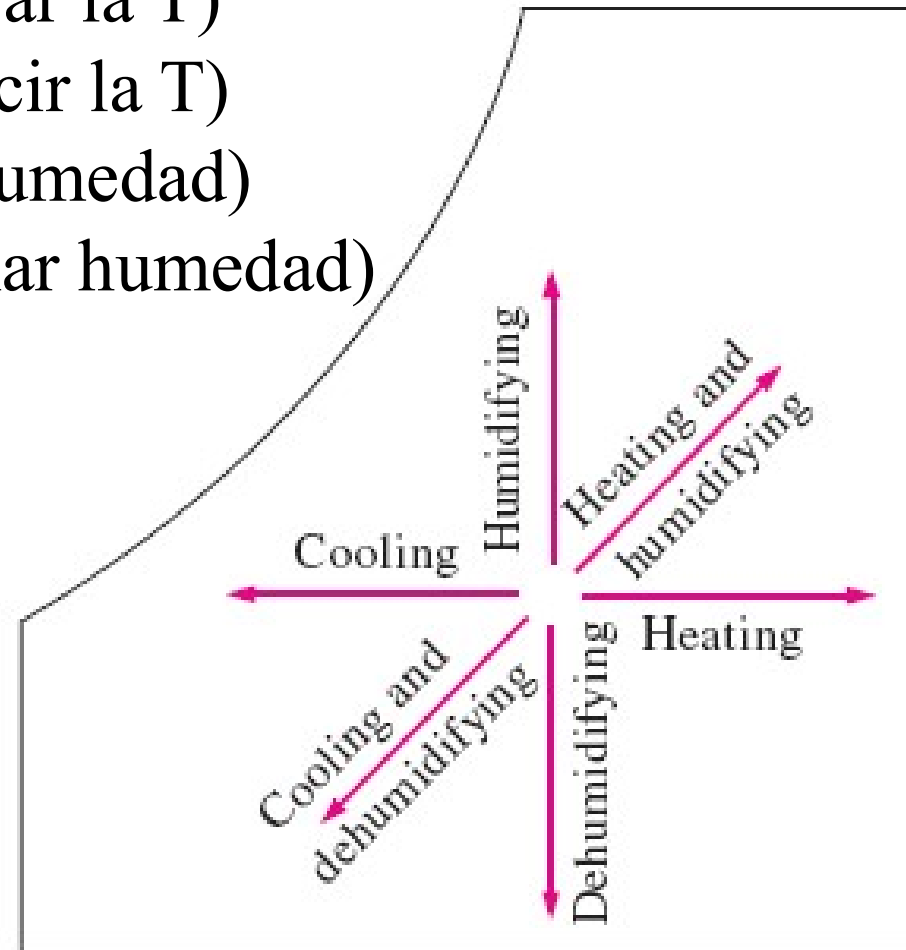


# PROCESOS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE



- *Calentamiento simple* (elevar la T)
- *Enfriamiento simple* (reducir la T)
- *Humidificación* (agregar humedad)
- *Deshumidificación* (eliminar humedad)



# COMODIDAD DEL CUERPO HUMANO



Energía (alimento)



El cuerpo humano se puede ver como una máquina térmica.

$Q_{\text{deshecho}}$  cuando duerme 87 W

cuando realiza trabajo intenso 440 W

Mujeres un 15 % menos

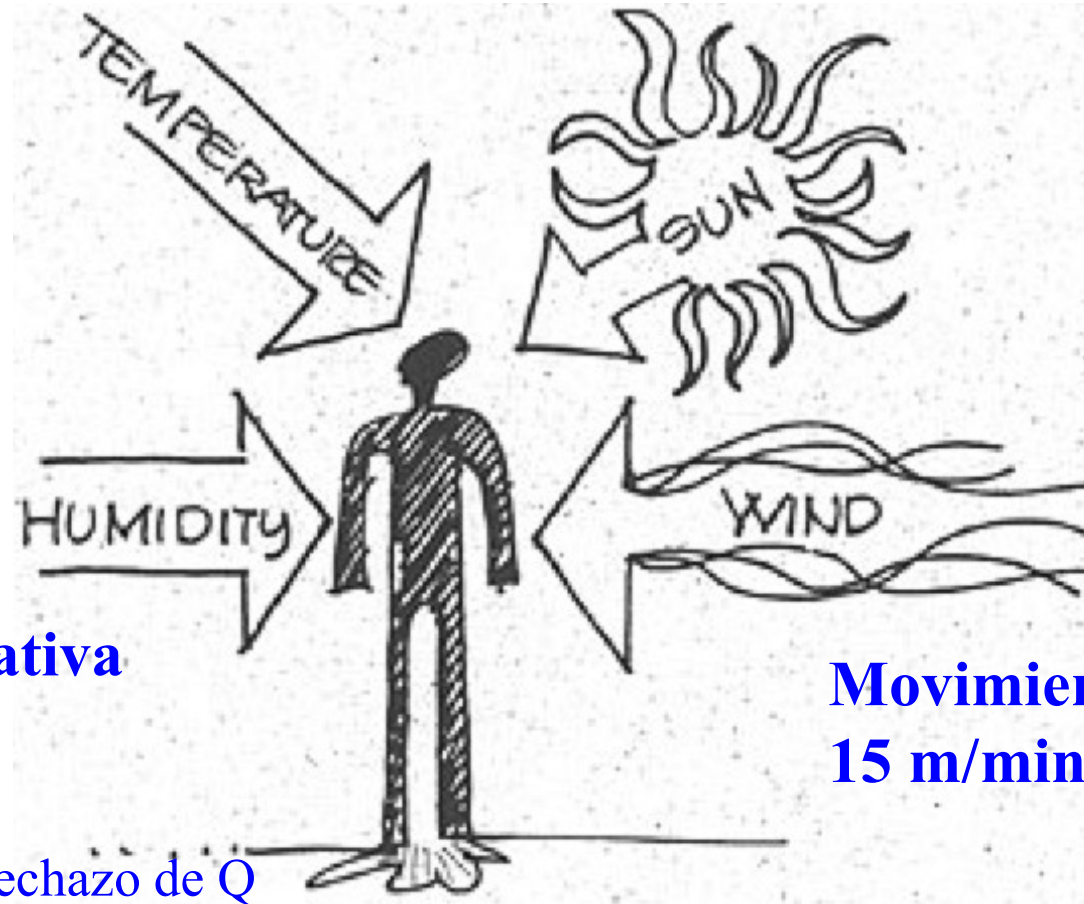
***$T_{\text{cuerpo humano}} = 37^{\circ}\text{C}$***

El cuerpo se siente cómodo en un ambiente en el cual puede disipar calor.

Ambientes fríos: el cuerpo pierde más calor del que genera.

Ambientes cálidos: no disipa suficiente Q

**T (bulbo seco): 22 °C a 27 °C**



**Humedad relativa  
40 a 60 %**

**Movimiento del aire:  
15 m/min**

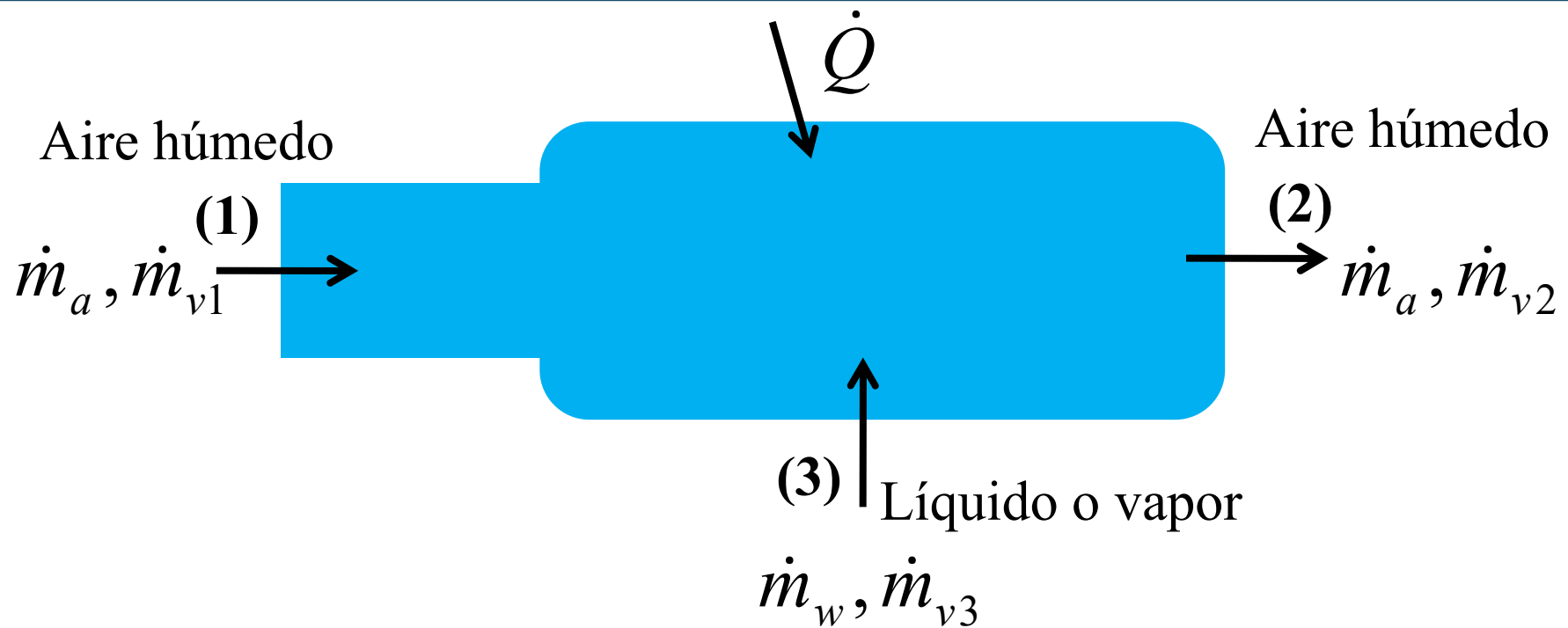
$\phi$  alta retarda el rechazo de Q  
 $\phi$  baja acelera el rechazo de Q

## *Conservación de la masa y la energía*

*Balance de masa de aire seco*  $\sum_{ent} \dot{m}_a = \sum_{sal} \dot{m}_a$

*Balance de masa para el agua*  $\sum_{ent} \dot{m}_w = \sum_{sal} \dot{m}_w$

*Balance de energía*  $0 = \dot{Q} - \dot{W} + \sum_{ent} \dot{m}h - \sum_{sal} \dot{m}h$



*Balace de masa  
de aire seco*

$$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$$

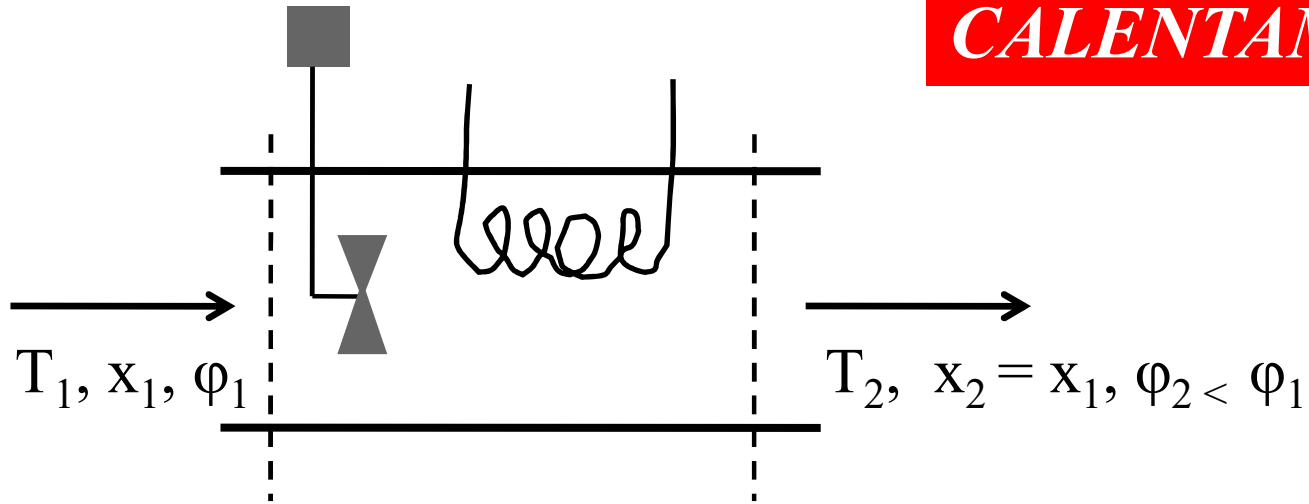
*Balace de masa  
para el agua*

$$\dot{m}_{v1} + \dot{m}_w = \dot{m}_{v2} \quad x_1 \dot{m}_a + \dot{m}_w = x_2 \dot{m}_a$$

*Balace de  
energía*

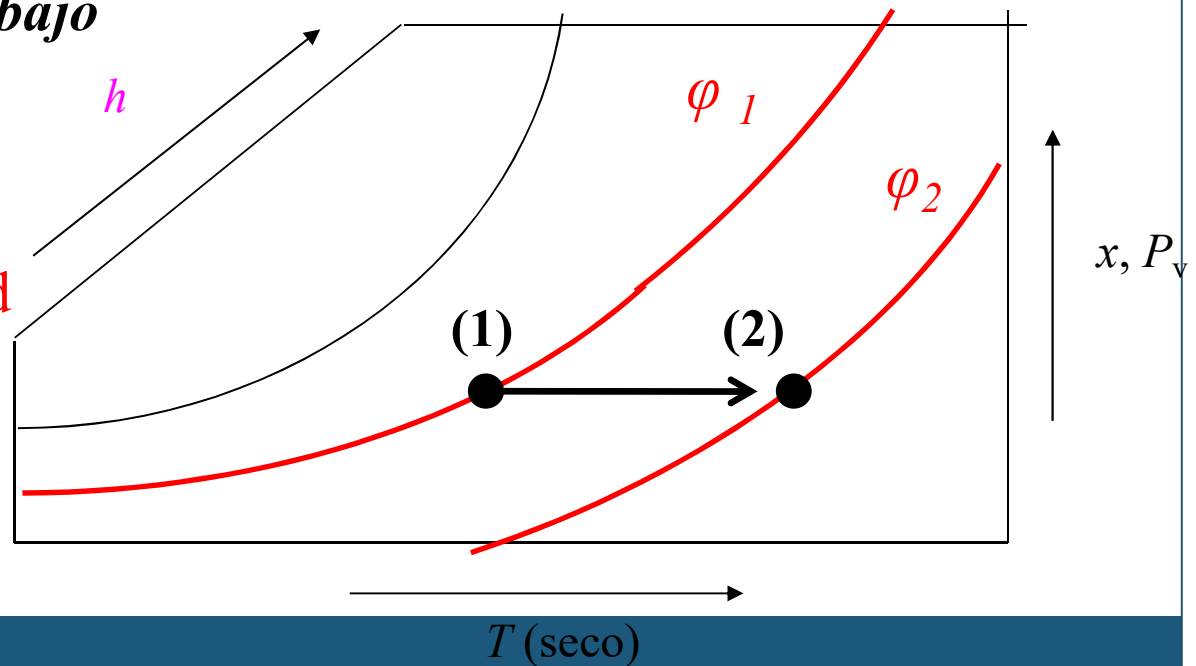
$$0 = \dot{Q} + \dot{m}_a h_1 + \dot{m}_w h_3 - \dot{m}_a h_2$$

# CALENTAMIENTO



*Problemas si  $\varphi$  está por debajo del nivel de comodidad:*

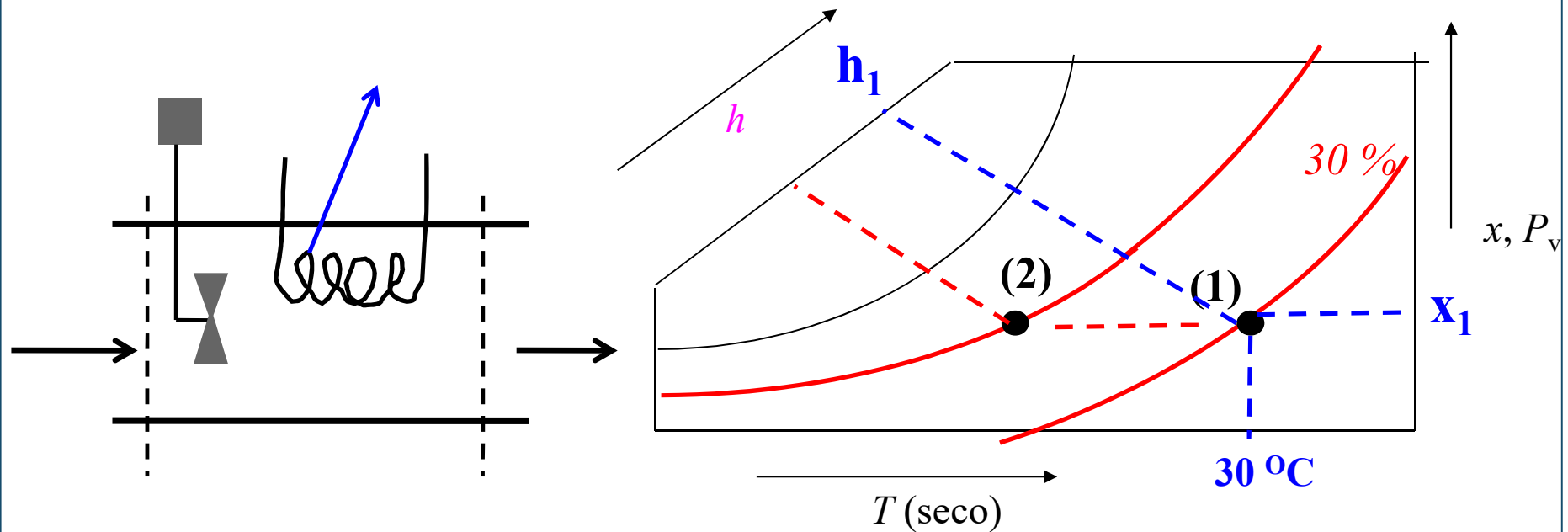
- resequedad en la piel
- problemas respiratorios
- aumento de la electricidad estática



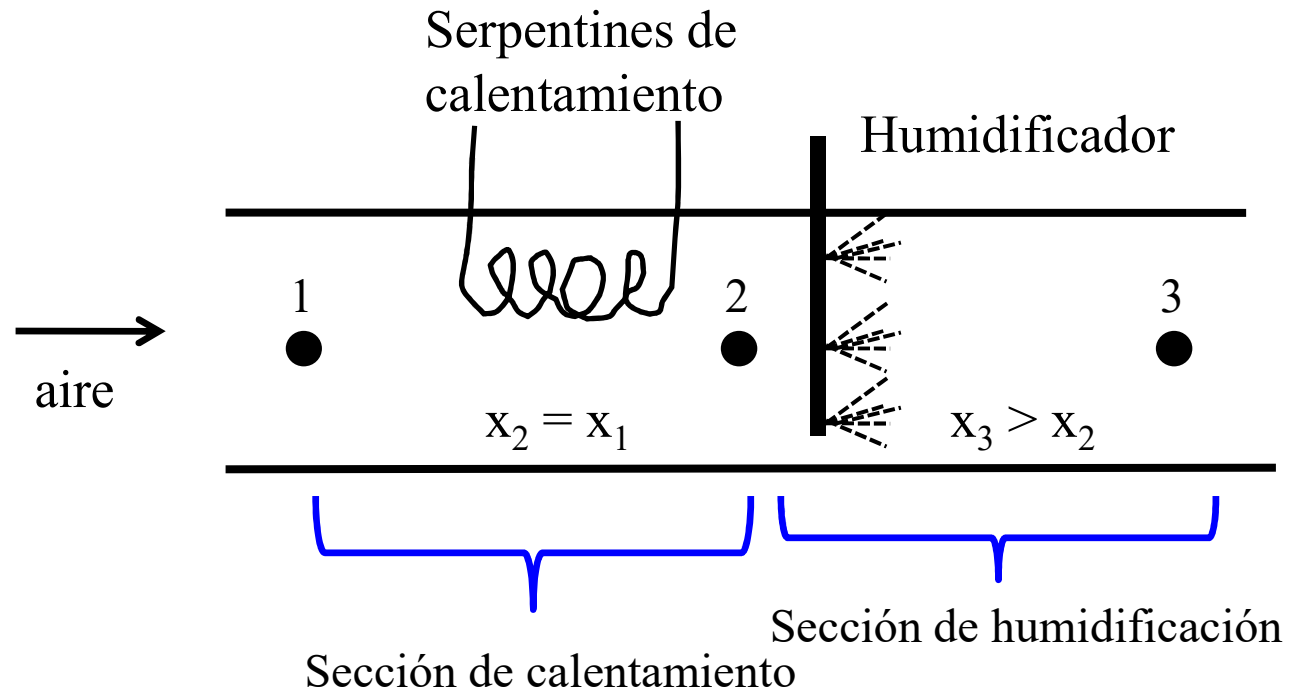
# ENFRIAMIENTO

**Ejemplo:** entra aire a una sección de enfriamiento de 40 cm de diámetro a 1 atm, 32 °C, y 30 por ciento de humedad relativa, a 18 m/s. Se quita calor del aire a razón de 1200 kJ/min. Determinar:

- La temperatura de salida
- La humedad relativa



# CALENTAMIENTO CON HUMIDIFICACIÓN



***Si se introduce :***

- ***vapor:*** se humidifica con calentamiento adicional ( $T_3 > T_2$ )
- ***agua*** (como un rocío): toma el Q latente de vaporización del aire  $\therefore$  la corriente se enfría ( $T_3 < T_2$ )



1  $\rightarrow$  2

$$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$$

$$\dot{m}_{v1} = \dot{m}_{v2}$$

$$0 = \dot{Q} + \dot{m}_a h_1 - \dot{m}_a h_2$$

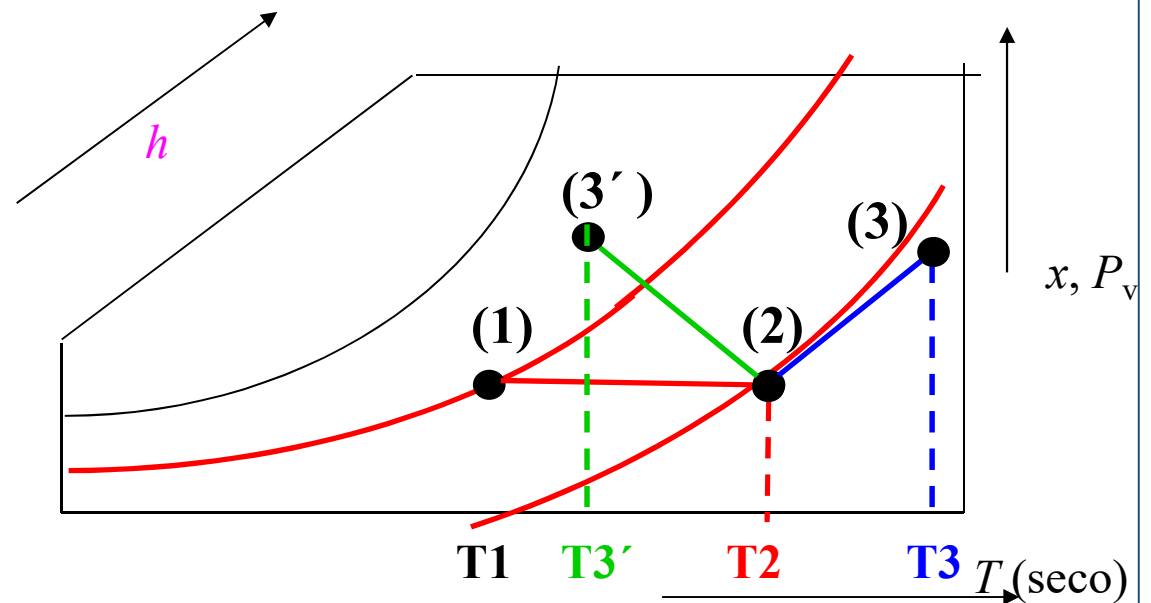
2  $\rightarrow$  3

$$\dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a3} = \dot{m}_a$$

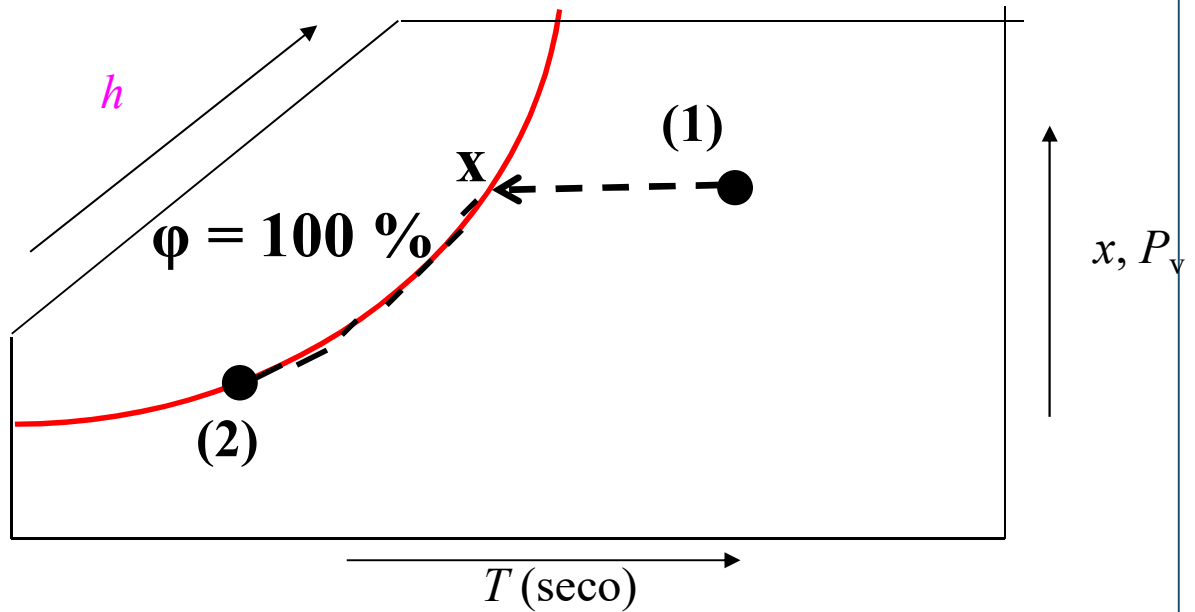
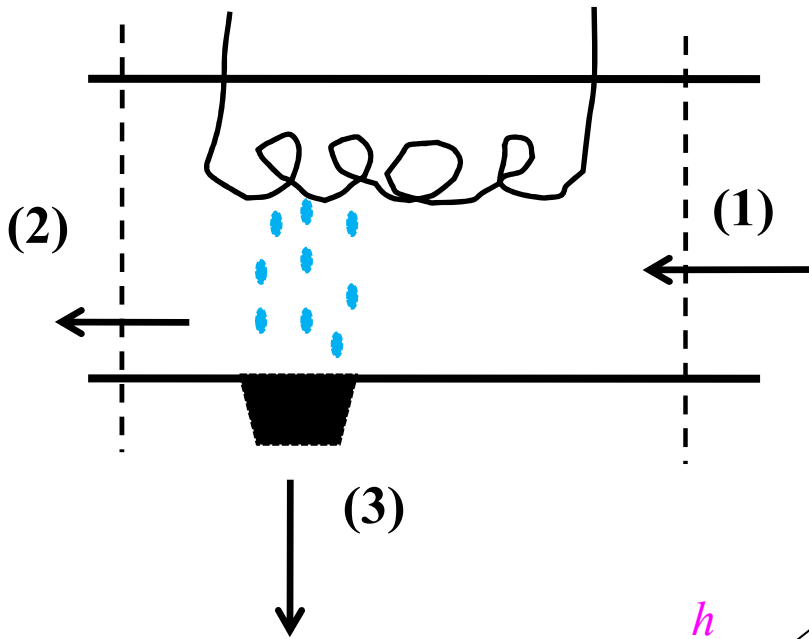
$$\dot{m}_{v2} + \dot{m}_w = \dot{m}_{v3}$$

$$\dot{m}_w = (x_3 - x_2) \dot{m}_a$$

$$0 = \dot{m}_a h_2 + \dot{m}_w h_w - \dot{m}_a h_3$$



# ENFRIAMIENTO CON DESHUMIDIFICACIÓN



**Ejemplo:** en una unidad de aire acondicionado de ventana entra aire a 1 atm, 30 °C y 80 % de humedad relativa, a una tasa de 10 m<sup>3</sup>/min y sale como aire saturado a 14 °C. Parte de la humedad en el aire que se condensa durante el proceso se elimina también a 14 °C. Determinar:

- a) La tasa de eliminación de calor
- b) La tasa de eliminación de humedad del aire



La cantimplora se mantiene fría por evaporación, cuando se moja el fieltro del estuche.

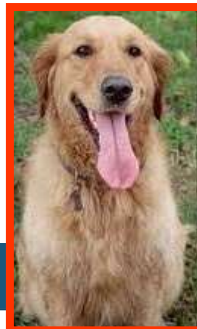
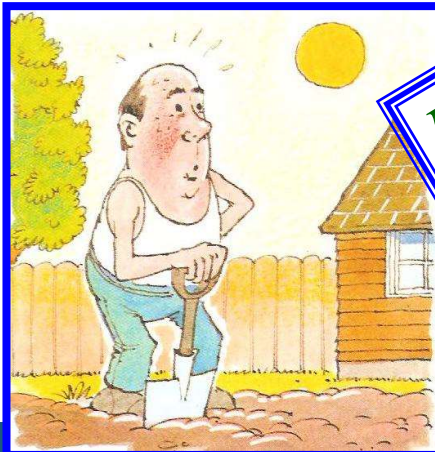


¿Has pensado por qué sientes frío al salir de la pileta? Pues porque estás mojado y el agua se lleva el calor de tu cuerpo al evaporarse.



Cuando en verano se riega con los patios y las calles se siente más fresco. Después, para evaporarse, las moléculas de agua quitan calor al ambiente.

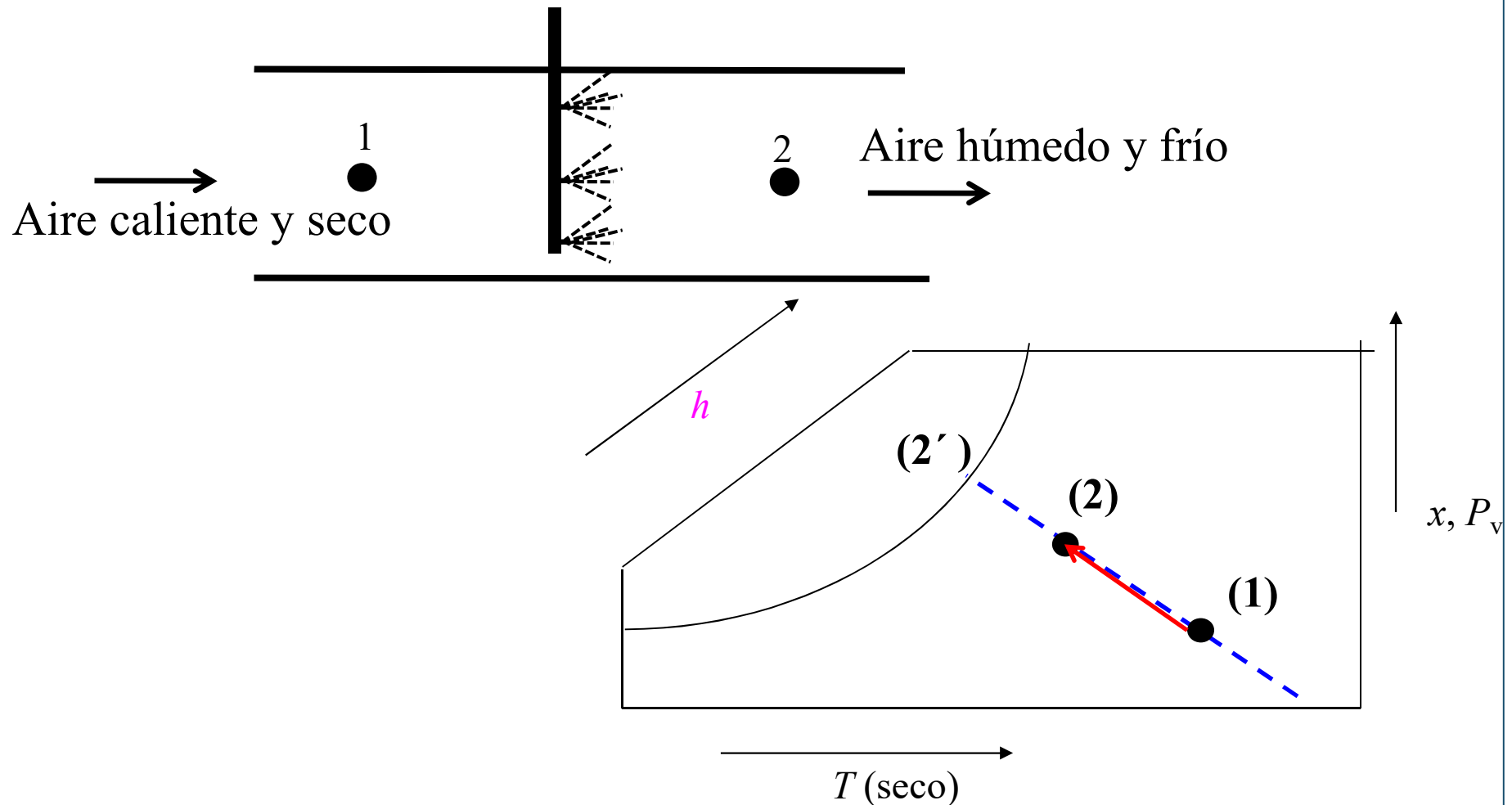
Al evaporarse, el agua siempre enfría las cosas. Cuando el cuerpo humano tiene calor, transpira y la transpiración se evapora. La evaporación es la forma de refrigerarse que tiene el ser humano.



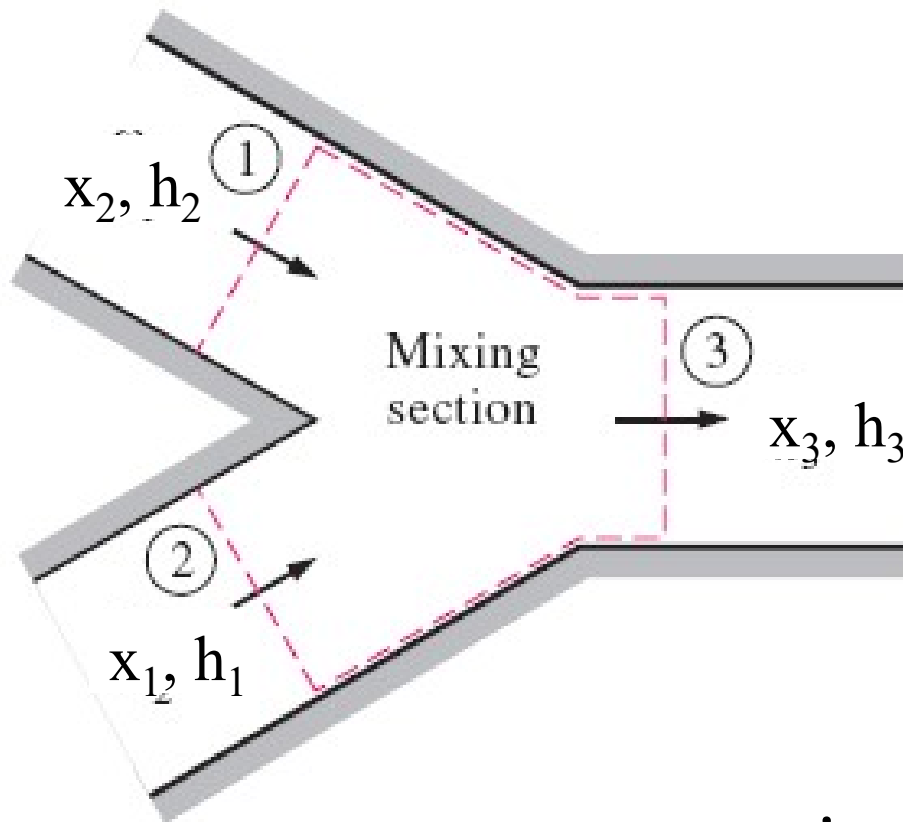
**La evaporación es un proceso de enfriamiento**

# ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

En climas desérticos (caliente y seco), en lugar de extraer  $Q$  (que es costoso), se humidifica aprovechando la baja  $\phi$ .



# MEZCLADO ADIABÁTICO DE FLUJOS DE AIRE



Mezcla de dos flujos de aire

- grandes edificios
- plantas de producción y procesamiento
- hospitales

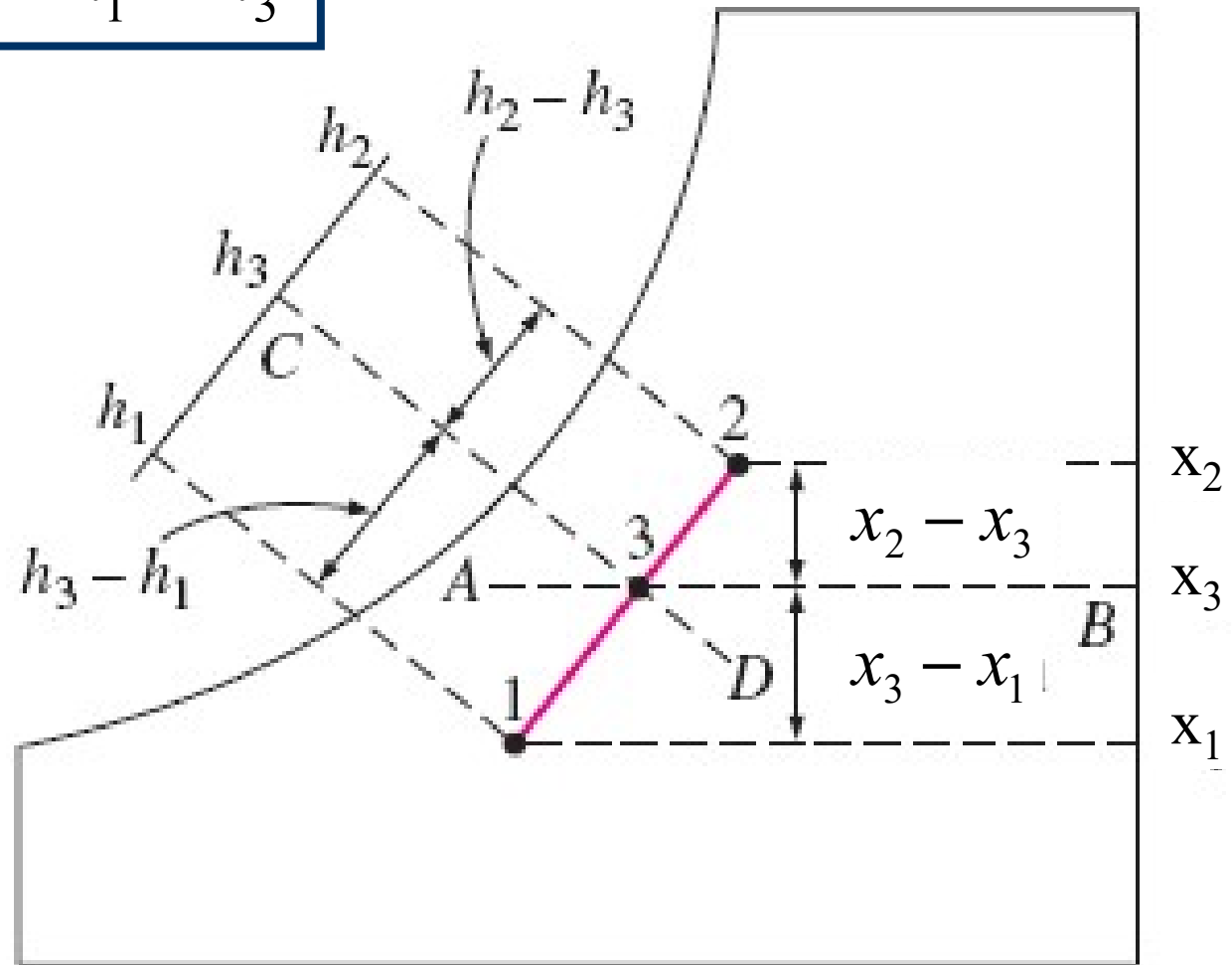
Es necesario que el aire acondicionado se mezcle con aire fresco del exterior, antes de enviarse a los espacios habitados.

*Balance de masa de aire seco*  $\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a3}$

*Balance de masa para el agua*  $x_1 \dot{m}_{a1} + x_2 \dot{m}_{a2} = x_3 \dot{m}_{a3}$

*Balance de energía*  $0 = \dot{m}_{a1} h_1 + \dot{m}_{a2} h_2 - \dot{m}_{a3} h_3$

$$\frac{\dot{m}_{a1}}{\dot{m}_{a2}} = \frac{x_3 - x_2}{x_1 - x_3} = \frac{h_3 - h_2}{h_1 - h_3}$$



**Ejemplo:** el aire saturado que sale de la sección de enfriamiento de un sistema de acondicionamiento de aire a  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  y a una razón de  $50\text{ m}^3/\text{min}$ , se mezcla adiabáticamente con el aire exterior a  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $60\%$  de humedad relativa que fluye a una razón de  $20\text{ m}^3/\text{min}$ . Suponga que el proceso de mezclado se efectúa a una presión de  $1\text{ atm}$ ; con ello determinar:

- a) la humedad absoluta,
- b) la humedad relativa,
- c) la temperatura de bulbo seco
- d) el flujo volumétrico de mezclado.



# TORRE DE ENFRIAMIENTO

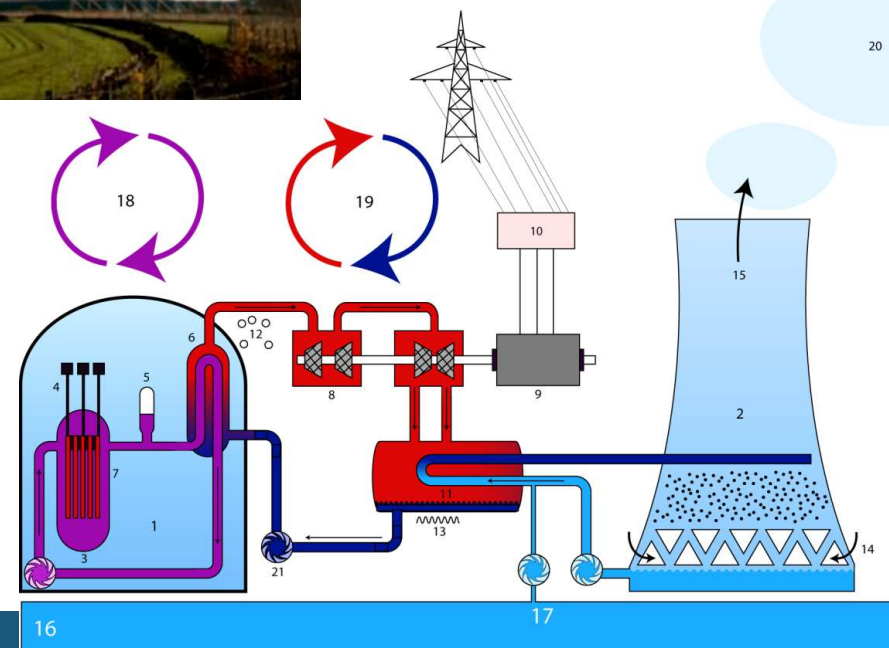


En plantas de potencia, se debe ceder una gran cantidad de  $Q_F$  en el condensador.

Esta energía va a un lago, río, mar, pero si su  $T$  es muy alta produce contaminación térmica

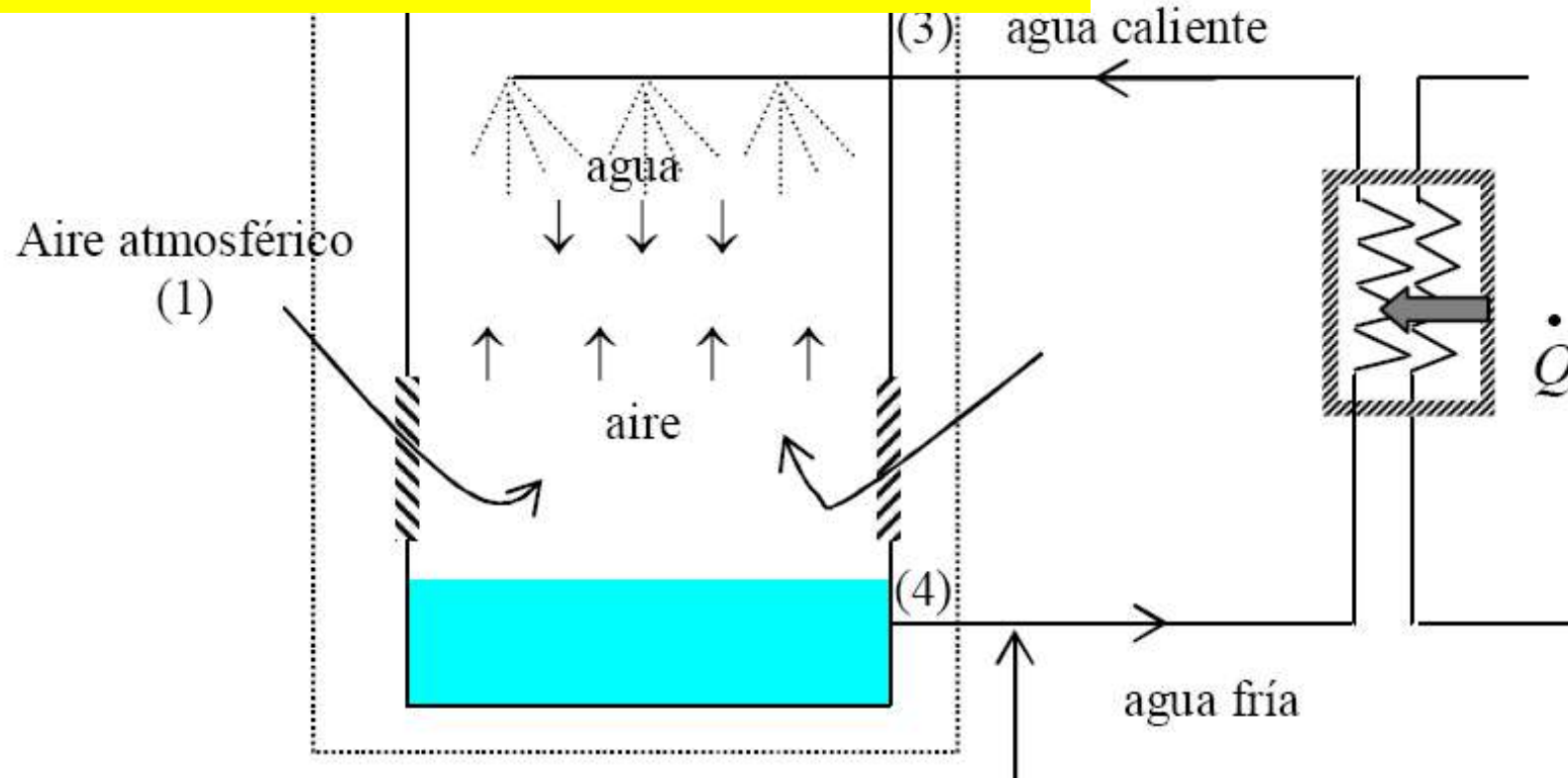
SOLUCIÓN:

enfriarla y recircularla

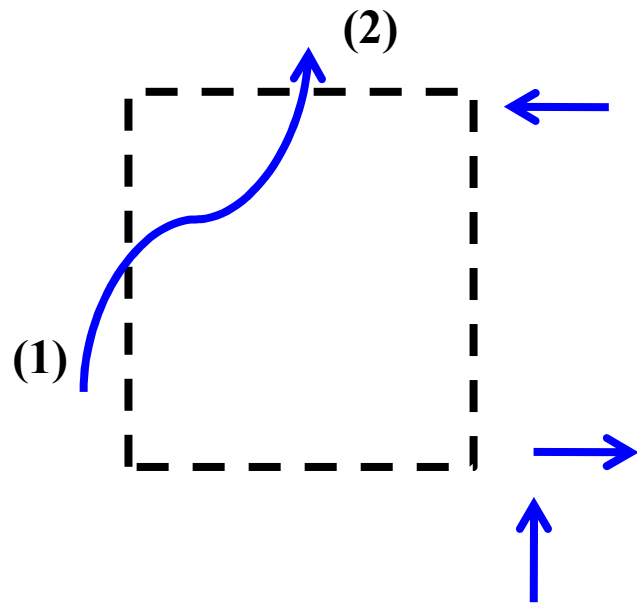


## *Enfriamiento evaporativo*

- Una parte del agua se evapora y pasa al aire
- El aire aumenta su humedad.
- Como parte del agua se evapora, hay que reponerla



La torre funciona como una chimenea, el aire asciende.  
El agua cae por gravedad (pulverizada)  
El aire saturado circula en contra corriente



$$\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$$

$$x_1 \dot{m}_{a1} + \dot{m}_{w3} = x_2 \dot{m}_{a2} + \dot{m}_{w4}$$

$$\underbrace{\dot{m}_{w3} - \dot{m}_{w4}}_{\dot{m} \text{ reposición}} = \dot{m}_a (x_2 - x_1)$$

$$0 = \dot{m}_a h_1 + \dot{m}_{w3} h_3 - \dot{m}_a h_2 - \dot{m}_{w4} h_4$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_{w3} (h_4 - h_3)}{h_1 - h_2 + (x_2 - x_1) h_4}$$