

Definición

El condensador está localizado en la parte delantera del vehículo, entre los electroventiladores axiales y el radiador de refrigeración motor. Tiene por función evacuar el calor absorbido por el fluido frigorífico durante las fases de evaporación y compresión.

Es un intercambiador térmico donde:

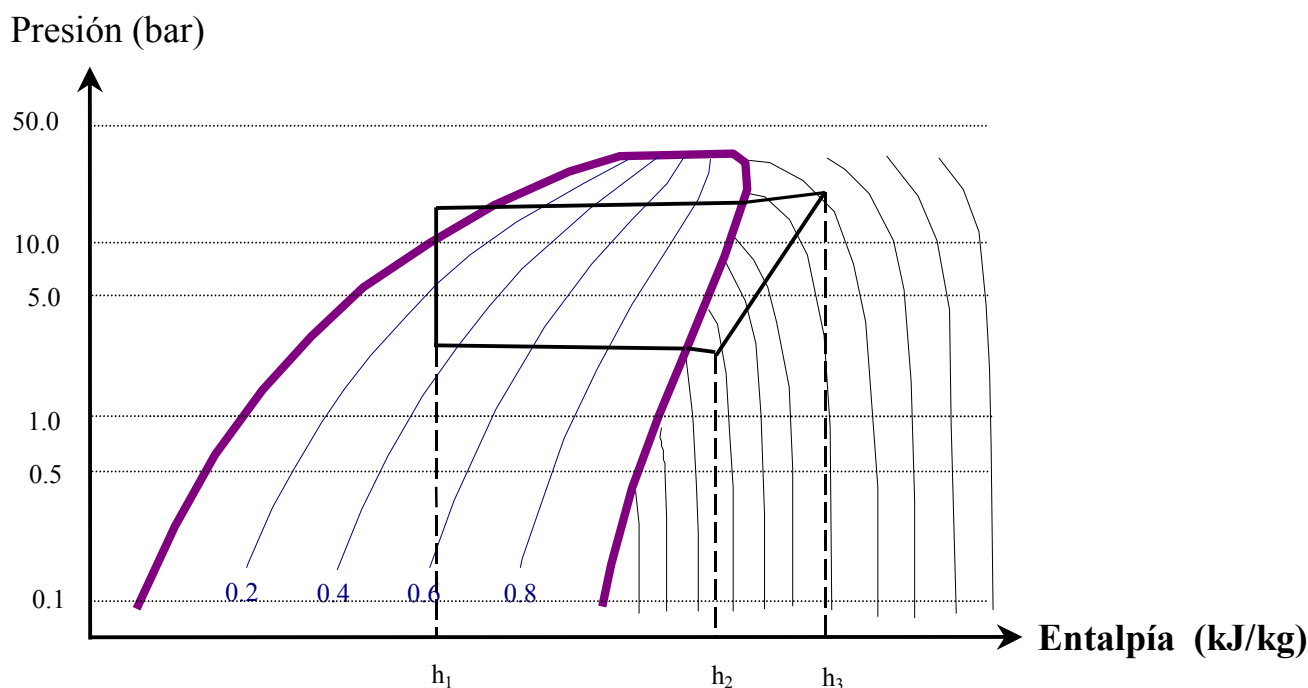
- El fluido que circula por el conjunto de tubos se enfría y se condensa;
- El aire que atraviesa el condensador se calienta.

Funcionamiento

En el condensador, el fluido cede al aire la energía que ha absorbido en el evaporador y en el compresor. La potencia intercambiada en el seno de dicho intercambiador se escribe:

$$P_{\text{cond}} = P_{\text{frigo}} + P_{\text{comp}}$$

donde P_{cond} : potencia cedida por el fluido al aire en el condensador,
 P_{frigo} : potencia frigorífica del circuito o potencia absorbida por el fluido en el evaporador,
 P_{comp} : potencia absorbida por el fluido en el compresor



Las potencias puestas en juego se definen de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} P_{\text{cond}} &= Q_f \times (h_3 - h_1) \\ P_{\text{frigo}} &= Q_f \times (h_2 - h_1) \\ P_{\text{comp}} &= Q_f \times (h_3 - h_2) \end{aligned}$$

Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 1 de 9

dónde Q_f : caudal másico de fluido frigorífico
 h_1 : entalpía másica del fluido a la entrada del evaporador
 h_2 : entalpía másica del fluido a la salida del evaporador
 h_3 : entalpía másica del fluido a la salida del compresor

Descripción del intercambio térmico

Balance energético del aire:

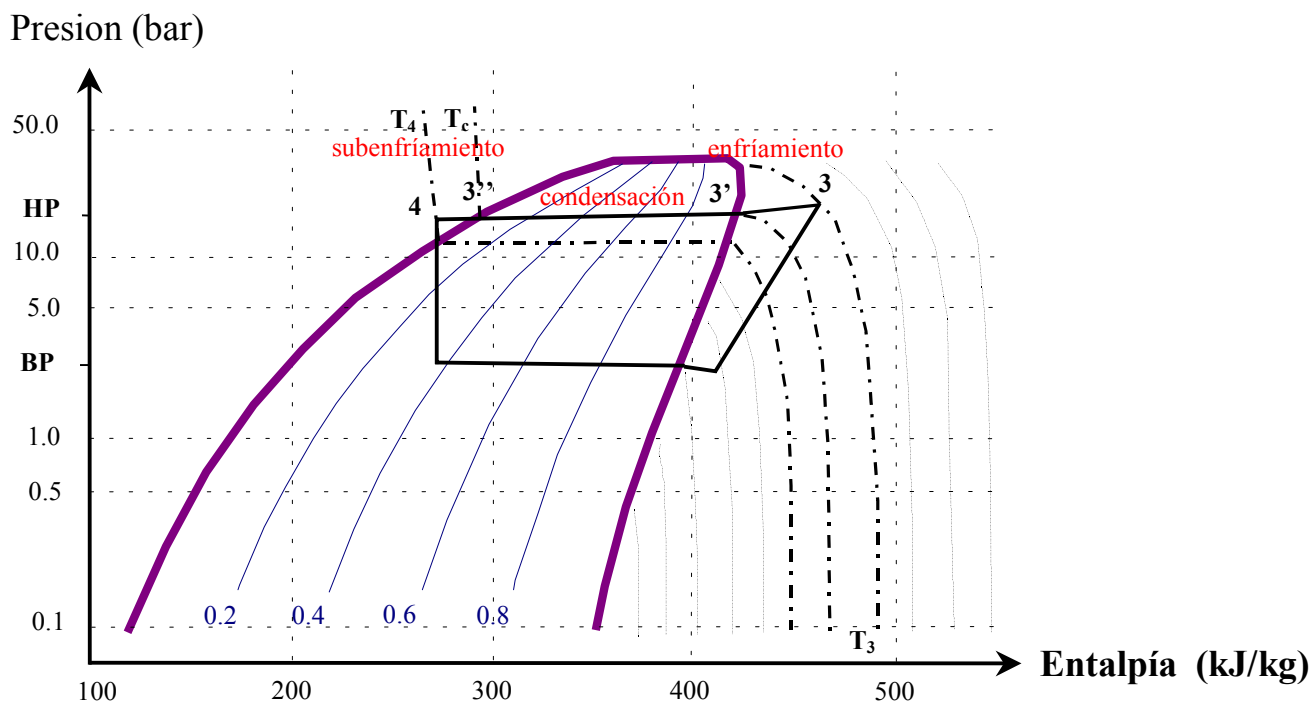
El condensador está sometido a la ventilación forzada del o de los electroventiladores axiales, así como a la ventilación inducida por el propio movimiento del vehículo.

El aire que atraviesa el condensador se calienta al entrar en contacto con el intercambiador, por intercambio térmico con el fluido. Se puede expresar la potencia que recibe, P_{cond} , de la siguiente manera:


$$P_{cond} = Q_a \times C_p \times (T_f - T_i) \quad \text{en W}$$

dónde Q_a : caudal másico de aire atravesando el condensador, en kg/s
 C_p : calor específico de aire, en J/kg.°C
 T_i : temperatura del aire a la entrada del intercambiador, en °C
 T_f : temperatura del aire a la salida del intercambiador, en °C

Balance energético del fluido frigorífico



Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 2 de 9

	FICHA DE RED N° 5.06 EL CONDENSADOR	Área Empresarial Andalucía C.L.A. Ctra. Andalucía, km 16.5 – Sector 7-8 28906 Getafe Madrid
---	--	--

Al ceder calor al aire, el fluido sufre las transformaciones siguientes:

- 3 → 3' : el fluido en estado vapor, descargado por el compresor, se enfría de T_3 a T_c , siendo ésta la temperatura correspondiente a la temperatura de condensación del circuito,
- 3' → 3'' : el fluido en estado vapor se condensa a temperatura constante T_c ,
- 3'' → 4 : el fluido en estado líquido se subenfía de T_c a T_4 .

El calor cedido por el fluido al aire se descompone en:

- Calor sensible por un lado, cuando la temperatura del fluido evoluciona (enfriamiento del fluido gaseoso entre T_3 y T_c , y subenfriamiento del fluido líquido entre T_c y T_4),
- Calor latente por otro lado, cuando el fluido cambia de estado (condensación del fluido).

El fluido penetra en estado gaseoso en el tubo de entrada del intercambiador, situado en la parte superior, y llega en estado líquido a la parte inferior del condensador. Una circulación de este tipo favorece el movimiento de este fluido.

Observación₁. Se desprecian en este caso las posibles pérdidas de presión del circuito, y en particular aquellas que se producen en el condensador así como en las canalizaciones. Se considera por lo tanto que los intercambios térmicos en el condensador se producen a presión y temperatura constante, es decir a la presión de alta del circuito y a la temperatura de condensación del circuito.

Observación₂. No se tiene en cuenta en este caso la eventual presencia de aire u otros incondensables en el circuito. En ese caso se debería tener en cuenta la presión parcial del fluido en el condensador, y no la presión total. La presión de alta medida por un captador de presión será superior a la presión real del fluido frigorífico.

Se define el subenfriamiento SE como la diferencia entre la temperatura a la que se condensa el fluido y la temperatura a la que sale el fluido del condensador, es decir:

$$SE = (T_c - T_4)$$

Debe existir un valor de subenfriamiento superior a 2°C para proteger el sistema contra la aparición de fluido gaseoso a la entrada de la válvula.

Naturaleza de los intercambios térmicos

Los intercambios térmicos entre el aire y el fluido frigorífico se producen principalmente por:

- *conducción térmica*, gracias a la cual el calor se propaga por proximidad a través de los materiales, de las zonas mas calientes a las mas frías del condensador,
- *convección térmica*, entre el aire y la superficie externa del condensador por un lado, y entre el fluido y la superficie interna del condensador por otro lado.

Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 3 de 9

La potencia transmitida por el fluido al aire P_{cond} , se puede representar de la forma:

$$P_{\text{cond}} = h_{\text{cond}} \times S \times (T_c - T_i) \quad \text{en W}$$

en donde h_{cond} es un coeficiente de intercambio global del condensador, relativo a la superficie S del componente, y expresada en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Tiene en cuenta el conjunto de modos de transmisión de calor, y refleja la eficacia del intercambiador.

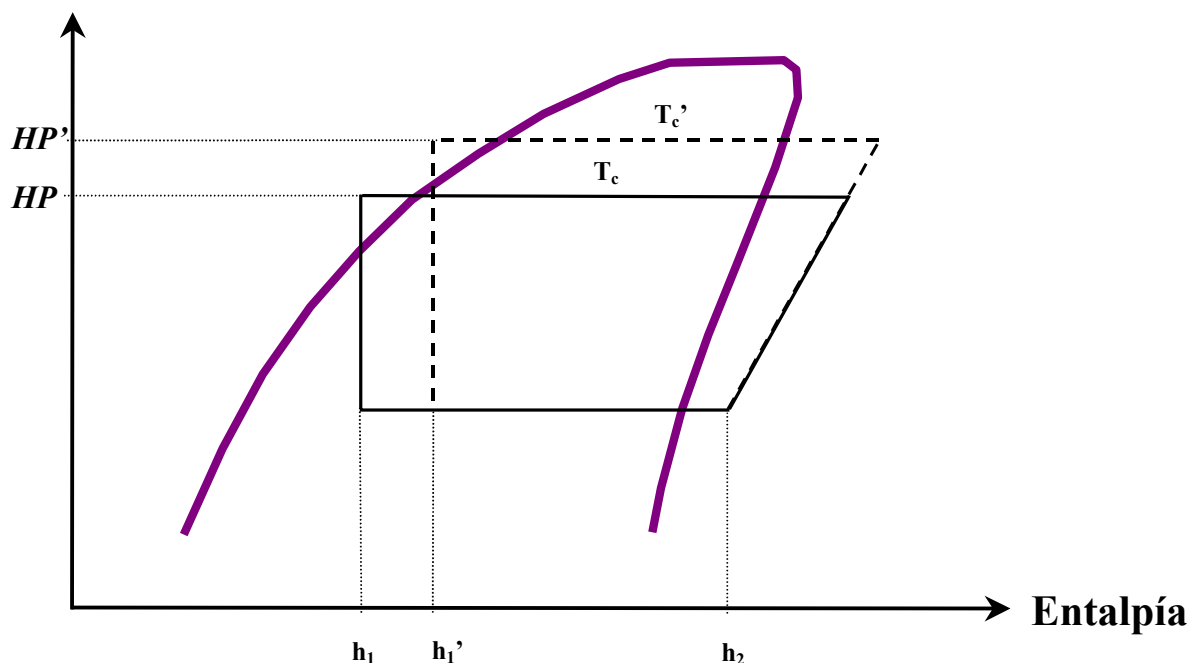
Este coeficiente depende de la naturaleza del conjunto de tubos del condensador (serpentín, tubos-aletas, flujo paralelo), pero también de las condiciones de utilización del circuito, fundamentalmente de la velocidad del vehículo de la que dependen los caudales de aire y fluido.

Se puede observar que a medida que h_{cond} aumenta (gracias a la velocidad del vehículo, por ejemplo), se necesita un valor inferior de la resta $(T_c - T_i)$, y por lo tanto, se necesita un valor menor de la temperatura de condensación T_c y por lo tanto un valor menor de la presión de alta.


La sustitución de un condensador por otro de menor eficacia (h_{cond} disminuye, T_c aumenta) tiene una influencia directa sobre la alta presión del circuito, y conlleva una disminución de las prestaciones del circuito, así como un corte cíclico del compresor ordenado por el presostato debido a una excesiva presión de alta.

En el diagrama siguiente se puede observar como evoluciona el ciclo de funcionamiento del circuito frigorífico después de un cambio de componente:

Presión



Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 4 de 9

	FICHA DE RED N° 5.06 EL CONDENSADOR	Área Empresarial Andalucía C.L.A. Ctra. Andalucía, km 16.5 – Sector 7-8 28906 Getafe Madrid
--	--	--

Se parte de la hipótesis de que los ciclos de funcionamiento difieren principalmente en la temperatura de condensación, y que el recalentamiento y el subenfriamiento varían muy poco. El resultado de esta variación será:

- una disminución del rendimiento volumétrico del compresor (debida al aumento de la relación de compresión) y por lo tanto una disminución del caudal másico de fluido,
- una disminución del rendimiento efectivo del compresor (debido al aumento de la relación de compresión),
- una reducción de la diferencia del entalpía ($h_2 - h_1$),

lo que conlleva una reducción de la potencia frigorífica y una disminución del rendimiento del circuito.

Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 5 de 9

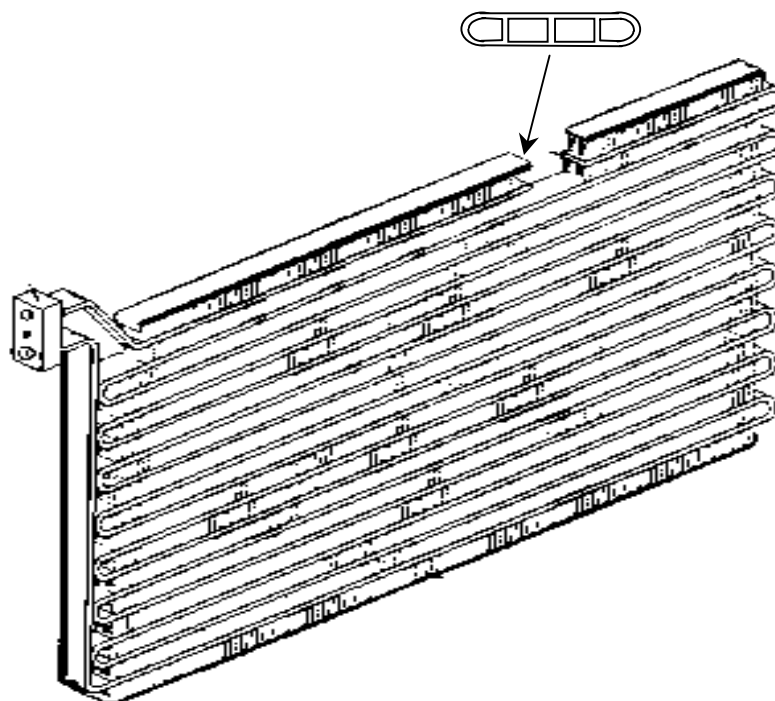
Diferentes tecnologías.

Existen tres tecnologías de condensadores actualmente en el mercado de la climatización del automóvil. El haz de tubos del condensador puede ser de tipo:

- serpentín,
- tubos / aletas,
- flujo paralelo.

Condensador de serpentín

Están compuestos de un tubo plano extruido cuya sección ovoide esta dividida en 3 o 4 partes, con el fin de crear el mismo número de canales paralelos. Este tubo forma un serpentín, entre cuyos meandros se intercalan las aletas en acordeón. Los componentes son soldados por calor.



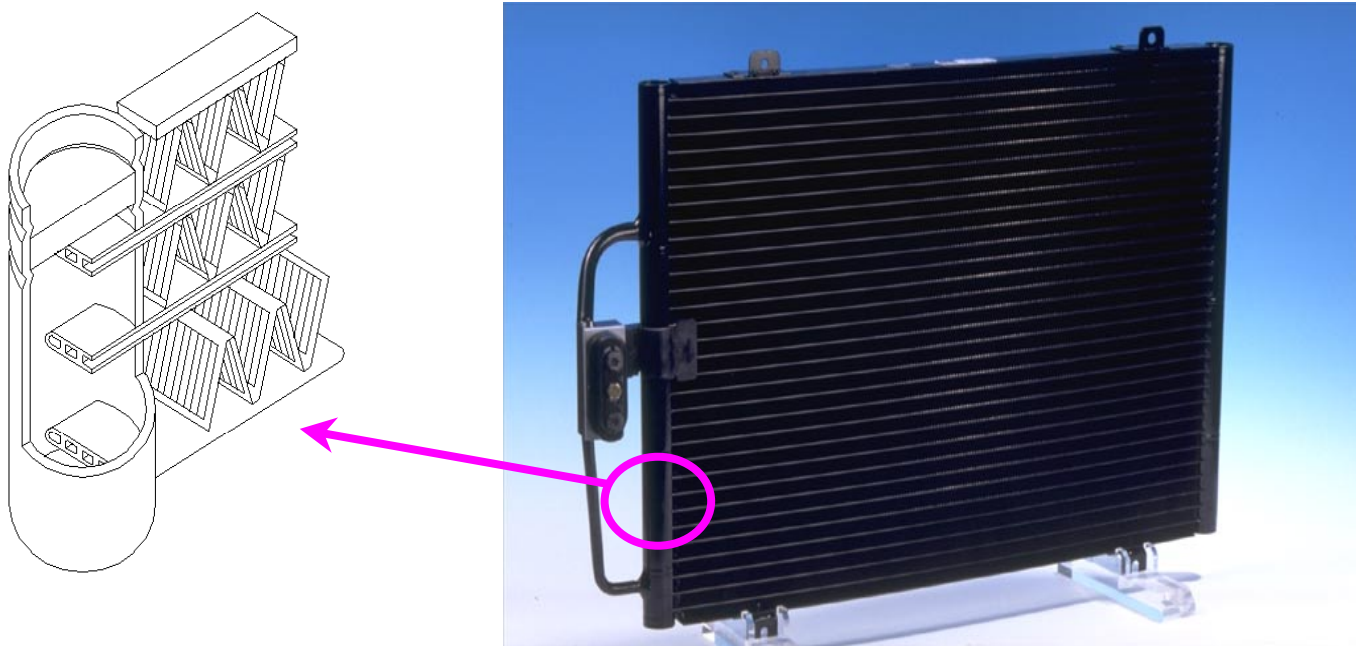
Condensador tubo / aletas

Están constituidos de tubos cilíndricos en forma de horquilla, insertados paralelamente en un conjunto de aletas, que son expandidos mecánicamente para asegurar un buen contacto térmico con éstas. Se unen los tubos entre ellos en cada extremidad mediante codos. El conjunto forma uno o varios tubos serpentín por donde circula el fluido frigorífico.

Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 6 de 9

Condensador de flujo paralelo


Están constituidos de tubos planos extruidos, de la misma sección que la del tubo serpentín, y que desembocan en sus dos extremidades en unos tubos colectores. Estos últimos se subdividen en varios tramos, por medio de separadores, de forma que se producen varias pasadas del fluido por el intercambiador. Los tubos, mas finos y numerosos que en el caso del serpentín, están separados por unas aletas en acordeón. El conjunto se galvaniza en un horno.



Recomendaciones a los intervinientes

- No se debe sustituir un condensador por un adaptable
- Se debe verificar que la superficie externa del condensador esté exenta de suciedad y de corrosión

Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 7 de 9

	FICHA DE RED N° 5.06 EL CONDENSADOR	Área Empresarial Andalucía C.L.A. Ctra. Andalucía, km 16.5 – Sector 7-8 28906 Getafe Madrid
---	--	--

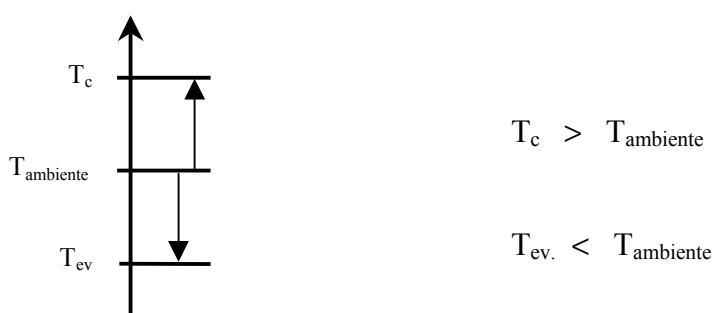
Repaso de los fundamentos

Funcionamiento del ciclo frigorífico

Para que el fluido:

- ceda su calor al aire en el condensador,
- y absorba el calor del aire en el evaporador,

es necesario que las temperaturas de condensación T_c y de evaporación T_{ev} del fluido cumplan las siguientes condiciones:



Para el caso de funcionamiento con aire exterior (para el funcionamiento con aire recirculado, la temperatura de evaporación se debe comparar con la de aire recirculado).

La temperatura del aire exterior influye directamente sobre T_c y T_{ev} , y por consiguiente sobre las presiones de alta y de baja del circuito.

Entalpía

La entalpía de un fluido representa la cantidad de energía por dicho fluido, en forma de calor o de presión. Determina el estado energético del fluido y se expresa en J/kg.

El calor aportado a un fluido aumenta su entalpía, y por lo tanto el calor extraído de un fluido provoca una disminución de su entalpía.

Cuando el fluido sufre una transformación a presión constante, sea durante la evaporación o la condensación, intercambia con el exterior una cantidad de calor igual a su variación de entalpía multiplicada por la masa de fluido que atraviesa el intercambiador.

Diagrama de Mollier

El fluido está caracterizado en este diagrama por su presión, temperatura y volumen específico, su entalpía, así como su título de vapor si está en estado difásico.

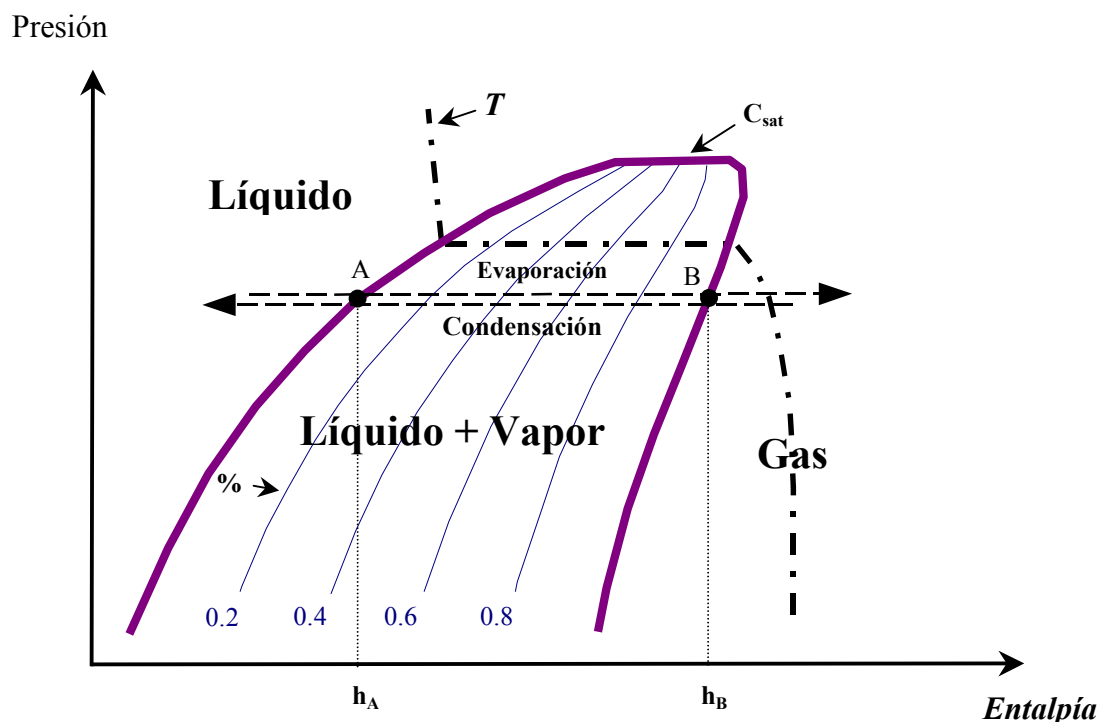
La curva C_{sat} , que tiene forma de campana, es la curva de saturación del fluido. Delimita tres regiones diferentes que permiten caracterizar el estado del fluido:

Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 8 de 9

- a la izquierda de la curva, el fluido está en estado líquido,
- a la derecha de la curva, el fluido está en estado vapor,
- bajo la curva, el fluido está en estado difásico: está compuesto de líquido y vapor, y las curvas marcadas con % determinan el título de vapor de la mezcla, o porcentaje de fluido en estado vapor de la mezcla.

Las curvas T son curvas de temperatura constante, llamadas isotermas. Se puede observar en la parte difásica como a cada presión corresponde una temperatura del fluido: durante el cambio de estado (evaporación y condensación) a presión constante, la temperatura del fluido permanece constante.

Así pues, un líquido calentado a presión constante alcanza en un momento dado la curva de saturación en un punto A. Si se continúa calentando dicho fluido, el líquido se va a evaporar progresivamente, permaneciendo la temperatura constante hasta el final de la evaporación en B. El posterior calentamiento del fluido aumenta su temperatura de éste.



La diferencia de entalpía entre A y B, es decir ($h_B - h_A$), corresponde a la cantidad de calor necesaria para evaporar por completo la cantidad de fluido tratada. Se trata del calor latente de evaporación del fluido, a la presión a la que tiene lugar la transformación.

Para condensar el fluido a esta misma presión, es decir para ir de B a A, se debe extraer esta misma cantidad de calor del fluido ($h_B - h_A$).

Calor específico C_p / Calor latente de evaporación L

El calor específico C_p determina el efecto de un aporte de calor sobre la temperatura de un sistema. En otros términos, es la medida de la energía térmica necesaria para modificar la temperatura del sistema.

El calor latente de evaporación L determina la energía térmica necesaria para evaporar o condensar un fluido.

Capítulo N°	5	FICHAS DE PRODUCTO	
Ficha N°	5.06	El condensador	
Versión	1	Fecha de creación 21/03/01 15:45	Página 9 de 9