

- La finalidad del compresor es la de aspirar los vapores producidos por la evaporación del refrigerante en el evaporador a baja presión y descargar a alta presión estos vapores comprimidos en el condensador a fin de permitir su condensación por enfriamiento.
- La finalidad del condensador es ceder la energía en forma de calor del refrigerante al medio exterior, que puede ser agua o aire, de tal forma que el refrigerante se condense.
- La finalidad de la válvula de expansión es conseguir una gran disminución de la presión y de la temperatura del refrigerante y producir una restricción en el paso del refrigerante a través de la válvula.
- La finalidad del evaporador es extraer la energía en forma de calor del medio a refrigerar (agua o aire), de tal forma que sea el refrigerante quien absorba ese calor. Es el elemento que se encarga propiamente de realizar la producción de frío.
- El ciclo de compresión de vapor ideal se representa sobre los diagramas p-h o de Mollier que son propios para cada refrigerante. Para su trazado, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones: para el compresor, consideraremos una compresión ideal y adiabática, ( $Q = 0$  y  $S_{\text{ent comp}} = S_{\text{salida comp}}$ ); para el condensador, consideramos que, durante el proceso de condensación, la presión no varía; para la válvula de expansión, consideramos que el flujo de refrigerante a través de ella es adiabático y no se realiza trabajo ( $Q = 0$  y  $W = 0$ ) y, para el evaporador, consideramos que, durante el proceso de evaporación, la presión no varía.
- La potencia frigorífica es la cantidad de calor a absorber del medio a refrigerar en la unidad de tiempo.
- La producción frigorífica es la potencia frigorífica extraída del recinto a refrigerar por unidad de caudal másico de refrigerante que recorre el circuito.
- El coeficiente de operación o de rendimiento frigorífico (COP) es la relación entre la energía en forma de cantidad de calor que hay que absorber del medio a refrigerar y la energía que hay que entregar para extraer ese calor ( $W_{\text{compresor}}$ ).
- El recalentamiento será un aumento de temperatura (calor sensible) a presión constante. Tiene como misión evitar que pueda llegar refrigerante en estado líquido al compresor. El recalentamiento debe ser el adecuado ya que también provocará el aumento del tamaño del compresor, el aumento de la superficie de intercambio del condensador y una disminución del COP.
- El subenfriamiento será una disminución de la temperatura del refrigerante a presión constante. Su misión es mejorar el rendimiento del sistema ya que el evaporador absorbe mayor cantidad de calor. Puede originarse en: el separador de líquido, la tubería de unión del condensador y del dispositivo de expansión o en un subenfriador.
- Las pérdidas de carga son caídas de presión y pueden darse a lo largo de los conductos o en puntos concretos del circuito, normalmente en los accesorios.
- El ciclo de compresión real es aquel en el que tendremos en cuenta las pérdidas de carga.
- El principio de funcionamiento de la máquina de absorción se basa en la propiedad que tienen ciertas sustancias y sales como el bromuro de litio, que, cuando se encuentran en estado líquido, son capaces de disolver otras, como pueden ser agua o amoníaco en estado de vapor.

## ■ Actividades de comprobación

- 5.1.** En la maquinaria frigorífica, la relación entre la energía en forma de cantidad de calor que hay que absorber del medio a refrigerar y la energía que hay que entregar para extraer ese calor es:
- Rendimiento frigorífico.
  - Coeficiente de producción frigorífica.
  - Potencia frigorífica.
  - Esa relación no puede ser medida en los circuitos frigoríficos de calor.
- 5.2.** Indica entre qué elementos tiene que ir montado el expansor:
- Entre el compresor y el condensador.
  - Entre el evaporador y el compresor.
  - Entre el evaporador y el condensador.
  - Ninguna es correcta.
- 5.3.** Para medir el grado de recalentamiento, necesitamos dos datos:
- Temperatura de salida del evaporador y temperatura a la que se produjo el cambio de estado en el evaporador.
  - Temperatura a la entrada del evaporador y temperatura a la salida del evaporador.
  - Temperatura a la entrada del evaporador y temperatura a la salida del condensador.
  - Temperatura de salida del compresor y temperatura a la entrada al condensador.
- 5.4.** Señala la respuesta correcta:
- La finalidad del evaporador es ceder la energía en forma de calor del refrigerante al medio exterior.
  - La finalidad del condensador es extraer la energía en forma de calor del medio exterior.
  - La finalidad del condensador es extraer la energía en forma de calor del medio a refrigerar.
  - La finalidad del compresor es la de aspirar los vapores producidos por la evaporación del refrigerante a baja presión y descargarlos a alta presión en el condensador.
- 5.5.** El refrigerante procedente del dispositivo de expansión llega al evaporador en estado de:
- Líquido.
  - Vapor sobrecalentado.
  - Vapor saturado.
  - Mezcla de líquido-vapor.
- 5.6.** Señala la afirmación incorrecta:
- Durante el proceso de condensación, en un circuito frigorífico ideal, la presión no varía.
  - En el dispositivo de expansión, consideramos que el flujo de refrigerante a través de él se comporta de manera adiabática.
  - Durante el proceso de evaporación, en un circuito frigorífico ideal, la presión no varía.
  - En el compresor, la cantidad de trabajo que va a realizarse es nula.
- 5.7.** El refrigerante procedente del compresor llega al condensador en estado de:
- Líquido.
  - Vapor sobrecalentado.
  - Vapor saturado.
  - Mezcla de líquido-vapor.
- 5.8.** En las máquinas frigoríficas, la compresión se realiza de forma:
- Ideal y adiabática.
  - La variación de entalpía es nula.
  - No se produce trabajo.
  - Ninguna de las anteriores es correcta.
- 5.9.** Señala la respuesta correcta:
- El recalentamiento será un aumento de presión a temperatura constante.
  - El subenfriamiento será una disminución de la temperatura del refrigerante a presión constante.
  - En caso de que no tengamos pérdidas de presión, estaremos ante un ciclo de compresión real.
  - El recalentamiento del refrigerante se produce antes de salir hacia el dispositivo de expansión.
- 5.10.** Una de las consecuencias del recalentamiento es:
- La disminución de la superficie de intercambio del condensador.
  - La disminución de la superficie de intercambio del evaporador.
  - El aumento del tamaño del compresor.
  - El aumento del COP.

## Actividades de aplicación

**5.11.** Una cámara frigorífica funciona con una temperatura de condensación de 40 °C y de evaporación de -10 °C. En el compresor, la temperatura de descarga es de 56 °C. Dibuja los puntos en el diagrama del R134a y calcula:

- El calor absorbido por el refrigerante.
- El calor eliminando en el condensador.
- La potencia frigorífica siendo el caudal 0,02 kg/s.
- El equivalente térmico del trabajo total de compresión.
- El COP.

**5.12.** Representa el ciclo frigorífico de compresión simple y explica qué misión cumple cada elemento.

**5.13.** Indica qué misión tiene el recalentamiento y el subenfriamiento en el ciclo frigorífico y represéntalo gráficamente sobre un diagrama p-h o de Mollier.

**5.14.** Una instalación frigorífica funciona con refrigerante R134a a una temperatura de condensación de 50 °C y de evaporación de -10 °C. Sabemos que el recalentamiento es de 5 °C y el subenfriamiento es de 2 °C y el caudal másico es de 0,05 kg/s.

- Dibuja los elementos básicos del circuito frigorífico sobre el diagrama de Mollier.
- Calcula el calor absorbido por el refrigerante.
- Calcula la potencia frigorífica en kW y en kcal/h.
- Calcula el trabajo total de compresión.
- Calcula el COP.

**5.15.** Describe en qué lugares del circuito puede producirse el recalentamiento y el subenfriamiento.

**5.16.** Para los puntos marcados en el diagrama de la Figura 5.10., completa la siguiente tabla:

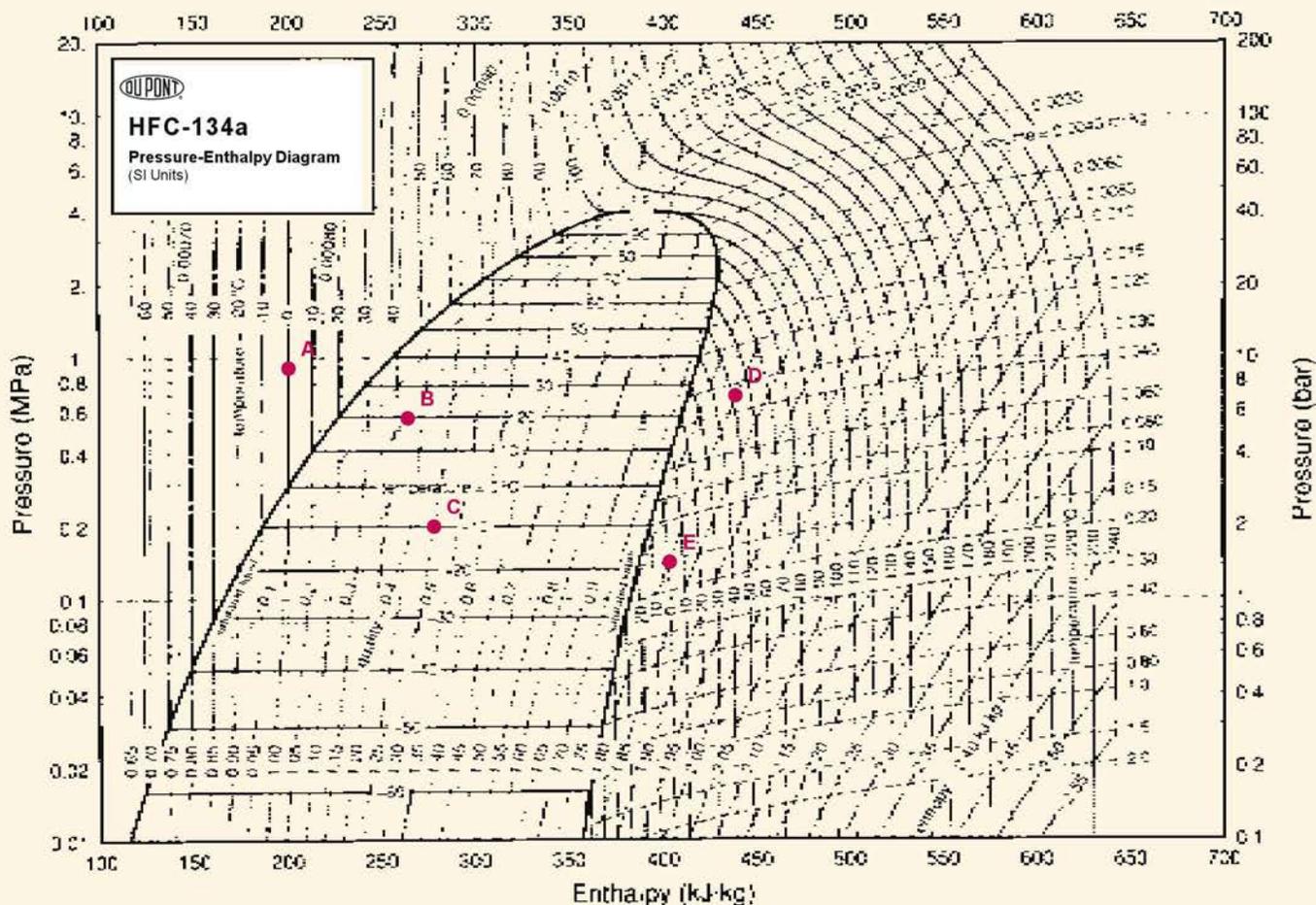


Figura 5.10. Puntos del diagrama frigorífico (cortesía de Dupont)

Punto	p (bar)	T (°C)	Entalpía (kJ/kg)	Entropía (kJ/kg K)	Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg)
A					
B					
C					
D					
E					

5.17. Para el circuito de la Figura 5.11., determina las siguientes cuestiones:

- El calor absorbido por el refrigerante.
- El calor eliminando en el condensador.
- El equivalente térmico del trabajo total de compresión.
- El recalentamiento.
- El subenfriamiento.

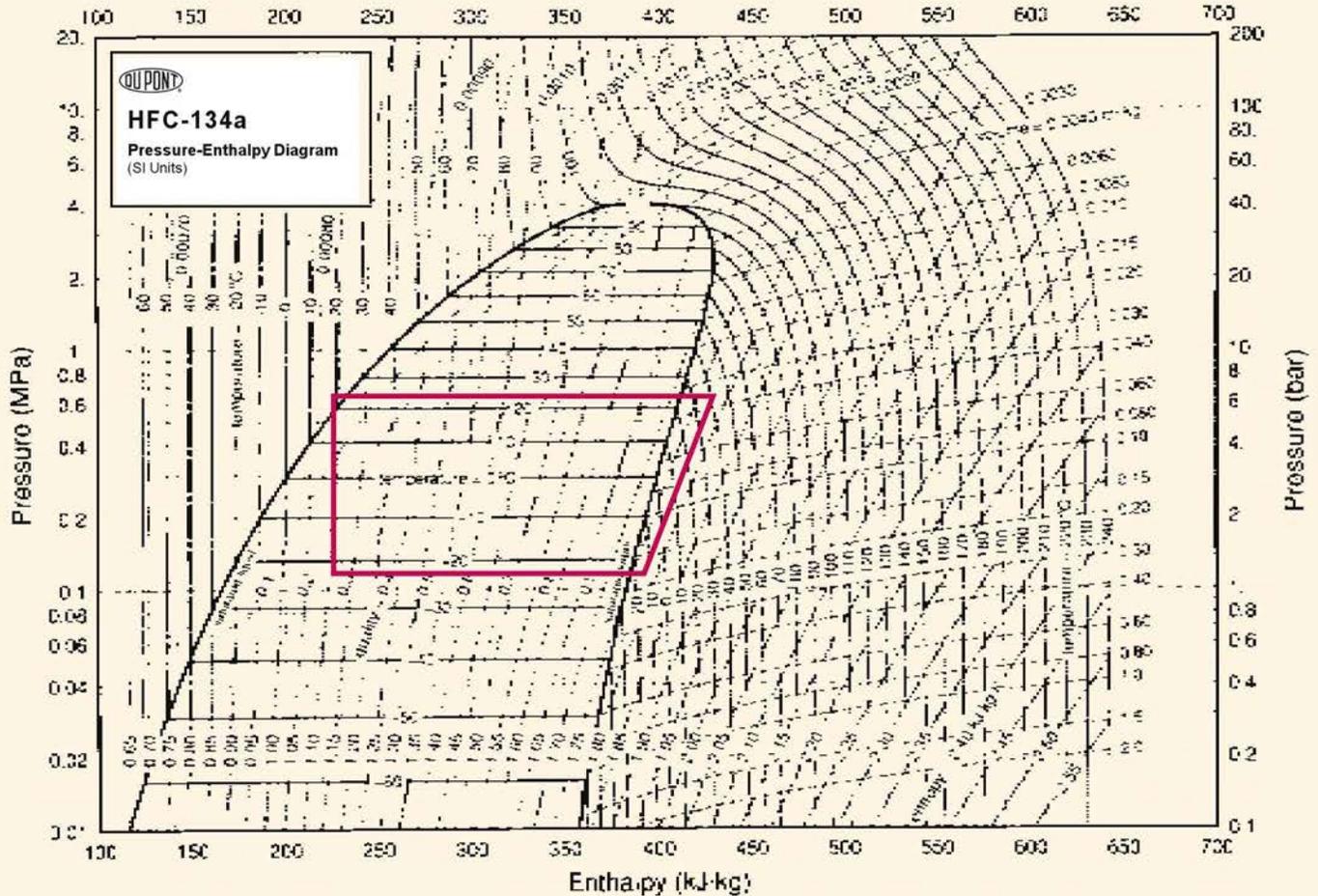


Figura 5.11. Ciclo frigorífico sobre el diagrama presión- entalpía del refrigerante R 134a

5.18. Explica por qué es tan importante la función del evaporador en el circuito frigorífico.

5.19. Expón las diversas causas de la pérdida de carga que se produce en el ciclo de compresión real del vapor y pon algún ejemplo.

5.20. Representa sobre el diagrama p-h del refrigerante R134 los puntos que se indican en la siguiente tabla. También completa los datos de cada punto.

Punto	p(MPa)	T(°C)	Entalpía (kJ/kg)	Entropía (kJ/Jg °C)	Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg)	Porcentaje de vapor (%)
A	0,6		450			
B	0,2			2		
C		-30				40
D	1				0,03	
E		-10	250			
F	2		150			

5.21. Dibuja el ciclo frigorífico del R134a en su diagrama de Mollier a partir de los siguientes datos:

- Temperatura de condensación: 35 °C.
- Temperatura de evaporación: -5 °C.
- Temperatura a la entrada de la válvula de expansión: 25 °C.
- Temperatura en la aspiración del compresor: 5 °C.

## Actividades de ampliación

5.22. Cada tipo de refrigerante se comporta de diferente manera dependiendo de sus valores de presión y de temperatura. Así pues, existen diagramas de presión-temperatura diferentes para cada tipo de refrigerante. En internet, pueden encontrarse en las web de los fabricantes, por ejemplo: <http://www.dupont.com>. Sabiendo que, en una instalación, se ha realizado la siguiente medida: temperatura de -10 °C y presión de 2 bar.

- Indica el valor del recalentamiento si el refrigerante es R134a.
- Averigua el valor del recalentamiento si el refrigerante es R404a.

5.23. El COP determina el rendimiento frigorífico de un circuito. En el mercado, existen multitud de fabricantes que especifican el COP de sus equipos. Busca en la página web de la empresa Termoven, dedicada al diseño, fabricación y comercialización de productos para climatización y ventilación, [www.termoven.es](http://www.termoven.es), y compara los

valores del COP de distintas enfriadoras de agua. Realiza un breve informe de tu investigación.

5.24. A una empresa instaladora frigorista le encargan instalar, mantener y reparar una instalación por absorción que utiliza NH<sub>3</sub>-Agua en una industria agroalimentaria, en la que se dispone de una fuente de calor recuperable proveniente de motores de combustión. El equipo instalado consigue un valor de COP de 0,6. Sabiendo que el COP para la misma instalación utilizando el ciclo de compresión de vapor es de 4,5.

Explica la razón de que se haya decidido emplear el ciclo de absorción, a pesar del valor tan bajo de COP obtenido.



Figura 5.11. Señal para la identificación de la tubería de aspiración de la instalación con amoníaco

5.25. En el RITE aparecen los valores de las caídas de presión máximas admisibles de los siguientes componentes:

COMPONENTE	CAÍDA DE PRESIÓN MÁXIMA ADMISIBLE
Baterías de calentamiento	40 Pa
Baterías de refrigeración en seco	60 Pa
Baterías de refrigeración y deshumectación	120 Pa
Recuperadores de calor	80 a 120 Pa
Atenuadores acústicos	60 Pa
Unidades terminales de aire	40 Pa
Elementos de difusión de aire	40 a 200 Pa, dependiendo del tipo de difusor
Rejillas de retorno de aire	20 Pa
Secciones de filtración	Menor que la caída de presión admitida por el fabricante, según el tipo de filtro

Identifica qué tipo de pérdida de carga corresponde con cada uno de los valores que se dan e indica qué factores influyen en cada una de ellas.

5.26. Selecciona una de las plantas enfriadoras de agua por ciclo de absorción, que puedes encontrar en la página web del fabricante Carrier (<http://www.carrier.es>). Y a continuación completa la siguiente ficha técnica de la máquina.

### FICHA TÉCNICA

Fabricante: .....

Modelo: .....

Número de serie: .....

Identificación en la instalación: grupo frigorífico nº. ...., planta enfriadora nº. ...., etc.

Lugar de instalación: central térmica, central de cogeneración, sala de máquinas, etc. ....

Tipo: simple efecto, doble efecto, llama directa, etc.

Año de fabricación: .....

Refrigerante: agua, amoníaco .....

Absorbente: Bromuro de Litio, agua. Concentración: .... % en peso

Energía térmica en el generador: llama directa (combustible), vapor de agua saturado (presión), agua caliente (temperatura); agua sobrecalentada (temperatura/presión) inhibidores: Nitrato de Litio, Cromato de Litio, Molibdato de Litio .....

Regeneradores: Hidróxido de Litio, Alcohol Octílico .....

Carga nominal de productos:

Refrigerante ..... Litros/kg

Absorbente. .... Litros/kg

Alcohol Octílico. .... Litros

Otros ..... Litros/kg

Bomba de refrigerante: Modelo: .....; Potencia motor: ..... kW

Bomba de solución diluida: Modelo: .....; Potencia motor: ..... kW

Bomba de solución intermedia: Modelo: .....; Potencia motor: ..... kW

Bomba de solución concentrada

(*Interstage* - doble efecto): Modelo: .....; Potencia motor: ..... kW

Sistema de purga: convencional; alta eficiencia; manual. ....

Control: electromecánico; electrónico. ....

Régimen de funcionamiento .....

Verano: número de meses .....

Invierno: número de meses .....

Dimensiones: ..... mm x ..... mm x ..... mm

Peso: ..... kg