20 °F).

21.13 SOBRECALENTAMIENTO DEL EVAPORADOR

La diferencia de temperatura entre la temperatura del refrigerante en ebullición y la temperatura del conducto de salida del evaporador se denomina sobrecalentamiento del evaporador. El sobrecalentamiento es el calor sensible que se agrega al vapor refrigerante después de que haya tenido lugar el cambio de estado. El sobrecalentamiento es el mejor método para comprobar si el serpentín refrigerante tiene un nivel adecuado de refrigerante. Cuando el dosificador no suministra suficiente refrigerante al serpentín, se dice que el serpentín es un *serpentín subalimentado* y el sobrecalentamiento es mayor, **figura 21-26**. A partir de este ejemplo se puede observar que todo el proceso de refrigeración tiene lugar al principio del serpentín. La presión de aspiración es muy baja, menor que el punto de congela-

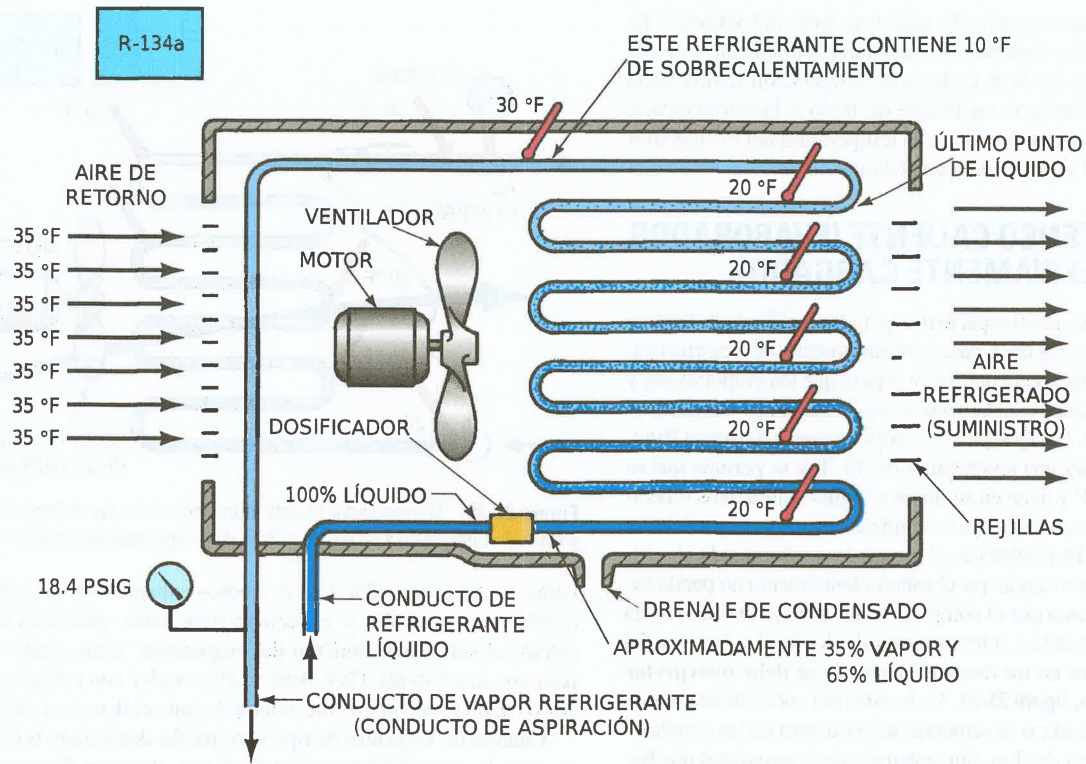


Figura 21-25 Evaporador funcionando ante una carga normal.

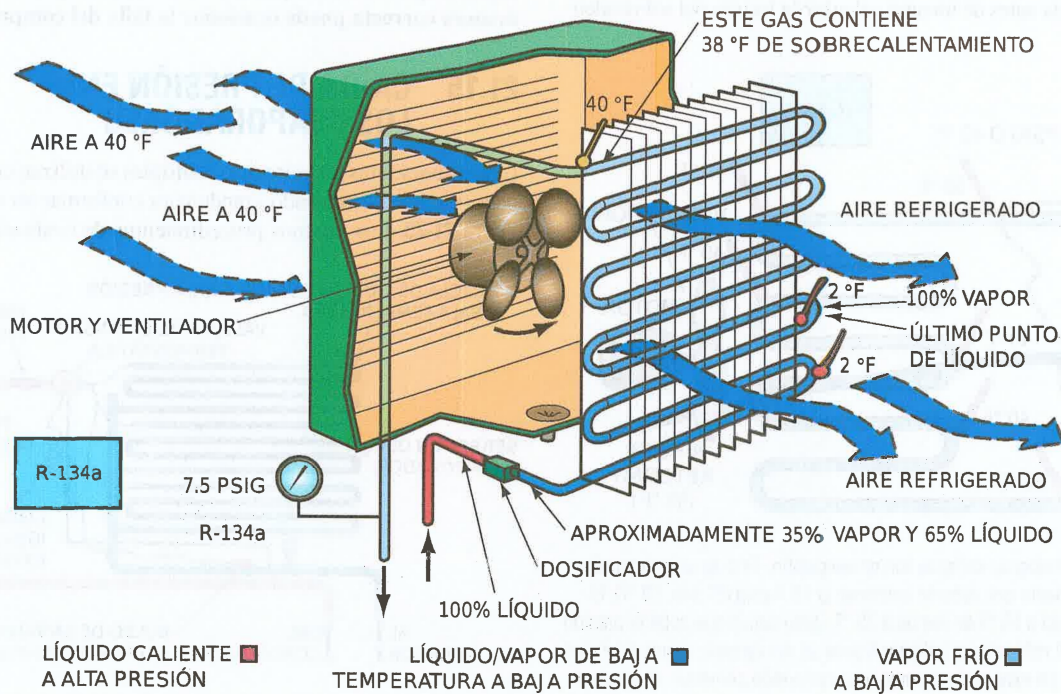


Figura 21-26 Serpentín del evaporador subalimentado que muestra 38 °F (40 °F – 2 °F) de sobrecalentamiento en el evaporador.

dos para un evaporador con circuitos múltiples que para un evaporador de un solo circuito.

Un evaporador de tipo seco tiene que estar lo más lleno de refrigerante posible para ser eficiente. Cada circuito debe de suministrar la misma cantidad de refrigerante. Si hay que verificar este

aspecto, el técnico de mantenimiento puede verificar la toma de presión común para la presión de ebullición. Esta presión se puede convertir en temperatura. Luego la temperatura se tendrá que verificar a la salida de cada circuito, para ver si alguno de ellos está sobrealimentado o subalimentado, **figura 21-30** y **figura 21-31**.

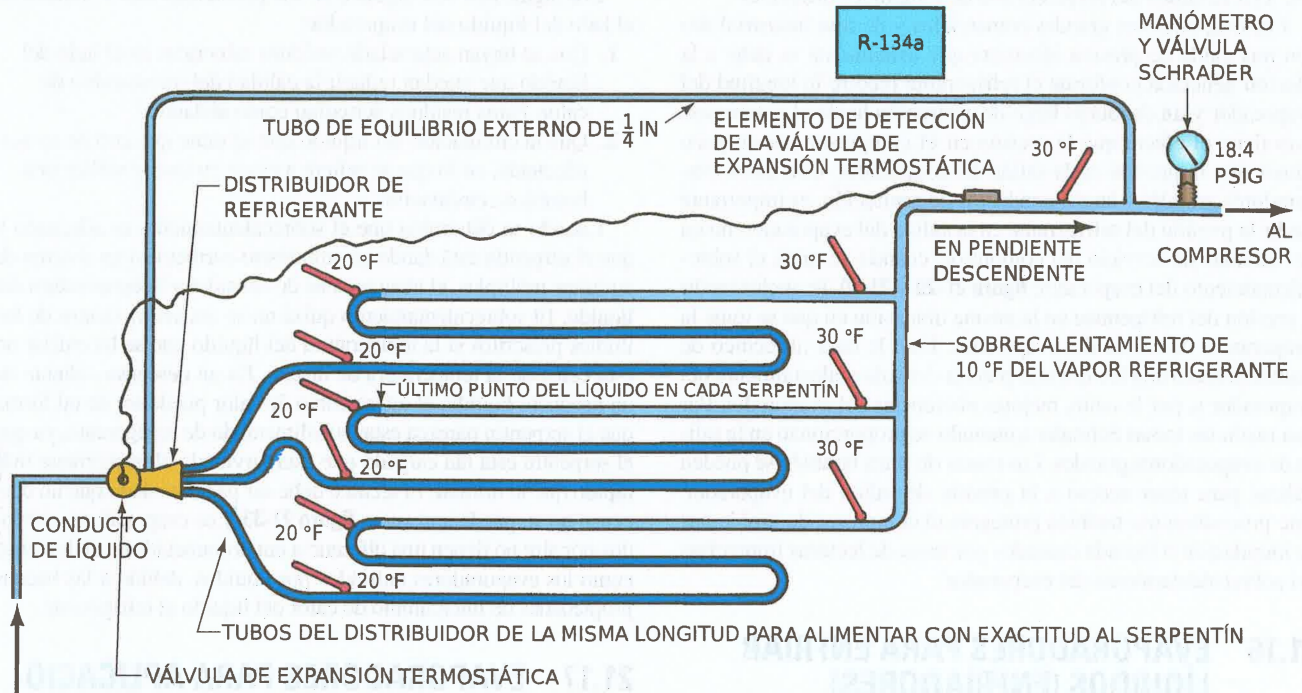


Figura 21-30 Aspecto interior de un evaporador de circuitos múltiples cuando se está alimentando de manera correcta. Se asemeja a varios evaporadores conectados en paralelo.

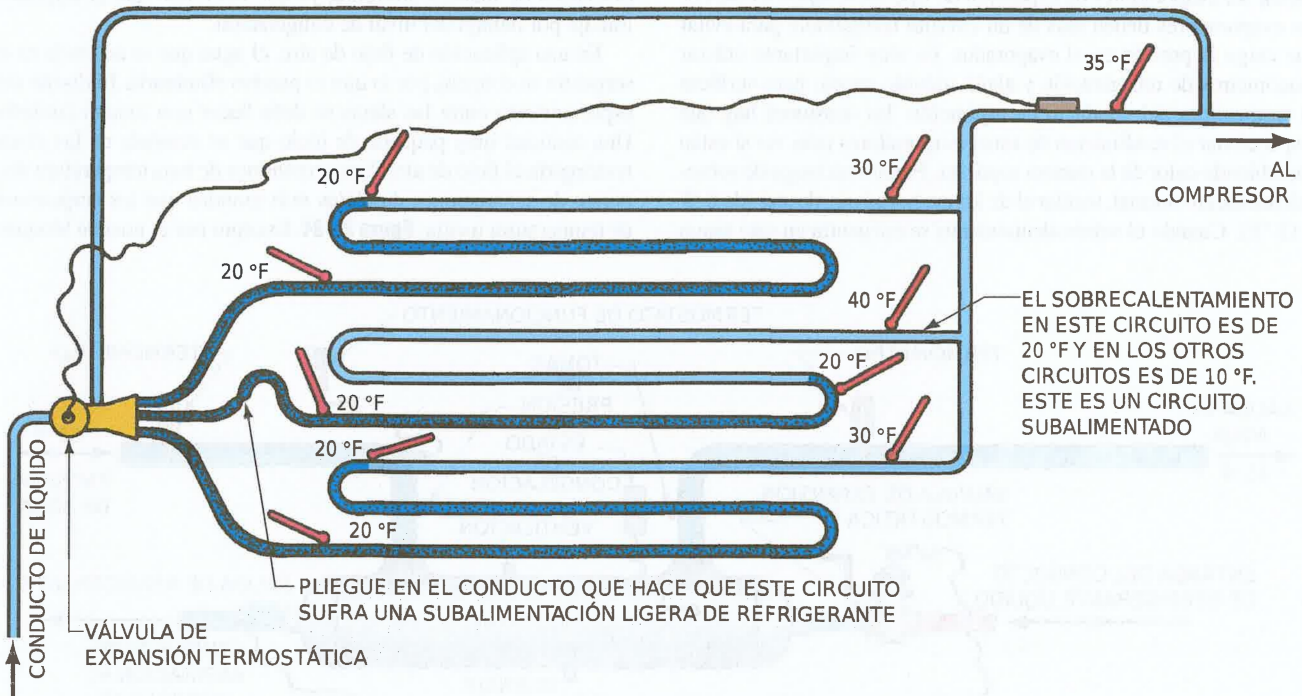


Figura 21-31 Aspecto interior de un evaporador de múltiples circuitos cuando no está siendo alimentado de manera uniforme.

Algunas de las razones por las que es posible que el evaporador de circuitos múltiples no esté recibiendo una alimentación uniforme son las siguientes:

1. El sistema de distribución está bloqueado
2. El serpentín está sucio
3. El aire se distribuye de manera irregular
4. Los circuitos del serpentín son de longitudes diferentes

Los evaporadores grandes comerciales y de tipo industrial tienen una caída de presión inherente que usualmente se debe a la fricción generada conforme el refrigerante recorre la longitud del evaporador y un conducto largo de aspiración hacia el compresor. Esto tiene el efecto que la presión en el compresor sea un poco menor que la presión en la salida del evaporador. Con estos evaporadores grandes y largos conductos de aspiración, es importante medir la presión del refrigerante en la salida del evaporador, no en las válvulas de servicio del compresor, cuando se mida el sobrecalentamiento del evaporador, **figura 21-29 y 21-30**. Es mejor medir la presión del refrigerante en la misma ubicación en que se tome la temperatura de salida del evaporador. Esto le dará al técnico de mantenimiento una lectura más precisa del sobrecalentamiento del evaporador y, por lo tanto, mejores eficiencias del evaporador. Por esta razón las tomas Schrader a menudo se proporcionan en la salida de evaporadores grandes. Las tomas de línea también se pueden utilizar para tener acceso a la presión de salida del evaporador. Este procedimiento también protegerá al compresor de problemas de inundación o frenado causados por toma de lecturas imprecisas del sobrecalentamiento del evaporador.

21.16 EVAPORADORES PARA ENFRIAR LÍQUIDOS (ENFRIADORES)

Para enfriar líquido se necesita un tipo de evaporador diferente. Estos evaporadores funcionan de manera muy similar a los que se utilizan para enfriar aire. En general, en los sistemas más pequeños, suelen ser evaporadores de expansión de tipo seco, **figura 21-32**. Estos evaporadores tienen más de un circuito refrigerante para evitar que caiga la presión en el evaporador. Es muy importante utilizar manómetros de refrigeración y algún método exacto para verificar la temperatura del conducto de aspiración. En ocasiones hay que inspeccionar el rendimiento de estos evaporadores para ver si están absorbiendo calor de la manera supuesta. Poseen un rango de sobrecalentamiento normal, similar al de los evaporadores de aire (de 8 °F a 12 °F). Cuando el sobrecalentamiento se encuentra en este rango

y todos los circuitos de un evaporador de múltiples circuitos están funcionando de la misma manera, significa que el evaporador está realizando su trabajo en el lado del refrigerante. No obstante, esto no implica que vaya a enfriar adecuadamente. El lado del líquido del evaporador tiene que estar limpio en forma tal que dicho líquido pueda entrar en contacto con el evaporador en forma adecuada.

Los siguientes son algunos de los problemas más comunes en el lado del líquido del evaporador:

1. Que se hayan acumulado residuos minerales en el lado del líquido que puedan reducir la calidad del intercambio de calor. Estos residuos actuarían como aislantes.
2. Que la circulación del líquido que se tiene que enfriar no sea adecuada, en lo que se refiere a casos en que se utilice una bomba de circulación.

Cuando se determina que el sobrecalentamiento es adecuado y que el serpentín está dando un suministro correcto en un sistema de circuitos múltiples, el técnico debe de considerar la temperatura del líquido. El sobrecalentamiento quizá no se encuentre dentro de los límites prescritos si la temperatura del líquido que se ha enfriar no está cerca de la temperatura de diseño. En un descenso caliente de un producto líquido, el intercambio de calor puede ser de tal forma que el serpentín parezca estar subalimentado de refrigerante, ya que el serpentín está tan cargado que está hirviendo el refrigerante más rápido que lo normal. El técnico debe ser paciente dado que un descenso no se puede apresurar, **figura 21-33**. Los evaporadores enfriados por aire no tienen una diferencia tan pronunciada en el descenso como los evaporadores enfriados por líquidos, debido a las buenas propiedades de intercambio de calor del líquido al refrigerante.

21.17 EVAPORADORES PARA APLICACIONES DE BAJA TEMPERATURA

Los evaporadores de baja temperatura que se utilizan para enfriar un espacio o producto por debajo del nivel de congelación están diseñados de manera diferente, ya que necesitan que el serpentín trabaje por debajo del nivel de congelación.

En una aplicación de flujo de aire, el agua que se acumula en el serpentín se congela, por lo que es preciso eliminarla. El diseño del espaciamiento entre las aletas se debe hacer con mucho cuidado. Una cantidad muy pequeña de hielo que se acumule en las aletas restringiría el flujo de aire. Los serpentines de baja temperatura disponen de separaciones de aletas más grandes que los serpentines de temperatura media, **figura 21-34**. Excepto por el posible bloqueo

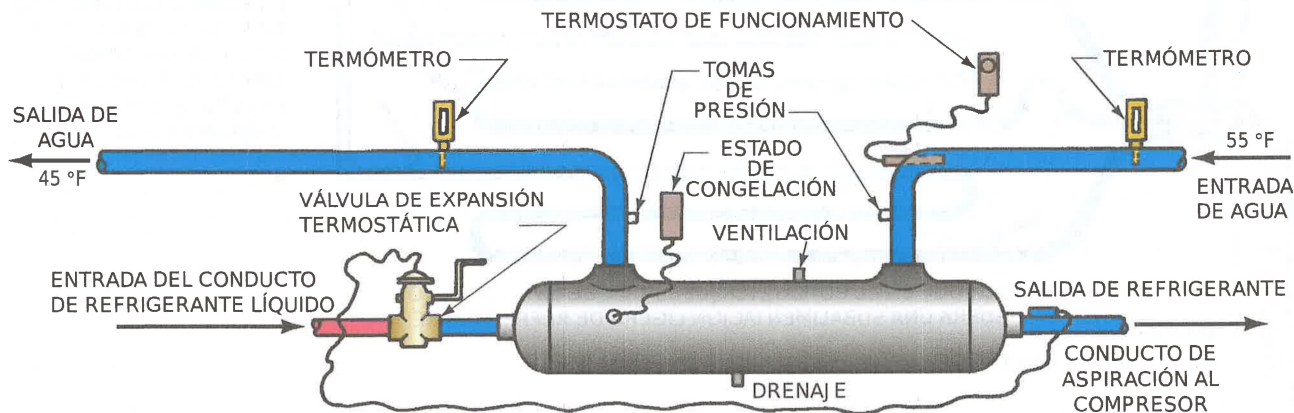


Figura 21-32 Evaporador empleado para intercambiar calor entre líquidos y refrigerante. La mayoría de estos evaporadores son de tipo de expansión directa.

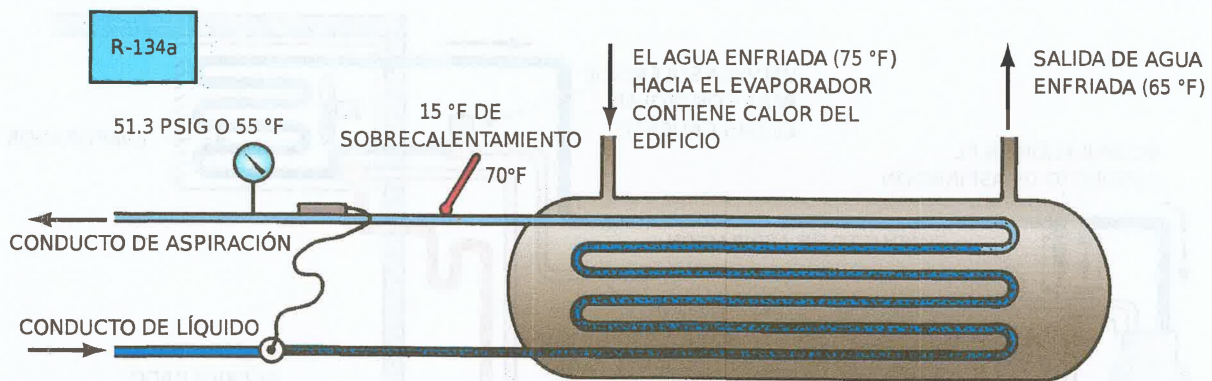
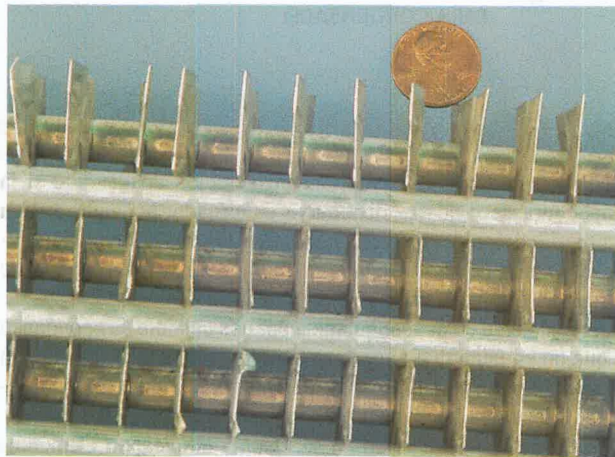
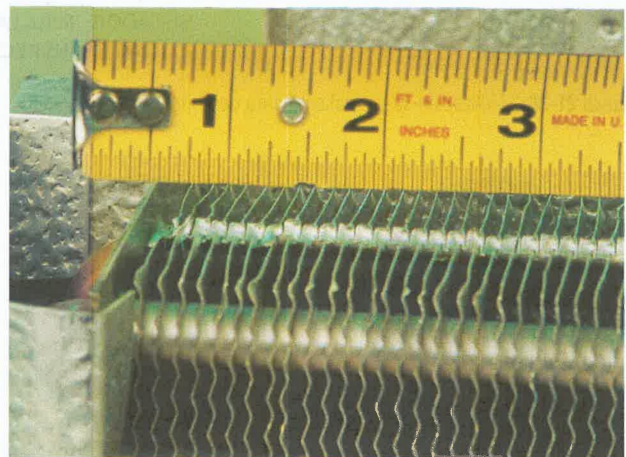


Figura 21-33 Descenso caliente en un evaporador para líquido que está transfiriendo su calor al refrigerante. Este evaporador normalmente tiene una entrada de agua a 55 °F y una salida de agua a 45 °F. El descenso caliente con agua a 75 °F en vez de a 55 °F hierve el refrigerante a una velocidad mayor. La válvula de expansión quizá no pueda alimentar el evaporador lo suficientemente rápido para mantener un sobrecalentamiento de 10 °F. No hay que sacar conclusiones hasta que el sistema se aproxime a las condiciones de diseño.



(A)



(B)

Figura 21-34 Separación de las aletas. (A) Evaporador de temperatura baja. (B) Evaporador de temperatura media. Fotografía de Bill Johnson

del flujo de aire debido a la acumulación de hielo, estos evaporadores de baja temperatura se comportan prácticamente de la misma manera que los evaporadores de temperatura media. Suelen ser evaporadores de tipo seco y disponen de uno o más ventiladores para hacer circular el aire por el serpentín. Para descongelar el serpentín, hay que subir la temperatura de dicho serpentín por encima del nivel de congelación, con el fin de derretir el hielo. Luego hay que drenar el agua condensada y evitar que se congele.

En algunas ocasiones, para realizar el proceso de descongelación se utiliza calor externo al sistema. Por ejemplo, se puede añadir calor eléctrico al evaporador para derretir el hielo, pero este calor aumentaría la carga del sistema y habría que bombearlo después de terminar la descongelación.

21.18 DESCONGELACIÓN DE LA HUMEDAD ACUMULADA

El proceso de descongelación se podría efectuar con el calor del propio del sistema, utilizando el gas caliente del conducto de descarga del compresor. Para hacerlo, habría que dirigir un conducto de gas caliente desde el conducto de descarga del compresor hasta la salida de la válvula de expansión e instalar una válvula solenoide para regular el flujo. En el momento en el que se necesitara realizar

la descongelación, el gas caliente se liberaría en el interior del evaporador, lo que derretiría rápidamente todo el hielo, **figura 21-35**.

Cuando el gas caliente entra en el evaporador, es probable que cierta cantidad de refrigerante líquido sea expulsada por el conducto de aspiración hacia el compresor. De hecho, cuando el gas caliente entra en un evaporador y empieza a enfriarse conforme descongela hielo, pronto perderá todo su sobrecalentamiento y se convertirá en líquido o condensado. Este líquido pasará al acumulador y descenderá hasta el fondo. Los vapores saturados densos se aspirarán en la carrera de aspiración del compresor. El compresor tendrá una carga mayor por estos vapores densos y podría consumir una corriente mayor durante el ciclo de funcionamiento normal. Si el sistema no dispone de un acumulador, este líquido condensado podría inundar el cárter del compresor y espumar el aceite en el cárter, **figura 21-36**. Esto puede disminuir el nivel de aceite en el cárter, lo que a su vez puede ocasionar estrías en las superficies de los cojinetes en el compresor. A esta condición a menudo se le refiere como *lavado de cojinetes*.

La inundación del cárter del compresor con refrigerante líquido también puede causar que el refrigerante espumoso y la mezcla de aceite presuricen el cárter. Esto hace que la mezcla de líquido y vapor refrigerante y espuma de aceite se expulsen a través de cualquier resquicio disponible, incluyendo los anillos del pistón. Con

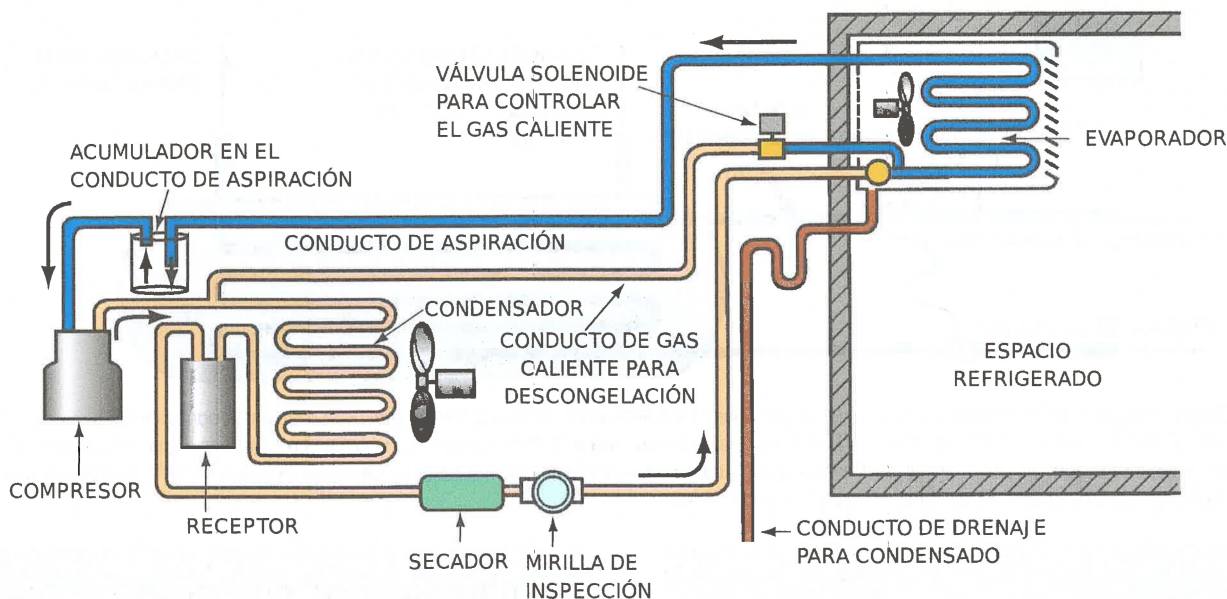


Figura 21-35 Utilización de gas caliente para descongelar un evaporador.

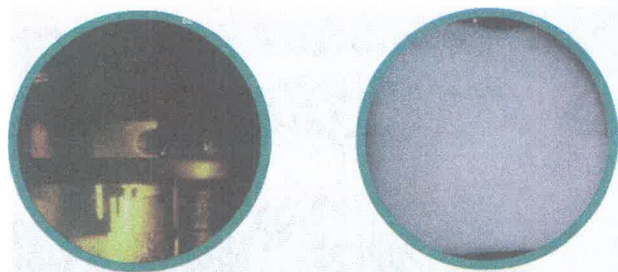


Figura 21-36 (A) Mirilla clara de inspección del aceite del compresor. (B) Mirilla de inspección de un cárter inundado que muestra la espuma del líquido refrigerante. Cortesía de Tecumseh Company

frecuencia la mezcla es bombeada hacia el lado alto del sistema por el compresor. La temperatura de descarga del compresor disminuirá por la **compresión húmeda** de la mezcla rica de refrigerante y espuma de aceite. Tan pronto como esta mezcla se comprima, se vaporizará y absorberá calor de las paredes del cilindro. Esto es lo que ocasiona una temperatura de descarga menor que la normal en el conducto de descarga del compresor. Algunos fabricantes de sistemas que incorporan descongelación por gas caliente en sus sistemas, también colocan un termistor en el conducto de descarga del compresor para detectar esta temperatura de descarga más fría que lo normal mientras el equipo se encuentra en el modo de descongelación. El termistor transmite un mensaje a un circuito de control para desenergizar el solenoide de gas caliente; al cerrar temporalmente el solenoide de gas caliente se evita que entre más gas caliente al evaporador y que se convierta en líquido. Conforme la temperatura de descarga del compresor aumenta de nuevo, el termistor detecta el aumento en temperatura y envía un mensaje al circuito de control para que continúe con el descongelamiento por gas caliente energizando de nuevo el solenoide de gas caliente.

Esta secuencia de eventos puede continuar hasta que la descongelación se termine. La secuencia simplemente protege al compresor del lavado de los cojinetes y de la compresión húmeda mientras se encuentra en el modo de descongelación. También protege

al compresor durante el ciclo de refrigeración apagándolo si la temperatura de descarga disminuye demasiado, lo que indicaría compresión húmeda. Para evitar que este líquido entre al compresor, es común que se agregue un acumulador en el conducto de aspiración, **figura 21-35**.

El sistema de descongelación por gas caliente es económico ya que no se tiene que pagar por energía para la descongelación empleando calor externo, como calentadores eléctricos que calienten el evaporador. El calor ya se encuentra en el sistema.

La descongelación eléctrica se efectúa empleando elementos de calefacción eléctrica ubicados en el evaporador. El compresor se detiene y estos calentadores se energizan debido a una demanda de descongelación, y se permite que operen hasta que el hielo se derrite del serpentín, **figura 21-37**. Estos calentadores a menudo están adosados en las aletas del evaporador y no se pueden remover si se queman. Con frecuencia, en el caso de que los calentadores se quemen, al sistema se le puede agregar descongelación por gas

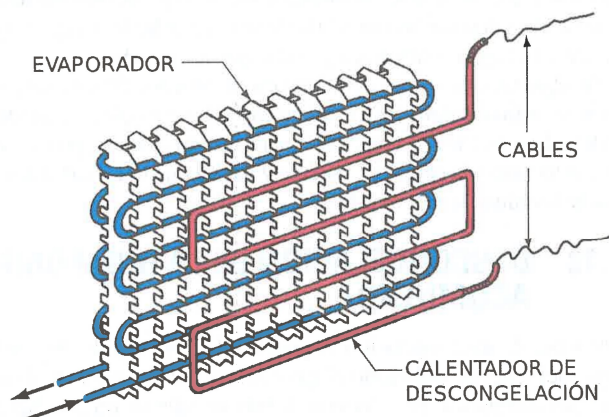


Figura 21-37 Calentador utilizado para la descongelación eléctrica de evaporadores de temperatura baja.

caliente y se abandonarían los procedimientos de descongelación por calor eléctrico.

Cuando se utiliza cualquiera de estos sistemas para la descongelación, a menudo se apaga el ventilador del evaporador durante la descongelación; si no se hace esto, podrían ocurrir dos cosas:

1. El calor para la descongelación se transferirá directamente al espacio acondicionado.
2. El aire frío acondicionado aminorará el proceso de descongelación.

Sin embargo, algunos fabricantes diseñan sus compartimentos abiertos para alimentos congelados de tal modo que los ventiladores del evaporador se dejan activos durante la descongelación. Esto permite que los conductos del aire de suministro y del aire de retorno se descongelen junto con el serpentín. El aire cálido para la descongelación se descarga por el conducto de suministro y se eleva afuera del refrigerador, lo que tiene poco efecto en la temperatura del producto. Los ventiladores siempre se apagan en refrigeradores cerrados con puertas de cristal debido al problema de empañamiento de superficies de vidrio o en espejos.

Los evaporadores aplicados a algunos procesos de fabricación de hielo disponen de métodos de descongelación similares. Deben tener alguna manera de aplicar calor al evaporador para descongelar el hielo. Algunas veces el calor es eléctrico o gas caliente. Cuando el evaporador se utiliza para fabricar hielo, el agua de reposición para el fabricante de hielo en ocasiones se utiliza para la descongelación.

En resumen, cuando revise un evaporador, recuerde que su tarea es la de absorber calor hacia el sistema de refrigeración.

RESUMEN

- El calor normalmente viaja de una sustancia caliente a una fría.
- Para que el calor viaje de una sustancia fría a una caliente, se debe realizar trabajo. El motor que acciona el compresor en el ciclo de refrigeración realiza este trabajo.
- El evaporador es el componente que absorbe el calor hacia el sistema de refrigeración.
- El evaporador debe estar más frío que el medio que se va a enfriar para que haya un intercambio de calor.
- El refrigerante hierve y se convierte en vapor en el evaporador y absorbe calor debido a que está hirviendo a baja presión y baja temperatura.
- La temperatura de ebullición del refrigerante en el evaporador determina la presión del evaporador (en el lado bajo).
- Los sistemas de temperatura media pueden efectuar la descongelación en el ciclo inactivo. El producto está arriba de la temperatura de congelación y el calor se puede usar para provocar el descongelamiento.
- A la refrigeración de temperatura baja se le debe agregar calor para que el evaporador derrita el hielo.
- Los evaporadores tienen las mismas características para los mismos tipos de instalaciones sin importar la ubicación.
- La mayoría de los serpentines de refrigeración son de cobre con aletas de aluminio.
- El punto de partida en el diagnóstico organizado es determinar si el evaporador está funcionando de manera eficiente.
- La verificación del sobrecalentamiento es el mejor método que tiene el técnico de mantenimiento para evaluar el desempeño del evaporador.
- Algunos evaporadores se denominan de tipo seco dado que utilizan una cantidad mínima de refrigerante.

- Los evaporadores de tipo seco también se denominan evaporadores de expansión directa.
- Algunos evaporadores están inundados y utilizan un dosificador para el refrigerante. **La interpretación de la verificación del sobrecalentamiento en estos evaporadores se debe hacer con cuidado.**
- Algunos evaporadores tienen un solo circuito y otros tienen circuitos múltiples.
- Los evaporadores de circuitos múltiples evitan que se tenga una caída de presión excesiva en el evaporador.
- Existe una relación entre la temperatura de ebullición del refrigerante en el evaporador y la temperatura del medio que se enfría.
- El serpentín normalmente funciona a temperaturas de 10 °F a 20 °F más frías que la temperatura del aire que pasa sobre él.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cuál es la función del evaporador en el sistema de refrigeración?
2. El refrigerante en el evaporador
 - A. cambia de vapor a líquido.
 - B. cambia de líquido a vapor.
 - C. permanece en estado de vapor.
 - D. permanece en estado líquido.
3. Al calor que se agrega a un vapor después de que todo el líquido ha hervido se le refiere como _____.
4. ¿Qué es lo que determina la presión en el lado a baja presión del sistema?
5. Un evaporador de un sistema de refrigeración usualmente contiene de manera aproximada _____ grados de sobrecalentamiento.
6. ¿Qué es lo que indica un sobrecalentamiento demasiado elevado?
7. Un sobrecalentamiento bajo de un evaporador indica
 - A. una carga menor a la correcta
 - B. una restricción en el sistema.
 - C. una sobrecarga.
 - D. una acumulación de suciedad.
8. ¿Por qué se utilizan evaporadores con circuitos múltiples?
9. Los evaporadores inundados utilizan un tipo _____ de dispositivo de expansión.
10. ¿Un evaporador que no está inundado se considera como qué tipo de evaporador?
11. Cuando un evaporador experimenta un aumento en la carga de calor, la presión de aspiración
 - A. permanece constante.
 - B. disminuye.
 - C. varía hacia arriba y abajo.
 - D. aumenta.
12. ¿Qué es lo que comúnmente se utiliza para descongelar el hielo de un evaporador de baja temperatura?
13. ¿Un compartimento de un refrigerador de temperatura media funciona dentro de qué rango de temperatura?
 - A. de 28 °F a 40 °F
 - B. de 40 °F a 60 °F
 - C. de 0 °F a -20 °F
 - D. de 0 °F a 50 °F
14. Liste siete ventajas que tiene un evaporador de aluminio de flujo paralelo y placas con aletas sobre uno estándar redondo, de tubo de cobre y placas con aletas.