

### T20.- Psicrometría en la Refrigeración

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

**Departamento:** Ingeniería Eléctrica y Energética  
**Area:** Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO [renedoc@unican.es](mailto:renedoc@unican.es)

Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28

<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>

Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

- 1.- Psicrometría
- 2.- El Diagrama Psicrométrico
- 3.- Las Transformaciones Psicrométricas

### 1.- Psicrometría (I)

El aire que nos rodea es "aire húmedo", contiene **vapor de agua**

La **psicrometría** estudia las propiedades de la mezcla aire-vapor

Dentro de las **propiedades del aire** se habla de las propiedades del aire seco (as), del vapor de agua (va), y de la mezcla: el aire húmedo (ah)

2.- Psicrometría (II)

Aire saturado:  $p_v = p_{sat}(T)$

Temperatura de rocío:  $T \Rightarrow p_{actual} = p_{sat}$  (condensación de la humedad ambiente)

Humedad específica ( $x$ ): es la cantidad de vapor de agua por masa de aire, [kg vapor agua / kg aire seco]

$$x = 0,622 \frac{p_v}{p - p_v}$$

Humedad relativa ( $\phi$ , HR): la relación entre  $p_v$  y  $p_{sat}$  en %

$$\phi = HR = \frac{p_v}{p_{vs}} 100$$

Saturación adiabática: aporte de agua hasta la sat. en una cámara térmicamente aislada

$$h_s = h_0 + (w_s - w_0) h'_1$$

$h'_1$  (la del agua de aporte)

Temperatura de bulbo húmedo: es la  $T_{sat}$  adiabática

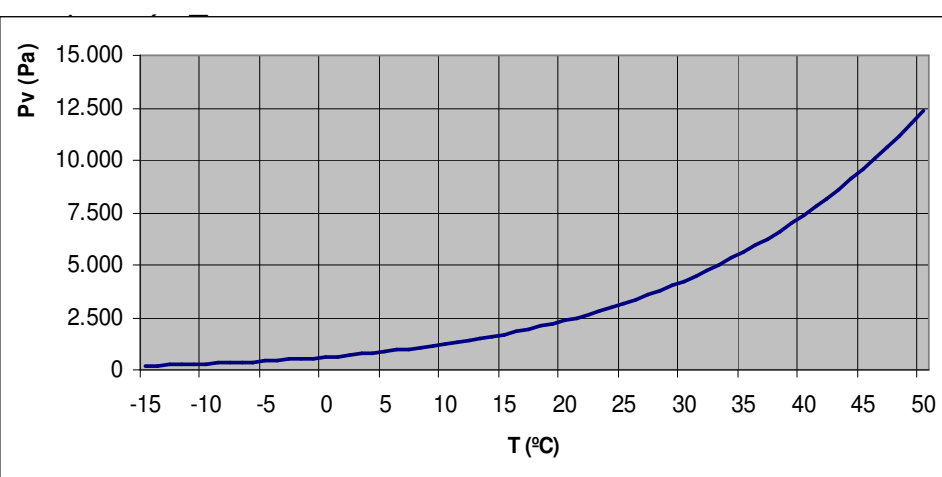
2.- Psicrometría (II)

Aire saturado:  $p_v = p_{sat}(T)$

$$\log(p_v) = 7,5 \frac{T_{sat}}{(T_{sat} + 273) - 35,85} + 2,7858$$

$p_v$  en Pa y  $T_{sat}$  en °C

Temperatura  
Humedad  
por masa  
Humedad  
Saturación  
una cámara  
Temperatura



$h'_1$   
aporte)

2.- Psicrometría (III)

Temperatura de bulbo seco,  $T_{BS}$  ( $T_{\text{aire}}$ )

Temperatura de bulbo húmedo,  $T_{BH}$  ( $T_{\text{agua}}$ )

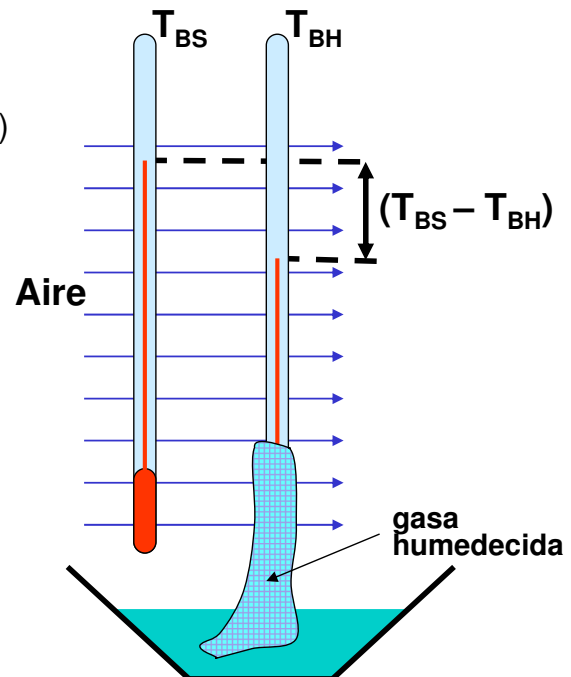
$T_{BS} = T_{BH} \Rightarrow$  aire saturado

$T_{BS} > T_{BH} \Rightarrow$  aire no saturado

$(T_{BS} - T_{BH})$  en tablas  $\rightarrow$  HR

Si  $(T_{BS} \gg T_{BH}) \Rightarrow$  HR baja

Si  $(T_{BS} \approx T_{BH}) \Rightarrow$  HR alta



2.- Psicrometría (IV)

Interés de la humedad relativa en la refrigeración:

Si es baja favorece el secado de los alimentos

Si es alta aparece la formación de moho

En el caso de la conservación de alimentos, encontrar un compromiso entre el secado y la aparición de moho

Hay tablas que recogen datos sobre la humedad relativa recomendada para la conservación de diversos productos.

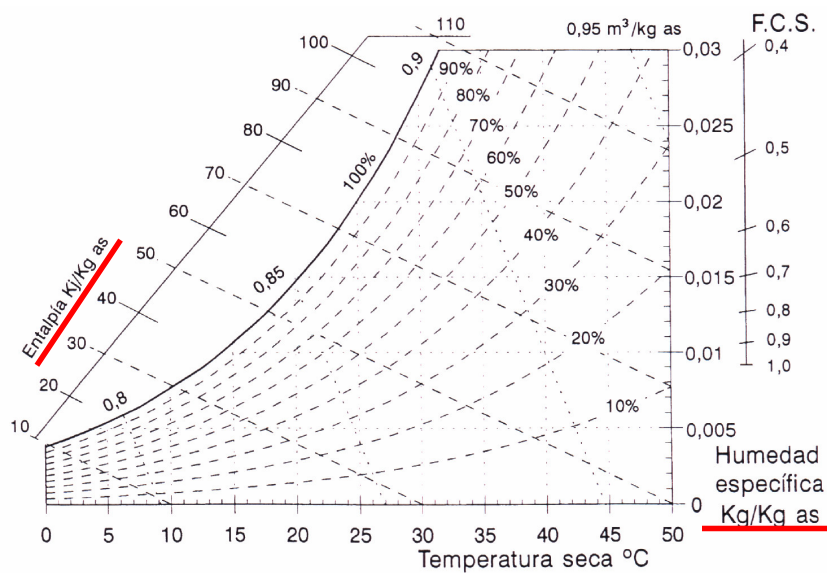
**2.- El Diagrama Psicrométrico (I)**

Es el empleado para resolver los problemas del aire húmedo

Hay que considerar la presión (altitud)

$$P \text{ [Pa]} = 101.325(1 - 2,2610^{-5} H \text{ [m]})^{5,26}$$

Existen diferentes tipos



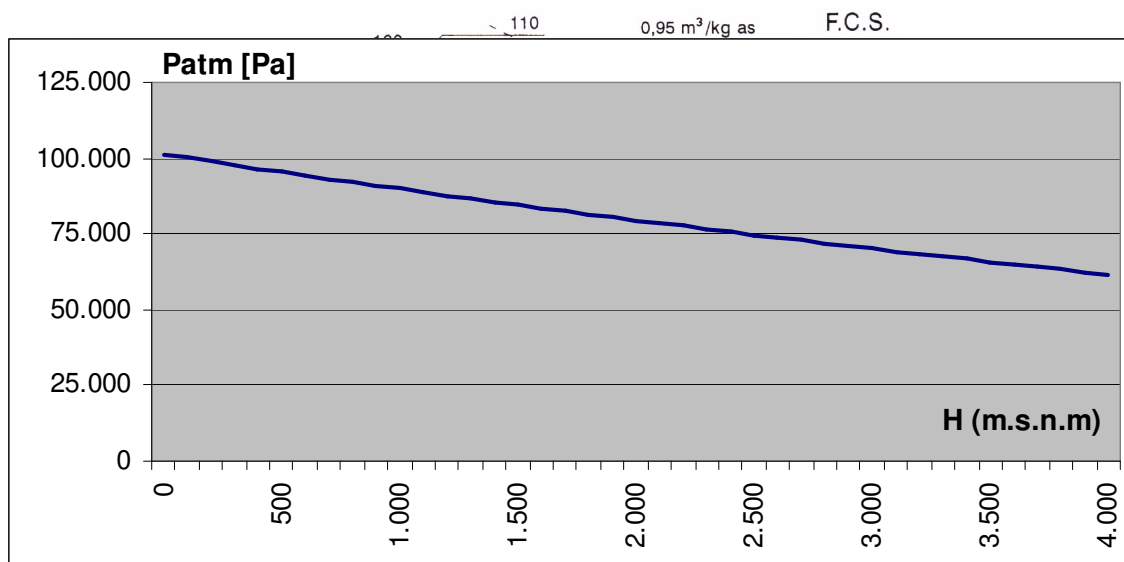
**2.- El Diagrama Psicrométrico (I)**

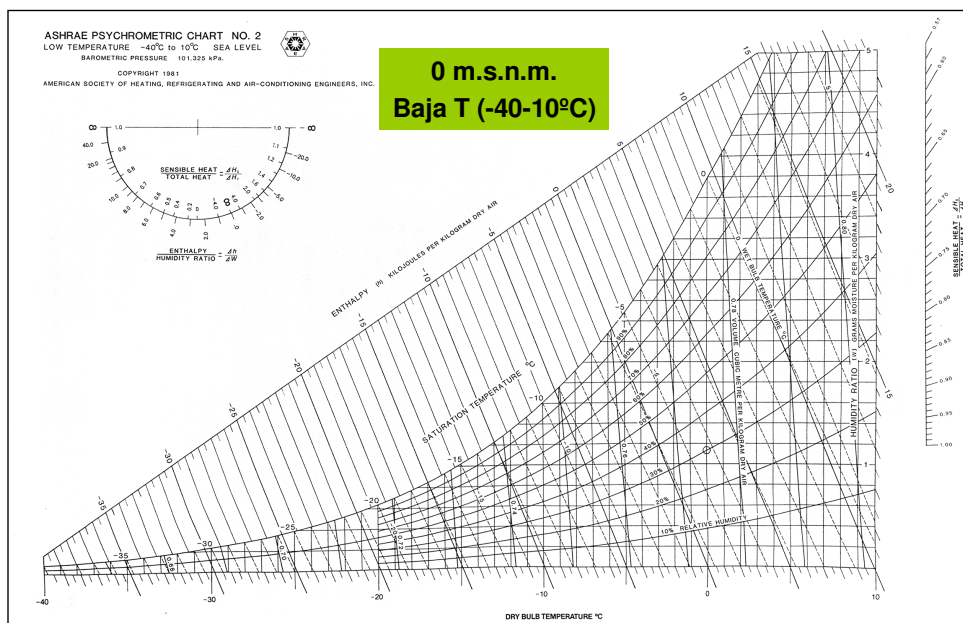
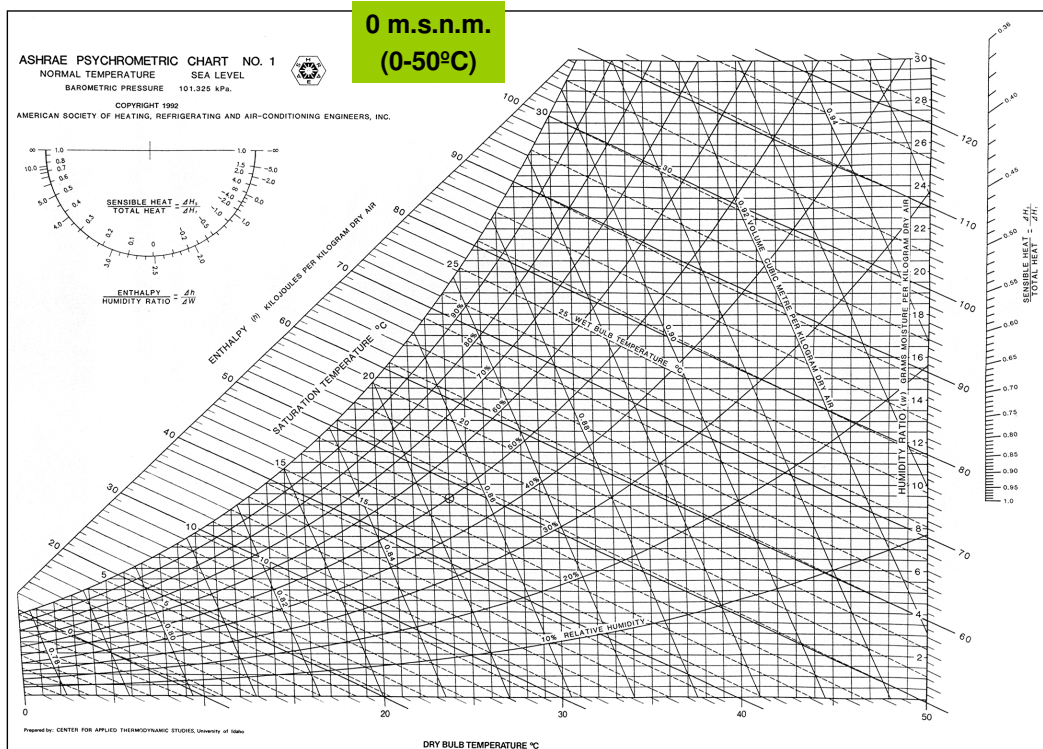
Es el empleado para resolver los problemas del aire húmedo

Hay que considerar la presión (altitud)

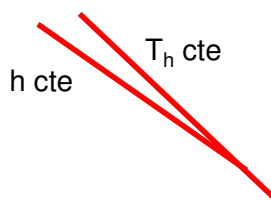
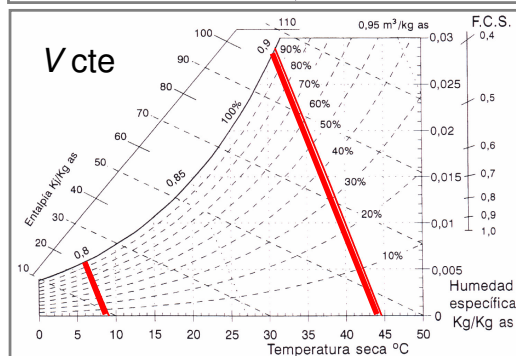
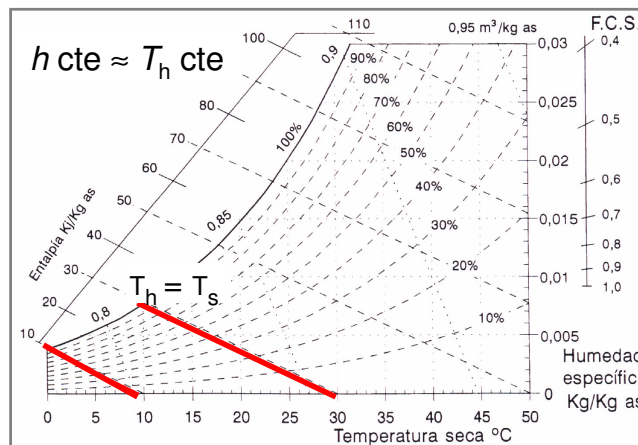
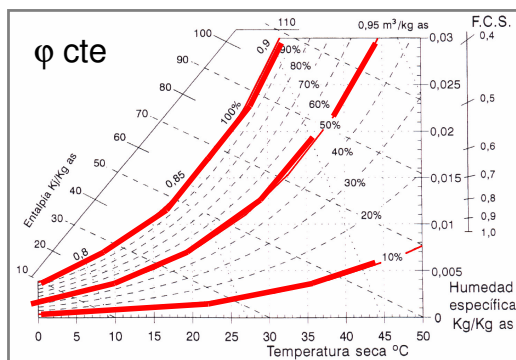
$$P \text{ [Pa]} = 101.325(1 - 2,2610^{-5} H \text{ [m]})^{5,26}$$

Existen diferentes tipos



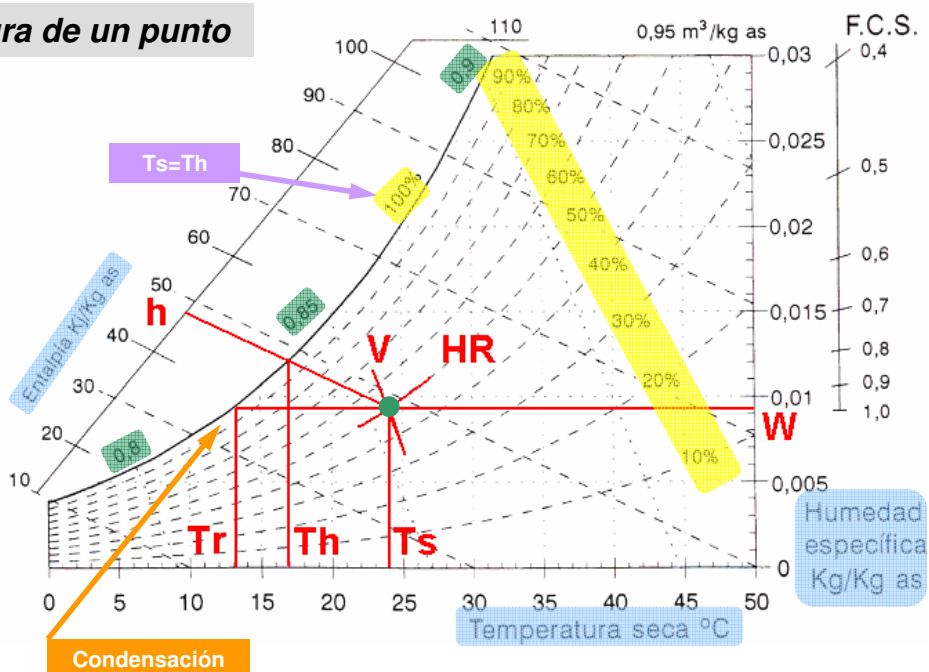


**2.- El Diagrama Psicrométrico (II)**

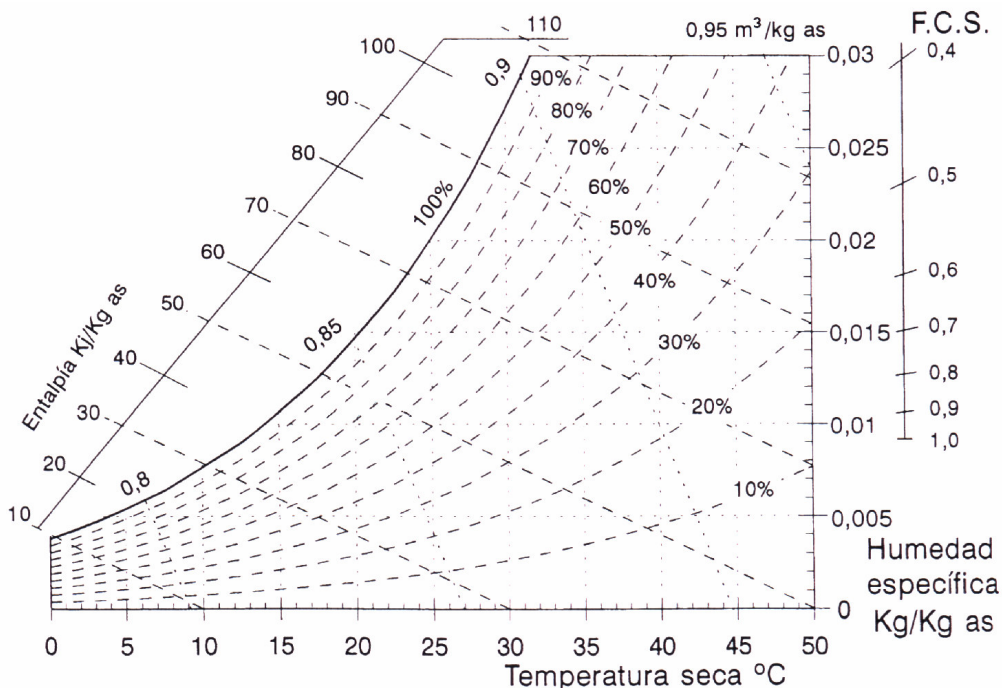


**2.- El Diagrama Psicrométrico (III)**

**Lectura de un punto**

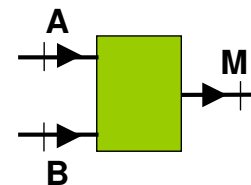
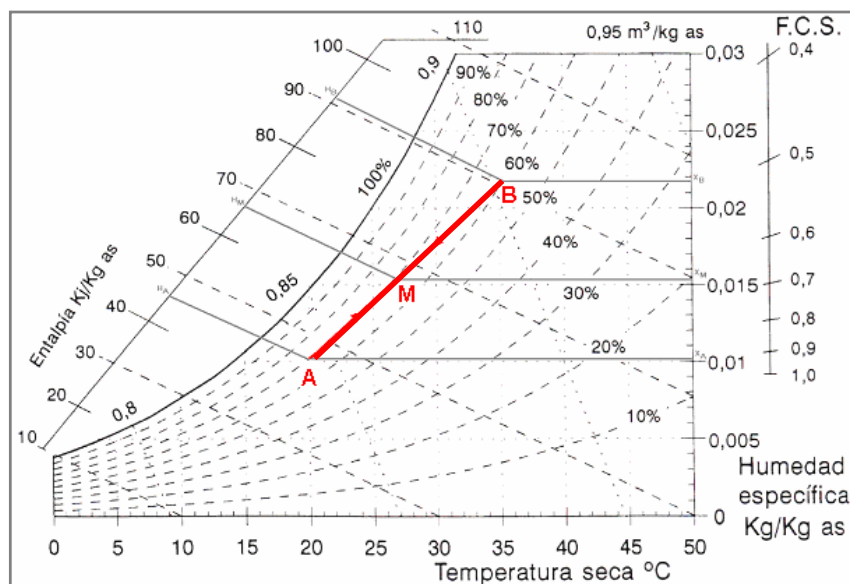


Propiedades del aire húmedo a nivel del mar si su Ts es 30°C y Th 23°C



3.- Las Transformaciones Psicrométricas (I)

**Mezcla adiabática de dos masas de aire (A y B) con distinta humedad**  
la mezcla (M) situada en la recta que une los dos puntos



$G$  es la masa de aire (kg)  
 $w$  humedad específica  
 $h$  entalpía (kJ/kg)

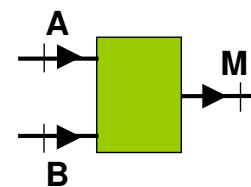
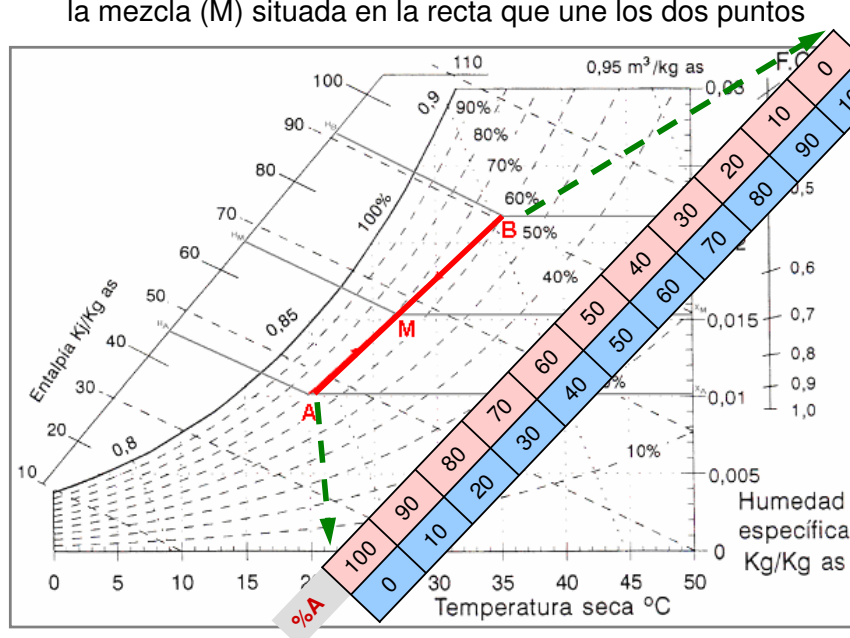
$$G_A + G_B = G_M$$

$$G_A w_A + G_B w_B = G_M w_M$$

$$G_A h_A + G_B h_B = G_M h_M$$

**3.- Las Transformaciones Psicrométricas (I)**

**Mezcla adiabática de dos masas de aire (A y B) con distinta humedad**  
la mezcla (M) situada en la recta que une los dos puntos



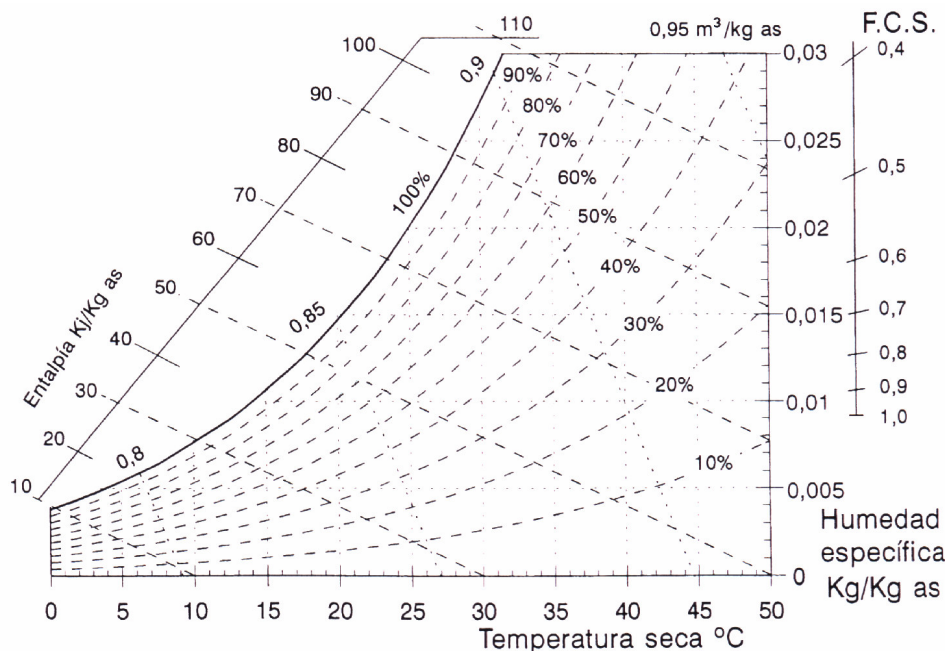
$G$  es la masa de aire (kg)  
 $w$  humedad específica  
 $h$  entalpía (kJ/kg)

$$G_A + G_B = G_M$$

$$G_A w_A + G_B w_B = G_M w_M$$

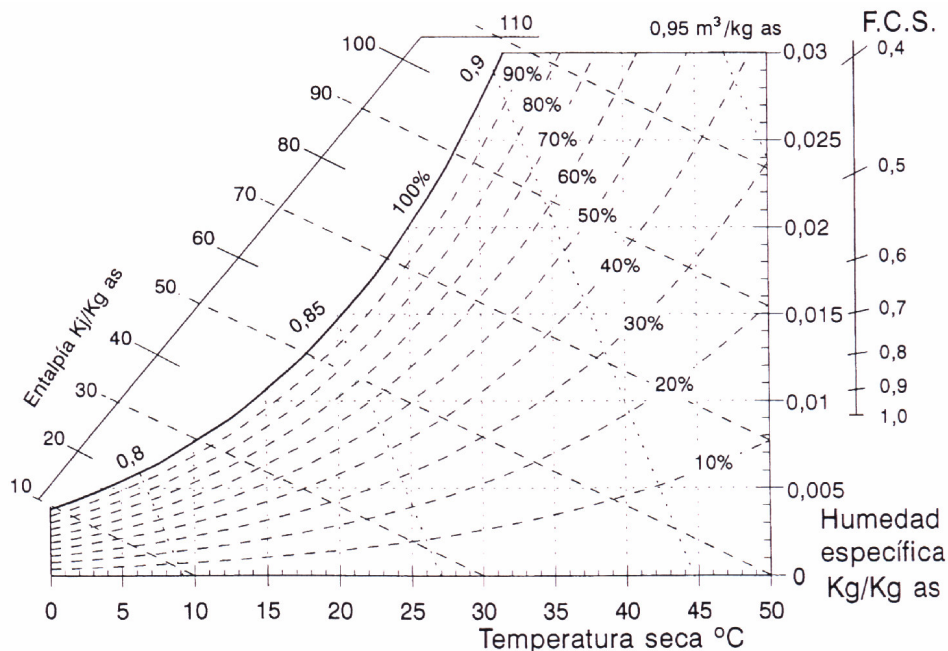
$$G_A h_A + G_B h_B = G_M h_M$$

Mezcla a nivel del mar de 2.000 kg/h de aire con  $T_s$  de 22°C y  $\phi$  60%, y 1.000 kg/h con  $T_s$  de 32°C y  $\phi$  70%





Mezcla a nivel del mar de 2.000 kg/h de aire con  $T_s$  de 32°C y  $\phi$  90%, y 1.000 kg/h con  $T_s$  de 0°C y  $\phi$  80%

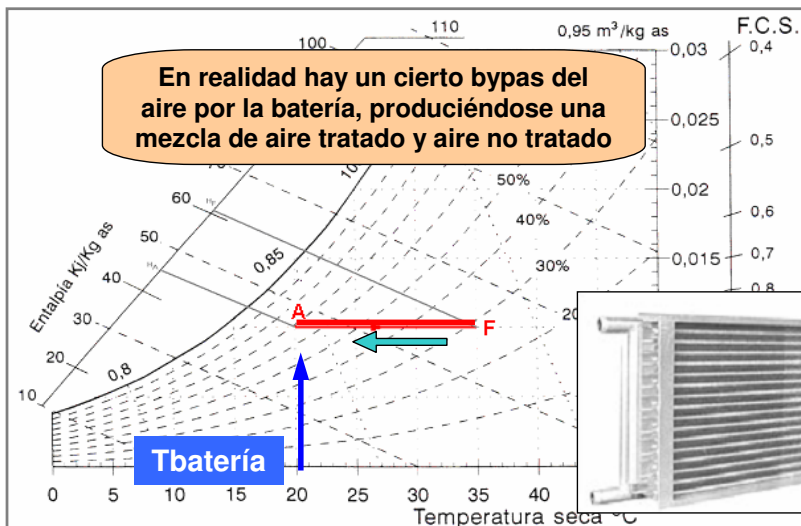
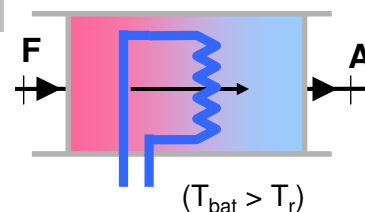


3.- Las Transformaciones Psicrométricas (II)

**Enfriamiento sensible**, sin deshumidificación

Paso por una batería fría a  $T_{bat} > T_r$

No varía la humedad absoluta (W)



$Q$  calor aportado (kCal / h)

$$Q = 0,24 M_{aire} (T_F - T_A)$$

$$Q = M_{aire} (h_A - h_F)$$

$$FB = \frac{M_{aire \text{ no tratada}}}{M_{aire \text{ total}}}$$

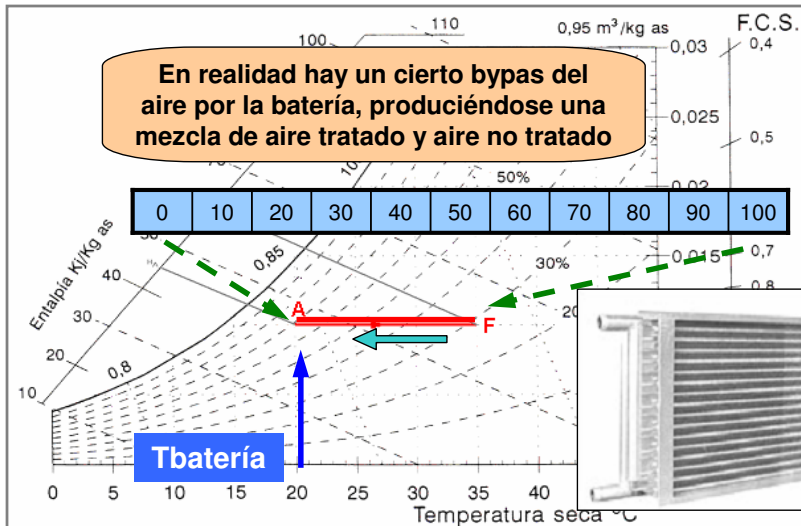
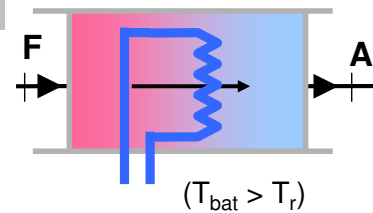
- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

3.- Las Transformaciones Psicrométricas (II)

**Enfriamiento sensible**, sin deshumidificación

Paso por una batería fría a  $T_{bat} > T_r$

No varía la humedad absoluta (W)



Q calor aportado (kCal / h)

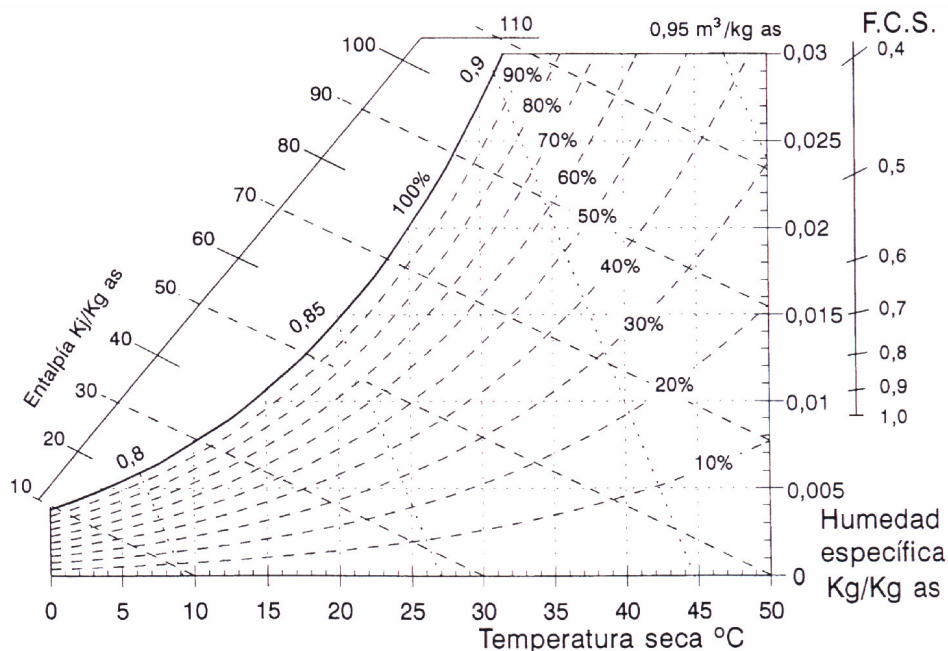
$$Q = 0,24 M_{aire} (T_F - T_A)$$

$$Q = M_{aire} (h_A - h_F)$$

$$FB = \frac{M_{aire\ no\ tratada}}{M_{aire\ total}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

Pasar una corriente de aire de  $T_s$  de 35°C y  $\phi$  30% por una batería fría a 18°C y factor de bypass de 25%

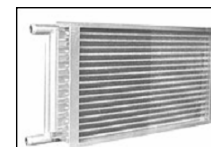
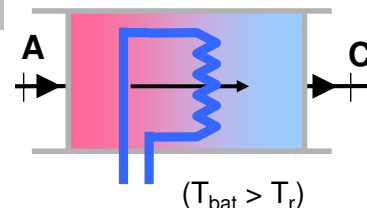
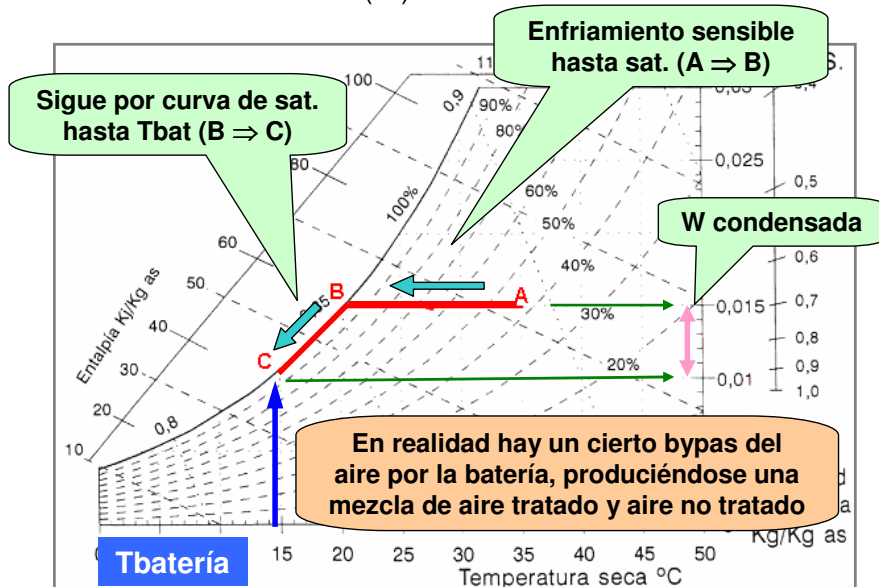


3.- Las Transformaciones Psicrométricas (III)

**Enfriamiento con deshumidificación**

Paso por una batería fría a  $T_{bat} < T_r$

Condensa humedad (W)



$$FB = \frac{M_{\text{aire no tratada}}}{M_{\text{aire total}}}$$

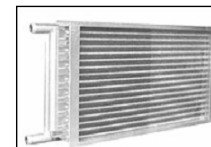
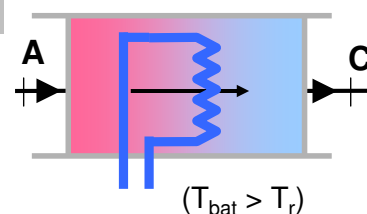
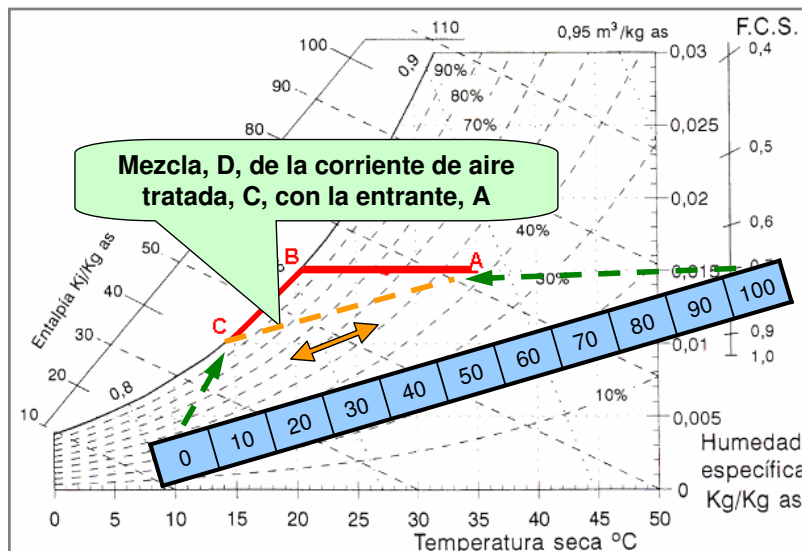
- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

3.- Las Transformaciones Psicrométricas (III)

**Enfriamiento con deshumidificación**

Paso por una batería fría a  $T_{bat} < T_r$

Condensa humedad (W)



$$FB = \frac{M_{\text{aire no tratada}}}{M_{\text{aire total}}}$$

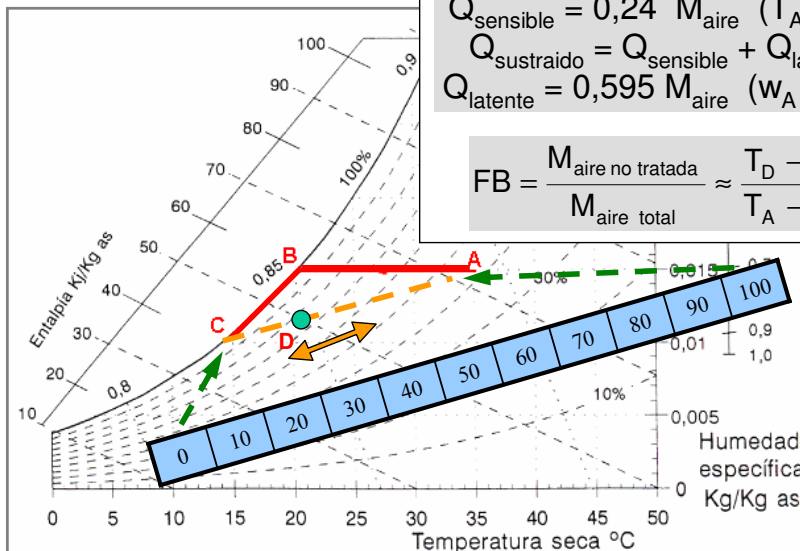
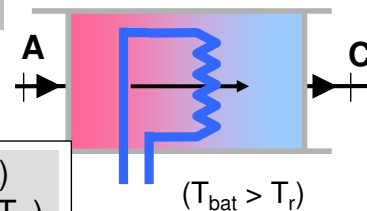
- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

3.- Las Transformaciones Psicrométricas (III)

**Enfriamiento con deshumidificación**

Paso por una batería fría a  $T_{bat} < T_r$

Condensa humedad (W)



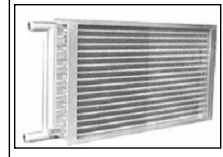
$$Q_{\text{sustraido}} = M_{\text{aire}} (h_A - h_D)$$

$$Q_{\text{sensible}} = 0,24 M_{\text{aire}} (T_A - T_D)$$

$$Q_{\text{sustraido}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latente}}$$

$$Q_{\text{latente}} = 0,595 M_{\text{aire}} (w_A - w_D)$$

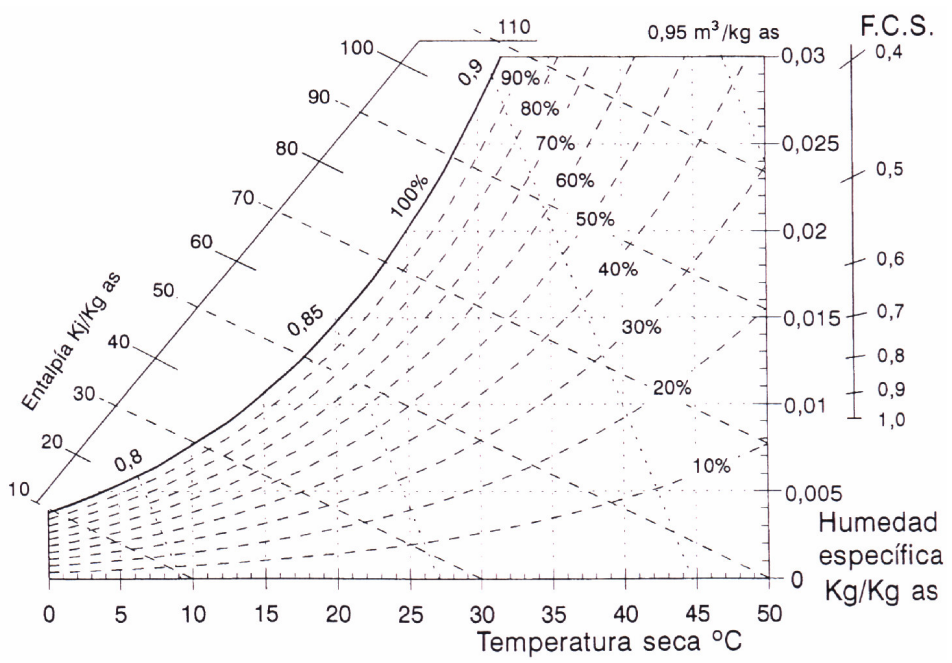
$$FB = \frac{M_{\text{aire no tratada}}}{M_{\text{aire total}}} \approx \frac{T_D - T_C}{T_A - T_C}$$



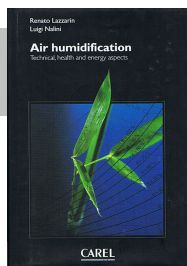
$$FB = \frac{M_{\text{aire no tratada}}}{M_{\text{aire total}}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

Pasar una corriente de aire de  $T_s$  de 25°C y  $\phi$  60% por una batería fría a 10°C y factor de bypass de 25%



**Bibliografía del Tema**



**Air Humidification**  
*R. Lazzarin, Luigi Nalini*



**Fundamentos de Climatización**  
**ATECYR**

**Manual de Climatización, T1**  
*J.M. Pinazo*

**DTIE 3.01 Psicrometria**  
*J.M. Pinazo*

