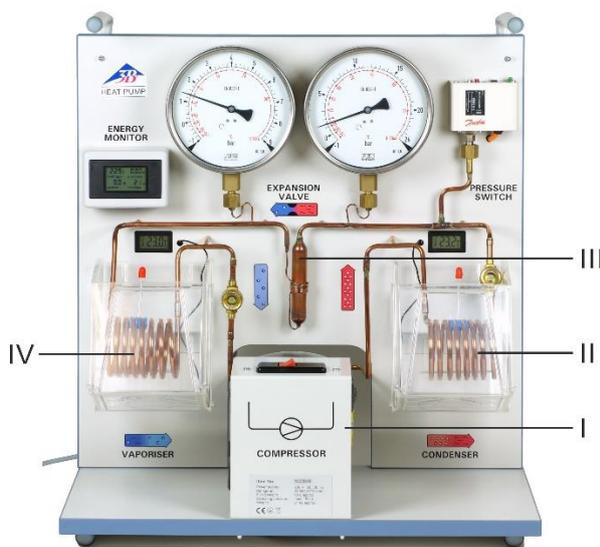


Bomba de calor D

230 V, 50/60 Hz 1022618
115 V, 50/60 Hz 1022619

Instrucciones de uso

03/20 JS/ALF/GH



- I Compresor
- II Condensador - Licuefactor
- III Válvula de expansión
- IV Evaporador

1. Descripción

La bomba de calor D sirve para la representación clara y sencilla del funcionamiento de un refrigerador resp. de una bomba de calor de compresión de mando eléctrico.

Los componentes del compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador están montados en una placa base y se encuentran enlazadas entre sí por medio de conductores de tubos de cobre, creando un sistema cerrado y gracias a la ordenación clara y sencilla se puede relacionar conceptualmente con la secuencia de los cambios de fase existentes en el proceso cíclico de la bomba de calor. El evaporador y el condensador o licuefactor se encuentran sumergidos en sendos recipientes o depósitos de agua, los cuales sirven como colectores o depósitos para la determinar el calor entregado o absorbido. Dos termómetros digital hacen posible la medición

necesaria de las temperaturas en ambos recipientes de agua.

Para poder observar el estado físico del fluido de trabajo durante el proceso, la bomba de calor está dotada de sendas mirillas después del evaporador y del condensador. Dos manómetros grandes muestran las presiones correspondientemente antes y después de la válvula de expansión. En la conexión de acometida a la red se encuentra un medidor digital de energía, para determinar el tiempo de servicio, de la tensión de la red, de la absorción de potencia actual y del trabajo eléctrico. Un interruptor de protección de sobrepresión separa la bomba de calor de la red, en caso de una sobrepresión de 15 bar.

La bomba de calor D se entrega en dos versiones.

1022618	230V (±10 %), 50 Hz
1022619	115V (±10 %), 60 Hz .

2. Aviso de seguridad

La bomba de calor D corresponde a las regulaciones de seguridad para dispositivos eléctricos de medición, de mando, de control y de laboratorio, estipuladas por la norma DIN EN 61010, parte 1, y ha sido montada según la clase de protección I. Está prevista para el servicio en recintos secos, convenientes para los medios de servicio eléctricos.

Su uso correcto, acorde con las prescripciones, garantiza el servicio seguro del equipo. Sin embargo, la seguridad no queda garantizada si el dispositivo se usa incorrectamente o se manipula sin el cuidado necesario.

Si es de suponer que ya no es posible un funcionamiento libre de peligro (por ejemplo, por daños visibles), se debe poner el equipo fuera de servicio inmediatamente.

En escuelas e instalaciones educativas, el funcionamiento del equipo debe ser supervisado responsablemente por personal instruido al respecto.

- Antes de la primera puesta en marcha, se debe comprobar si el valor impreso corresponde a las exigencias locales de tensión.
- Antes de poner en marcha el aparato se debe examinar si existen daños en la bomba de calor o en la conexión a la red y, en caso de fallos en el funcionamiento o daños visibles, se debe poner el equipo fuera de servicio asegurándolo contra una puesta en marcha involuntaria.
- El aparato se debe conectar sólo en enchufes con un conductor de protección conectado a la tierra.

Peligro de recalentamiento: Durante el funcionamiento el compresor de la bomba de calor se calienta mucho.

- No se debe obstruir la libre circulación del aire alrededor del compresor.
- El compresor no se debe aislar térmicamente.
- Una puesta a cero del interruptor de sobrepresión sólo se debe hacer diez minutos después de que haya reaccionado.

El fluido de trabajo en la bomba de calor se encuentra bajo sobrepresión aunque el compresor se encuentre desconectado.

- El aparato se debe transportar sólo tomándolo por las asa de transporte.
- En ningún caso se deben doblar o dañar los conductos de cobre.

El fluido de trabajo no debe llegar nunca en su fase líquida al compresor, porque en este caso se tiene el peligro de sobrecarga el compresor.

El lubricante del compresor no debe entrar en el ciclo de refrigeración.

- La bomba de calor se guarda, se transporta y se pone en funcionamiento sólo en posición vertical.
- Antes de ponerlo en funcionamiento debe estar por lo menos 7 horas en posición vertical, en caso de que se haya volcado.
- Envíe la bomba de calor solo en su caja original y en posición vertical en el palé desechable.

3. Componentes

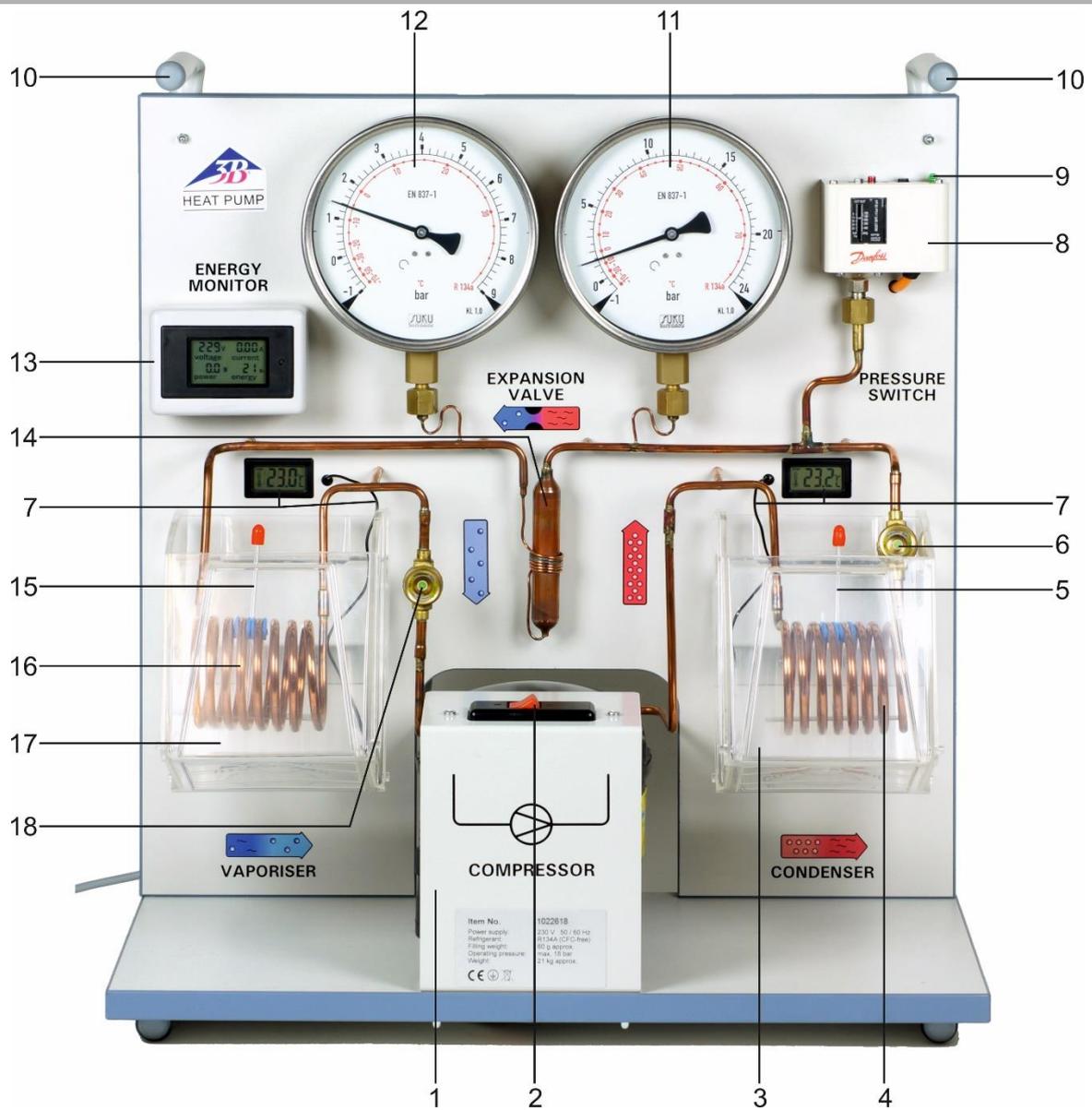


Fig. 1 Componentes de la bomba de calor

- | | |
|---|--|
| 1 Compresor | 11 Manómetro del lado de alta presión |
| 2 Interruptor para el compresor | 12 Manómetro del lado de baja presión |
| 3 Depósito de agua alrededor del condensador | 13 Monitor de energía |
| 4 Espiral del condensador | 14 Válvula de expansión |
| 5 Agitador del lado del condensador | 15 Agitador del lado del evaporador |
| 6 Mirilla del lado del condensador | 16 Espiral del evaporador |
| 7 Termómetro digital con sensor de temperatura | 17 Recipiente de agua alrededor del evaporador |
| 8 Interruptor de protección contra sobrepresión | 18 Mirilla del lado del evaporador |
| 9 Puesta a cero el interruptor de protección | Cable de acometida a la red (al reverso) |
| 10 Asa de transporte | |

4. Accesorios

Para la medición de la temperatura en diferentes puntos a lo largo de los conductores de tubo de cobre es apropiado el "Sensor de temperatura NTC con pinza de medida" (1021797), porque éste se puede acoplar directamente en el conductor de cobre y tiene una buena transmisión del calor. El sensor se utiliza junto con el ataloger "VinciLab (1021477)".

5. Datos técnicos

Potencia del compresor:	120 W, dependiendo del estado de trabajo
Agente frigorífico:	R 134 ^a (Tetrafluor-etileno C ₂ H ₂ F ₄)
Temperatura de ebullición:	-26°C con 1 bar de presión
Depósitos de agua:	c/u 2000 ml
Manómetro:	160 mm Ø, hasta 9 bar (Lado de baja presión, conducto de aspiración), hasta 24 bar (Lado de alta presión, Conducto de presión)
Interruptor de protección:	desconecta con 15 bar
Termómetro:	
Temperatura de medida:	de -20°C hasta 110°C
Resolución:	0,1°C
Exactitud:	±1°C
Intervalo de medición:	aprox. 10 s
Operación con dos baterías botones LR44	
Tensión de trabajo:	115 V, 60 Hz resp. 230 V, 50 Hz
Dimensiones:	750 x 350 x 540 mm ³
Masa:	aprox. 21 kg

6. Servicio

6.1 Llenado de los depósitos de agua.

- Se llena el depósito de agua con el borde bajo hacia adelante y se desliza por debajo de la espiral del evaporador resp. del licuefactor.
- Se gira el depósito de agua así que el borde alto muestre hacia la pared posterior vertical.
- Se levanta el depósito de agua, se vuelca hacia la pared posterior vertical y se cuelga en la chapa soporte.

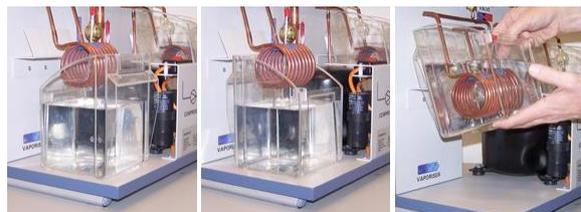


Fig. 3 Colocación del depósito de agua en la bomba de calor
Izquierda: Depósito de agua con el borde bajo hacia la bomba de calor
Centro: Depósito de agua girado, con el borde bajo mostrando hacia adelante
Derecha: Depósito de agua se cuelga en la chapa soporte

6.2 Puesta en funcionamiento

- Observe las instrucciones de seguridad del punto 2.
- Deje la bomba de calor en posición vertical durante al menos 7 h antes de ponerla en marcha si se ha inclinado.
- Llenar el tanque de agua (ver punto 6.1).
- Se conecta el compresor.

Observación: El medidor de energía también trabaja estando el compresor desconectado.

7. Proceso cíclico de la bomba de calor

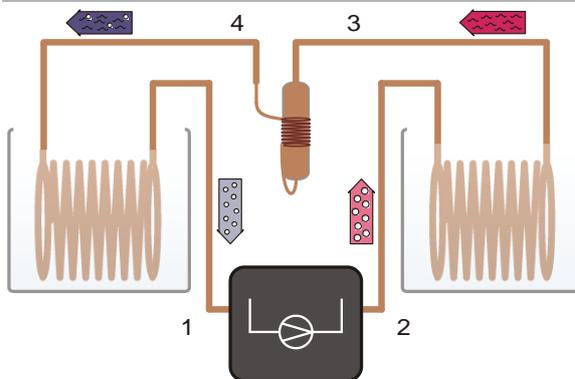


Fig. 4 Representación esquemática de la bomba de calor con Compresor (1→2), Licuefactor (2→3), Válvula de expansión (3→4) y evaporador (4→1)

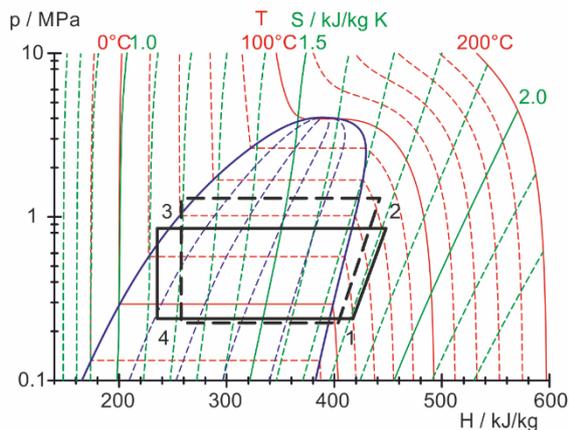


Fig. 5 Representación del proceso cíclico idealizado de la bomba e calor en el diagrama de Mollier (ver parágrafo 8.2)

El proceso cíclico de la bomba de calor se idealiza dividido en los cuatro pasos: Compresión (1→2), Licuefacción (2→3), expansión estrangulada (3→4) y evaporación (4→1):

Compresión:

El fluido de trabajo en estado de gaseoso es aspirado por el compresor y comprimido de una presión p_1 a una p_2 , sin cambio de entropía ($s_1 = s_2$) y se recalienta en el proceso. La temperatura aumenta de T_1 a T_2 . El trabajo mecánico de compresión por unidad de masa es $\Delta w = h_2 - h_1$.

Licuefacción:

En el licuefactor o compresor el fluido de trabajo se enfría fuertemente y se condensa. El calor liberado (calor de recalentamiento y calor de condensación) calienta el colector circundante a la temperatura T_2 . Este es de $\Delta q_2 = h_2 - h_3$ por unidad de masa.

Expansión estrangulada:

El fluido de trabajo condensado llega la válvula de expansión, donde es expandido en forma estrangulada (es decir, sin realizar trabajo mecánico) a una presión menor. En este proceso también se reduce la temperatura, porque se debe realizar trabajo en contra de las fuerzas de atracción moleculares en el fluido de trabajo (efecto Joule-Thompson) La entalpía permanece constante ($h_4 = h_3$).

Evaporación:

En el evaporador el fluido de trabajo se evapora totalmente absorbiendo calor. Esto conduce a un enfriamiento del recipiente o depósito circundante a la temperatura T_1 . El calor absorbido por unidad de masa es de $\Delta q_1 = h_1 - h_4$.

El fluido de trabajo es aspirado por el compresor para realizar una nueva compresión.

Observación:

El refrigerante expandido se evapora y retira el calor del depósito izquierdo.

En condiciones ideales, el sistema de tuberías transporta el refrigerante gaseoso puro desde el evaporador a través de la mirilla hasta el compresor.

A medida que la temperatura del agua disminuye, la absorción de calor a través del serpentín del evaporador disminuye y, como resultado, las gotas de refrigerante pueden hacerse visibles en el visor izquierdo.

Esto prácticamente no influye en el funcionamiento de la bomba de calor, pero debe reducirse al mínimo mediante la circulación constante del agua.

Para la determinación del coeficiente de rendimiento, debe utilizarse una ventana de temperatura limitada:

Temperatura de inicio aprox. 20°C a 25°C, temperatura de terminación en el depósito izquierdo aprox. 10° a 12°C.

8. Ejemplos experimentales

8.1 Rendimiento del compresor

El rendimiento η_{co} del compresor se obtiene de la relación de la cantidad de calor ΔQ_2 , que se le entrega al recipiente o depósito de agua caliente por intervalo de tiempo Δt , con respecto a la potencia P de accionamiento del compresor. Éste disminuye al aumentar la diferencia de temperatura entre el condensador o licuefactor y el evaporador.

$$\eta_{co} = \frac{\Delta Q_2}{P \cdot \Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T_2}{P \cdot \Delta t}$$

c = Capacidad calorífica específica del agua y
 m = Masa del agua.

Para la determinación del rendimiento:

- Se conecta la bomba de calor a la red eléctrica.
- Llène el recipiente de agua con 2 l de agua cada uno e introdúzcalo en la placa de retención (véase el punto 6.1). Para la siguiente medición, adicionalmente mantenga listos al menos 4 l de agua a 20°C.
- Encienda el compresor y déjelo funcionar durante unos 10 minutos para que alcance su temperatura de funcionamiento (el compresor no debe calentarse durante la medición)

- Vaciar el contenedor de agua y llenarlo con agua a una temperatura de 20°C. Reiniciar el contador de energía (punto 9)
- Encienda el compresor y ponga en marcha el cronometraje (cronómetro, teléfono inteligente, etc.).
- Durante todo el experimento, siempre revuelva bien el agua de los recipientes.
- Corre a intervalos de tiempo iguales, observe el consumo de energía y las temperaturas del agua.
- Aborta la medición, a unos 10°C en el depósito izquierdo

A partir de los valores medidos, se puede calcular una eficiencia global para el curso del experimento y una eficiencia parcial para cada intervalo de tiempo.

$$\eta_{co} = \frac{\Delta Q_2}{P \cdot \Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T_2}{P \cdot \Delta t}$$

c = Capacidad calorífica específica del agua y
 m = Masa del agua.

8.2 Representación en el diagrama de de Mollier

El proceso cíclico idealizado se puede determinar en el diagrama de Mollier midiendo las presiones $p(3)$ y $p(4)$ antes y después de la válvula de expansión y la temperatura $T(1)$ antes del compresor:

$T(1)$ y $p(4)$ determinan el punto 1 en el diagrama de Mollier (ver fig 5). El punto de corte de la isentrópica con la horizontal $p(3) = \text{const.}$ determina el punto 2. El punto de corte de la horizontal con la línea de ebullición conduce el punto 3 y la vertical sobre la horizontal $p(4) = \text{const.}$ conduce al punto 4.

La medición adicional de las temperaturas $T(2)$, $T(3)$, y $T(4)$ proporciona una idea más amplia en los procesos que tienen lugar en la bomba de calor:

Así, dentro de la exactitud de medición, la temperatura $T(4)$ medida externamente concuerda con la temperatura que se puede leer en la correspondiente escala de temperatura del manómetro. Esta escala de temperatura se basa en la curva de presión de vapor del fluido de trabajo. Es decir que la medición muestra que el fluido de trabajo detrás de la válvula de expansión se trata de una mezcla de líquido y gas.

Por el contrario, la temperatura $T(3)$ medida externamente difiere de la temperatura leída en el manómetro en el lado de alta presión. El fluido de trabajo no contiene aquí ninguna componente de gas sino que está totalmente en fase líquida.

Para la medición de la temperatura externa se recomienda (ver 4 Accesorios):

Sensor de temperatura NTC con pinza de medida	1021797
VinciLab	1021477
Licencia Coach7	

8.3 Coeficiente de potencia teórico

El coeficiente de potencia teórico del proceso cíclico idealizado se puede calcular en base a las entalpías específicas h_1 , h_2 y h_3 leídas en el diagrama de Mollier:

$$\eta_{th} = \frac{\Delta q_2}{\Delta w} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

8.4 Corriente masiva del fluido de trabajo

Si se han determinado las entalpías h_2 y h_3 del proceso cíclico idealizado así como la cantidad de calor ΔQ_2 entregada al recipiente o depósito de agua caliente en el intervalo de tiempo Δt , así se puede estimar la corriente masiva del fluido de trabajo.

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} \cdot \frac{1}{h_2 - h_3}$$

9. Medidor de energía

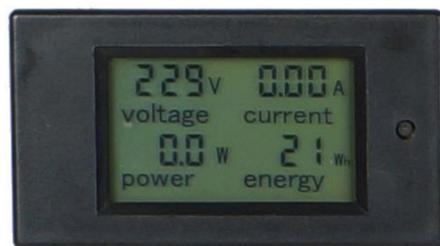


Fig. 6 Medidor de energía

En la pantalla del contador de energía se pueden leer los siguientes valores:

Unidad de voltaje eléctrico:	Voltio
Unidad de corriente eléctrica:	Amperios
Unidad de potencia eléctrica:	Vatio
Unidad de energía eléctrica:	vatio-hora

Para poner a cero la energía eléctrica, hay que pulsar el pequeño botón a la derecha de la pantalla con un objeto puntiagudo, de la siguiente manera:

- Manténgalo durante unos 4 segundos hasta que el valor de la energía eléctrica parpadee, luego vuelva a pulsarlo brevemente.

La pantalla puede inclinarse para facilitar la lectura

10. Diagrama de Mollier

Para la representación del proceso cíclico de una bomba de calor de compresión se utiliza frecuentemente el diagrama de Mollier del fluido de trabajo. Allí se trazan las curvas de presión p contra la entalpía específica del fluido de trabajo h (la entalpía es una medida para la capacidad calorífica por unidad de masa del fluido de trabajo, ésta por lo general aumenta al aumentar la presión de la componente de gas en el fluido de trabajo).

Además se indican las isotermas ($T = \text{const.}$) las isentrópicas ($S = \text{const.}$) así como la parte masiva del fluido de trabajo en fase líquida. A la izquierda de la llamada línea de ebullición el fluido de trabajo se encuentra totalmente en fase líquida, condensado. A la derecha de la llamada línea de condensación el fluido de trabajo se encuentra en forma de vapor recalentado, entre las dos líneas se presenta como una mezcla de gas – líquido. Las dos líneas se encuentran en el punto crítico.

Ver Fig. 7 en la Pag. 8.

11. Cambio de la batería

- Se retira la tapa protectora en el reverso del termómetro y retire las baterías planas.
- Se reemplaza las baterías, teniendo en cuenta la polaridad correcta.
- Se vuelve a cerrar la tapa protectora.
- En caso de no utilizar del aparato por largo tiempo se debe retirar las baterías.
- Nunca deseche las baterías descargadas en las basuras domésticas. Siga siempre las prescripciones legales del lugar de trabajo (Ley N° 24.051, de Residuos Peligrosos, EU: 2006/66/EG).

12. Almacenamiento, cuidado y mantenimiento

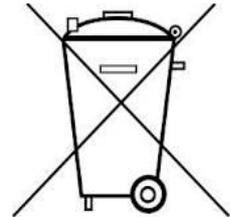
La bomba de calor es libre de mantenimiento.

- La bomba de calor se almacena en un lugar limpio, seco y libre de polvo.

- Antes de la limpieza el aparato se separa del suministro de corriente.
- Para limpiarlo se utiliza un trapo suave húmedo.

13. Desecho

- Para reparaciones eventuales, envío de retorno, etc., la bomba de calor se debe transportar en su caja original y en posición vertical en el palé desechable. Por esta razón, no deseche la caja original ni el palé.
- En caso de que el propio aparato se deba desechar como chatarra, no se debe deponer entre los desechos domésticos normales. Se deben cumplir las prescripciones locales para el desecho de chatarra eléctrica.
- Nunca deseche las baterías descargadas en las basuras domésticas. Siga siempre las prescripciones legales del lugar de trabajo (Ley N° 24.051, de Residuos Peligrosos, EU: 2006/66/EG).



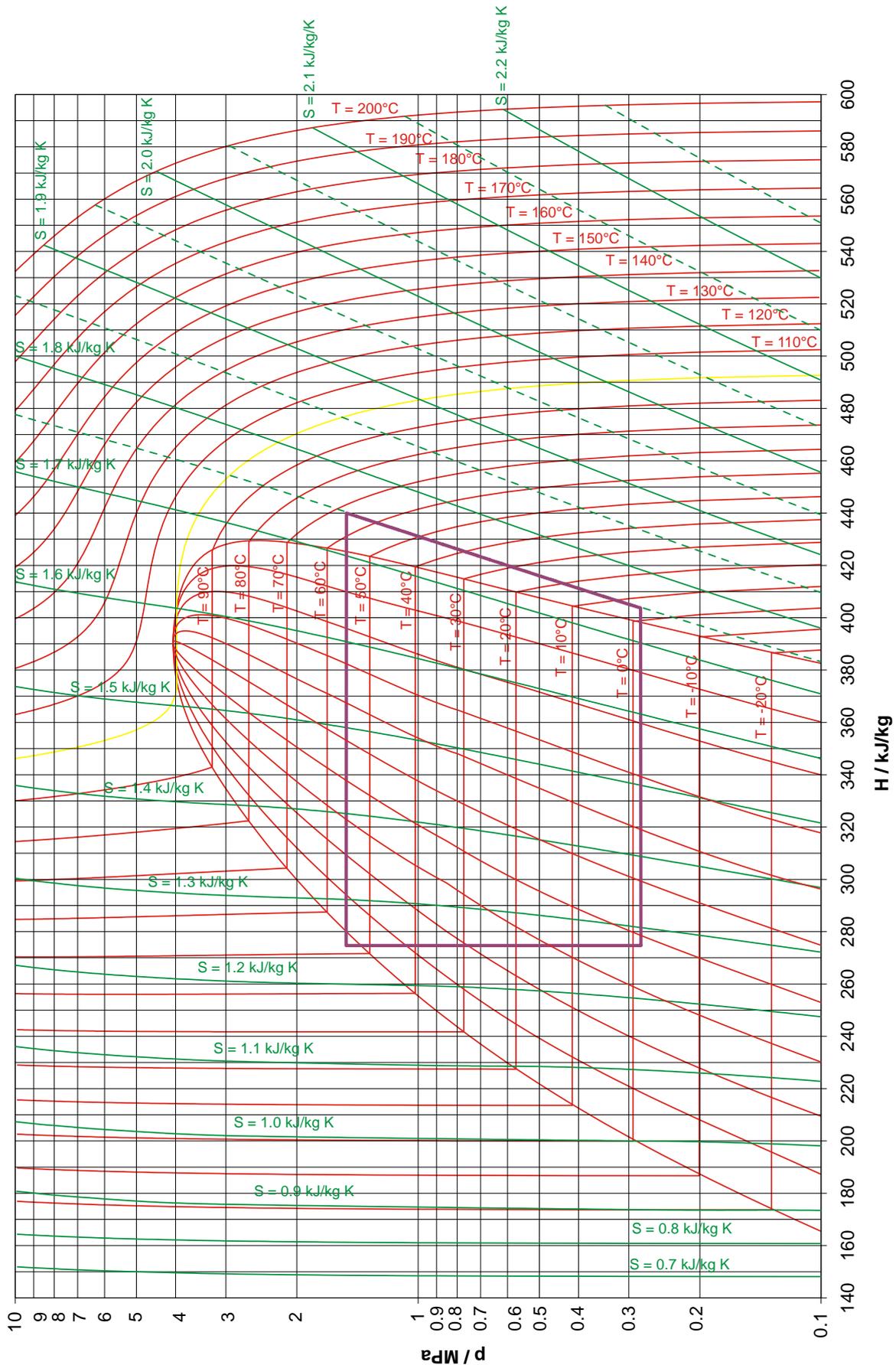


Fig. 7 Diagrama de Mollier