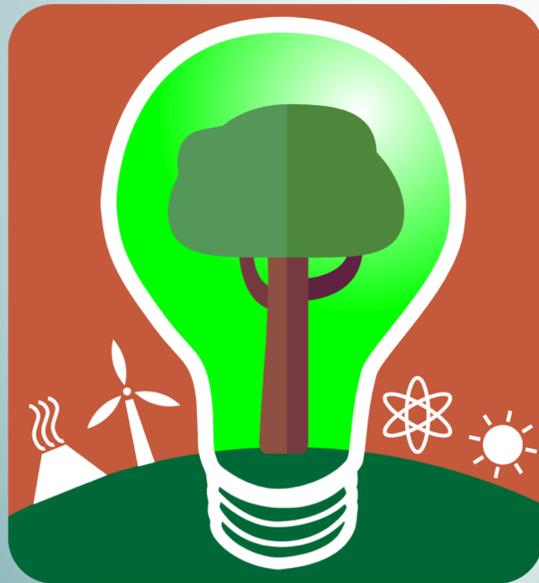


Transformación y Uso Eficiente de la Energía

BLOQUE I. CALOR Y FRÍO

3. Aplicaciones de la Psicrometría



Juan Carcedo Haya

Departamento de Ingeniería
Eléctrica y Energética

Este material se publica con licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



DEFINICIONES

- Humedad: Cantidad de agua que hay en el aire.
- Humedad específica ó absoluta: Peso real de vapor de agua en una cantidad de aire dada.
- Humedad relativa: Cantidad real de agua en una muestra comparada con la cantidad máxima que dicha muestra de aire puede contener en esas mismas condiciones.
- Temperatura seca: La que mide un termómetro convencional.
- Temperatura húmeda: La que mide un termómetro cuyo bulbo se encuentra envuelto en un paño húmedo. La temperatura húmeda explica la influencia de la humedad en el confort térmico.
- Temperatura de rocío: Aquella a la cual comienza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire.

PSICRÓMETRO

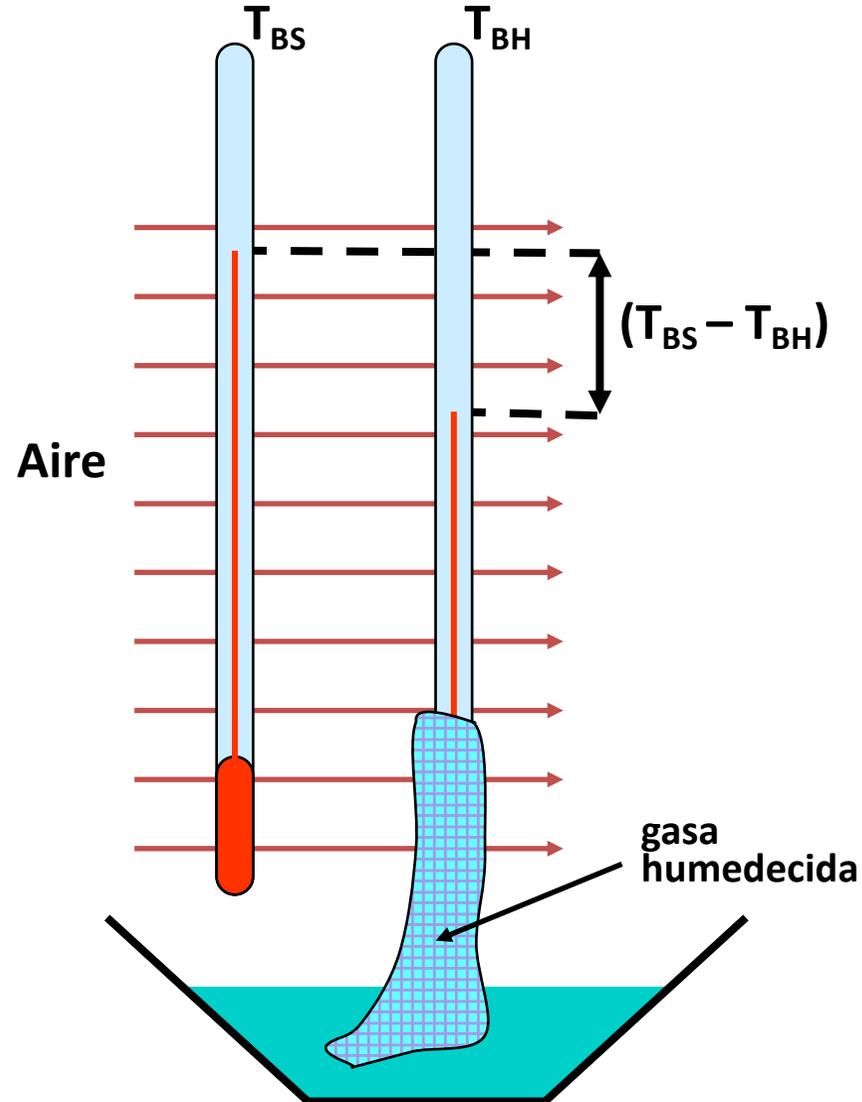


DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

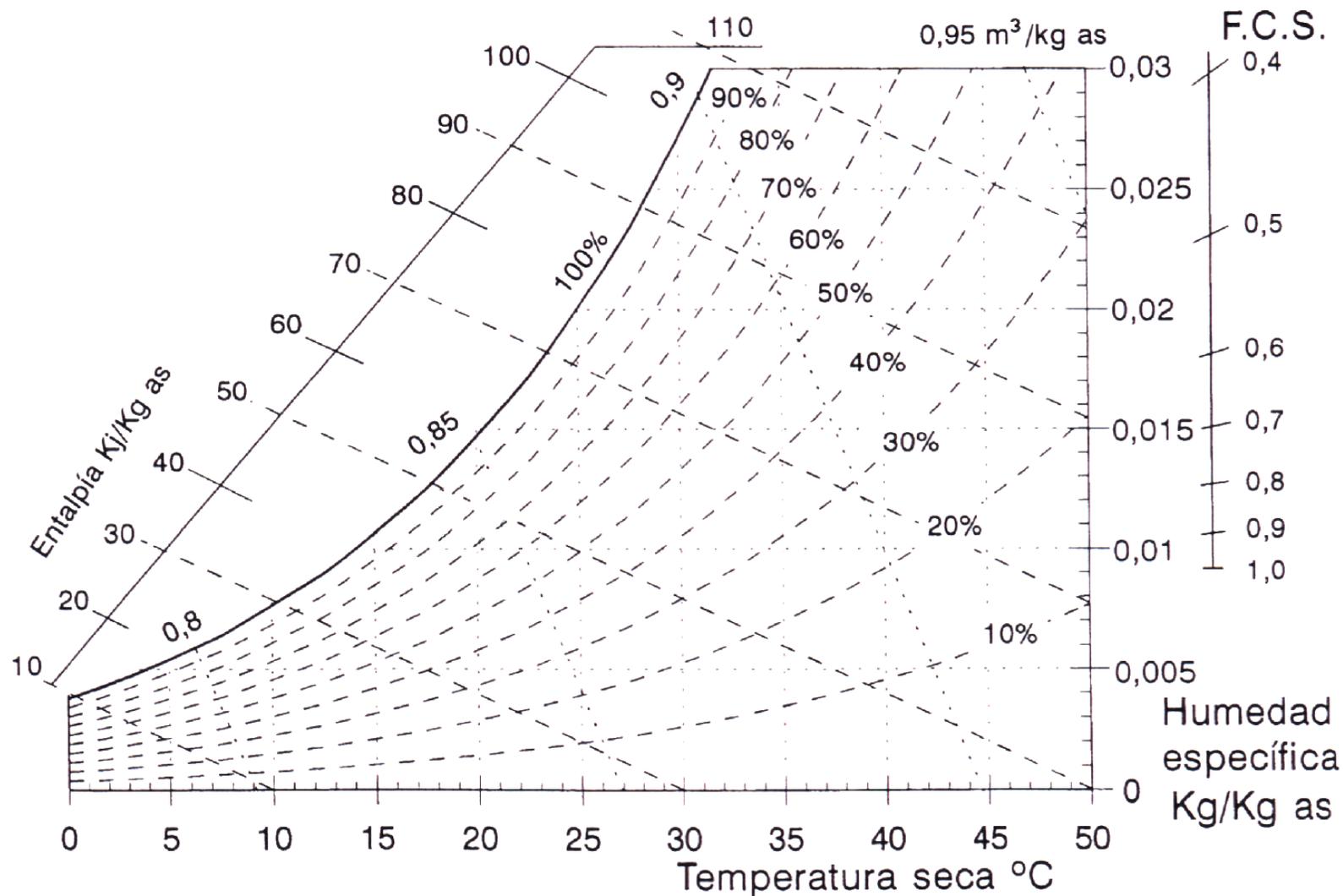
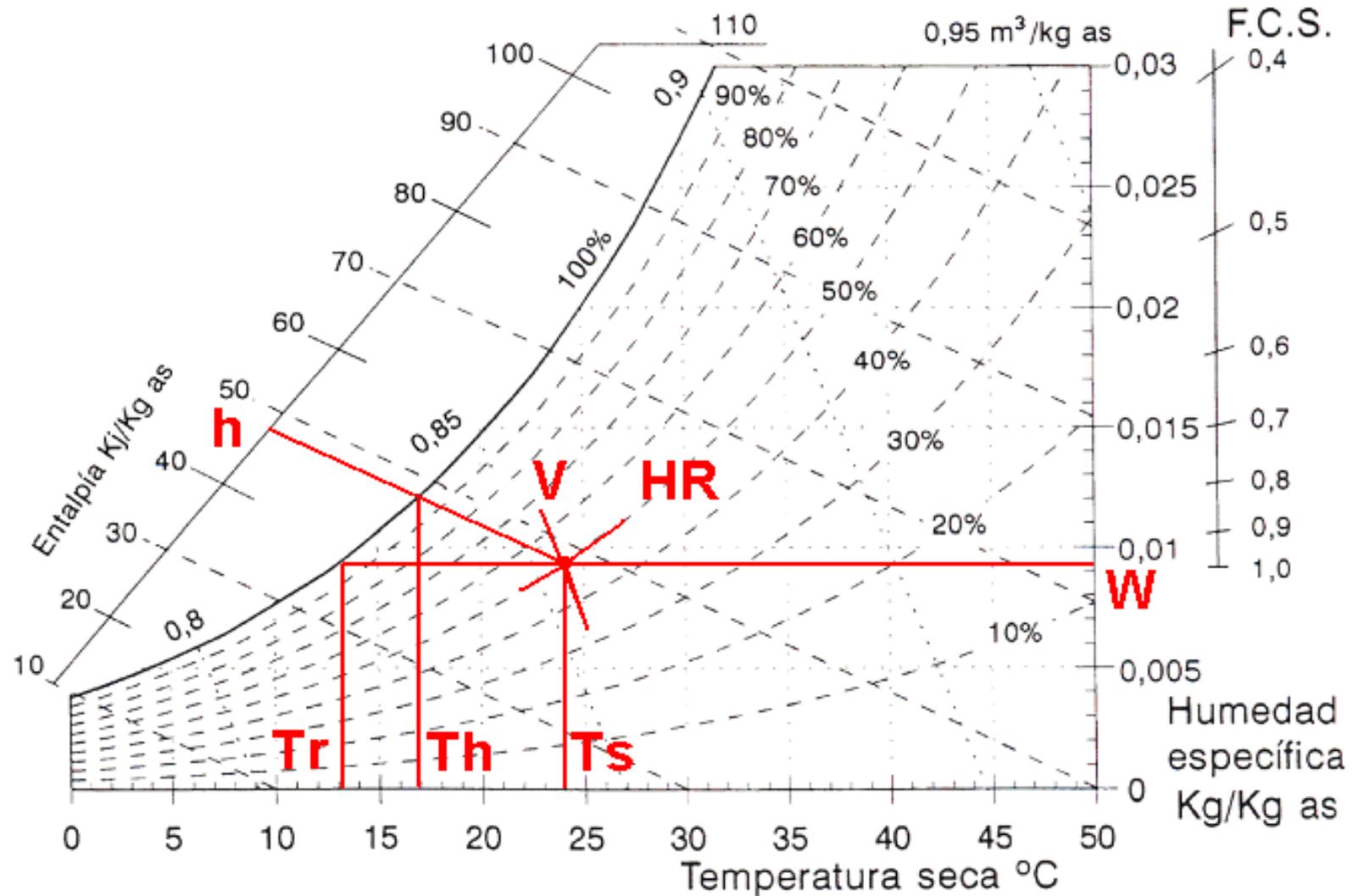


DIAGRAMA PSICROMÉTRICO



MEZCLA DE CORRIENTES DE AIRE

Balance de masa de aire : $m_{as1} + m_{as2} = m_{as3}$

Balance de masa de agua: $m_{as1} \cdot W_1 + m_{as2} \cdot W_2 = m_{as3} \cdot W_3$

Balance de energía: $m_{as1} \cdot h_1 + m_{as2} \cdot h_2 = m_{as3} \cdot h_3$

$$W_3 = \frac{m_{as1} \cdot W_1 + m_{as2} \cdot W_2}{m_{as3}}$$

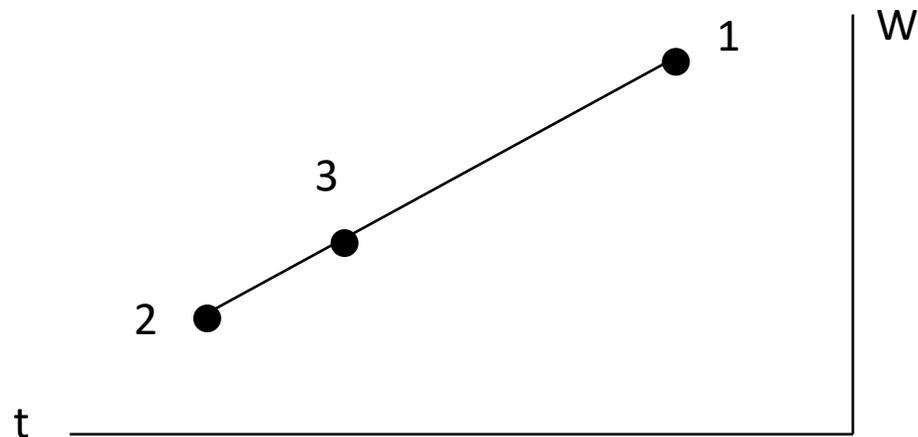
$$h_3 = \frac{m_{as1} \cdot h_1 + m_{as2} \cdot h_2}{m_{as3}}$$

MEZCLA DE CORRIENTES DE AIRE

$$m_{as1} \cdot W_1 + m_{as2} \cdot W_2 = (m_{as1} + m_{as2}) \cdot W_3$$

$$m_{as1} \cdot h_1 + m_{as2} \cdot h_2 = (m_{as1} + m_{as2}) \cdot h_3$$

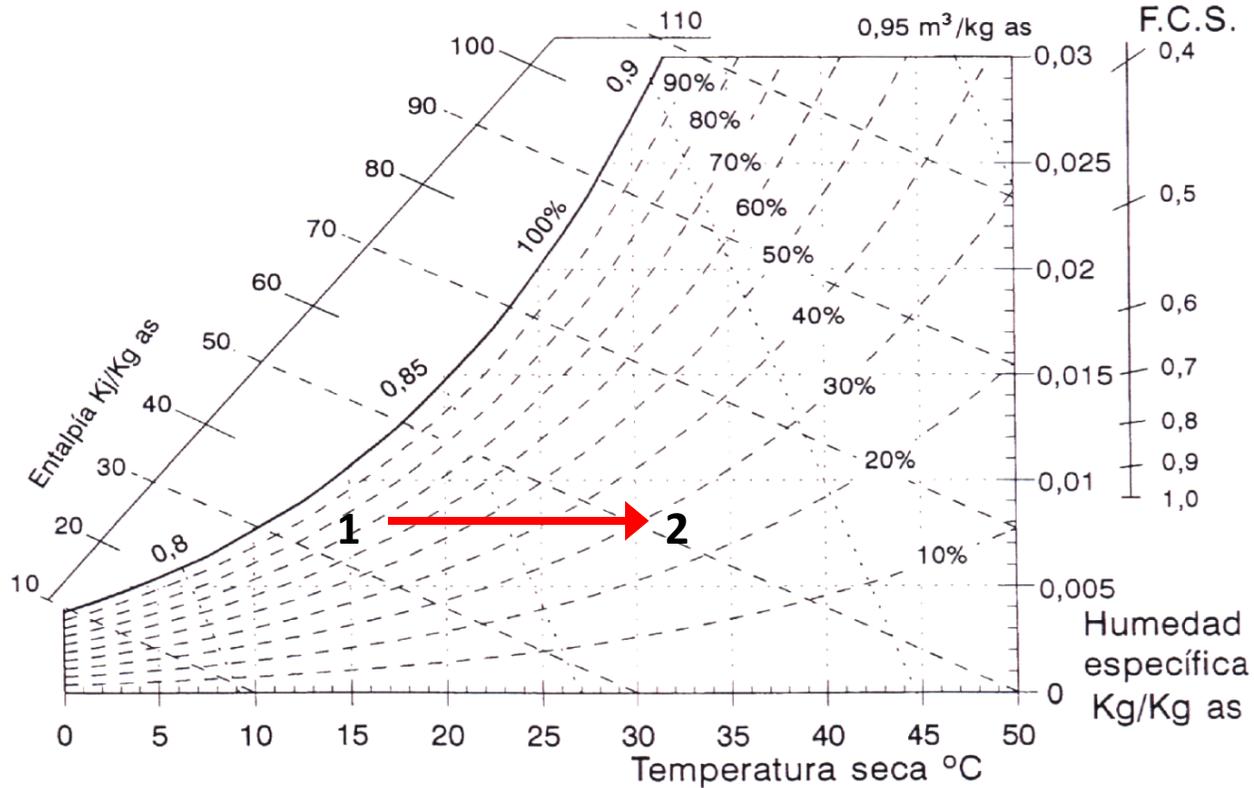
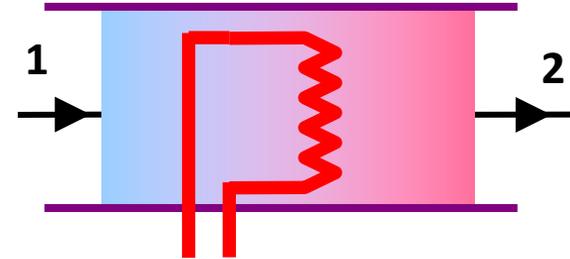
$$\frac{m_{as2}}{m_{as1}} = \frac{W_1 - W_3}{W_3 - W_2} = \frac{h_1 - h_3}{h_3 - h_2} \approx \frac{t_1 - t_3}{t_3 - t_2}$$



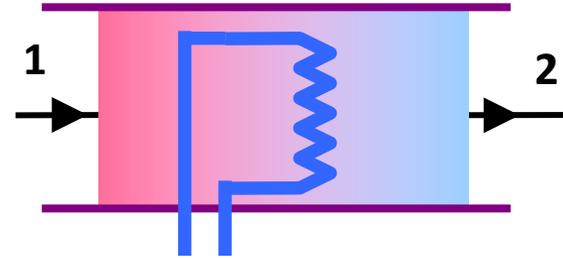
PROCESOS PSICROMÉTRICOS

- Calentamiento y enfriamiento sensible
- Humidificación y deshumidificación
- Calentamiento + humidificación
- Enfriamiento + humidificación
- Enfriamiento + deshumidificación
- Calentamiento + deshumidificación

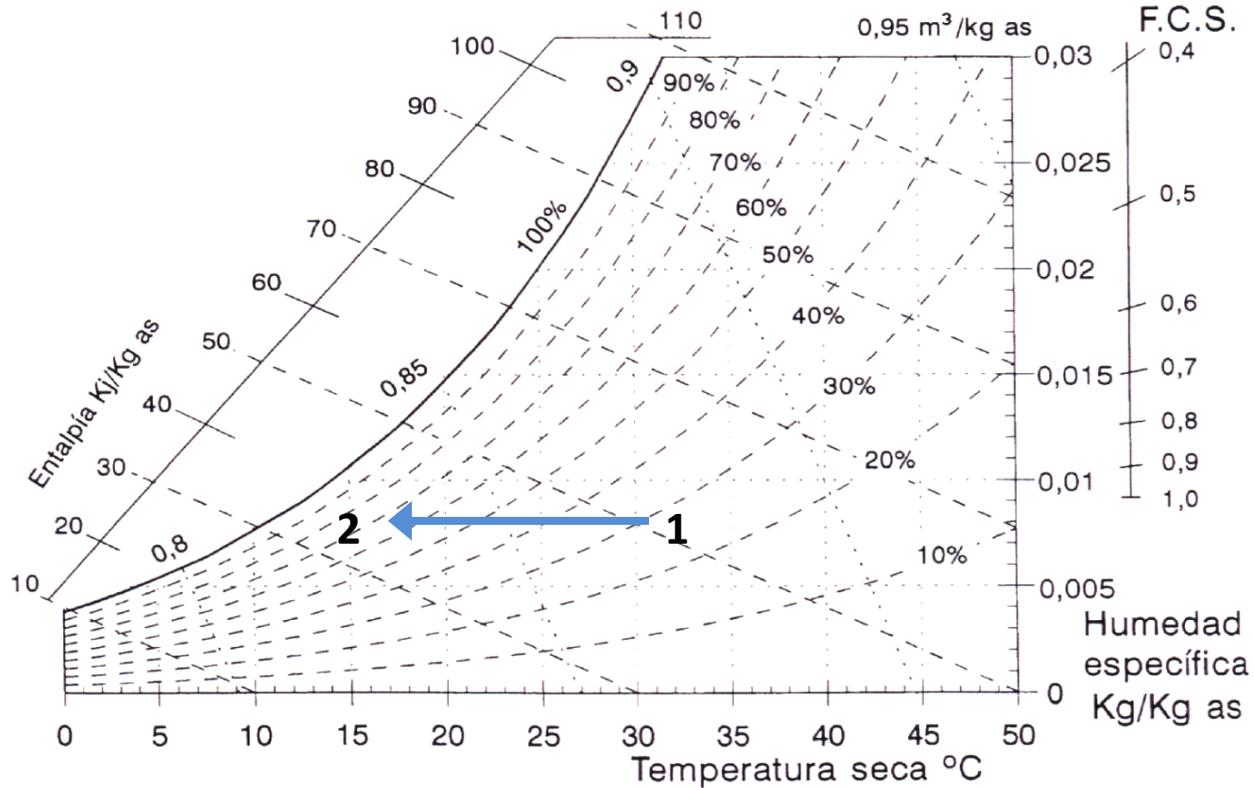
- Calentamiento sensible



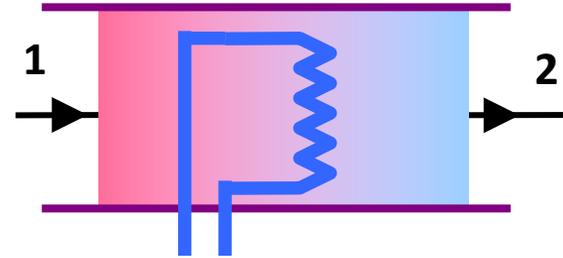
- Enfriamiento sensible



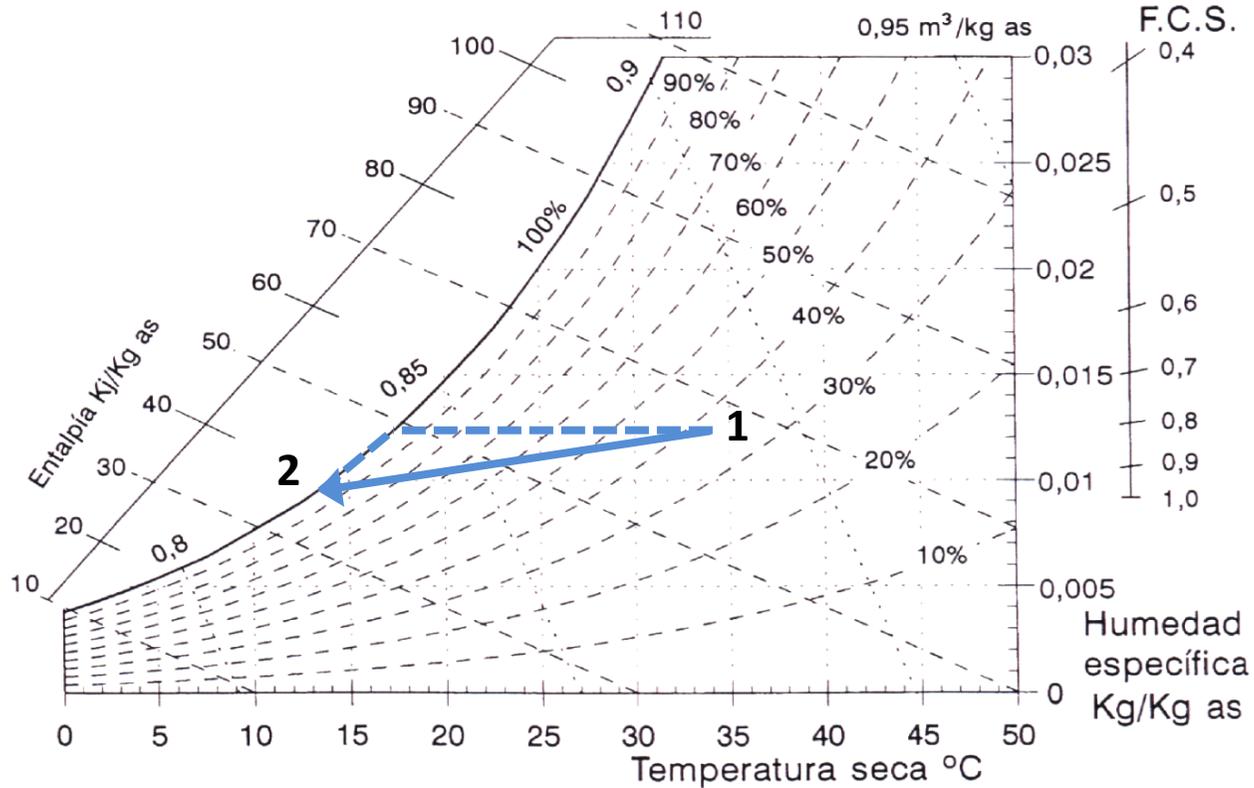
$$(T_{\text{bat}} > T_r)$$



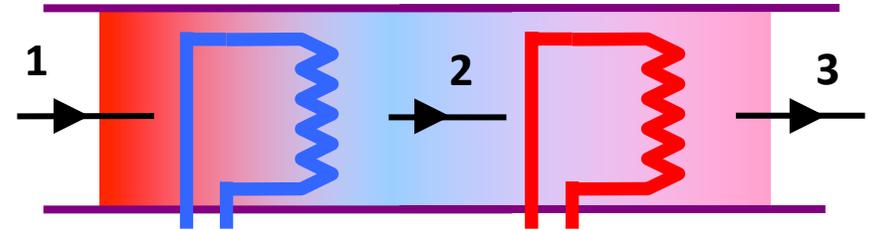
- Enfriamiento con deshumidificación



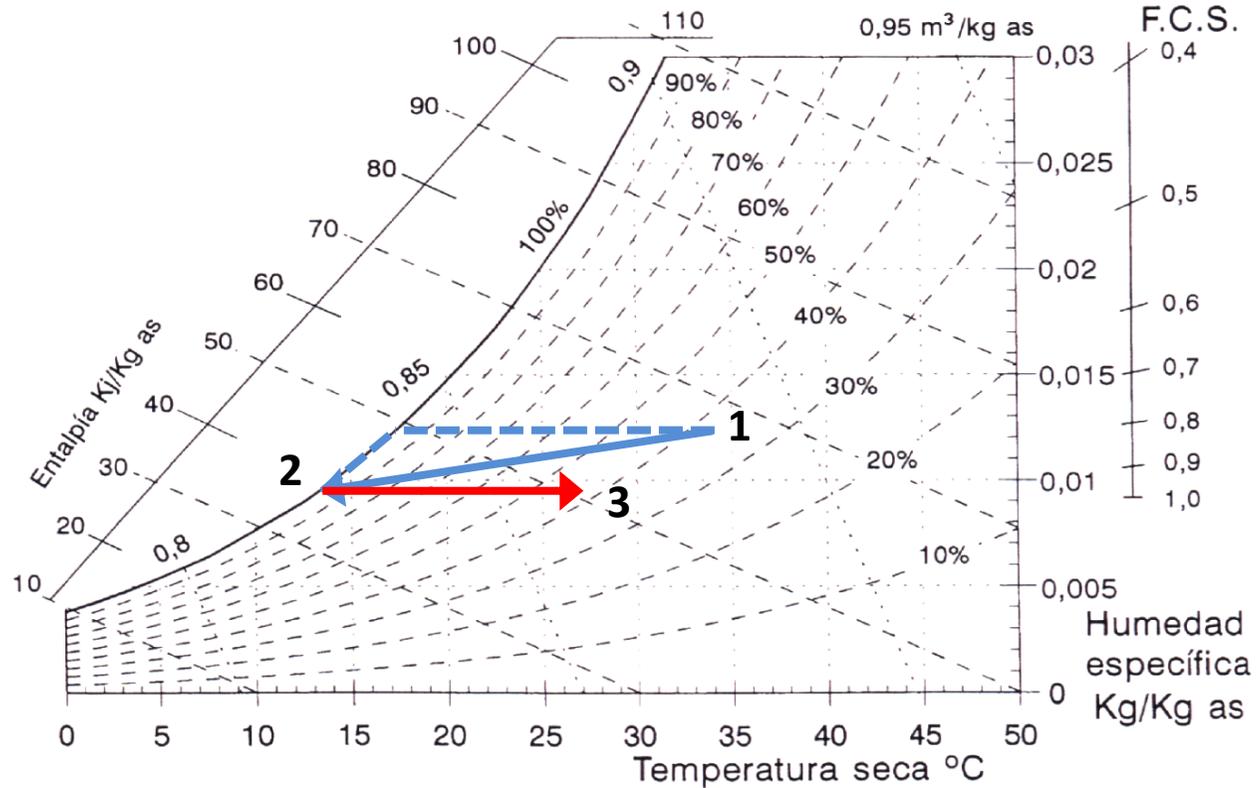
$$(T_{\text{bat}} < T_r)$$



- Control de temperatura y humedad

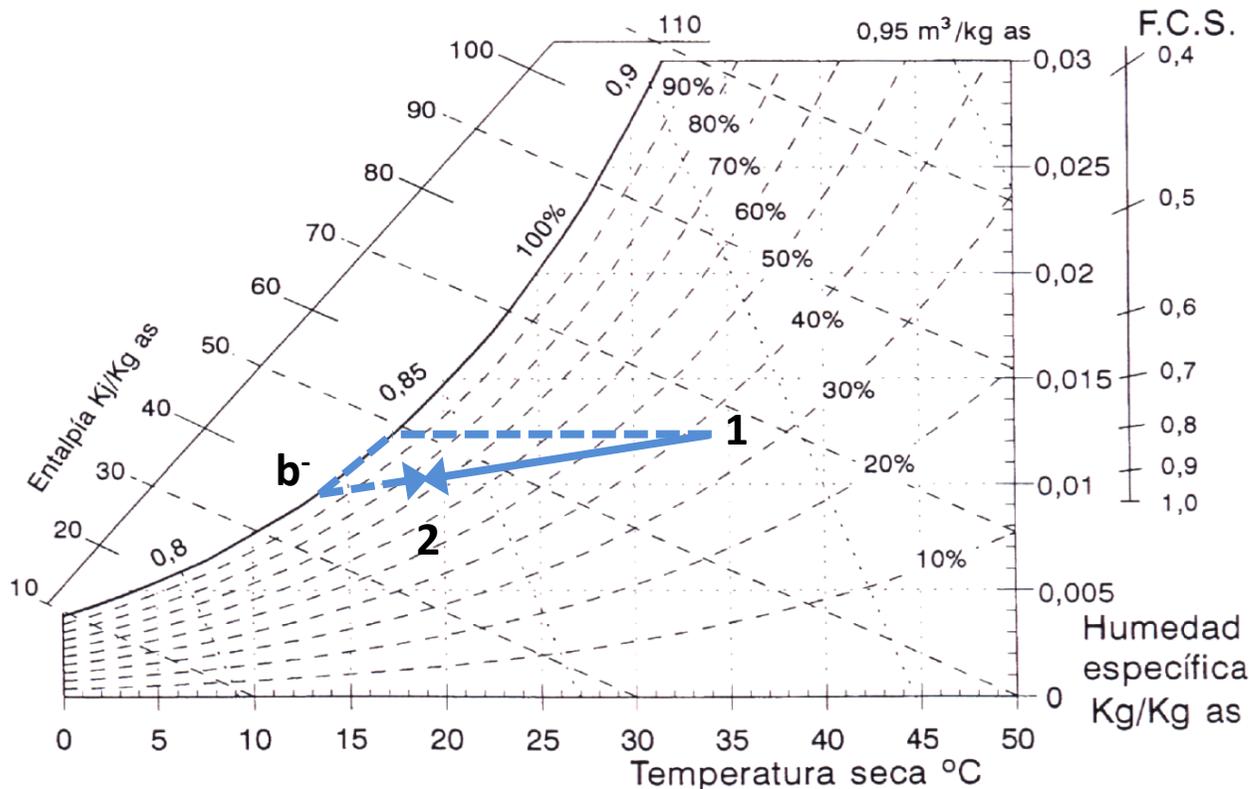


$(T_{bat} < T_r)$



FACTOR DE BY-PASS DE UN SERPENTÍN

No todo el aire que atraviesa un serpentín «toca» las paredes de éste, sino que una parte del aire no se ve afectada. Por lo tanto, lo que **realmente** tenemos a la salida es una **mezcla** de aire tratado con aire no tratado. ¿En qué proporción?



$$FB = \frac{T_2 - T_{b-}}{T_1 - T_{b-}}$$

FACTOR DE BY-PASS DE UN SERPENTÍN

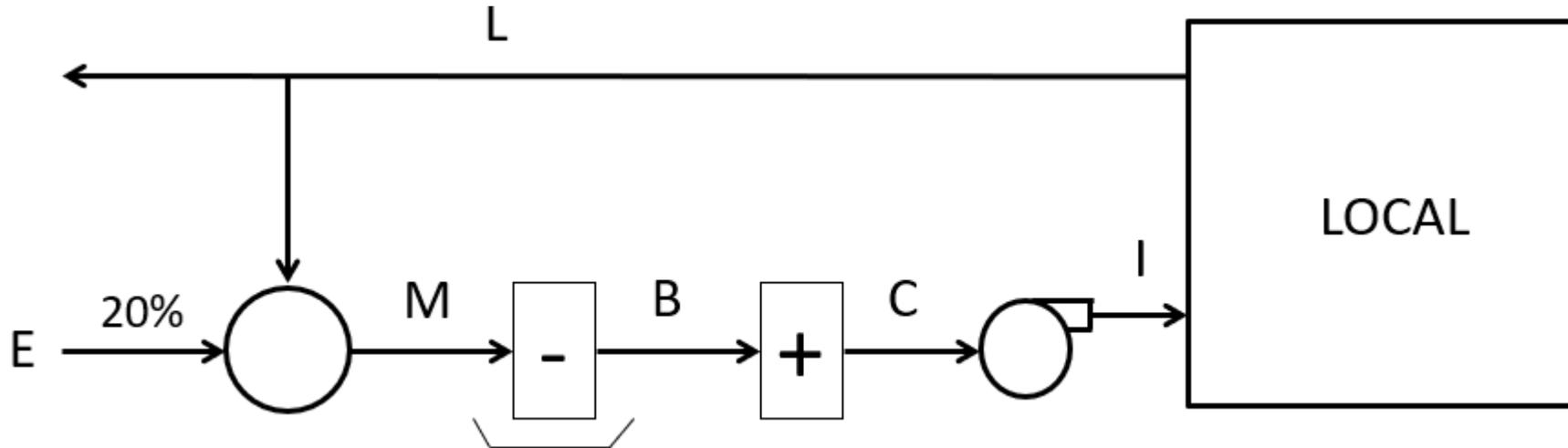
Lo que ha sucedido es que sólo una porción del aire ha alcanzado a la salida la temperatura superficial del serpentín (t_b) mientras que el resto continúa en las condiciones iniciales (1) por lo que a la salida lo que se obtiene es una mezcla de dos corrientes de aire que dan lugar a un estado final (2)

$$FB = \frac{T_2 - T_{b-}}{T_1 - T_{b-}}$$

Si el serpentín fuese perfecto ($FB = 0$) el estado resultante (2) coincidiría con el estado (t_b) correspondiente a aire saturado (ya que $T_{bat} < T_r$) a la temperatura superficial del serpentín.

Si FB fuese del 100% (no tiene sentido) significaría que el aire sale igual que entró.

CLIMATIZACIÓN DE UN LOCAL



Un sistema de aire acondicionado permite ventilar los locales mediante la mezcla de aire de retorno (L) con aire exterior (E) en la proporción que se desee. Por otro lado, la temperatura y la humedad del aire impulsado al local se controla con dos baterías (una de enfriamiento y otra de calentamiento) y en algunos casos con un sistema de humectación no representado en la figura. Tampoco están representados los filtros que controlan la pureza del aire.

CLIMATIZACIÓN DE UN LOCAL

Las siguientes expresiones permiten relacionar de forma aproximada las cargas térmicas del local con las condiciones del aire impulsado.

$$\text{Carga sensible: } P_S (W) = Q \left(\frac{m^3}{s} \right) \cdot 1,2 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot 1000 \left(\frac{J}{kg K} \right) \cdot \Delta T (K) = 1200 \cdot Q \cdot \Delta T$$

Carga latente:

$$P_L (W) = Q \left(\frac{m^3}{s} \right) \cdot 1,2 \left(\frac{kg_{as}}{m^3} \right) \cdot 2,5 \cdot 10^6 \left(\frac{J}{kg_w} \right) \cdot \Delta w \left(\frac{kg_w}{kg_{as}} \right) = 3 \cdot 10^6 \cdot Q \cdot \Delta w$$

CLIMATIZACIÓN DE UN LOCAL

Se define el factor de calor sensible como la relación entre el calor sensible y el calor total.

Una recta que representa una transformación psicrométrica en el diagrama y que verifique un determinado FCS se denomina *recta de maniobra*.

Una recta de maniobra caracteriza a un local, a un climatizador... y en general a cualquier sistema en el que una corriente de aire tiene unas características definidas a la entrada y a la salida.

UTILIDAD PRÁCTICA: Para climatizar un local (es decir, combatir su carga sensible y su carga latente) existen infinitas posibilidades, por lo que debe fijarse una condición; por ejemplo, la temperatura del aire de impulsión, el caudal impulsado...

Conocidas las cargas térmicas del local y sus condiciones interiores puede trazarse la recta de maniobra del mismo; en dicha recta se encontrará el punto que caracteriza al aire de impulsión.

CLIMATIZACIÓN DE UN LOCAL

Ejemplo: Local con carga sensible de 6 kW y carga total de 10,89 kW para mantenerlo a 24°C y 50% de humedad relativa, cuando en el exterior se tienen 30°C y 50% de humedad. La necesidad de renovación de aire es del 25%. La UTA utilizada tiene una sección de mezcla, una batería de frío ($FB = 0,2$ y $T_{b-} = 7^{\circ}\text{C}$) y una batería de calor ($FB = 0,77$ y $T_{b+} = 40^{\circ}\text{C}$). Calcular el caudal, las condiciones del aire impulsado y la potencia de las baterías.

TORRES DE REFRIGERACIÓN

Son sistemas destinados a la disipación de calor a partir del principio de la refrigeración evaporativa.

VAPORIZACIÓN. Evaporación y ebullición.

La **evaporación** tiene lugar en la superficie del líquido a cualquier temperatura.

La **ebullición** tiene lugar en el seno del líquido a una determinada temperatura.

Calor de vaporización: Energía que requiere una sustancia para cambiar de fase líquida a fase gaseosa.

El agua es una sustancia con un calor de vaporización elevado => Buen refrigerante.

TORRES DE REFRIGERACIÓN

Factores que afectan al proceso de EVAPORACIÓN:

- A mayor superficie de contacto, mayor evaporación.
- A mayor temperatura del agua, mayor evaporación.
- A menor humedad del aire, mayor evaporación.

TORRES DE REFRIGERACIÓN

Factores que afectan al proceso de EVAPORACIÓN:

- A mayor superficie de contacto, mayor evaporación.

El agua debe entrar en contacto con el aire, ya que la evaporación es un fenómeno de superficie. Por ello es habitual que las torres de refrigeración contengan material de relleno.

TORRES DE REFRIGERACIÓN

Factores que afectan al proceso de EVAPORACIÓN:

- A mayor temperatura del agua, mayor evaporación.

La tasa de evaporación aumenta con la temperatura del agua. Por eso se secan antes los platos cuando los fregamos con agua caliente que cuando lo hacemos con agua fría.

TORRES DE REFRIGERACIÓN

Factores que afectan al proceso de EVAPORACIÓN:

- A menor humedad del aire, mayor evaporación.

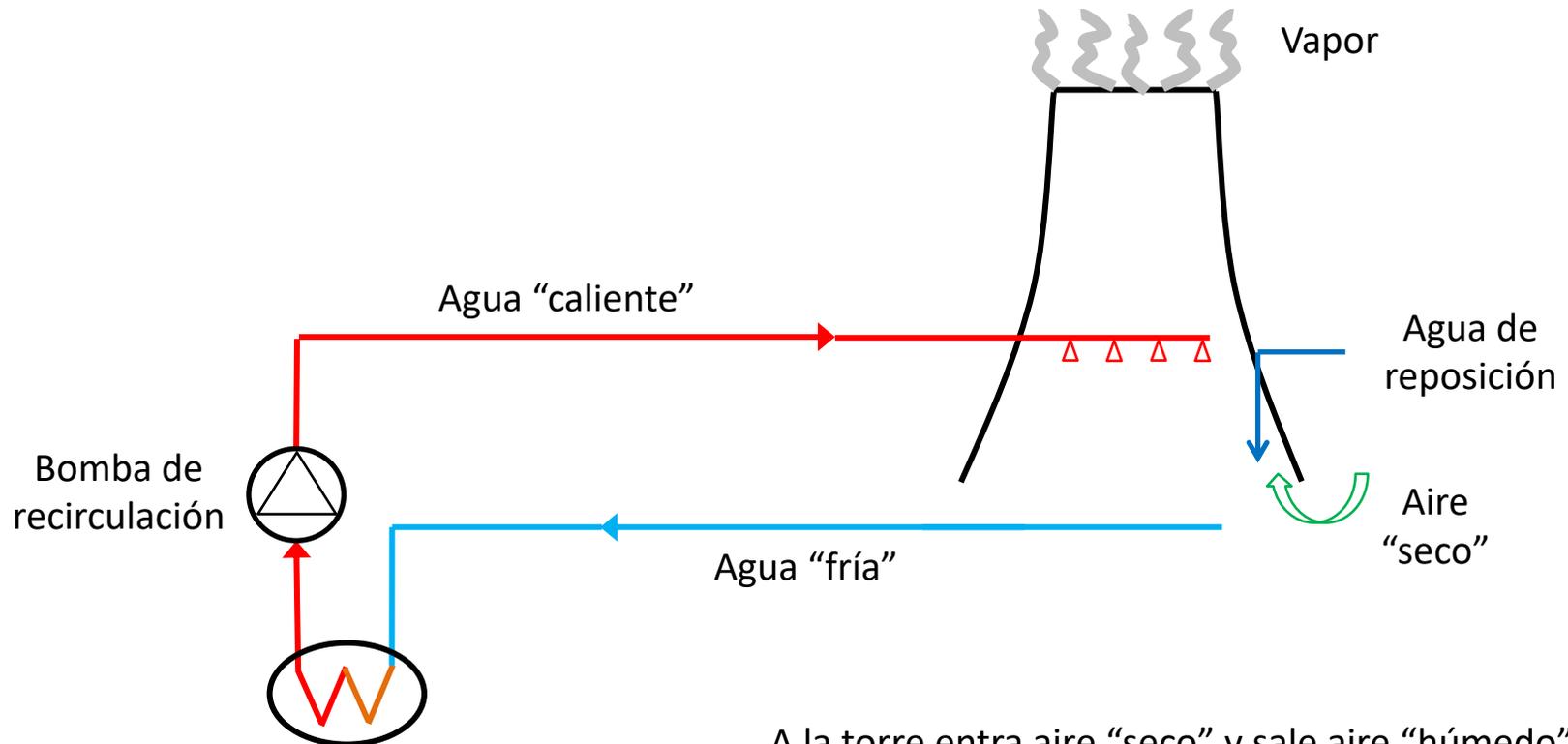
El agua que se evapora queda suspendida en el aire en forma de vapor, con lo que un aire más seco admitirá mayor cantidad de agua, es decir, aumentará su capacidad de contener humedad.

TORRES DE REFRIGERACIÓN

Vista interior de una torre de refrigeración de tiro natural en funcionamiento



TORRES DE REFRIGERACIÓN. Esquema básico



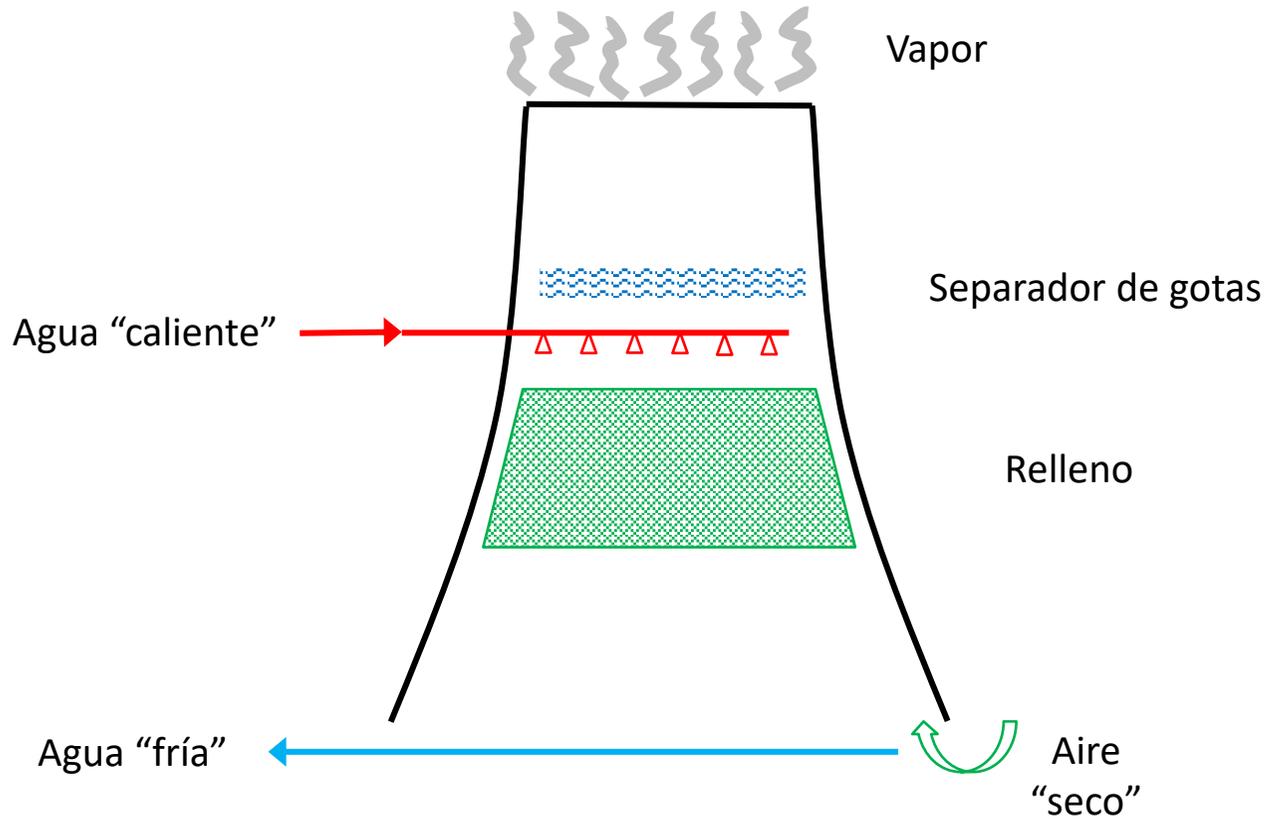
Proceso que genera calor

A la torre entra aire "seco" y sale aire "húmedo"

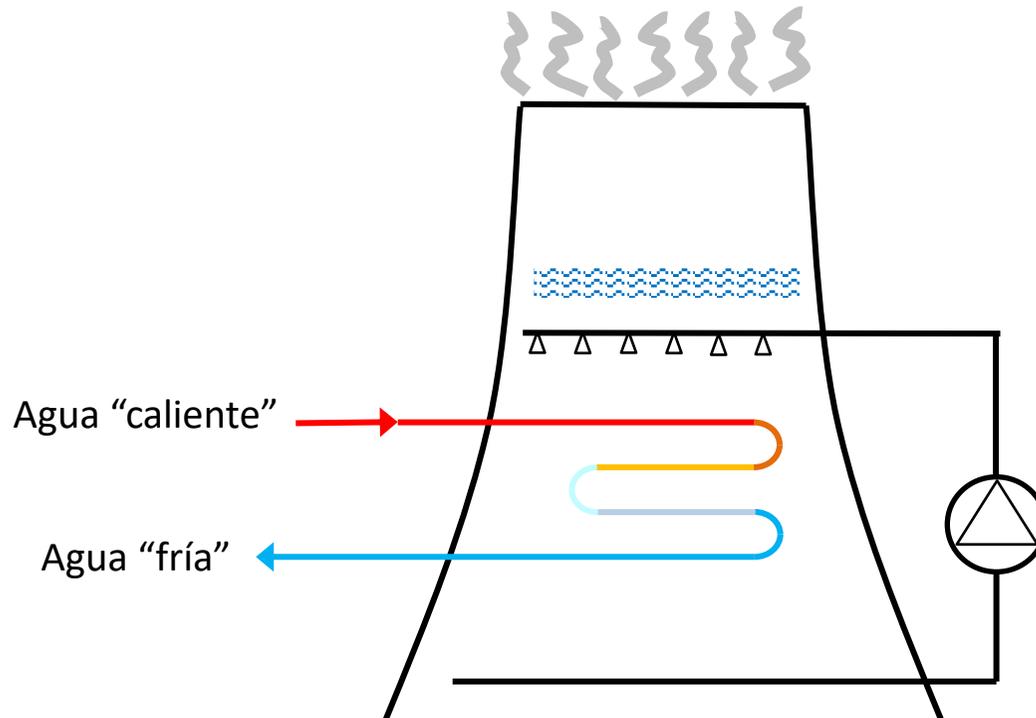
A la torre entra agua "caliente" y sale agua "fría"

El agua que se evapora debe reponerse

TORRES DE REFRIGERACIÓN. Circuito abierto



TORRES DE REFRIGERACIÓN. Circuito cerrado



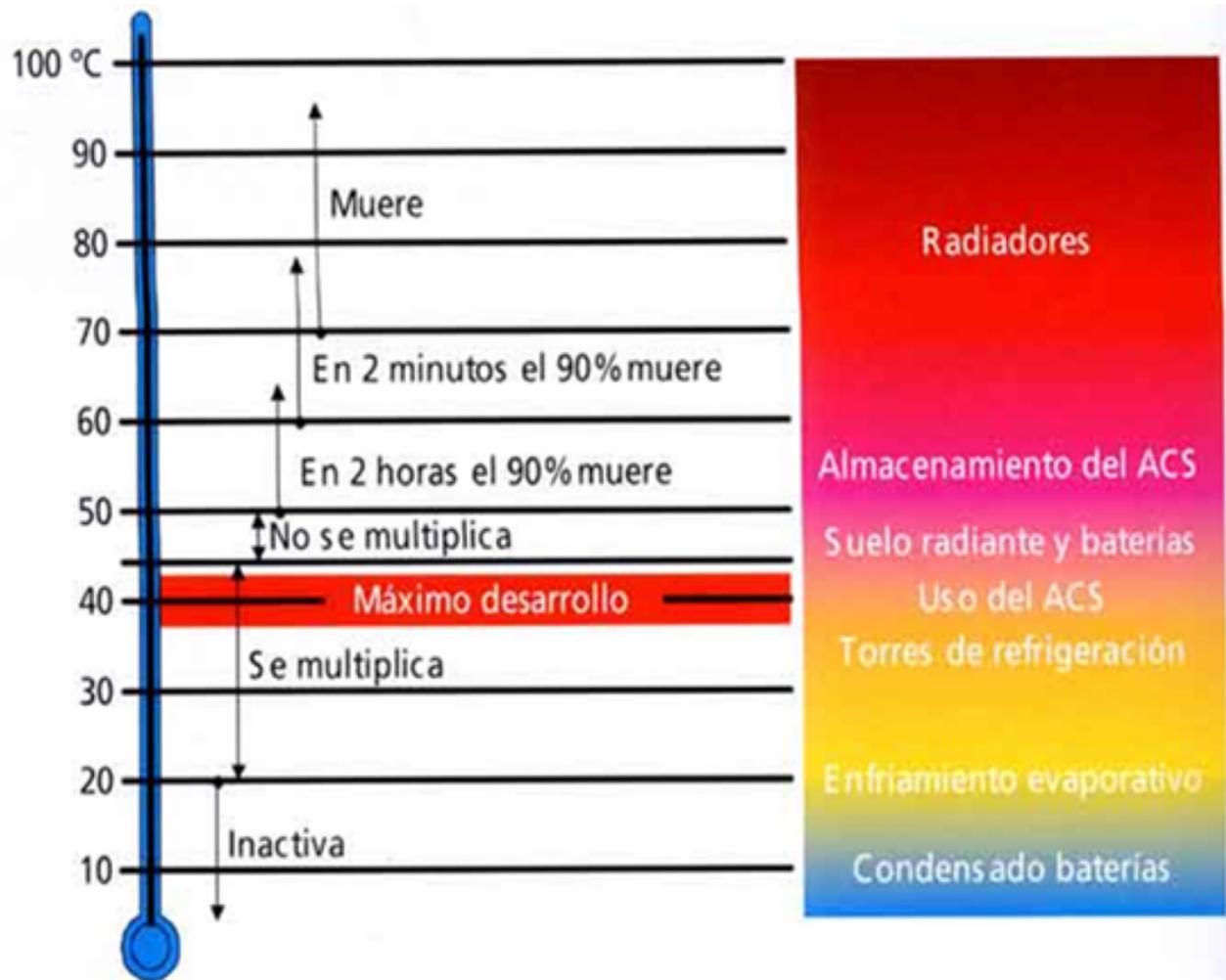
TORRES DE REFRIGERACIÓN. Tiro natural



TORRES DE REFRIGERACIÓN. Tiro forzado



TORRES DE REFRIGERACIÓN. Problemática



TORRES DE REFRIGERACIÓN. Problemática

HEMEROTECA > 26/04/2003 >

Alarma al romperse un paquete con supuestas muestras de legionela

M. A.

Actualizado 26/04/2003 - 23:51:18



Expertos especializados en productos químicos y tóxicos revisan el recipiente. EFE

MADRID. La rotura de un paquete, procedente al parecer de la Subdelegación del Gobierno de Bilbao, destinado al Instituto Nacional de Toxicología y con una inscripción que alertaba de que contenía legionela, provocó la alarma en una empresa de mensajería situada junto a Mercamadrid y activó los servicios de emergencia de la Policía especializada en contaminación química y tóxica.

Fuentes policiales explicaron que el paquete contenía un envase con agua procedente de un barco para ser analizada por si pudiera contener bacterias de legionela, pero la intervención de los efectivos de la unidad NBQ de la Policía (especializados en productos químicos y tóxicos) no fue necesaria ya que no llegó a romperse, por lo que su contenido no se derramó. Según las mismas fuentes, el envase estaba precintado y no sufrió daños, aunque el paquete que lo contenía, y que llevaba la inscripción «¡Ojo! contiene legionela», sí se había roto y estaba mojado.

La rotura del paquete provocó la alarma en la empresa de mensajería Cronoexpress, donde facultativos del Samur-Protección Civil examinaron a diez trabajadores, aunque sólo dos lo habían manipulado directamente y ninguno de ellos presentaba síntomas de haber contraído legionelosis.

La empresa Cronoexpress, según dijeron a Efe fuentes de Mercamadrid, se encuentra situada en el centro de transportes (CTM) anejo al mercado central, en una zona en la que no hay ningún producto de alimentación. Las fuentes indicaron que tanto la mencionada empresa como otras similares llevan al Instituto de Toxicología numerosas muestras tomadas en torres de refrigeración para su análisis. Las muestras son enviadas en tubos de ensayo dentro de paquetes de plástico.

Por su parte, la Consejería de Sanidad aseguró a ABC que el riesgo de contagio de legionela en estas circunstancias «es nulo», debido a que la infección no se transmite por contacto sino por vía aérea.

TORRES DE REFRIGERACIÓN

Parámetros que caracterizan el funcionamiento de una torre de refrigeración.

La temperatura mínima a la que se puede enfriar el agua es la temperatura de bulbo húmedo del aire exterior. Por lo tanto, se define la eficiencia del enfriamiento como:

$$\eta_e = \frac{T_{agua,1} - T_{agua,2}}{T_{agua,1} - T_{bh,1}}$$

Se define la aproximación o cercanía de la torre como: $\Delta T = T_{agua,2} - T_{bh,1}$

A menor ΔT , mayor tamaño de torre requerido.

Se define el rango de la torre como: $R = T_{agua,1} - T_{agua,2}$