

# El evaporador y el condensador



**Evaporadores y condensadores** son intercambiadores de calor del circuito frigorífico, en ambos se produce transferencia de calor y, como consecuencia, el refrigerante que circula por su interior cambia de estado, de ahí procede el nombre que reciben. Una propiedad importante de los materiales con los que están fabricados es la conductividad térmica, es decir, ser buenos conductores del calor y facilitar el mayor intercambio de calor posible.

Durante la unidad didáctica, veremos que existen diferentes tipos dependiendo del lugar en el que estén ubicados, el medio con el que intercambien calor o sus elementos constructivos.

# 7

## Contenidos

- 7.1. ¿Qué función tiene el evaporador?
- 7.2. Clasificación de los evaporadores
- 7.3. Selección del evaporador
- 7.4. Sistemas de desescarche
- 7.5. ¿Qué función tiene el condensador?
- 7.6. Clasificación de los condensadores
- 7.7. Selección del condensador
- Resumen
- Actividades finales

## Objetivos

- Explicar la función que tienen evaporadores y condensadores en los sistemas de refrigeración.
- Describir los elementos que componen el evaporador y el condensador.
- Identificar los distintos tipos de evaporadores y condensadores.
- Conocer los distintos sistemas de desescarche existentes.
- Describir función y elementos de una torre de refrigeración.

## 7.1. ¿Qué función tiene el evaporador?

El evaporador es un **intercambiador de calor** cuya función es la de **absorber el calor** del medio a refrigerar. El refrigerante, a su paso por el evaporador, va absorbiendo calor y cambiando de estado, de tal forma que entra procedente del expansor en estado de mezcla líquido-vapor y sale hacia el compresor en estado de vapor sobre calentado. De acuerdo con esto y fijándonos en la Figura 7.1., podemos dividir el evaporador en dos tramos:

- **Un tramo de calor latente.** El refrigerante que sale del expansor como mezcla de líquido-vapor finaliza el cambio de estado pasando a vapor saturado.
- **Un tramo de calor sensible.** En el que el refrigerante en estado vapor continúa absorbiendo calor y, finalmente, sale en estado de vapor sobre calentado. Se ha realizado un recalentamiento evitando de esta forma la llegada de líquido al compresor y el tan temido golpe de líquido.



Figura 7.1. Evaporador

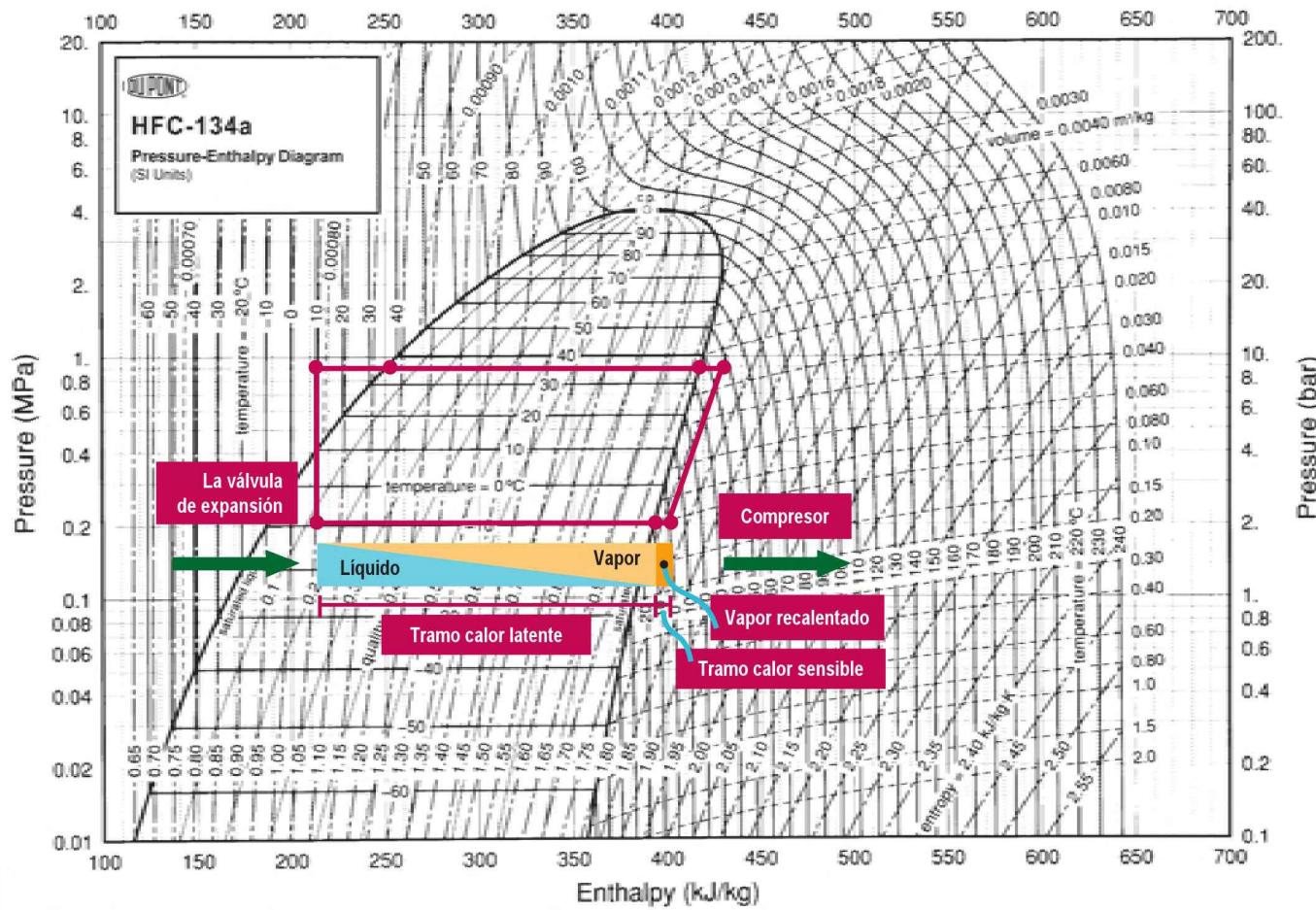


Figura 7.2. Representación de los dos tramos de calor en el evaporador

**RECUERDA**

Cuando la energía térmica se emplea para cambiar de estado, se denomina *calor latente* y, cuando se emplea para incrementar la temperatura, se denomina *calor sensible*.

La cantidad de calor que puede absorber el evaporador depende de:

- **La superficie de intercambio de calor.** Cuanto mayor sea esta, mayor intercambio de calor tendremos. Por lo tanto, tratarán de evitarse situaciones en las que esta superficie disminuya, como pueden ser: la formación de escarcha (se verá en el Apartado 7.4.), la suciedad que se acumule sobre la superficie o la colocación de aceite sobre las paredes.
- **El coeficiente de transmisión del calor del material.** Mientras mayor sea, mayor será el intercambio de calor.
- **La diferencia de temperaturas entre el medio a refrigerar y el fluido refrigerante.** Cuanto mayor sea esta, mayor será el intercambio de calor.

Por tanto, la cantidad de calor será:

$$Q = S \times K \times \Delta T$$

Siendo  $Q$  la capacidad del evaporador (kcal/h),  $S$  la superficie de intercambio de calor ( $m^2$ ),  $K$  el coeficiente de

**SABÍAS QUE...**

En caso de que el refrigerante del evaporador intercambie calor con el aire que circula a su alrededor sin ningún medio mecánico que lo impulse, diremos que es un evaporador por **convección natural**. Por el contrario, si cuenta con un ventilador que propague ese aire, diremos que es un evaporador por **circulación forzada**.

**SABÍAS QUE...**

El salto térmico varía en función del fluido a enfriar (agua o aire) y del tipo de evaporador que se emplee.

Si el fluido a enfriar es líquido, la diferencia es de alrededor de 5 °C. Si el fluido es aire, está entre 5 y 8 °C para evaporadores por circulación forzada y entre 8 y 12 °C para evaporadores por convección natural.

En las cámaras de conservación de alimentos, debe tenerse en cuenta el porcentaje de humedad relativa ya que cada alimento se conserva a una humedad distinta y el incremento de temperatura varía con la humedad.

transmisión del calor del material ( $kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$ ) y  $\Delta T$  la diferencia de temperaturas entre el medio a refrigerar y el fluido refrigerante ( $^\circ C$ ).

**Actividad resuelta**

- 7.1. En una instalación frigorífica para productos frescos, contamos con un evaporador de circulación natural del cual conocemos los siguientes datos: el coeficiente de transmisión del calor es de 6  $kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$ , la temperatura de evaporación del refrigerante es de -10 °C, la temperatura de la instalación es de 0 °C y la superficie del evaporador es de 8  $m^2$ . Calcula la cantidad de calor que tiene que absorber el evaporador.

**Solución:**

La diferencia de temperaturas entre el medio a refrigerar y el fluido refrigerante es:

$$\Delta T = 0 - (-10) = 10 \text{ } ^\circ C$$

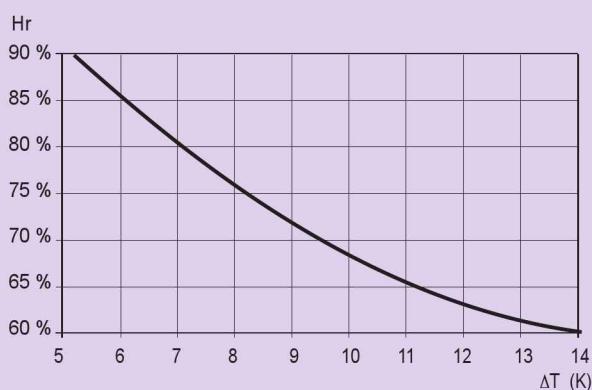
A partir de la fórmula de capacidad, podemos hallar la cantidad de calor que tiene que absorber el evaporador.

$$Q = S \times K \times \Delta T = 8 \times 6 \times 10 = 480 \text{ kcal/h}$$

**Actividad propuesta**

- 7.1. En una cámara frigorífica para conservación de productos congelados, hemos seleccionado un evaporador cuya capacidad es de 5.000 kcal/h y su coeficiente de transmisión del calor es de 8  $kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$ . La temperatura de evaporación del refrigerante es de -30 °C y la temperatura de la cámara, de -25 °C.

- Explica en qué tramos puede dividirse el evaporador.
- Calcula la superficie del evaporador.
- Indica de qué factores depende la capacidad del evaporador.



### Actividad propuesta

- 7.2. Calcula el coeficiente de transmisión del calor de un evaporador de circulación forzada conociendo los siguientes datos:
- Capacidad: 10.000 kcal/h.
  - Temperatura de evaporación del refrigerante: 3 °C.
  - Temperatura en el recinto a refrigerar: 20 °C.
  - Superficie del evaporador: 16 m<sup>2</sup>.

## 7.2. Clasificación de los evaporadores

Existen muchos tipos y formas de evaporadores, además de múltiples aplicaciones, por lo que es difícil dar una sola catalogación. A continuación, vamos a estudiar las clasificaciones más significativas:

### 1. Segundo su constitución física.

- **Evaporadores de placas.** Están formados por placas de acero inoxidable y bastidor de acero al carbono. Se emplean para enfriar líquidos.
- **Evaporadores de tubo liso.** Están constituidos por tubos de acero o de cobre. El acero se utiliza en evaporadores de mayor tamaño y que utilizan amoniaco como refrigerante. El cobre se utiliza en evaporadores más pequeños y que utilizan fluidos clorofluorados. Los tubos pueden tener forma de zigzag o en espiral.
- **Evaporadores de tubo con aletas.** Son iguales que los de tubo liso, pero se les añaden unas placas me-



Figura 7.3. Evaporador de aire de tubo con aletas y ventilación forzada (cortesía de Baltimore Air Coil)

tálicas, que son las aletas. Estas permiten aumentar la superficie de intercambio de calor. El material de las aletas suele ser de aluminio en caso de que la tubería sea de cobre. Estos evaporadores ocupan menos espacio que los de tubo liso ya que las aletas permiten aumentar la superficie de intercambio de calor. La separación entre aletas depende de la aplicación que se dé al evaporador y las establece el fabricante. Así pues, si se utilizan en aplicaciones con riesgo de formación de escarcha, véase cámaras que trabajan a temperaturas bajo 0 °C, la separación entre las aletas tiene que ser mayor que si se trabaja a temperaturas positivas.

### SABÍAS QUE...

En los catálogos de los fabricantes, se indica la aplicación de un evaporador dependiendo de la separación entre las aletas. Puedes obtener más información sobre ello en la página web del fabricante FRIMETAL.

Temperatura cámara	Separación aletas	Aplicación habitual
10 °C	De 2,8 a 4,2 mm	Género fresco delicado, pasillos y salas de trabajo.
0/2 °C	De 3,5 a 6 mm	Conservación de género fresco.
-18/-25 °C	De 6 a 9 mm	Conservación de productos congelados.
-40 °C	De 9 a 12 mm	Túneles de congelación rápida.

### 2. Segundo el fluido a enfriar.

- **Evaporadores de aire.** Podemos tener de convección natural o forzada. Cuando los tubos son con aletas, normalmente, se utiliza ventilación forzada para mejorar el intercambio de calor. La ventilación forzada se utiliza en aplicaciones como las cámaras de congelados en las que queremos mantener altas humedades.
- **Evaporadores de agua.** Los hay a contracorriente y multitudulares. Veremos estos tipos más en detalle para el condensador ya que el principio es el mismo.

### 3. Segundo el estado del refrigerante en el interior del evaporador.

- **Evaporadores secos.** El refrigerante cambia de estado durante el recorrido del evaporador y sale en estado de vapor sobrecalentado. Se requiere

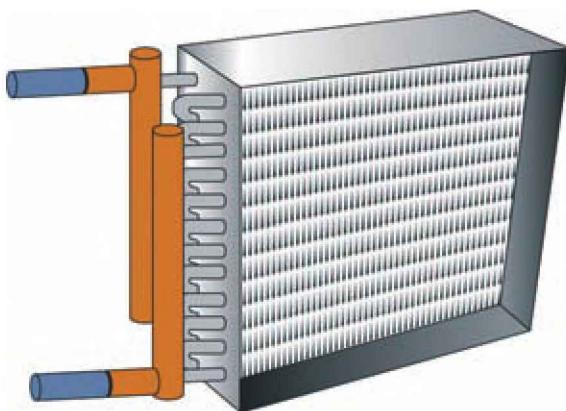


Figura 7.4. Evaporador de aire con ventilación natural

entre un 10 y un 20 % de la superficie final del evaporador para realizar el recalentamiento.

- **Evaporadores inundados.** En ellos, el refrigerante entra en estado líquido y sale del evaporador como mezcla de líquido-vapor, aunque con un gran porcentaje de líquido, por ello es necesario que, a la salida del evaporador, se coloque un separador de líquido que permita separar el vapor que continúa hacia el compresor sin riesgo de golpe de líquido. En este caso, el rendimiento de los evaporadores es mayor ya que la capacidad de absorber calor en forma de calor latente es mayor, aunque sus costes son mayores.

#### SABÍAS QUE...

En evaporadores secos, el dispositivo de expansión es una válvula termostática, mientras que, para los evaporadores inundados, es de flotación.

#### 4. Según el espacio en el que se realice la evaporación.

- **De expansión directa.** En este caso, es el refrigerante que circula por el circuito frigorífico el encargado de absorber el calor y, por tanto, estará en contacto con el espacio a refrigerar.
- **De expansión indirecta.** En este caso, el refrigerante no está en contacto con el fluido del espacio a refrigerar, sino que tendremos un fluido secundario que, en la mayoría de los casos, se tratará de agua. Este tipo de evaporadores se utilizan cuando la distancia que tiene que recorrer el refrigerante a través de las tuberías es muy grande, con el consiguiente aumento del riesgo de averías (más fáciles de solucionar en caso de que tengamos agua) y de los costes debido al aumento de la cantidad de refrigerante en la instalación.

## 7.3. Selección del evaporador

Para elegir el evaporador más adecuado para nuestra instalación, seguiremos una serie de pasos:

- Calcular la capacidad del evaporador, es decir, la cantidad de calor que va a absorber el evaporador, tal y como se ha explicado en el primer apartado de la unidad didáctica.
- Calcular la capacidad nominal. Se trata de corregir la capacidad calculada con un factor de corrección que proporcionan los fabricantes mediante tablas. Este factor tiene en cuenta las pérdidas que se producen en los períodos de desescarche de los evaporadores.

$$Q_n = Q/f$$

Donde  $Q$  es la capacidad en condiciones dadas (kcal/h),  $Q_n$  es la capacidad nominal obtenida de tablas (kcal/h) y  $f$  es el factor de corrección (Figura 7.5.).

El factor de corrección depende de la temperatura de evaporación y del diferencial de temperaturas. Por ejemplo, fijándonos en la Figura 7.5., para una temperatura de evaporación de -18 °C y una diferencia de temperaturas entre el espacio a climatizar y el evaporador de 7 °C, obtendremos un factor de corrección de 0,8.

#### SABÍAS QUE...

Cuando las caídas de presión en el evaporador son elevadas, estas se minimizan dividiendo los evaporadores en tubos paralelos. Para alimentar estos tubos, es necesario un distribuidor y un colector para recoger el refrigerante de los circuitos.



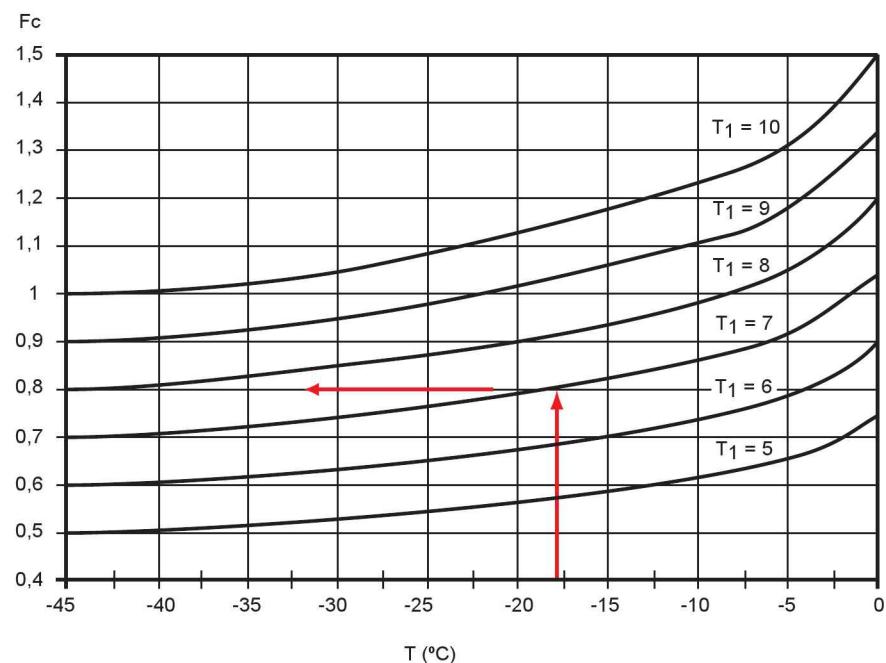


Figura 7.5. Gráfica de factor de corrección

### Actividad resuelta

7.2. Calcula la capacidad nominal de un evaporador para una cámara de productos congelados sabiendo que trabaja con las siguientes condiciones de trabajo:

- Capacidad: 8.000 kcal/h.
- Temperatura de la cámara: -30 °C.
- Temperatura de evaporación: -35 °C.
- Utiliza para ello la gráfica de la Figura 7.5.

#### Solución:

La diferencia de temperaturas entre el medio a refrigerar y el fluido refrigerante es de:

$$\Delta T = -30 - (-35) = 5 \text{ °C}$$

El factor de corrección, empleando la gráfica, será de 0,51.

La capacidad nominal será de  $Q_n = Q/f = 8.000/0,51 = 15.686,27 \text{ kcal/h.}$

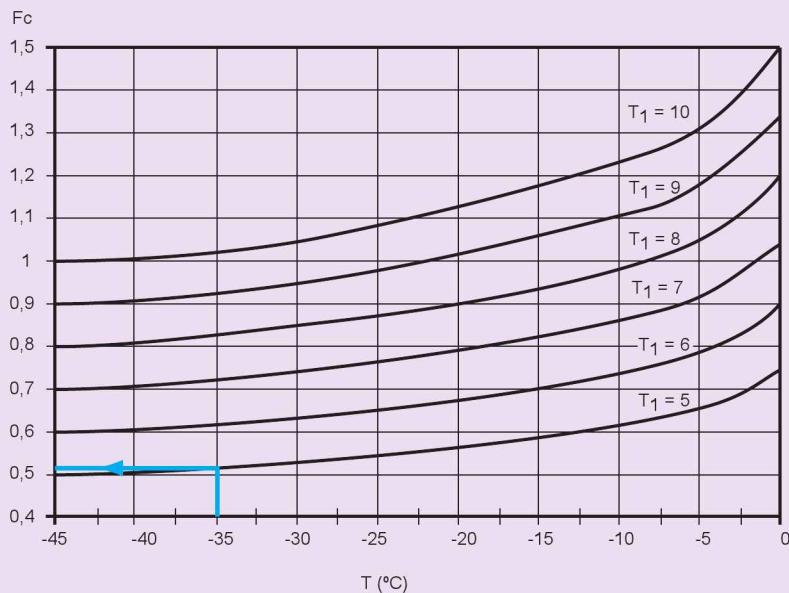


Figura 7.6. Gráfica de factor de corrección

**Actividad propuesta**

7.3. Calcula el factor de corrección de un evaporador para una cámara de productos frescos sabiendo que trabaja con las siguientes condiciones de trabajo:

- Temperatura de la cámara: 0 °C.
- Temperatura de evaporación: -10 °C.
- Utiliza para ello la gráfica de la Figura 7.5.

**Actividad propuesta**

7.4. En una instalación, contamos con un evaporador de circulación forzada que trabaja con una T.<sup>a</sup> de evaporación de -25 °C, un  $\Delta T$  de 8 °C y tiene una capacidad de 4.000 kcal/h. Calcula su capacidad nominal para los dos supuestos siguientes: que el  $\Delta T$  sea de 10 °C y que sea de 6 °C. Utiliza para ello la gráfica de la Figura 7.5.

**Actividad propuesta**

7.5. Si observas la gráfica de la Figura 7.5., al aumentar la diferencia de temperaturas entre la cámara y el evaporador, disminuye la potencia. Explica por qué ocurre esto.

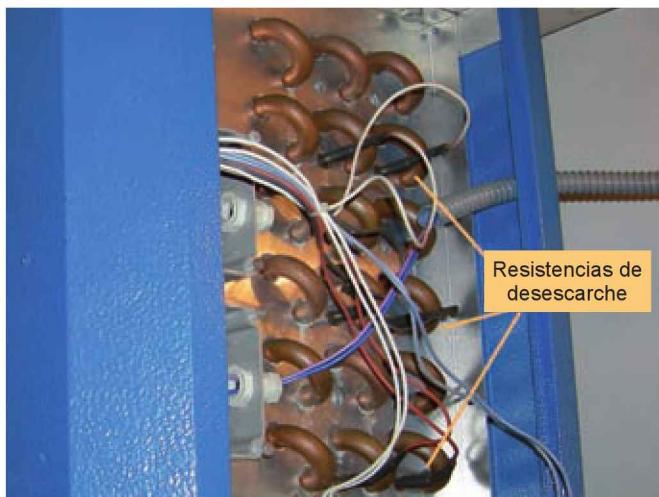


Figura 7.7. Resistencias de desescarche

**SABÍAS QUE...**

Puesto que, durante el proceso de desescarche por resistencias eléctricas, la máquina se encuentra parada, el refrigerante del evaporador aumentará la presión al aplicarle calor. Para que no se produzca una sobrecarga del motor al arrancar la máquina, se coloca un regulador de presión a la entrada del compresor.



## 7.4. Sistemas de desescarche

El aire contiene vapor de agua que, al entrar en contacto con una superficie a temperaturas próximas a 0 °C, forma escarcha. Esto es lo que ocurre en los tubos de los evaporadores que trabajan con temperaturas de evaporación negativas. El aire con contenido en agua, al pasar impulsado por el ventilador, llega al serpentín del evaporador, donde se depositan gotas de agua que, debido a la temperatura del refrigerante, pasan a ser escarcha.

La escarcha afecta negativamente al rendimiento del evaporador por las razones siguientes:

- Actúa de aislante sobre el evaporador, lo cual hace que el refrigerante no se enfríe hasta la temperatura de evaporación y pueda llegar líquido al compresor.
- Al no enfriarse el refrigerante suficientemente, hace que aumenten los ciclos de trabajo y el compresor tenga que funcionar durante más tiempo cada ciclo.
- La acumulación de escarcha en las aletas puede provocar deterioros en las mismas.

La primera pregunta que debemos plantearnos es **¿qué es el desescarche?** La respuesta es sencilla: la eliminación de la escarcha. La escarcha puede ser eliminada por los métodos que se muestran en el esquema de la Figura 7.8. y que, a continuación, veremos con más detalle.



Figura 7.8. Tipos de desescarche

### 1. Por agua.

- Consiste en pulverizar agua sobre el evaporador. Al entrar en contacto con el hielo, este se deshace y cae sobre una bandeja para, posteriormente, enviarlo, ya en forma de agua, a un desagüe.
- Durante el desescarche, la máquina se encuentra parada, se para el ventilador y se corta el paso de refrigerante. No puede ponerse en marcha hasta que no se ha eliminado toda el agua.
- Es el tipo menos usado.

### 2. Por resistencias.

- Consiste en calentar el evaporador mediante resistencias eléctricas en contacto con las aletas del evaporador.
- Cuenta con un temporizador para controlar los períodos de desescarche.

- El agua de la fusión del hielo cae en una bandeja que, después, será enviada hacia el desagüe. En caso de que se trabaje con temperaturas negativas, la bandeja y el desagüe llevan resistencias eléctricas para evitar la congelación.

### 3. Por gases calientes.

- Consiste en descargar el refrigerante en estado vapor sobre calentado en el evaporador para realizar el desescarche. Para ello, se coloca una tubería llamada *línea de desescarche* (Figura 7.9.).
- El inconveniente de este método es que el evaporador pasa a funcionar como un condensador, con lo que, a la salida, tendremos refrigerante en estado líquido que puede llegar al compresor. Para evitarlo, puede colocarse una botella de aspiración que evapore el refrigerante antes de llegar al compresor. Otra solución es, en instalaciones con varios eva-

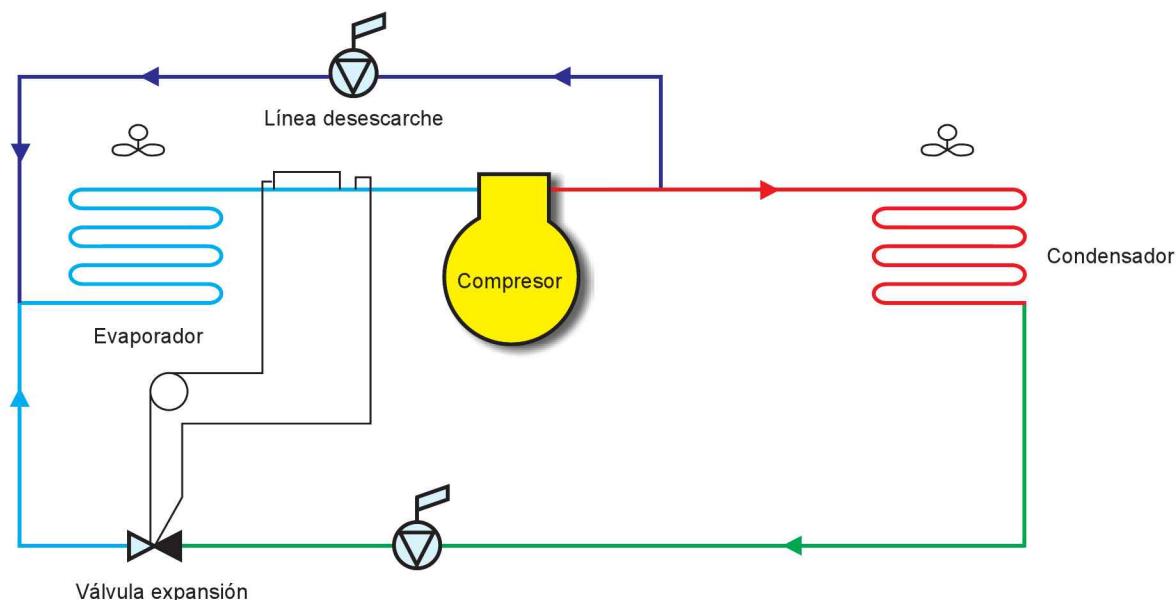


Figura 7.9. Circuito de desescarche por gases calientes

poradores, conectar los evaporadores entre sí, de tal forma que el refrigerante en estado líquido del evaporador de desescarche se envíe al siguiente evaporador y que, finalmente, salga en estado vapor.

#### 4. Por inversión de ciclo.

- Consiste en invertir el ciclo de funcionamiento, es decir, que el evaporador pasa a ser condensador, y viceversa, durante el periodo de desescarche. Para ello, suele utilizarse una válvula de cuatro vías.
- El único dato a destacar es que son necesarias dos válvulas de expansión y otras dos válvulas antirretorno, como puede ser observado en el circuito de la Figura 7.11.



Figura 7.10. Válvula de cuatro vías

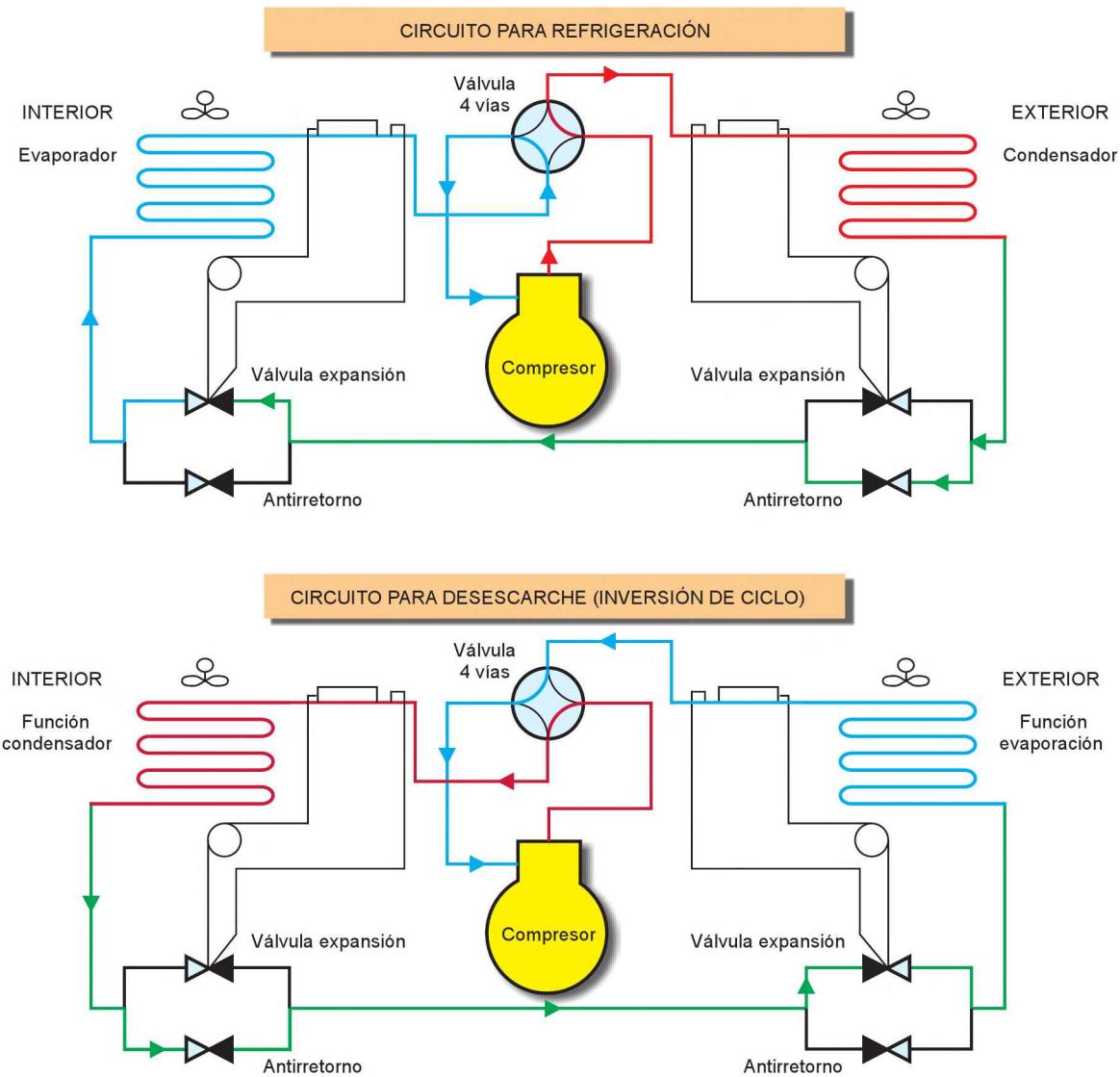


Figura 7.11. Circuito para refrigeración y desescarche por inversión de ciclo

### Actividad propuesta

7.6. Busca en el catálogo del fabricante de evaporadores FRIMETAL los distintos tipos de resistencias que pueden utilizarse para realizar el desescarche por resistencias eléctricas.

La página web es <http://www.frimetal.es>.

## 7.5. ¿Qué función tiene el condensador?

El condensador es un intercambiador de calor que se encarga de ceder el calor que se ha ido incorporando al refrigerante durante su recorrido por el circuito, el absorbido en el evaporador, el aportado en forma de trabajo durante la compresión y el incorporado durante las conducciones, al medio condensante, que puede ser agua o aire.

Este proceso de transferencia implica un cambio de fase del refrigerante. A medida que el refrigerante va atravesando

el condensador, va cediendo calor al medio de enfriamiento, de tal forma que el refrigerante que entra en el condensador, procedente del compresor, en forma de vapor sobre-calentado cambiará de estado y, finalmente, saldrá hacia el expansor en forma de líquido subenfriado o de líquido saturado. Teniendo esto en cuenta, encontramos en el condensador tres tramos diferenciados:

- **Tramo de calor sensible del vapor.** El refrigerante procedente del compresor en estado vapor sobre-calentado va cediendo calor hasta llegar a vapor saturado a la temperatura de condensación.
- **Tramo de calor latente.** El refrigerante cambia de estado pasando a líquido saturado.
- **Tramo de calor sensible del líquido.** El refrigerante en estado líquido continúa cediendo calor y, finalmente, sale en estado de líquido subenfriado.

La cantidad de calor que cede el condensador (capacidad del condensador) es:

$$Q = S \times K \times \Delta T$$

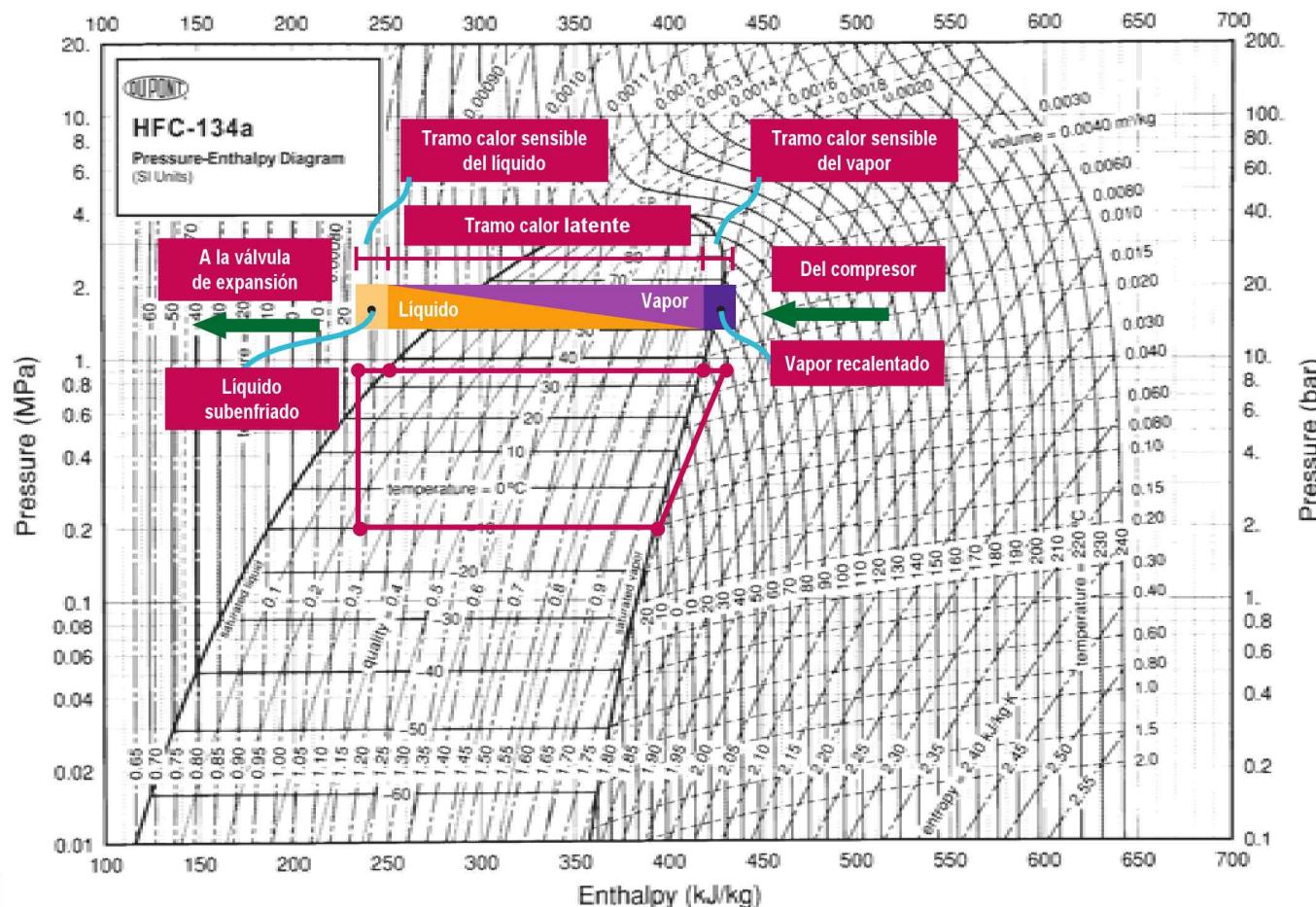


Figura 7.12. Representación de los tres tramos de calor en el condensador

Siendo  $Q$  la capacidad del condensador (kcal/h),  $S$  la superficie de intercambio de calor ( $m^2$ ),  $K$  el coeficiente de transmisión del calor del material (kcal/h  $m^2$   $^{\circ}\text{C}$ ) y  $\Delta T$  la diferencia de temperaturas entre el fluido refrigerante y el medio condensante ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### SABÍAS QUE...

Según el RSF (Reglamento de Seguridad de Plantas e Instalaciones Frigoríficas), el condensador es un intercambiador de calor dispuesto para pasar el estado líquido de un refrigerante a gaseoso comprimido por cesión de calor a un medio distinto del refrigerante circulado.

### SABÍAS QUE...

El salto térmico varía en función del medio condensante (agua o aire) y del tipo de condensador que se emplee.

Si el fluido condensante es líquido, la diferencia es de alrededor de  $10\ ^{\circ}\text{C}$ . Si es una torre de refrigeración, alrededor de  $5\text{--}6\ ^{\circ}\text{C}$ . Por último, si el fluido es aire, está alrededor de  $15\ ^{\circ}\text{C}$ .

### Actividad resuelta

**7.3.** En una instalación frigorífica, contamos con un condensador de circulación natural del cual conocemos los siguientes datos: coeficiente de transmisión del calor de  $7\text{ kcal/h m}^2\ ^{\circ}\text{C}$ , temperatura de condensación del refrigerante de  $36\ ^{\circ}\text{C}$ , temperatura del agente condensante de  $20\ ^{\circ}\text{C}$  y superficie del condensador de  $10\text{ m}^2$ . Calcula la capacidad del condensador.

#### Solución:

La diferencia de temperaturas entre el fluido refrigerante y el medio condensante es:

$$\Delta T = 36 - 20 = 16\ ^{\circ}\text{C}$$

A partir de la fórmula de capacidad, podemos hallar la cantidad de calor que cede el condensador.

$$Q = S \times K \times \Delta T = 10 \times 7 \times 16 = 1.120\text{ kcal/h}$$

### Actividad propuesta

**7.7.** En una cámara frigorífica, hemos seleccionado un condensador cuya capacidad es  $2.000\text{ kcal/h}$  y su coeficiente de transmisión del calor es de  $8\text{ kcal/h m}^2\ ^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de condensación del refrigerante es de  $35\ ^{\circ}\text{C}$  y la temperatura del medio condensante es de  $18\ ^{\circ}\text{C}$ .

- Calcula la superficie del condensador.
- Indica de qué factores depende la capacidad del condensador.

## 7.6. Clasificación de los condensadores

Al igual que sucedió con los evaporadores, existen en el mercado diferentes tipos y formas de condensadores. Atendiendo al fluido condensante empleado para enfriarlo, podemos clasificarlos en: enfriados por aire, enfriados por agua y evaporativos (mixtos aire-agua). A continuación, vamos a estudiar en detalle cada uno de ellos.

### 7.6.1. Condensadores enfriados por aire

En estos, el fluido refrigerante cede su calor al aire, pudiendo ser por convección natural cuando el aire en contacto con los tubos se calienta, creando una corriente de ascensión que retira el calor del condensador. Su utilización está limitada a equipos de poca potencia, como, por ejemplo, electrodomésticos.

También puede ceder el calor por convección forzada cuando el aire es impulsado por uno o varios ventiladores. Estos son los condensadores que se utilizan con más frecuencia en instalaciones modernas.



Figura 7.13. Condensador de frigorífico doméstico

Al igual que vimos en el evaporador, en el condensador, los tubos que forman el serpentín pueden ser de cobre lisos o llevar incorporadas **aletas** de aluminio para aumentar la superficie de intercambio de calor. Estos condensadores ocupan menos espacio que los de tubo liso. También podemos encontrar condensadores de **placas** en las que los tubos van unidos a una fina chapa de hierro provista de ranuras.

## SABÍAS QUE...

En relación al mantenimiento de los condensadores con aletas, hay que procurar mantener limpio el espacio entre estas ya que la suciedad disminuye la superficie de transmisión de calor. También debe evitarse que entren en contacto y, para ello, se recurre a peines separadores.

Los condensadores con tubos lisos se emplean en instalaciones pequeñas, como, por ejemplo, en los frigoríficos domésticos, y suelen ser refrigerados por convección natural, mientras que, con aletas, se emplean en instalaciones industriales y pueden ser de convección forzada o natural.

Los condensadores pueden venir incorporados junto con el compresor y el recipiente de líquido en las llamadas **unidades condensadoras**.

## 7.6.2. Condensadores enfriados por agua

Teniendo en cuenta que el calor específico del aire a presión atmosférica es de 1 kJ/kg y el del agua es de 4,18 kJ/kg, los condensadores enfriados por agua requieren menor superficie de intercambio para eliminar la misma potencia térmica.

Estos condensadores son más útiles cuando la eliminación de calor que necesitamos es grande.

Los podemos clasificar en:

- **De doble tubo.** También llamados *concéntricos* por estar construidos utilizando dos tubos de diferente diámetro que están montados conservando el mismo eje. Como puede verse en la Figura 7.14., los fluidos discurren a contracorriente y el agua se desplaza

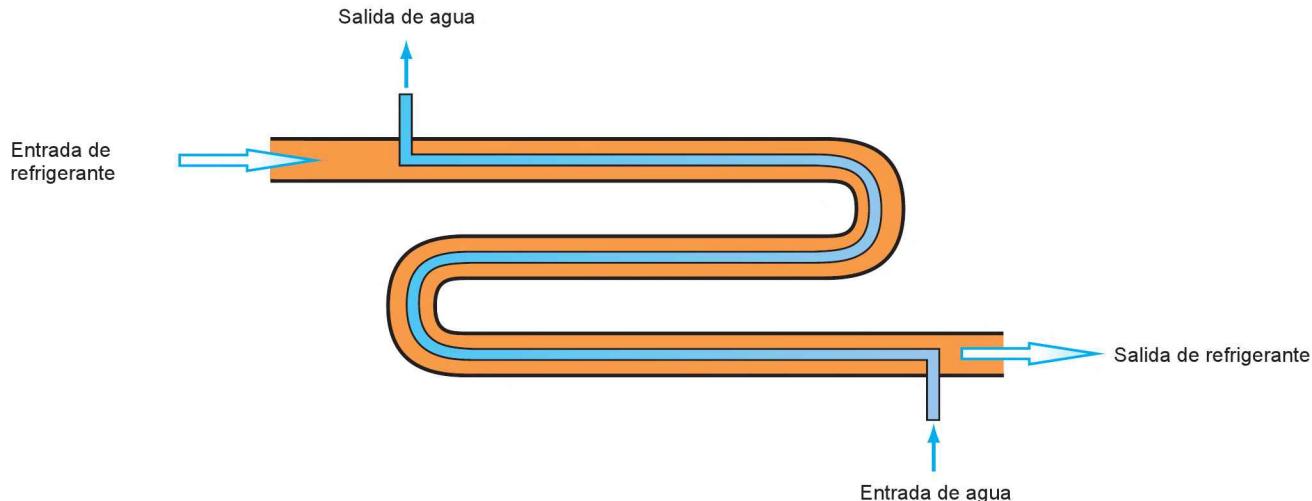


Figura 7.14. Esquema de condensador de doble tubo

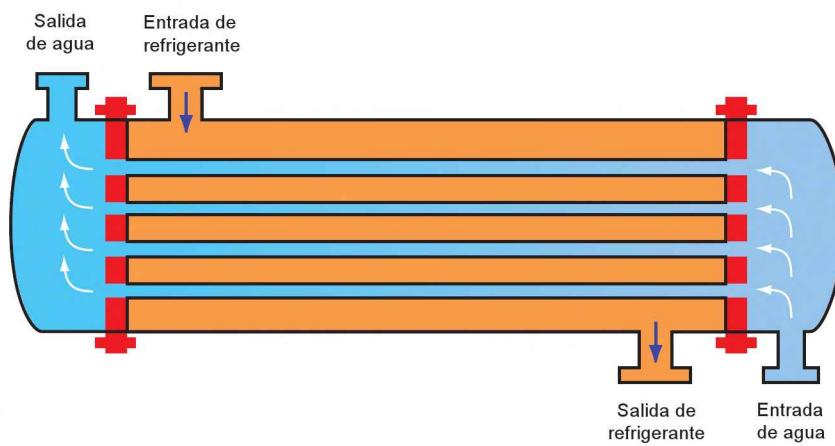


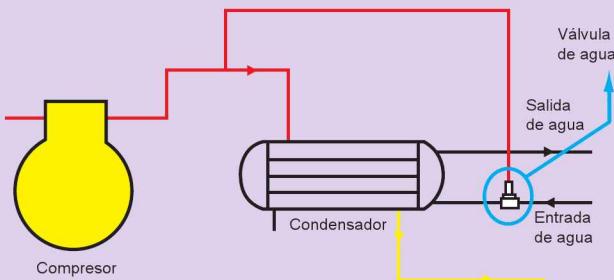
Figura 7.15. Esquema de condensador multitubular

por el tubo más delgado mientras que el refrigerante lo hace por el espacio anular comprendido entre ambos.

- **Multitubulares.** Están formados por una carcasa metálica que lleva en su interior montada una batería de tubos. El fluido refrigerante llena la envolvente, se condensa al estar en contacto con los tubos por los que circula el agua y sale en estado líquido por la parte inferior hasta el recipiente acumulador. Es importante tener en cuenta las posibles incompatibilidades entre los materiales del condensador y el tipo de refrigerante.

#### SABÍAS QUE...

Las válvulas de agua permiten regular el caudal que entra en los condensadores multitubulares dependiendo de la cantidad de calor que tengan que ceder. Su función es similar a la de un ventilador en la regulación del caudal de aire de un condensador de aire.



#### SABÍAS QUE...

En relación al mantenimiento de los condensadores multitubulares, debe mantenerse limpia la parte interior de los tubos para evitar incrustaciones. Además, debe tenerse especial precaución con la formación de gases incondensables en la instalación ya que provocarían un aumento de la presión de condensación.

corriente ascendente de aire que retira calor del líquido refrigerante.

El condensador evaporativo está formado por una envolvente, normalmente de acero galvanizado, en cuyo interior se aloja el serpentín por el que circula el fluido refrigerante, también incorpora un ventilador o ventiladores (axiales o centrífugos) que hacen circular el aire en sentido ascendente desde su aspiración a través de unas rejillas situadas en la parte inferior y sale al exterior a través de un separador de gotas.

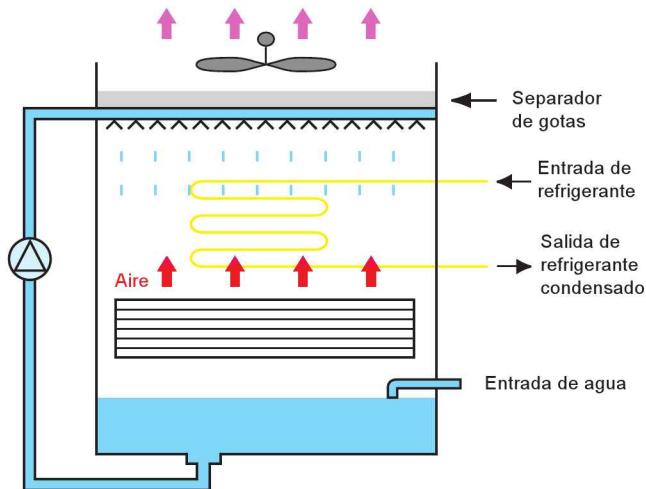


Figura 7.16. Esquema de condensador evaporativo

En la parte inferior del condensador, se sitúa una bandeja donde se recoge el agua que vuelve a impulsarse hasta la parte superior, para ser pulverizada. Una parte del agua se pierde por evaporación.

La reposición de agua se realiza por medio de una válvula situada en la alimentación gobernada por un sistema de control del nivel para determinar cuándo y en qué medida hay que aportar agua de renovación. Hay que tener en cuenta que el agua que se utiliza en el proceso debe ser analizada para comprobar si es necesario someterla a algún tratamiento químico.

Este tipo de condensadores se emplean en grandes sistemas de refrigeración o en lugares donde la temperatura es elevada.

#### SABÍAS QUE...

Las torres de refrigeración son similares a los condensadores evaporativos, con la diferencia de que estas no realizan la condensación del refrigerante, sino que se emplean para enfriar el agua empleada en la condensación, por ejemplo, de condensadores multitubulares.

## 7.7. Selección del condensador

Para seleccionar el condensador, seguiremos los siguientes pasos:

1. Calcular la capacidad del condensador, es decir, la cantidad de calor que va a ceder al medio condensante, tal y como se ha explicado en el Apartado 7.5. de la unidad didáctica.
2. Calcular la capacidad nominal. Se trata de corregir la capacidad calculada con un factor de corrección que proporcionan los fabricantes mediante tablas.

### Actividad resuelta

- 7.4. Calcula la capacidad nominal de un condensador por aire con ventiladores centrífugos a nivel del mar que utiliza R134a. Trabaja con las siguientes condiciones:

- Capacidad del evaporador: 10.000 kcal/h.
- Temperatura de evaporación: -10 °C.
- Temperatura de condensación: 35 °C.
- Temperatura ambiente: 25 °C.

Para realizar el cálculo, nos dan las siguientes tablas del fabricante FRIMETAL. El fabricante nos indica la fórmula de cálculo:

$$Q_n = Q_e \times F_c \times F_r \times F_a \times (15/\Delta T)$$

Siendo  $Q_n$  la capacidad nominal del condensador (kcal/h),  $Q_e$  la capacidad del evaporador (kcal/h),  $F_c$  el factor calor compresión,  $F_r$  el factor refrigerante,  $F_a$  el factor de altitud y  $\Delta T$  la diferencia de temperaturas ( $T_{\text{condensación}} - T_{\text{aire}}$ ).



Figura 7.17. Condensador con ventiladores centrífugos

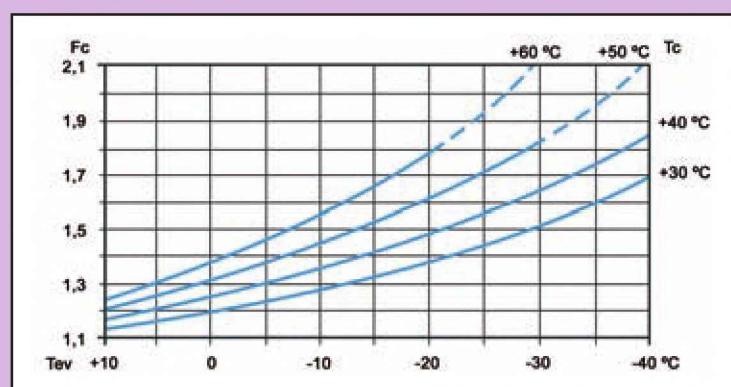


Figura 7.18. Gráfica del factor de compresión

Tabla 7.1. Factor de altitud

Altitud (m)	0	400	800	1.200	1.600	2.000	2.400
Fa	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,20

Tabla 7.2. Factor refrigerante

Refrigerante	R404A	R22	R134a
Fr	1	1,04	1,07

**Solución:**

El factor calor compresión se obtiene de la Figura 7.18.

Siendo  $F_c = 1,31$ .

El factor de altitud se obtiene de la Tabla 7.1., puesto que nos encontramos a nivel del mar, será  $F_a = 1$

El factor refrigerante se obtiene de la Tabla 7.2.:

$$F_r = 1,07.$$

La diferencia de temperaturas será:

$$\Delta T = T_{\text{condensación}} - T_{\text{aire}} = 35 - 25 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Con todos los datos, obtenemos la capacidad nominal del condensador:

$$Q_n = Q_e \times F_c \times F_r \times F_a \times (15/\Delta T)$$

$$10.000 \times 1,31 \times 1 \times 1,07 \times (15/10) = 21.025,2 \text{ kcal/h}$$

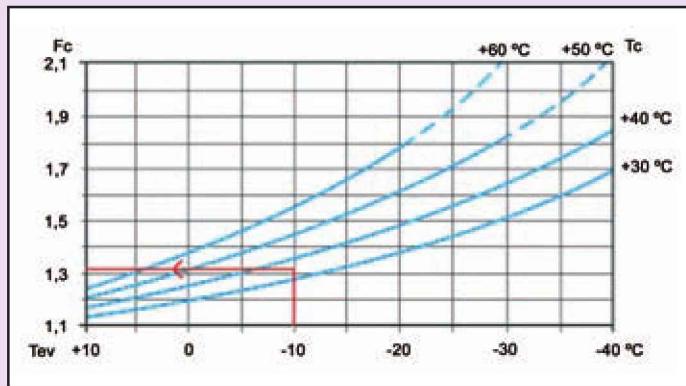


Figura 7.19. Valor del factor de compresión

**Actividad propuesta**

**7.8.** Calcula la capacidad nominal de un condensador por aire a 800 m de altitud que utiliza R134a. Trabaja con las siguientes condiciones:

- Capacidad del evaporador: 26.000 kcal/h.
- Temperatura de evaporación: -10 °C.
- Temperatura de condensación: 35 °C.
- Temperatura ambiente: 20 °C.
- Utiliza las tablas del fabricante de la Actividad resuelta 7.4.

**Actividad propuesta**

**7.9.** Calcula la superficie de transmisión de un condensador por agua multitudular que utiliza R22. Trabaja con las siguientes condiciones:

- Capacidad del evaporador: 26.000 kcal/h.
- Temperatura de evaporación: -20 °C.
- Temperatura de condensación: 32 °C.
- Temperatura de entrada de agua: 20 °C.
- Temperatura de salida de agua: 25 °C.
- Coeficiente de transmisión: 800 kcal/h m<sup>2</sup> °C.

**Enlaces web de interés**

<http://www.frimetal.es>

Fabricante de evaporadores y condensadores.

- El evaporador es un intercambiador de calor que se encarga de absorber calor del medio a refrigerar. Se divide en dos tramos: tramo de calor latente (entrada mezcla líquido-vapor y salida vapor saturado) y tramo de calor sensible (entrada vapor saturado y salida vapor sobrecalegado).
- El condensador es un intercambiador de calor que se encarga de ceder calor al medio condensante, que puede ser agua o aire. Se divide en tres tramos: tramo de calor sensible del vapor (entrada vapor sobrecalegado y salida de vapor saturado), tramo de calor latente (entrada vapor saturado y salida de líquido saturado) y tramo de calor sensible del líquido (entrada líquido y salida líquido subenfriado).
- La capacidad para un intercambiador de calor (evaporador y condensador) se calcula por esta fórmula:  $Q = S \times K \times \Delta T$ .
- Los evaporadores se pueden clasificar en:

Criterio de clasificación	Tipo	Características
Según su constitución física.	<b>Evaporadores de placas</b>	Placas de acero inoxidable y bastidor de acero al carbono.
	<b>Evaporadores de tubo liso</b>	Tubos de acero o de cobre en zigzag o en espiral.
	<b>Evaporadores de tubo con aletas</b>	Son iguales que los de tubo liso, pero se les añaden unas placas metálicas, que son las aletas.
Según el fluido a enfriar.	<b>Evaporadores de aire</b>	De ventilación natural (sin ventilador) o ventilación forzada (con ventilador).
	<b>Evaporadores de agua</b>	A contracorriente y multitubulares.
Según el estado del refrigerante en el interior del evaporador.	<b>Evaporadores secos</b>	El refrigerante cambia de estado durante el recorrido del evaporador y sale en estado de vapor sobrecalegado.
	<b>Evaporadores inundados</b>	El refrigerante sale del evaporador como mezcla de líquido-vapor.
Según el espacio en el que se realice la evaporación.	<b>De expansión directa</b>	El refrigerante está en contacto con el espacio a refrigerar.
	<b>De expansión indirecta</b>	El refrigerante no está en contacto con el fluido del espacio a refrigerar, sino que tendremos un fluido secundario (agua).

- En los evaporadores que trabajan a temperaturas negativas, puede formarse escarcha. Para eliminarla, se emplean los sistemas de desescarche, que pueden ser: por agua, por resistencias eléctricas, por gases calientes o por inversión de ciclo.
- Los condensadores pueden clasificarse en:

Criterio de clasificación	Tipo	Características
Enfriados por aire por convección natural o forzada.	<b>Condensadores de tubo liso</b>	Tubos de cobre. Neveras domésticas.
	<b>Condensadores de tubo con aletas</b>	Son iguales que los de tubo liso, pero con aletas de aluminio. En instalaciones industriales.
Enfriados por agua.	<b>De doble tubo</b>	Dos tubos de diferente diámetro que están montados conservando el mismo eje. El agua pasa por el tubo más delgado y el refrigerante, por el espacio anular comprendido entre ambos.
	<b>Multitubulares</b>	Haz de tubos por los que circula el refrigerante.
Enfriados por aire y agua (mixtos).	<b>Evaporativos</b>	Se enfriá el refrigerante sobrecalegado que circula por el serpentín mediante agua pulverizada y una corriente de aire que se inyecta por la parte inferior.

## Actividades de comprobación

- 7.1.** La función del evaporador es:
- Absorber el calor del refrigerante.
  - Absorber el calor del medio a refrigerar.
  - Ceder el calor del refrigerante.
  - Ninguna de las anteriores es correcta.
- 7.2.** El evaporador puede dividirse en los siguientes tramos:
- Tramo de calor sensible de líquido y tramo de calor latente.
  - Tramo de calor sensible de vapor, tramo de calor latente y tramo de calor sensible de líquido.
  - Tramo de calor latente y tramo de calor sensible de vapor.
  - Tramo de calor sensible de líquido y tramo de calor sensible de vapor.
- 7.3.** La cantidad de calor que puede absorber el evaporador depende de:
- La superficie del evaporador y la diferencia de temperaturas entre el medio a refrigerar y el fluido refrigerante.
  - La superficie de evaporador, el coeficiente de transmisión del calor del material y la diferencia de temperaturas entre el medio a refrigerar y el fluido refrigerante.
  - La superficie del evaporador, el factor de corrección y la diferencia de temperaturas entre el medio a refrigerar y el fluido refrigerante.
  - Ninguna de las anteriores es correcta.
- 7.4.** Señala la afirmación incorrecta:
- Los evaporadores de tubo con aletas se utilizan en aplicaciones con riesgo de formación de escarcha.
  - Los evaporadores de aire con ventilación forzada se emplean en cámaras de congelados donde las humedades son altas.
  - Los evaporadores de expansión indirecta se emplean en instalaciones que refrigeran con un fluido secundario.
  - Los evaporadores inundados están sumergidos en agua.
- 7.5.** La escarcha disminuye el rendimiento del evaporador porque:
- Enfria demasiado el refrigerante y hace que los ciclos de trabajo sean más largos.
  - El compresor funciona durante menos tiempo cada ciclo.
  - Actúa de aislante sobre las tuberías del evaporador.
  - Ninguna es correcta.
- 7.6.** Señala la respuesta correcta:
- El desescarche por agua es el tipo más usado.
  - El desescarche por resistencias eléctricas consiste en calentar el evaporador mediante resistencias eléctricas.
  - El desescarche por inversión de ciclo consiste en descargar el refrigerante en estado vapor sobrecaelentado en el evaporador.
  - El desescarche por gases calientes solo se aplica en instalaciones con un único evaporador.
- 7.7.** El condensador puede dividirse en los siguientes tramos:
- Tramo de calor sensible de líquido y tramo de calor latente.
  - Tramo de calor sensible de vapor, tramo de calor latente y tramo de calor sensible de líquido.
  - Tramo de calor latente y tramo de calor sensible de vapor.
  - Tramo de calor sensible de líquido y tramo de calor sensible de vapor.
- 7.8.** En los condensadores enfriados por agua:
- El líquido requiere menor superficie de intercambio para eliminar la misma potencia que un condensador enfriado por aire.
  - El líquido requiere mayor superficie de intercambio para eliminar la misma potencia que un condensador enfriado por aire.
  - El vapor requiere menor superficie de intercambio para eliminar la misma potencia que un condensador enfriado por aire.
  - El vapor requiere mayor superficie de intercambio para eliminar la misma potencia que un condensador enfriado por aire.
- 7.9.** Señala la respuesta correcta:
- Los condensadores de doble tubo enfriados por agua se emplean en neveras domésticas.
  - Los condensadores de tubo con aletas se emplean en instalaciones industriales.
  - Los condensadores evaporativos se emplean en pequeñas instalaciones o en lugares donde la temperatura es baja.
  - Ninguna es correcta.
- 7.10.** Las torres de refrigeración:
- Realizan la condensación del refrigerante en su interior.
  - Se emplean para enfriar el agua empleada en la condensación.
  - El agua pulverizada cae sobre un serpentín por cuyo interior circula líquido refrigerante.
  - Ninguna es correcta.

### Actividades de aplicación

- 7.11.** Explica cuál es la función del evaporador en un circuito de refrigeración y qué le ocurre al refrigerante durante su paso por el evaporador.
- 7.12.** Indica cuándo se utilizan múltiples circuitos en un evaporador y qué elemento se utiliza en estos evaporadores.
- 7.13.** Señala qué válvula de expansión se utiliza en los evaporadores inundados y cuál en los evaporadores secos.
- 7.14.** Razona qué tipos de evaporadores utilizarías para las siguientes aplicaciones:
- Instalación de aire acondicionado en una vivienda.
  - Cámara frigorífica de productos congelados con altas humedades.
  - Instalación de aire acondicionado en una nave industrial.
  - Cámara frigorífica de productos frescos de un supermercado.
- 7.15.** Dibuja el esquema para los siguientes sistemas de desescarche:
- Por gases calientes.
  - Por inversión de ciclo.
- 7.16.** Cita en qué tramo del proceso de condensación se elimina más calor.
- 7.17.** A una empresa instaladora le han encargado realizar el sistema de refrigeración de una planta industrial. Para ello, deben seleccionar el condensador:
- 7.18.** Describe los tipos de condensadores que podrían instalarse.
- 7.19.** Indica qué tareas de mantenimiento tendrían que realizarse.
- 7.20.** Explica qué tipo de condensadores son más eficientes: los enfriados por agua o por aire.
- 7.21.** En una instalación, contamos con un evaporador de circulación forzada que trabaja con una T.<sup>a</sup> de evaporación de -25 °C, un  $\Delta T$  de 8 °C y tiene una capacidad de 6.000 kcal/h. Averigua su capacidad si el  $\Delta T$  fuera de 9 °C y si fuera de 5 °C. Utiliza para ello la gráfica de la Figura 7.5. Argumenta cómo varía la capacidad con el incremento de temperatura.
- 7.22.** Calcula la capacidad nominal de un condensador por aire a nivel del mar que utiliza R404A. Trabaja con las siguientes condiciones:
- Capacidad del evaporador: 30.000 kcal/h.
  - Temperatura de evaporación: -10 °C.
  - Temperatura de condensación: 35 °C.
  - Temperatura ambiente: 23 °C.
  - Utiliza las tablas del fabricante de la actividad resuelta 7.4.
- 7.23.** Enumera las diferencias entre un condensador evaporativo y una torre de refrigeración.

### Actividades de ampliación

- 7.22.** Una de las aplicaciones típicas de los evaporadores cúbicos con ventiladores centrífugos son las cámaras frigoríficas con temperaturas positivas. En internet, pueden encontrarse catálogos de este tipo de evaporadores: <http://www.frimetal.es> o <http://www.baltimoreaircoil.com>. Realiza un estudio sobre las distintas ofertas, diseños y tipos de fabricación de estos evaporadores. Presta atención al tipo de ventilador que emplean. Indica diferentes tipos de sistemas de desescarche que pueden aplicarse.
- 7.23.** Calcula la capacidad y el caudal de agua de un condensador multitudular que utiliza R404A. Trabaja con las siguientes condiciones:
- Capacidad del evaporador: 30.000 kcal/h.
  - Temperatura de evaporación: -10 °C.
  - Temperatura de condensación: 35 °C.
  - Temperatura de entrada del agua: 20 °C.
  - Temperatura de salida del agua: 27 °C.
  - Coeficiente de transmisión del calor: 900 kcal/h m<sup>2</sup> °C.
  - Temperatura ambiente: 23 °C.
- Para determinar la cantidad de agua que circula por un condensador multitudular de agua, recuerda lo visto en el Apartado 2.8. sobre calor específico de la Unidad 2.
- Realiza un estudio sobre el condensador que va a instalarse dando todos los datos que sean necesarios. Para ello, puedes consultar en distintas páginas de fabricantes.