

# Demanda de energía térmica y frigorífica de los edificios

## Módulo 2.4 Sistemas hidrónicos en los edificios

SHaKE – Intercambio de calor y conocimientos sobre comunidades energéticas

Erasmus+ KA220-HED: Alianzas de cooperación en la educación superior

Institución responsable: Mines Paris – PSL

Autor: Dr. Antoine Fabre

Fecha: marzo de 2026

Versión 1.0



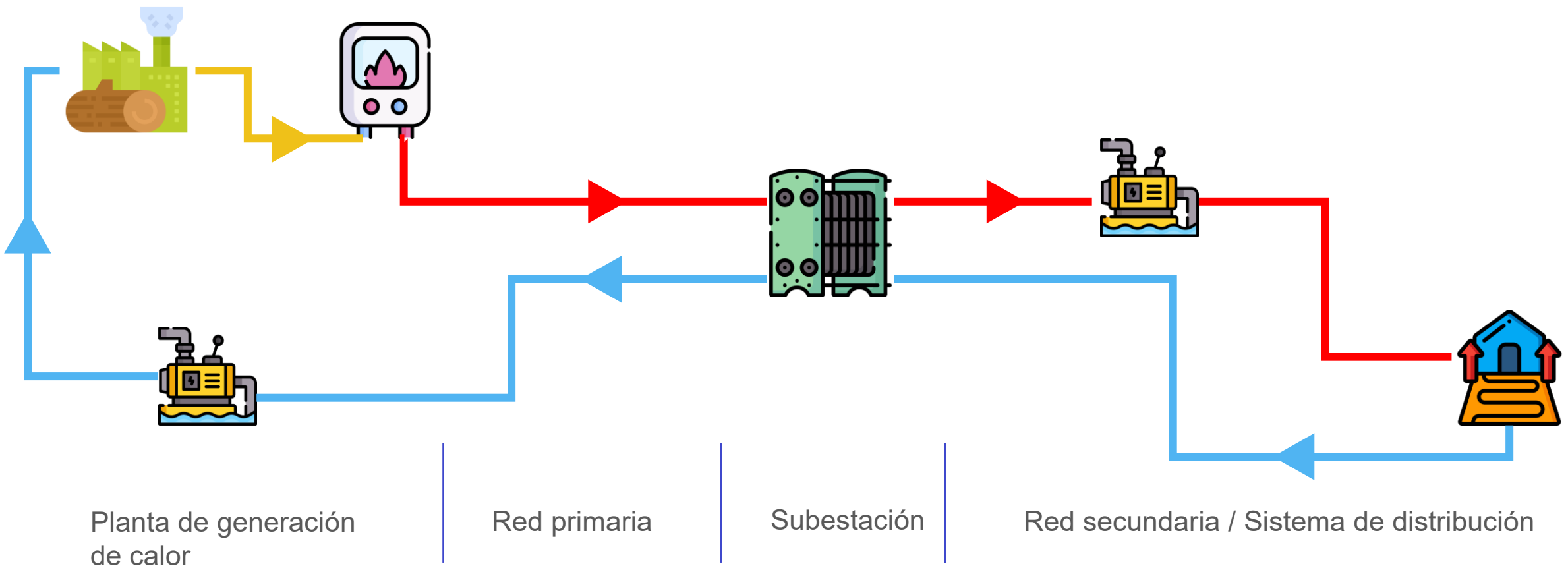
**SHaKE**

Sharing Knowledge on Energy Communities



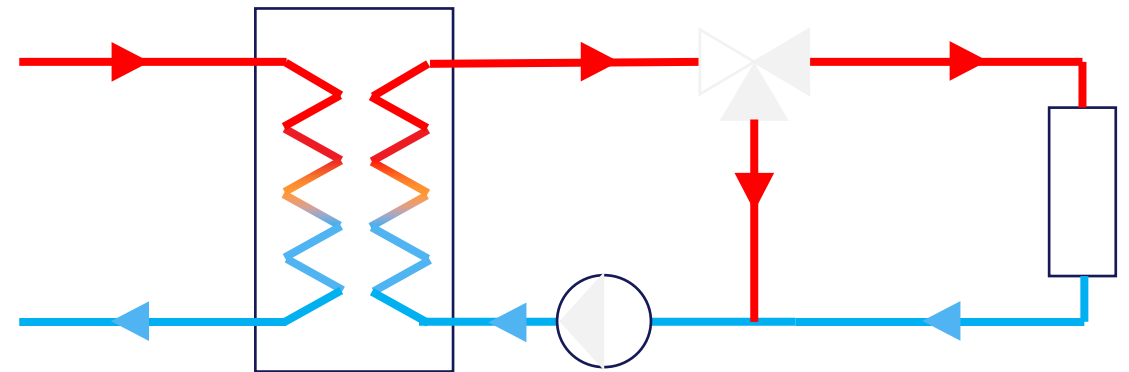
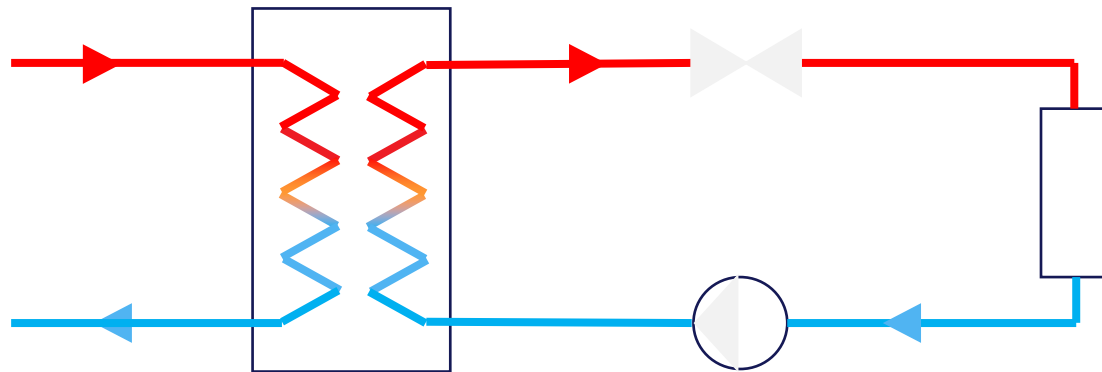
# 1. Introducción

Una vez determinado el consumo de los edificios, es necesario elegir y dimensionar el sistema de distribución



# 1. Introducción

Una vez determinado el consumo de los edificios, es necesario elegir y dimensionar el sistema de distribución



¿Qué emisores?

¿Qué bomba?



¿Cómo diseñar las tuberías?

¿Qué válvulas?

# 1. Introducción

Una vez determinado el consumo de los edificios, es necesario elegir y dimensionar el sistema de distribución

Cálculo de las necesidades  
de calefacción de una  
estancia

Elección y  
dimensionamiento de los  
emisores

Dimensionamiento de la  
distribución hidrónica

## 2. Emisores de calor

¿Qué sistemas de distribución y emisores se suelen utilizar con una red de calefacción por suelo radiante?

Radiador



- + Precio
- + Fácil de instalar
- Espacio
- No reversible

Suelo radiante



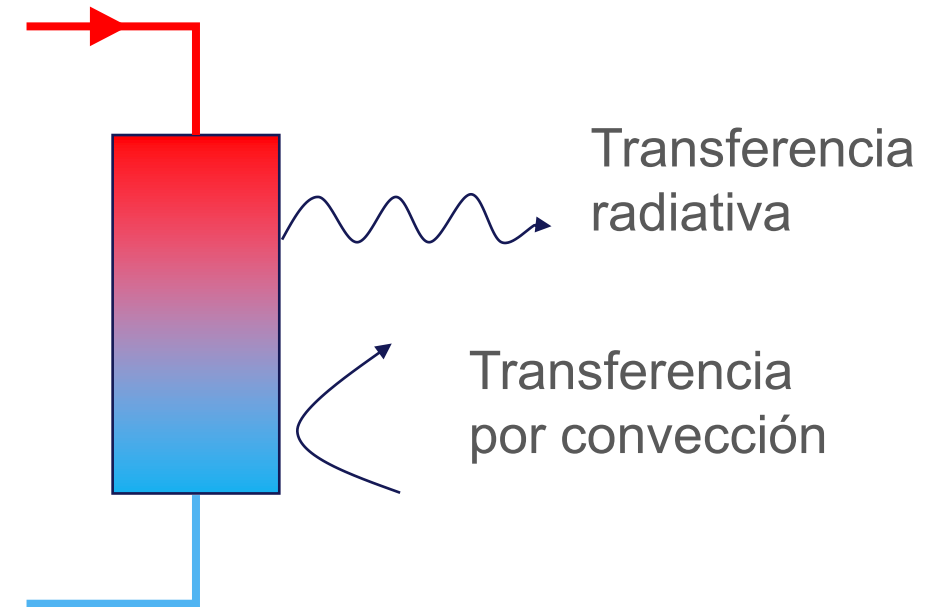
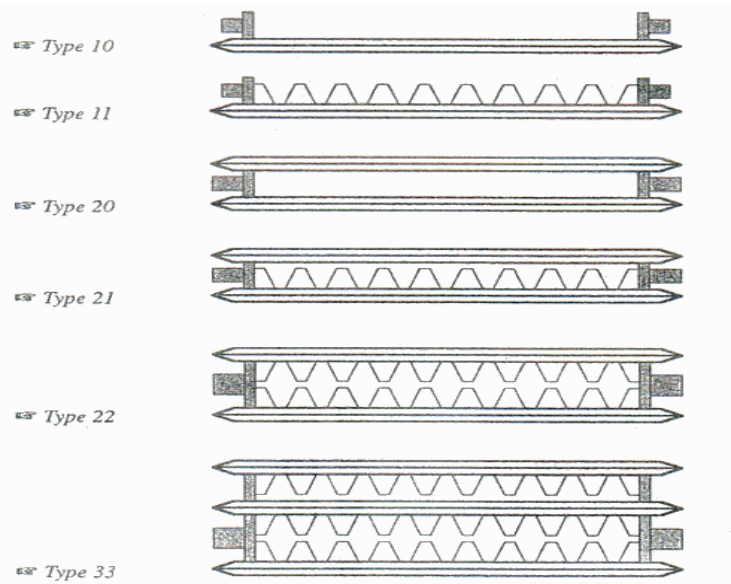
- + Espacio
- + Confort
- Precio
- Inercia

Fan coil



- + Espacio
- + Reversible
- Comodidad
- Rendimiento

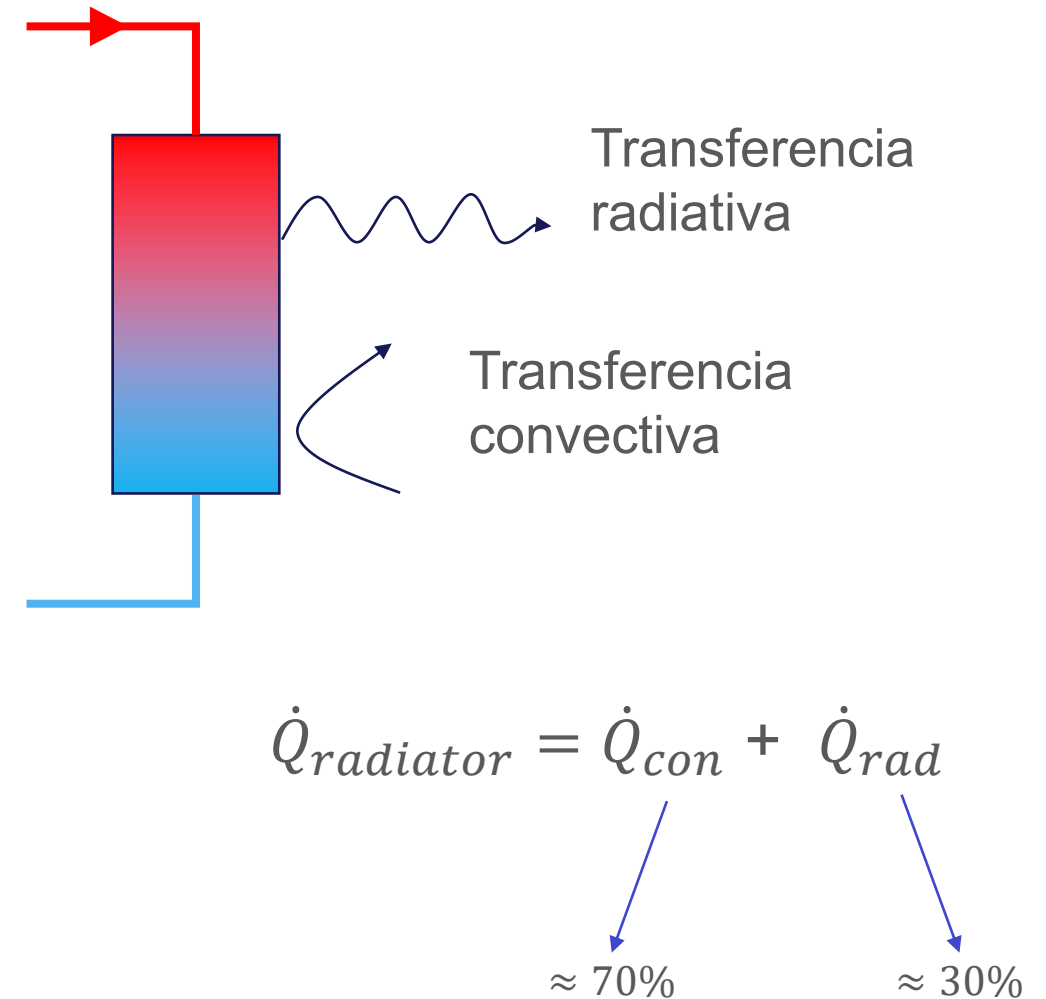
# 2.1 Radiadores



$$\dot{Q}_{con} = h_{conv} A \left( \frac{T_{in} + T_{out}}{2} - T_{air} \right)$$

Convección natural en función de la geometría y el régimen de flujo

# 2.1 Radiadores



$$\dot{Q}_{con} = h_{conv} A \left( \frac{T_{in} + T_{out}}{2} - T_{air} \right)$$

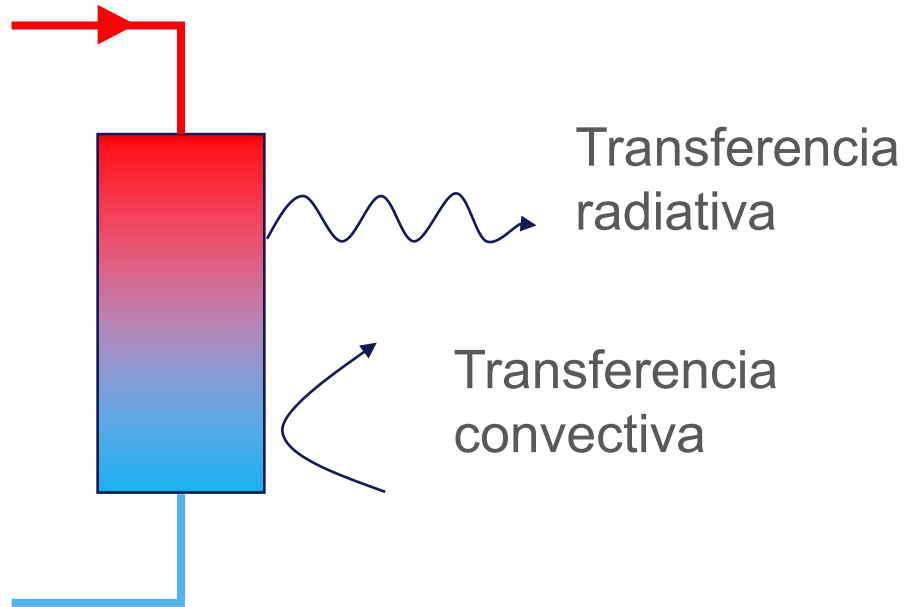
$$\dot{Q}_{rad} = 4\sigma\varepsilon \left( \frac{T_{moy,rad} + T_{op}}{2} \right)^3 A \left( \frac{T_{in} + T_{out}}{2} - T_{op} \right)$$

$$\dot{Q}_{rad} = h_{rad} A \left( \frac{T_{in} + T_{out}}{2} - T_{air} \right)$$

$$\dot{Q}_{radiator} = \dot{Q}_{con} + \dot{Q}_{rad}$$

$\approx 70\%$                        $\approx 30\%$

# 2.1 Radiadores



Son posibles diferentes regímenes de temperatura. Un régimen de temperatura es la temperatura del agua de entrada y de salida de un radiador en el punto de diseño (por ejemplo, para

Según la norma europea EN-442:

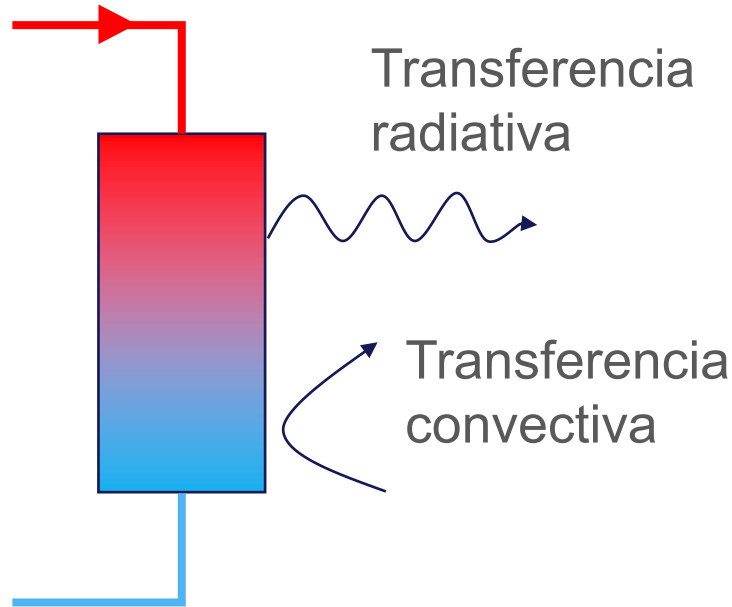
$$\dot{Q}_{radiator} = UA \Delta T^n = UA (T_{moy,rad} - T_{air})^n$$

Determinado mediante ensayos basados en normas

$$1,3 < n < 1,5$$

| $T_{in,rad}$ | $T_{out,rad}$ | $T_{moy,rad}$ |
|--------------|---------------|---------------|
| 80           | 60            | 70            |
| 75           | 55            | 65            |
| 60           | 40            | 50            |
| 55           | 45            | 50            |

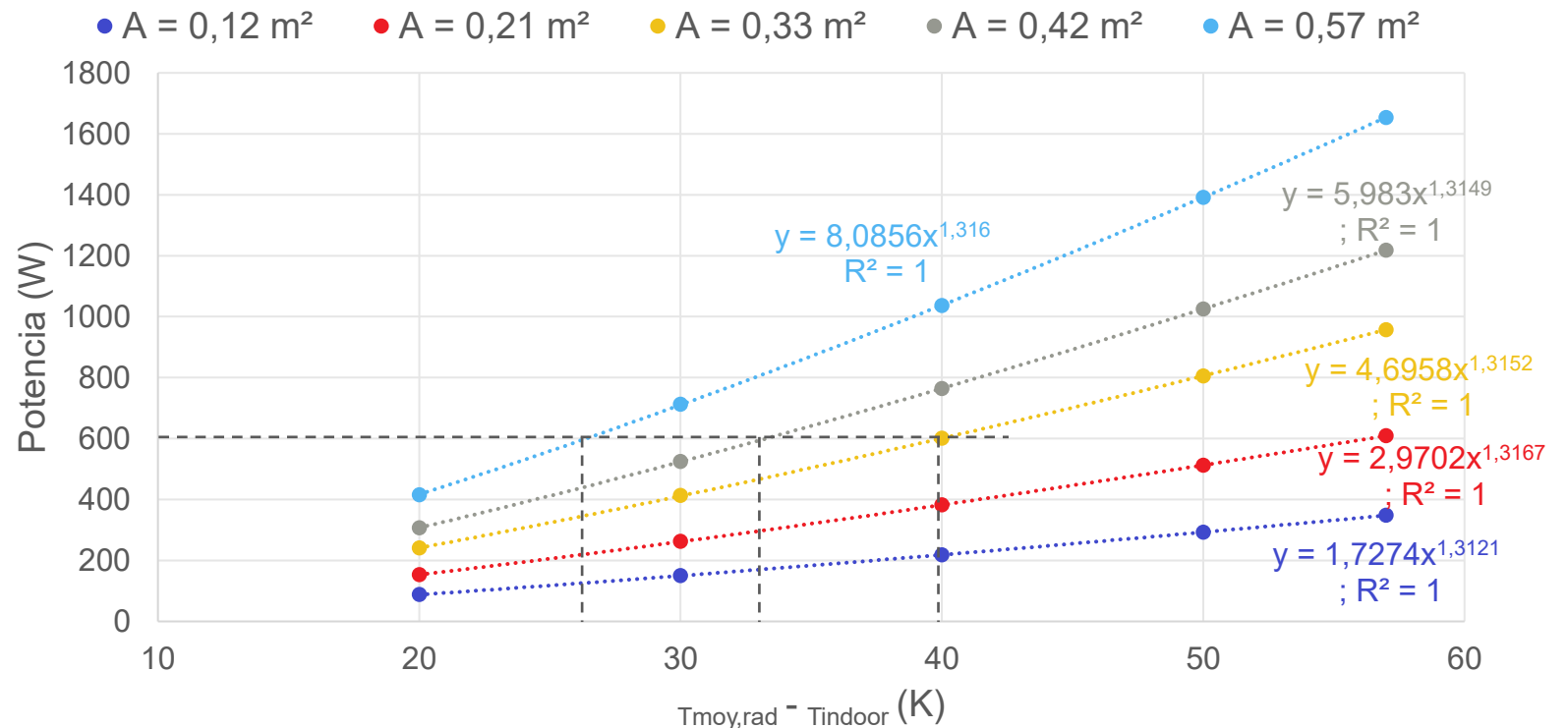
# 2.1 Radiadores



Para la misma potencia calorífica, un radiador con una temperatura media más baja tiene una superficie

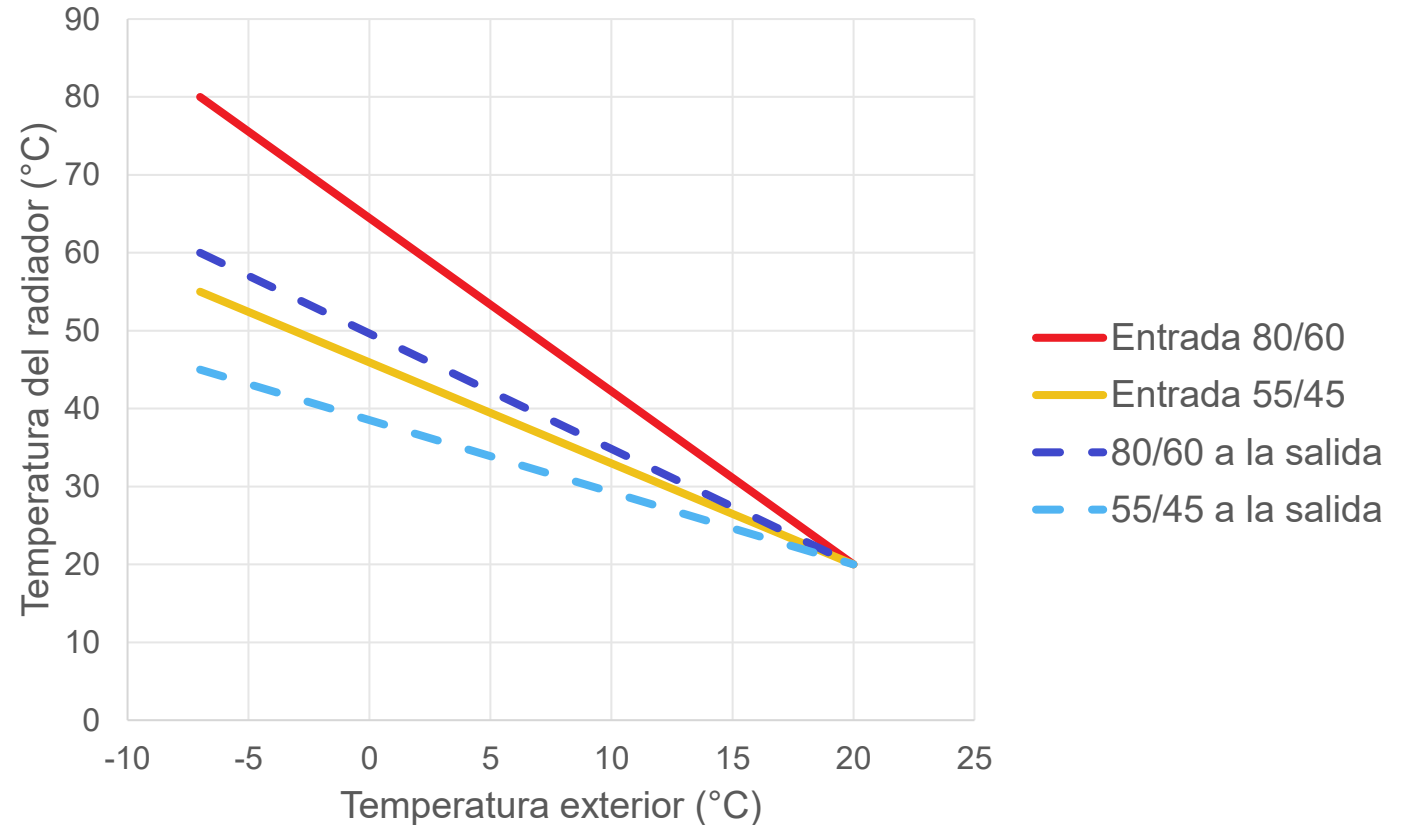
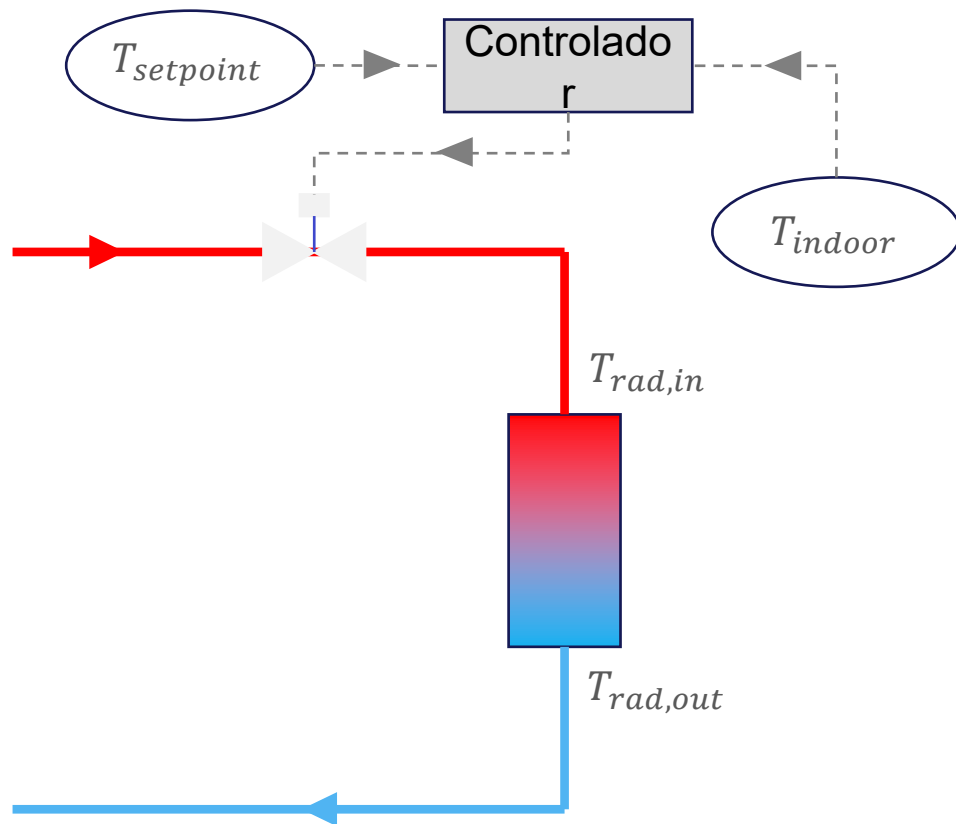
Según la norma europea EN-442:

$$\dot{Q}_{radiator} = UA \Delta T^n = UA (T_{moy,rad} - T_{indoor})^n$$



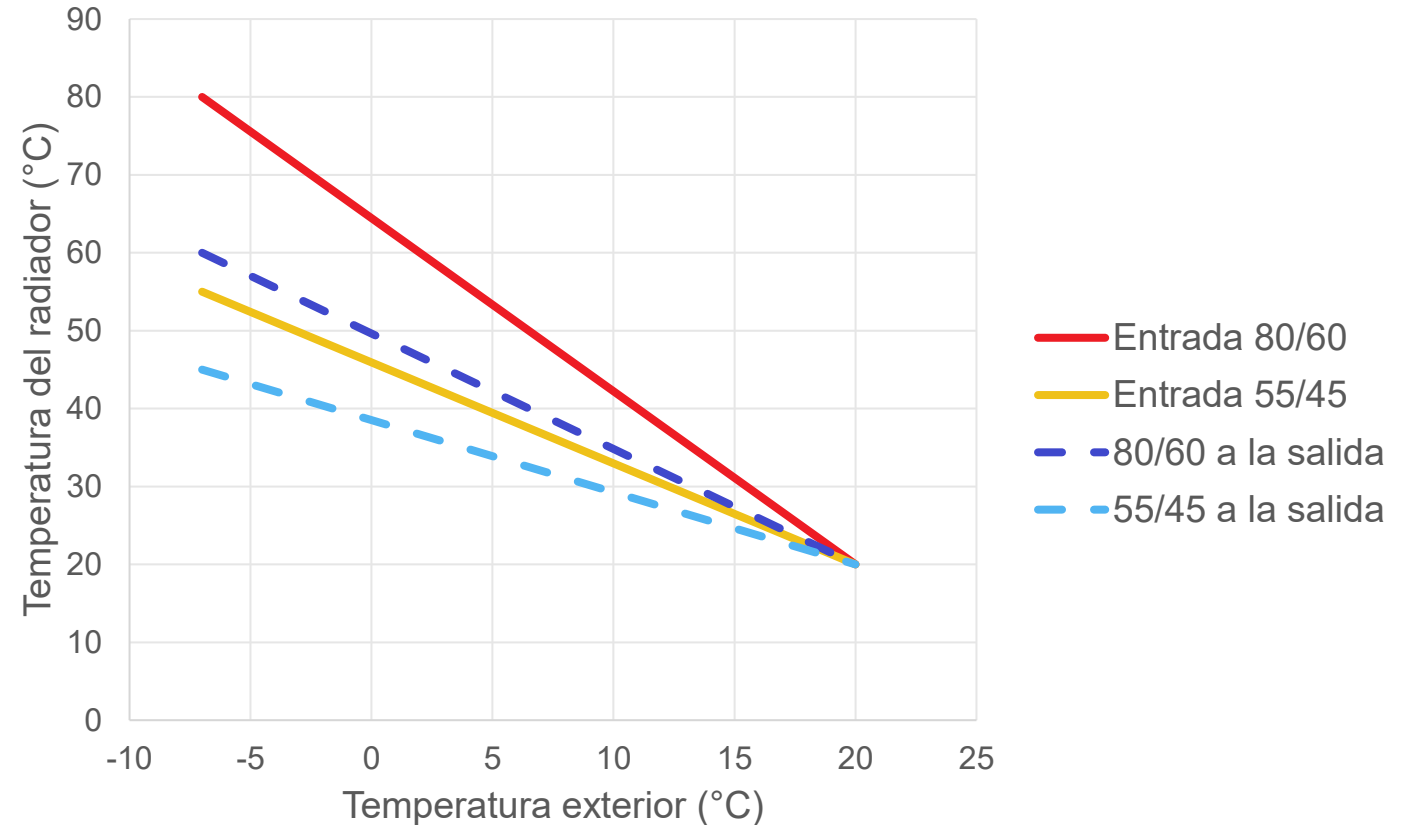
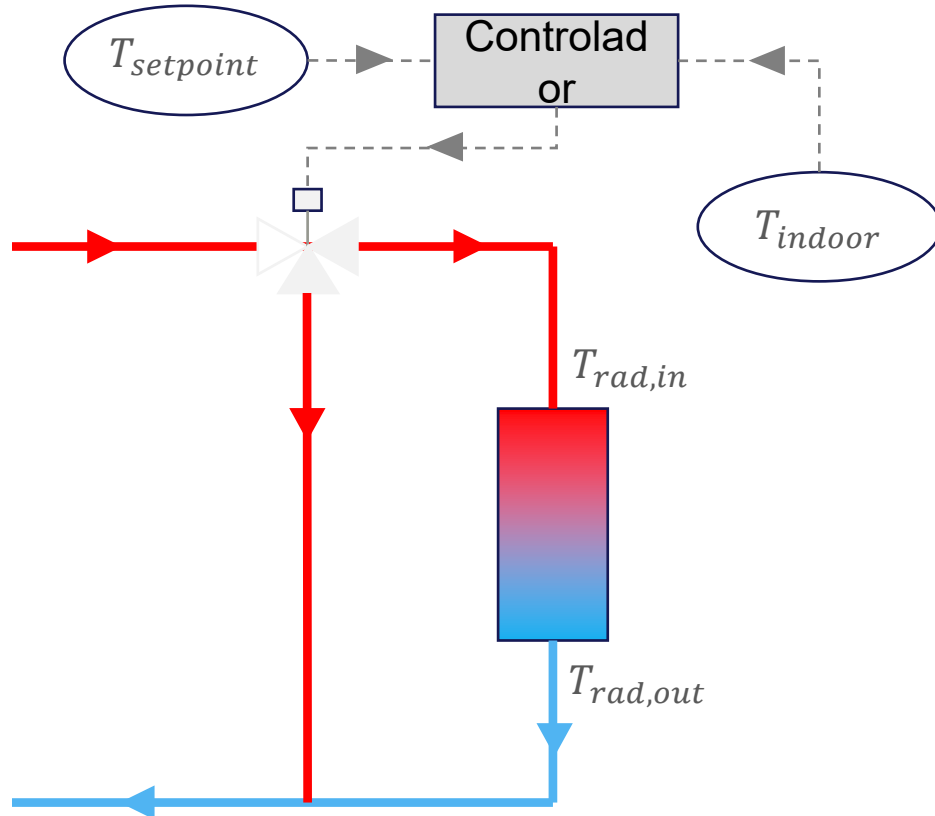
## 2.1 Radiadores

$$\dot{Q}_{\text{radiator}} = UA \Delta T^n = UA (T_{\text{moy,rad}} - T_{\text{indoor}})^n = \dot{m}_{\text{rad}} Cp (T_{\text{rad,in}} - T_{\text{rad,out}})$$

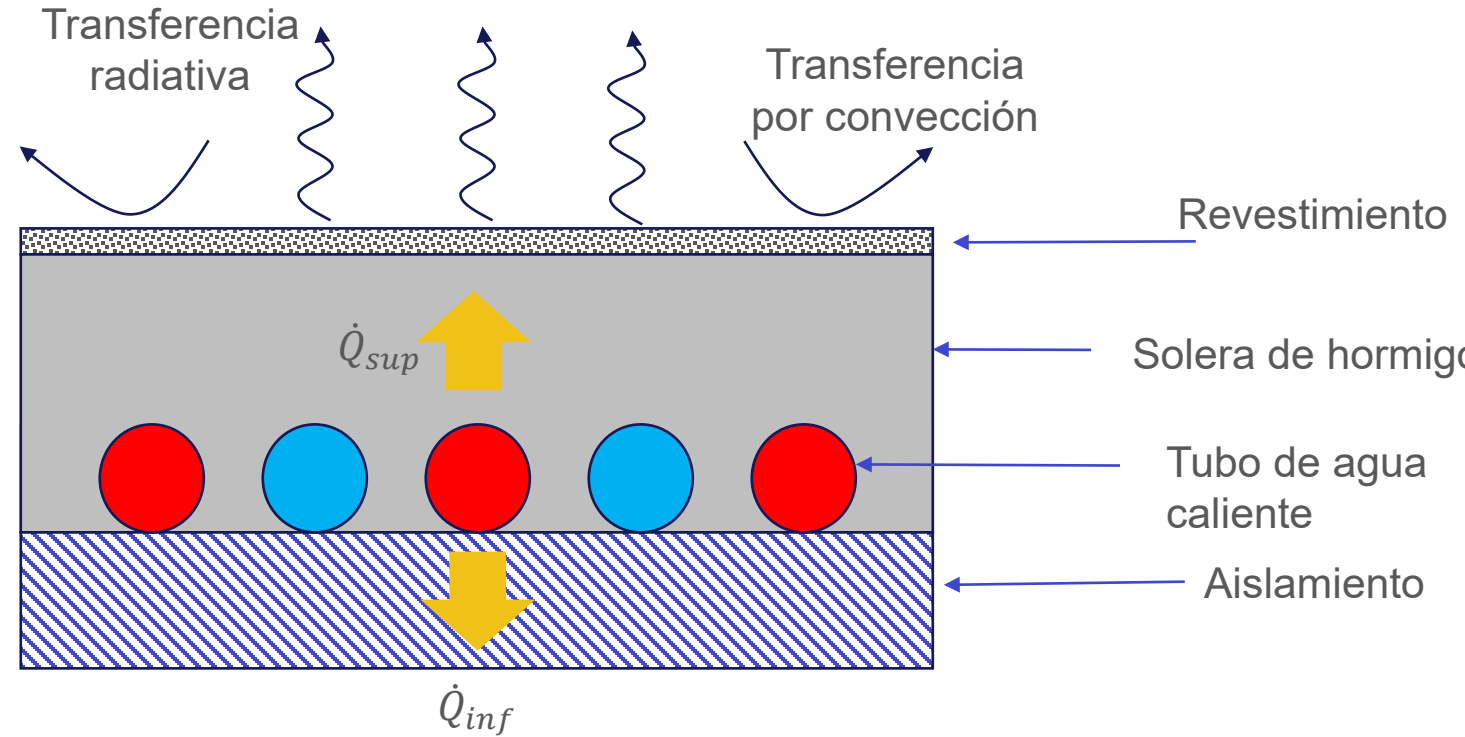
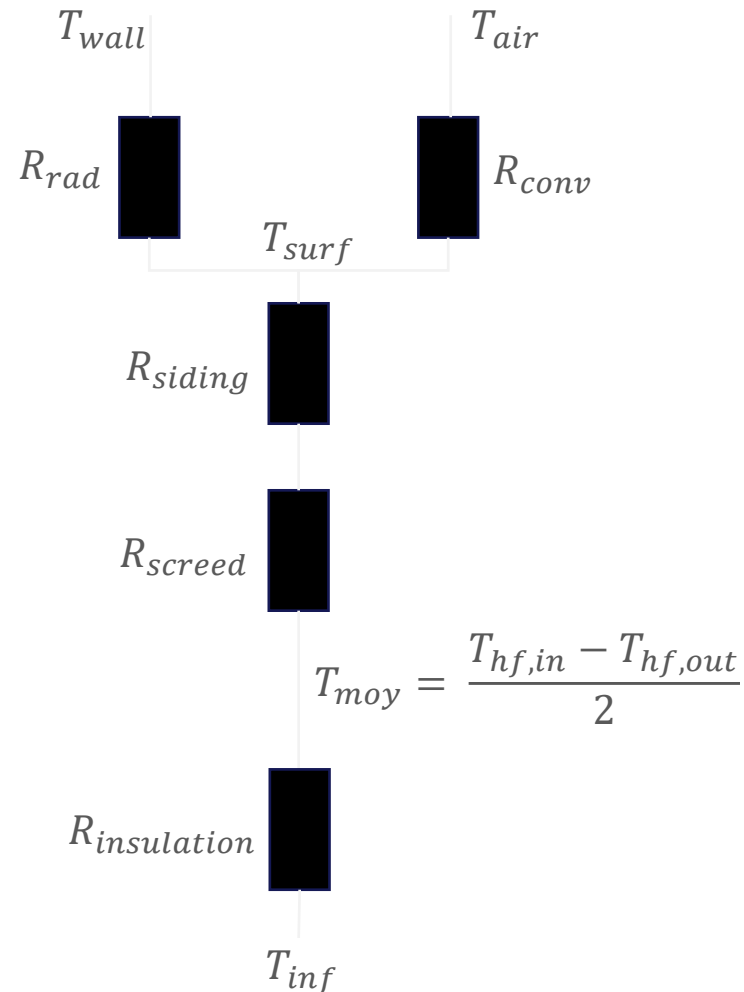


## 2.1 Radiadores

$$\dot{Q}_{\text{radiator}} = UA \Delta T^n = UA (T_{\text{moy,rad}} - T_{\text{indoor}})^n = \dot{m}_{\text{rad}} Cp (T_{\text{rad,in}} - T_{\text{rad,out}})$$



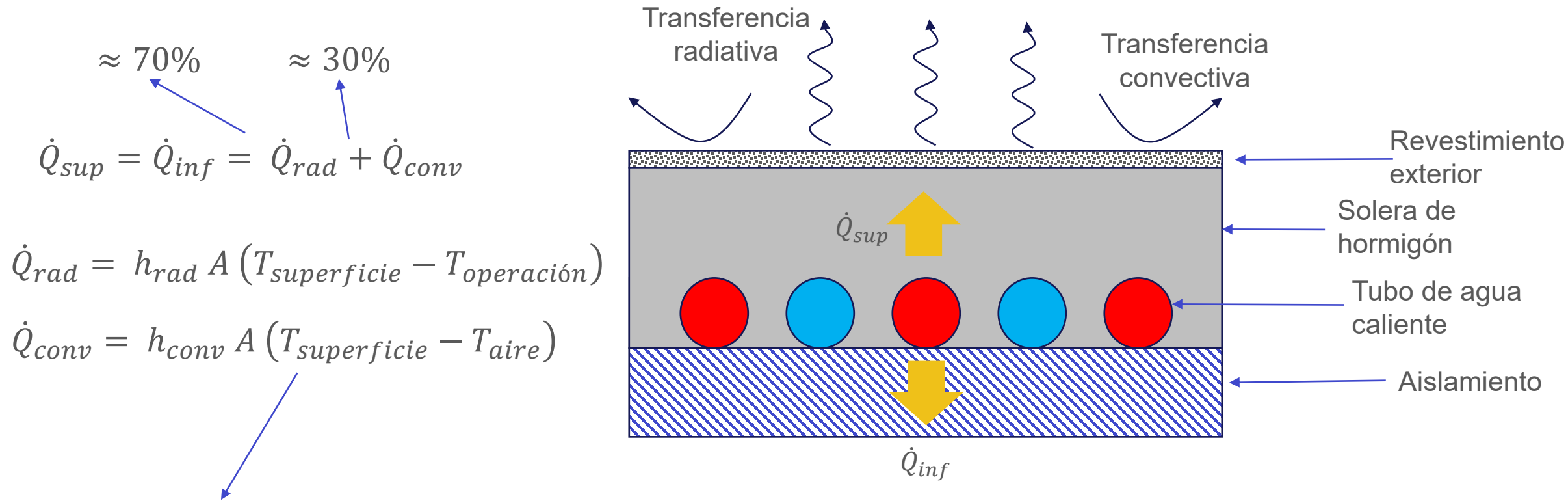
## 2.2 Suelo radiante



$$\dot{Q}_{water} = \dot{m}_{water} C_p (T_{hf,in} - T_{hf,out}) = \dot{Q}_{sup} + \dot{Q}_{inf}$$

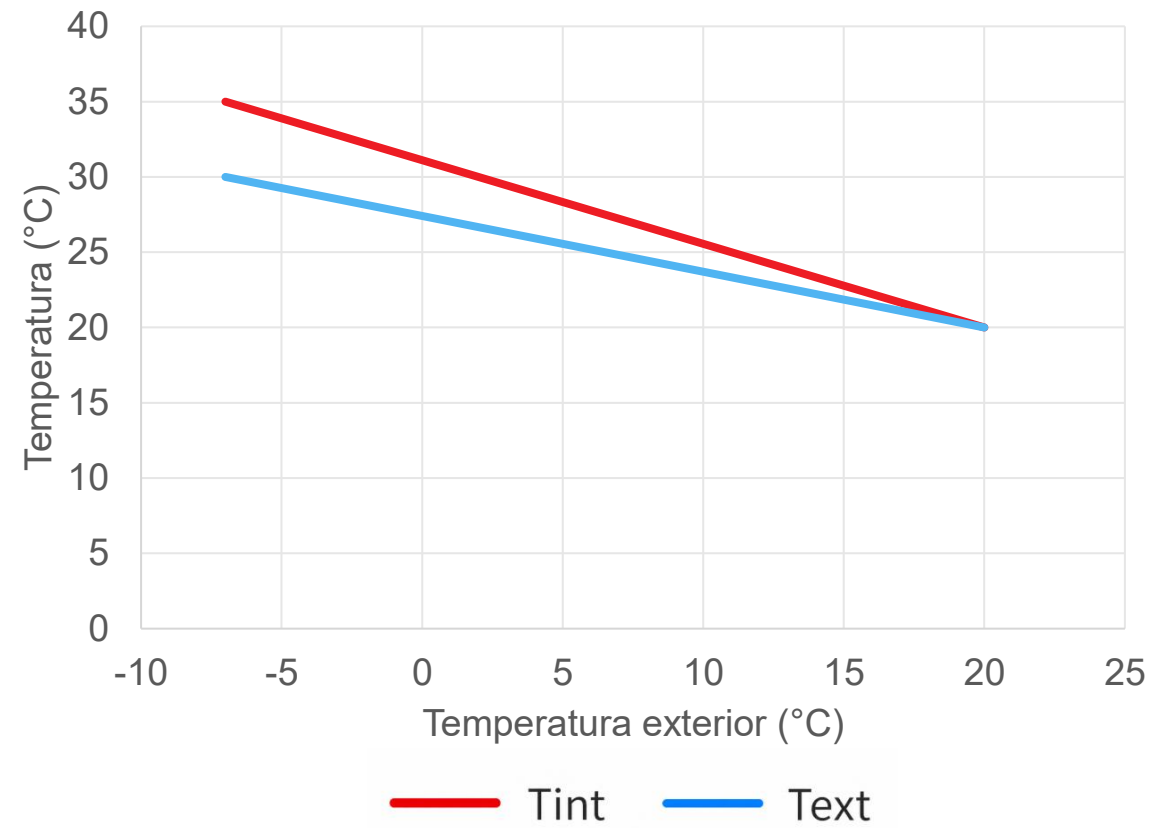
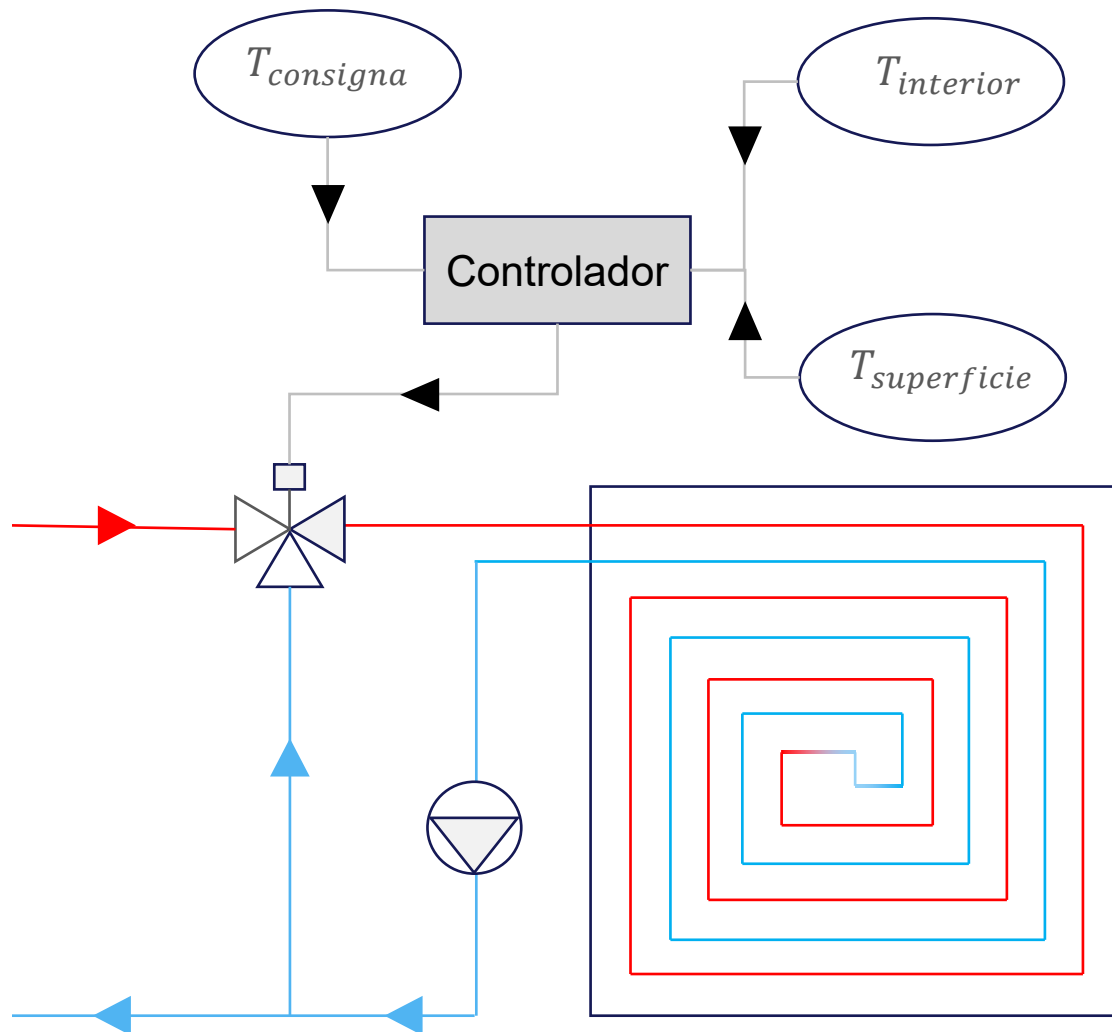
$$\dot{Q}_{water} = \frac{T_{moy} - T_{surf}}{R_{siding} + R_{screed}} + \frac{T_{moy} - T_{inf}}{R_{insulation}}$$

## 2.2 Suelo radiante



Limitado a 28 °C por motivos de salud

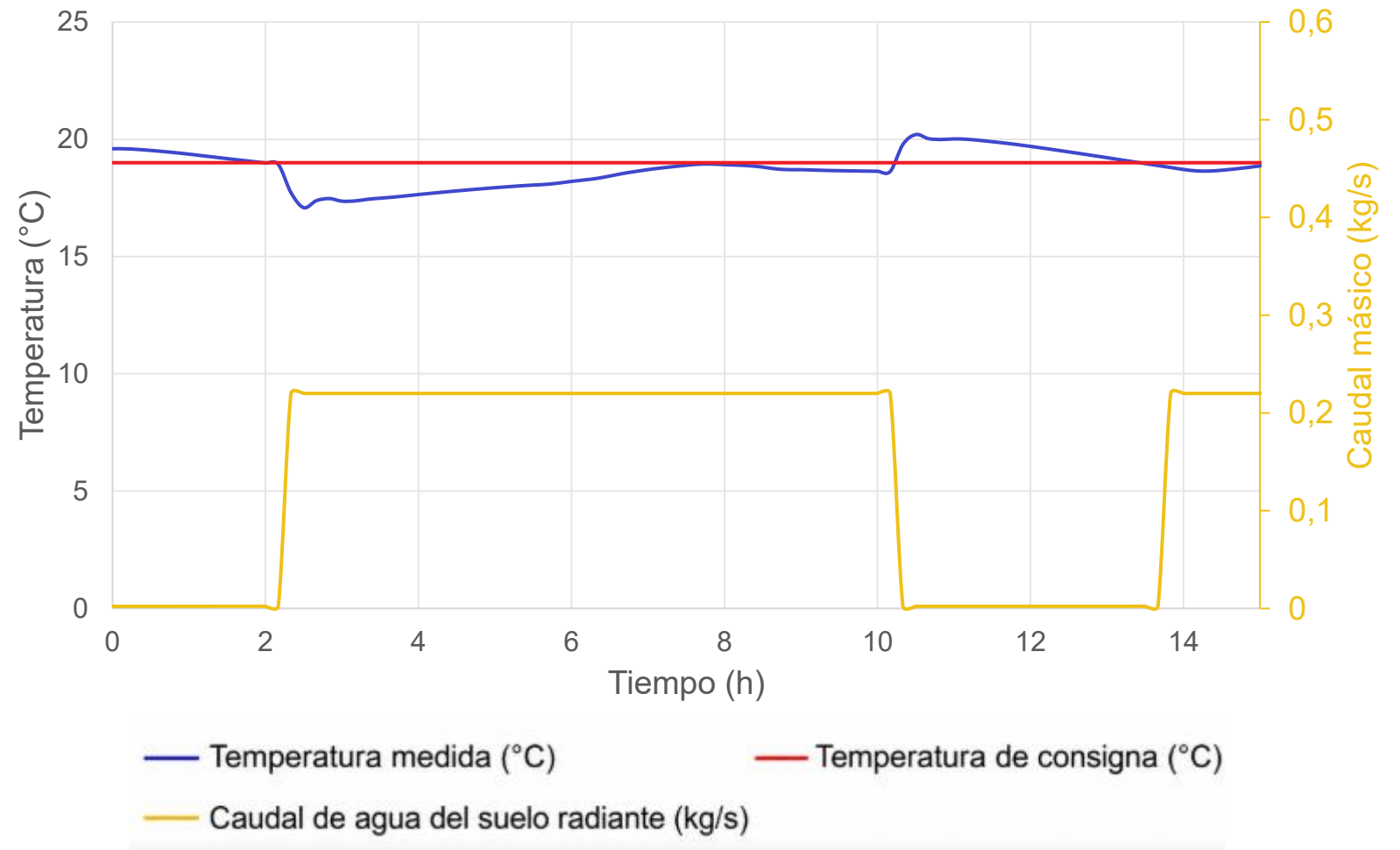
## 2.2 Suelo radiante



## 2.2 Suelo radiante

A diferencia de los radiadores, la calefacción por suelo radiante presenta una cierta inercia debido a la masa del suelo (hormigón, ...) y a la difusión del calor hacia la tubería

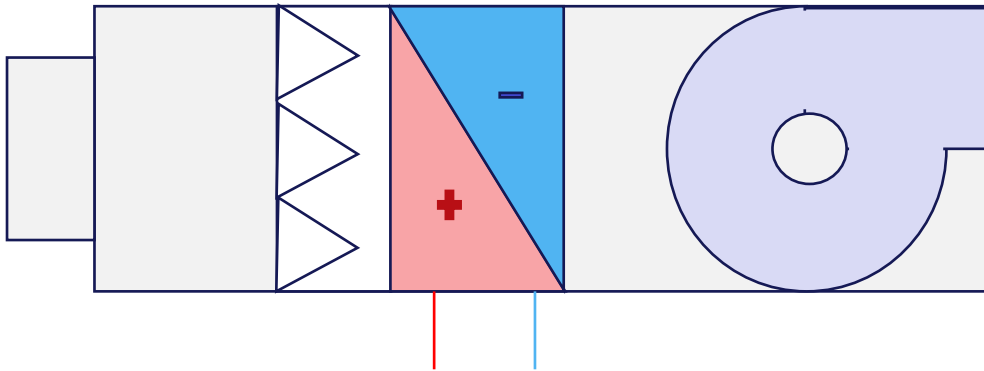
Cuando se alcanza la temperatura de consigna, se interrumpe el caudal de agua que entra en las tuberías, pero la temperatura interior sigue aumentando



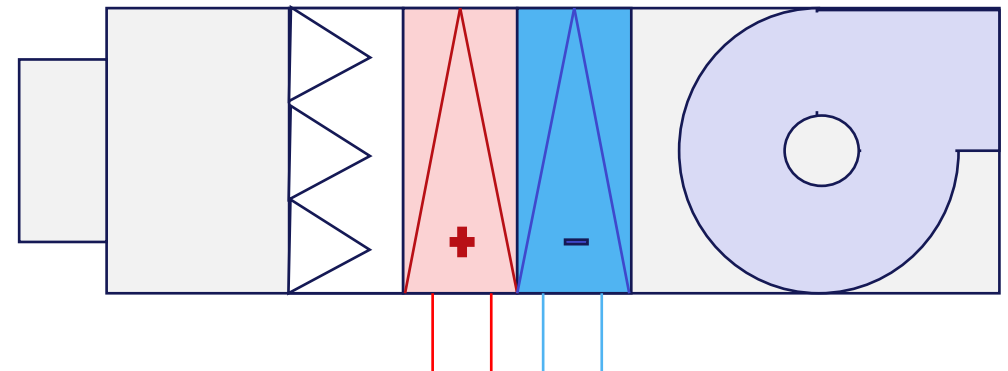
## 2.3 Fancoil



- Un fan coil puede estar compuesto por:
  - Un filtro
  - Un ventilador
  - Uno o dos intercambiadores de calor
  - Resistencia eléctrica
  - Bandeja de recogida de condensados

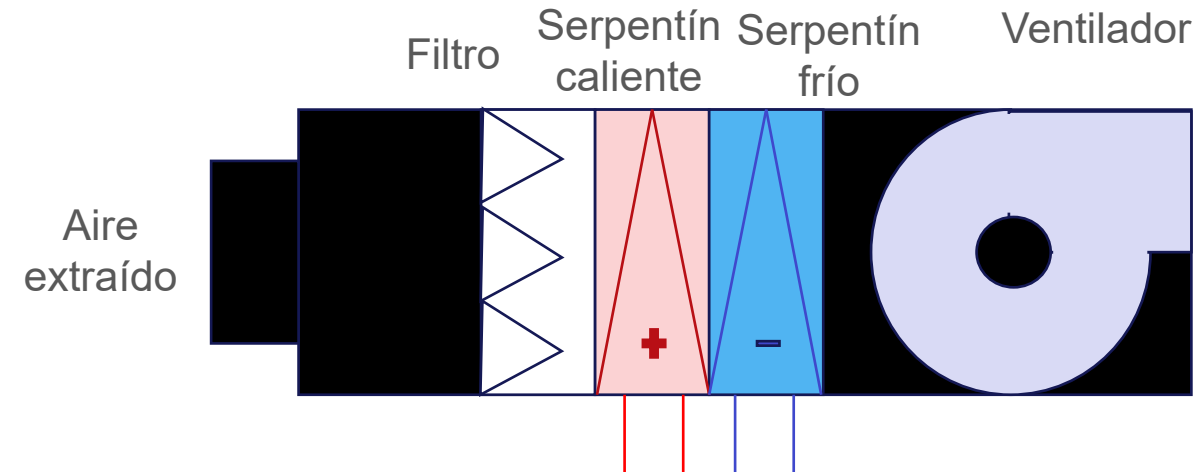
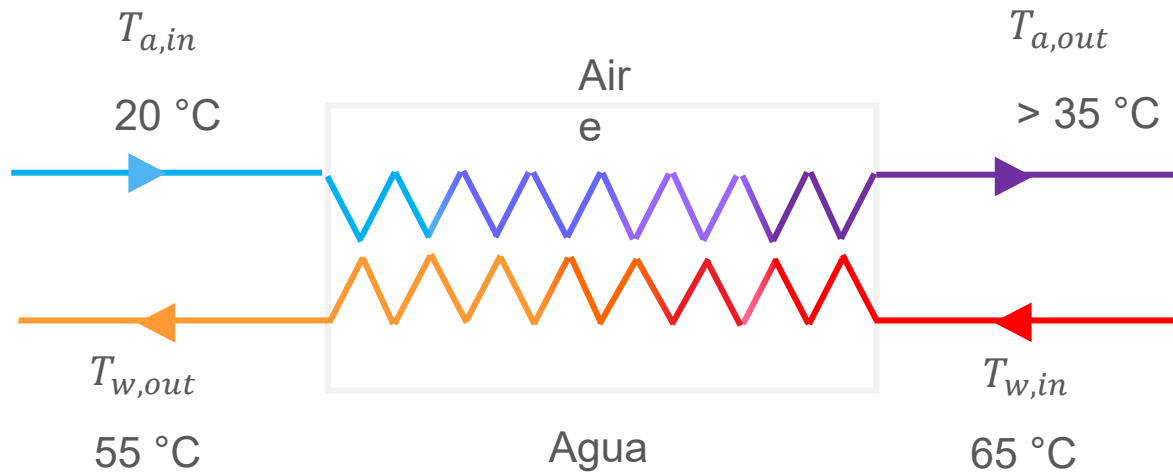


Unidad de fan coil reversible de  
2 tubos



Fan coil de 4 tubos

## 2.3 Fancoil



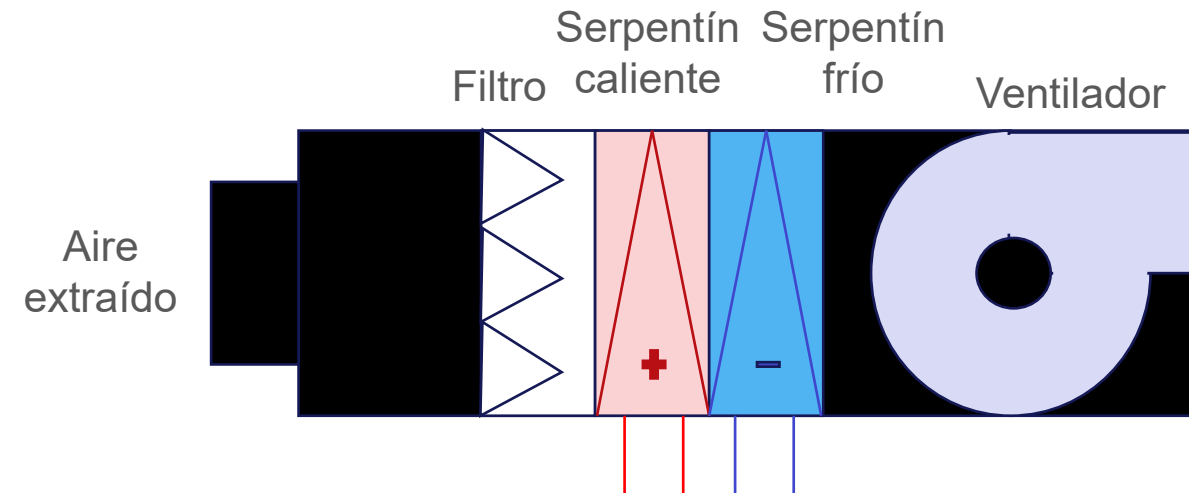
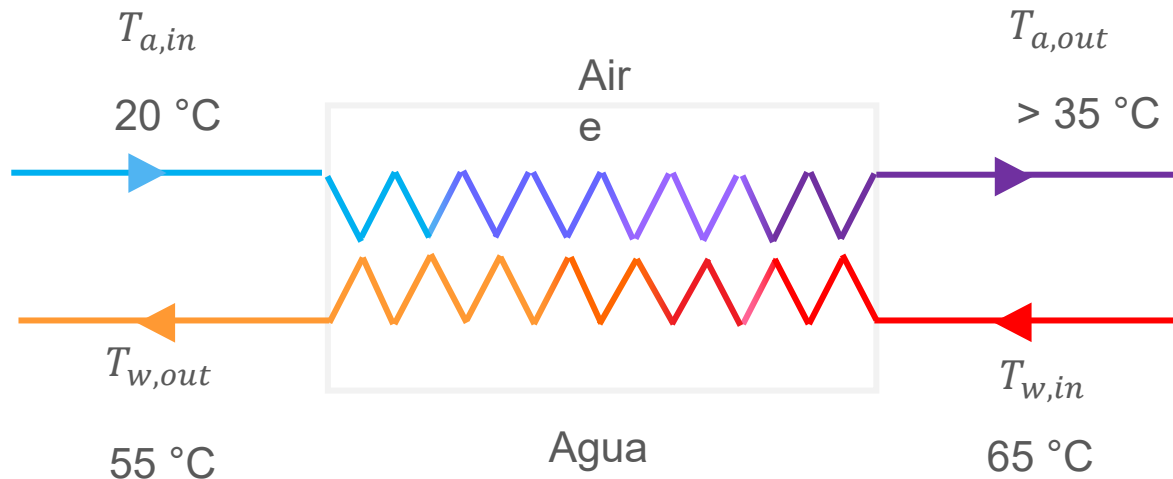
En comparación con el radiador, el intercambio de calor es mejor con el fan coil. De hecho, este último funciona por convección forzada, lo que da lugar a un mejor coeficiente de convección térmica

$$\dot{Q} = \dot{m}_a c_{p_a} (T_{a,out} - T_{a,in})$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_w c_{p_w} (T_{w,in} - T_{w,out})$$

$$E = \frac{\dot{Q}}{\min(\dot{m}_a c_{p_a}; \dot{m}_w c_{p_w}) (T_{w,in} - T_{a,in})}$$

## 2.3 Fan coil



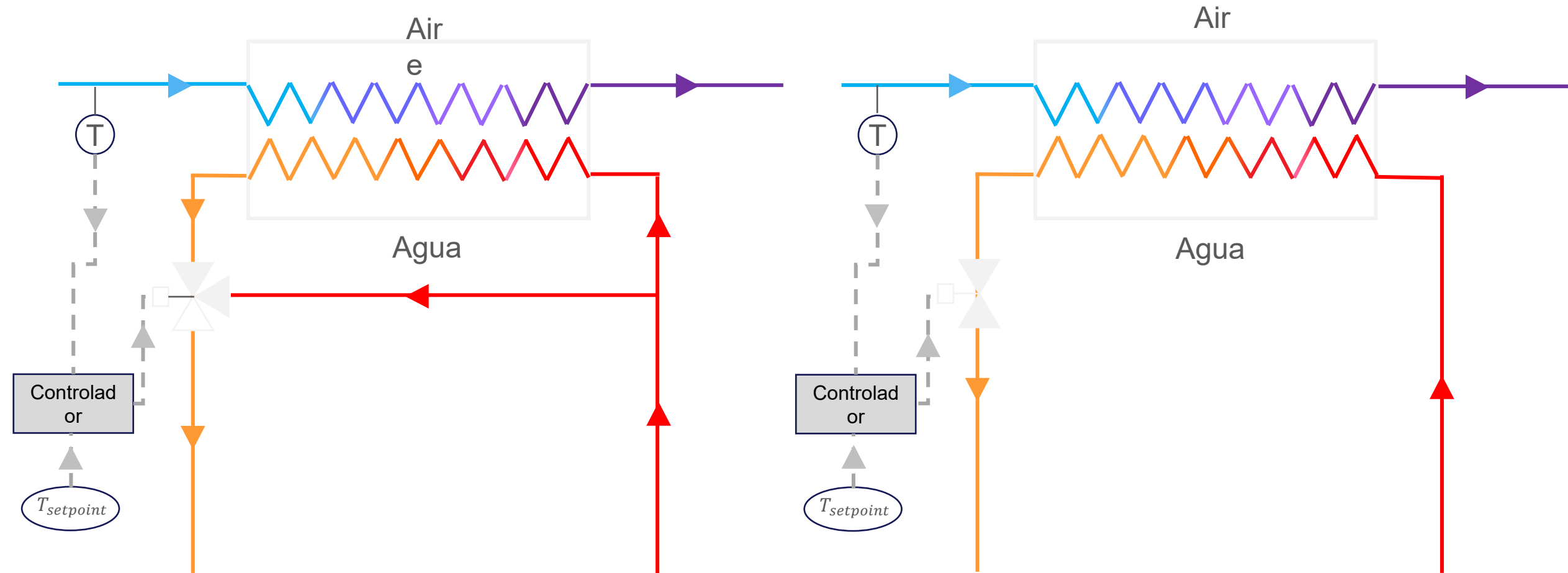
Dado que solo se utiliza un HEX para suministrar calor y frío, en el modo de refrigeración el régimen de temperatura es de  $7\text{ °C}/12\text{ °C}$ . Por lo tanto, para evitar una pérdida de rendimiento debida a un sobredimensionamiento del HEX en el modo de calefacción, el régimen de temperatura debe ser inferior

$$\dot{Q} = \dot{m}_a C p_a (T_{a,out} - T_{a,in})$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_w C p_w (T_{w,in} - T_{w,out})$$

$$E = \frac{\dot{Q}}{\min(\dot{m}_a C p_a; \dot{m}_w C p_w) (T_{w,in} - T_{a,in})}$$

## 2.3 Fan coil



# 3. Emisores de frío

¿Que sistemas de distribucion y emisores se suelen utilizar con una red de calefacción urbana?

Techo refrigerante



- + Confort
- + Reversible
- Precio
- Potencia limitada

Suelo radiante de refrigeración



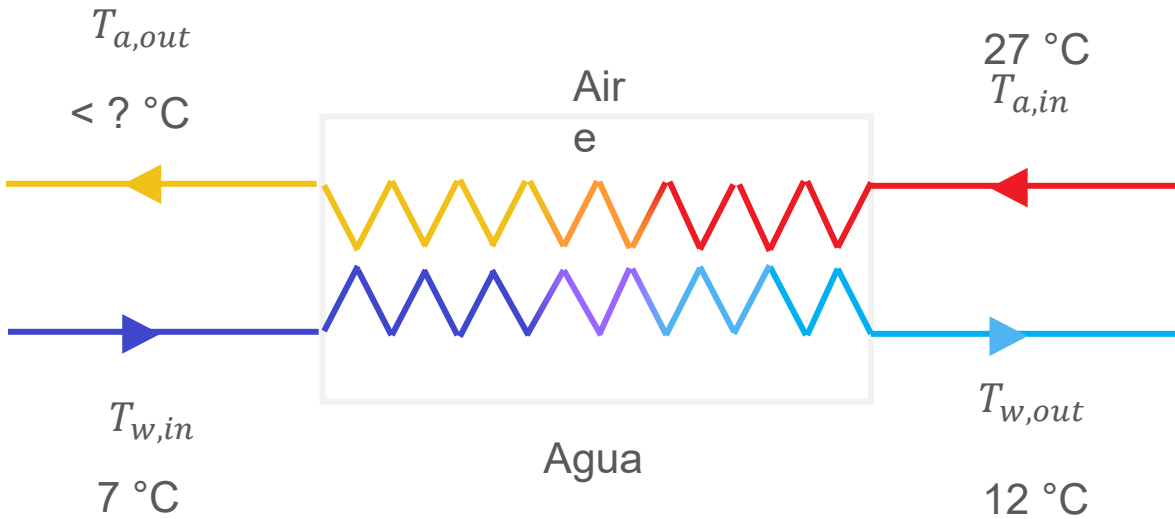
- + Confort
- + Reversible
- Precio
- Potencia limitada

Fan coil

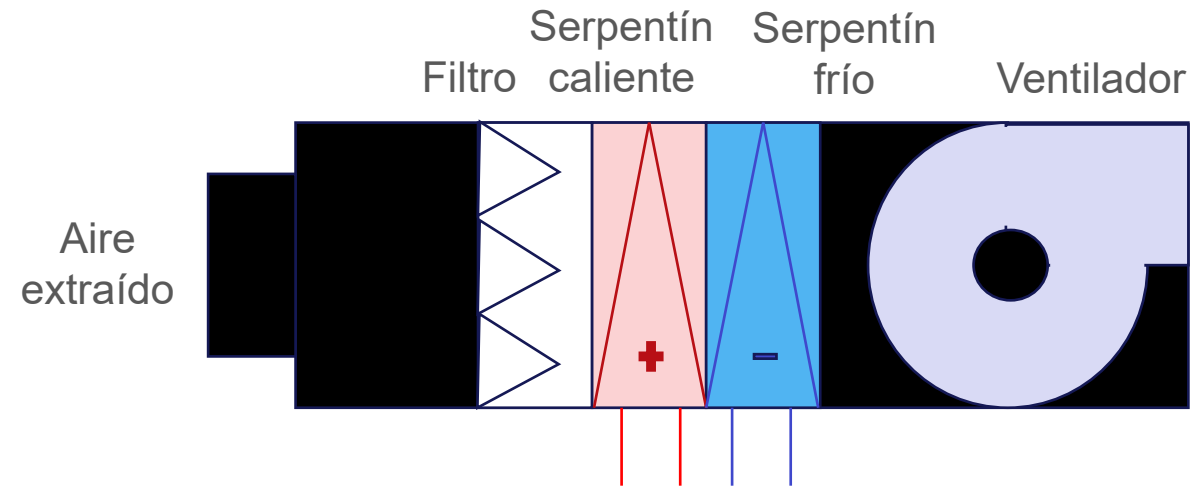


- + Espacio
- + Reversible
- Confort
- Ruido

# 3.1 Fan coil



La batería de frío funciona de la misma manera que la de calor (HEX). No obstante, el aire interior es húmedo y, dada la temperatura del punto de rocío, es posible que se produzca condensación

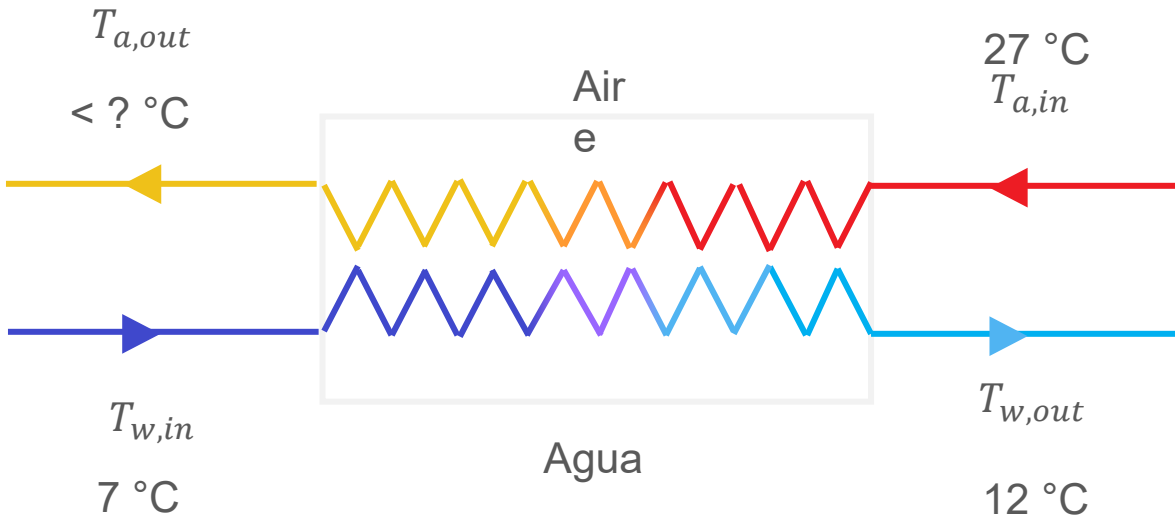


$$\dot{Q} = \dot{m}_a C p_a (T_{a,out} - T_{a,in})$$

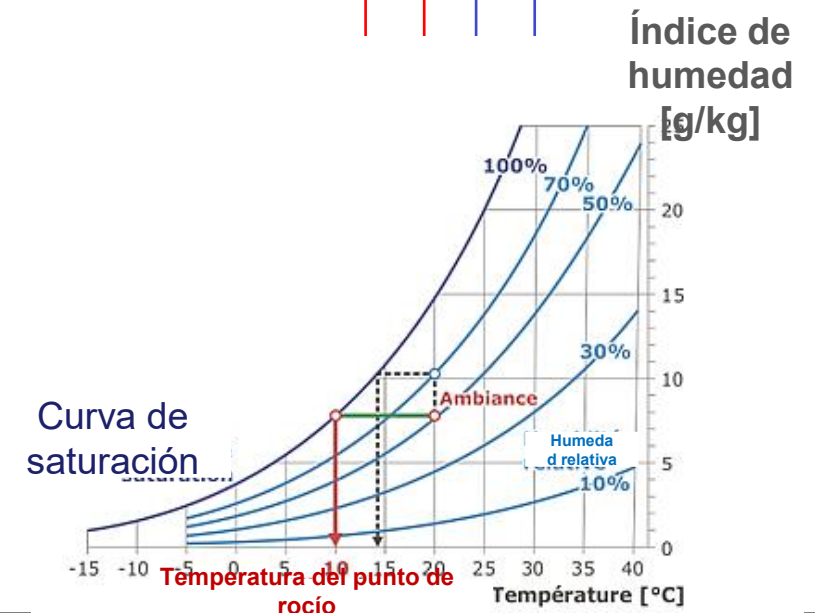
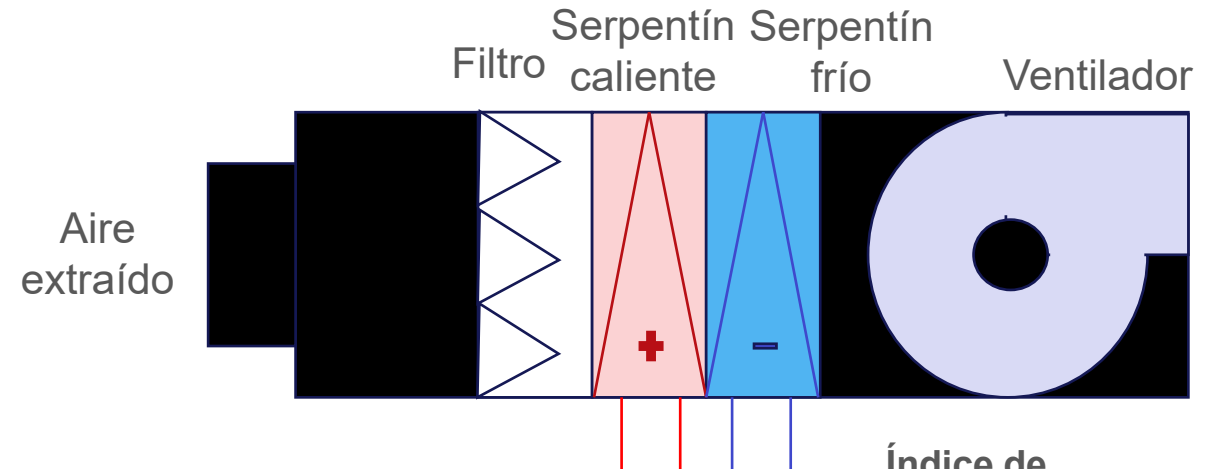
$$\dot{Q} = \dot{m}_w C p_w (T_{w,in} - T_{w,out})$$

$$E = \frac{\dot{Q}}{\min(\dot{m}_a C p_a; \dot{m}_w C p_w) (T_{w,in} - T_{a,in})}$$

# 3.1 Fan coil

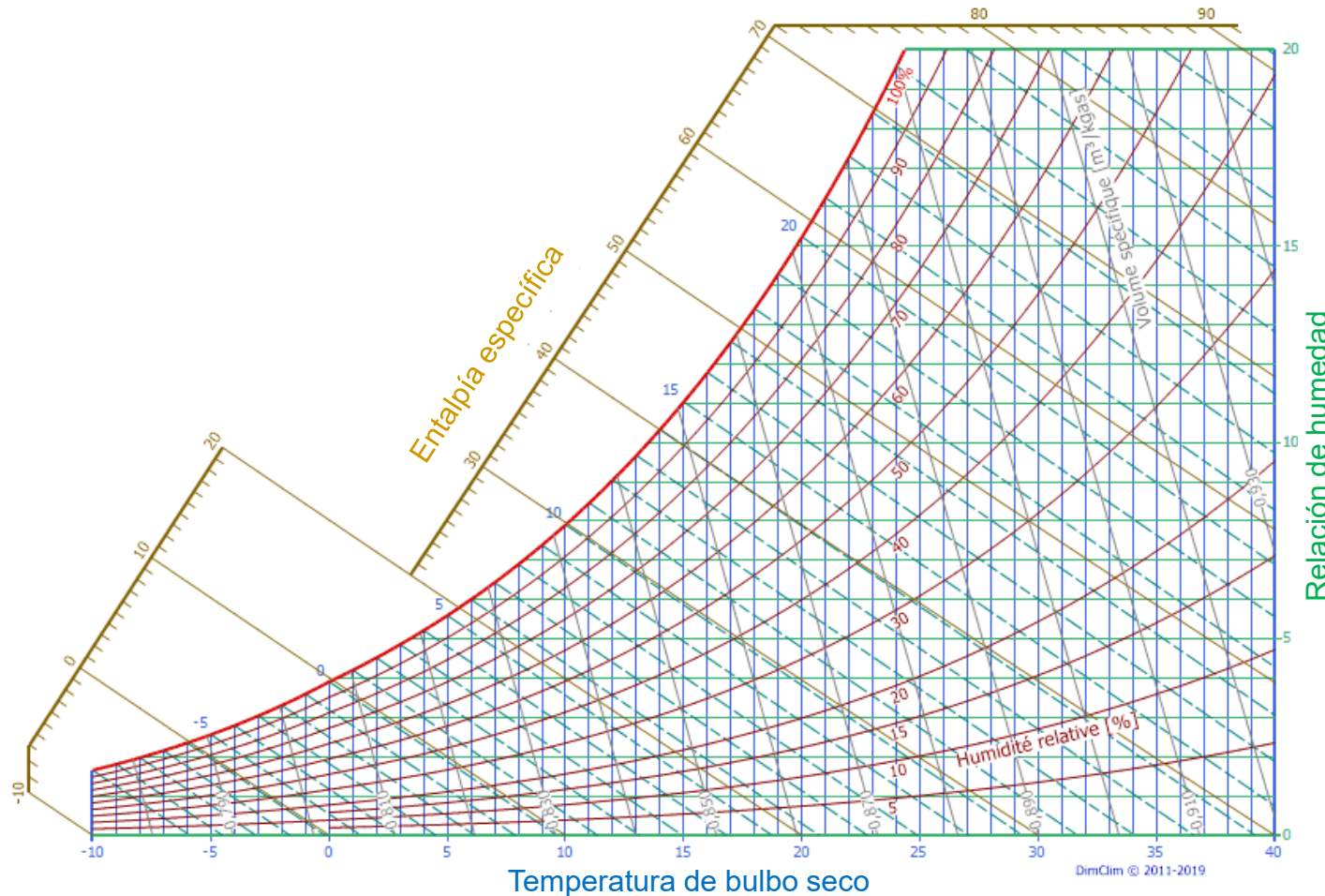


La batería fría funciona de la misma manera que la caliente (HEX). No obstante, el aire interior es húmedo y, dada la temperatura del punto de rocío, es posible que se produzca condensación



# 3.1 Fan coil

Presión atmosférica 97 772,6 Pa Altitud 300 m



Temperatura de bulbo seco : Temperatura medida con un termómetro sencillo

Índice de humedad

$$r = \frac{m_{\text{water}}}{m_{\text{dry air}}} = 0,622 \frac{p_v}{p - p_v}$$

Entalpía específica

$$h = h_{\text{dry air}} + r h_{\text{vapour}}$$

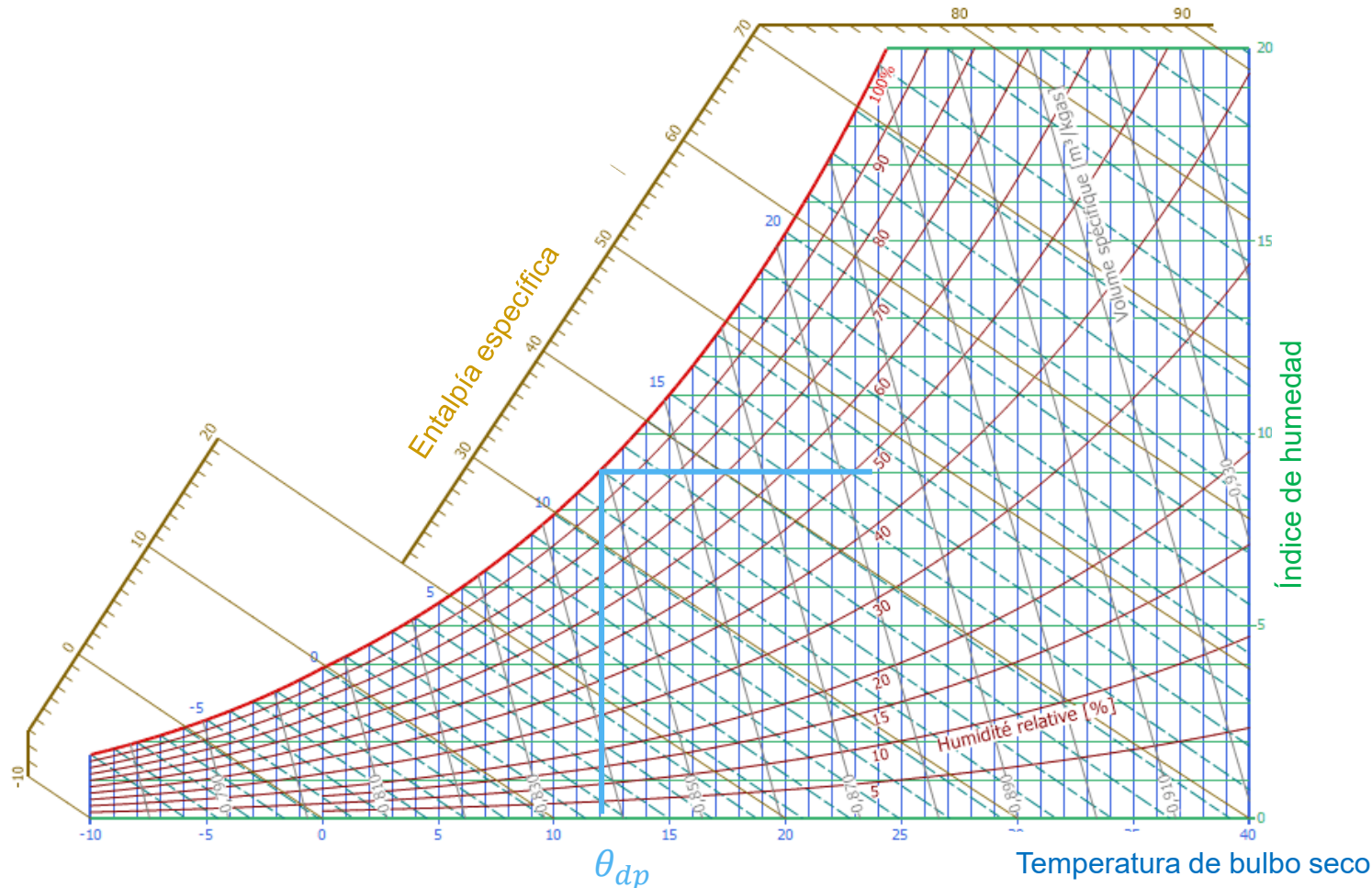
$$h = C p_{\text{dry air}} \theta_s + r (L_v + C p_{\text{vapour}} \theta_s)$$

Humedad relativa [%]:

$$\varphi = p_{v,\theta} / p_{vs,\theta}$$

# 3.1 Fan coil

Presión atmosférica 97 772,6 Pa Altitud 300 m



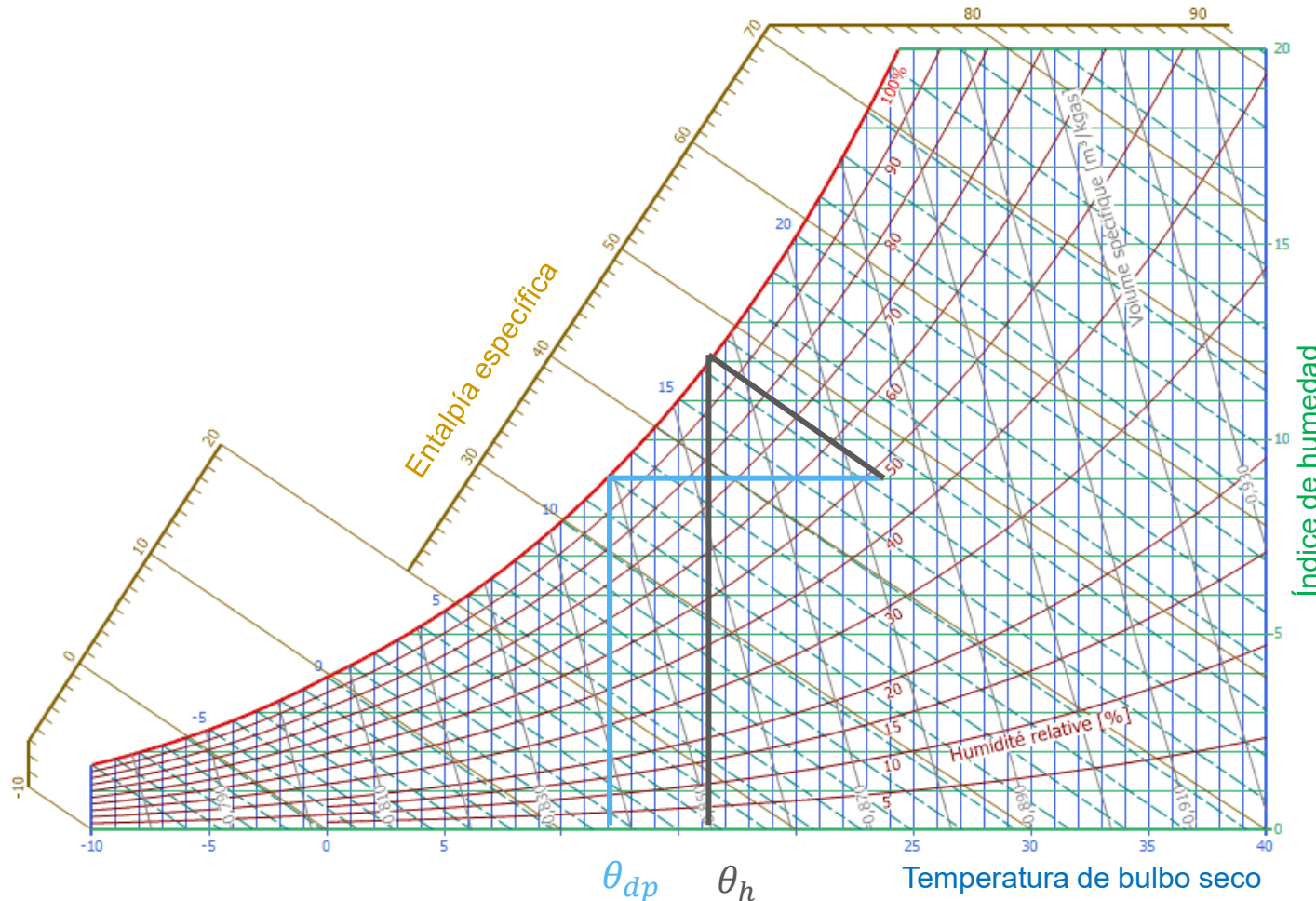
## Volumen específico

Temperatura del punto de rocío : es la temperatura a la que habría que enfriar el aire húmedo para que el vapor de agua comenzara a condensarse

Temperatura de bulbo húmedo : Es la temperatura medida por un termómetro cuyo bulbo está cubierto con un algodón húmedo y situado en una corriente de aire (2 m/s)

# 3.1 Fan coil

Presión atmosférica 97 772,6 Pa Altitud 300 m



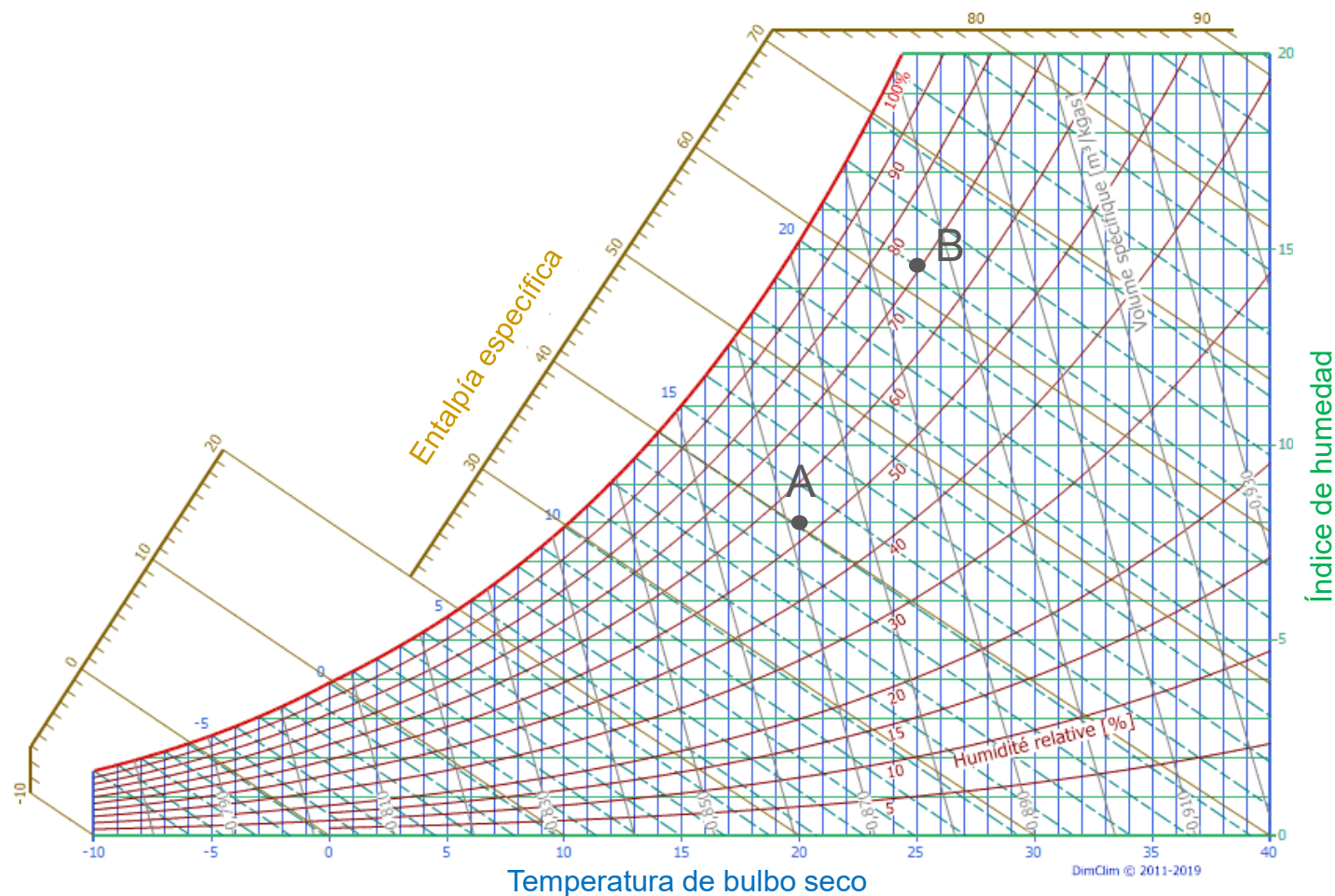
## Volumen específico

Temperatura del punto de rocío : es la temperatura a la que habría que enfriar el aire húmedo para que el vapor de agua comenzara a condensarse

Temperatura de bulbo húmedo : Es la temperatura medida por un termómetro cuyo bulbo está cubierto con un algodón húmedo y situado en una corriente de aire (2 m/s)

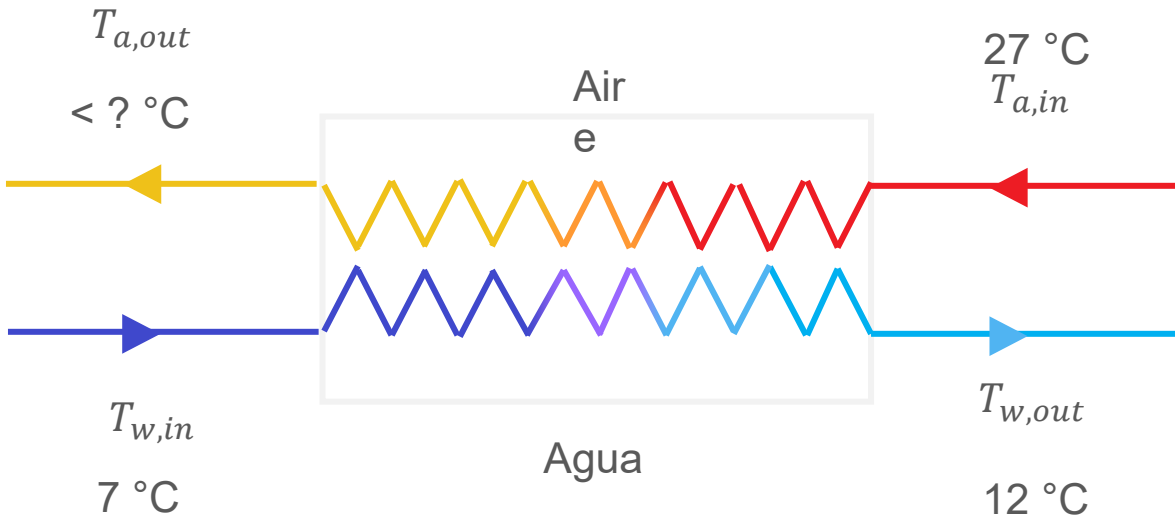
# 3,1 Fan coil

Presión atmosférica 97 772,6 Pa    Altitud 300 m



|                                              | A     | B      |
|----------------------------------------------|-------|--------|
| $\theta_s$ [°C]                              | 20    | 24     |
| $\theta_{dp}$ [°C]                           | 10    | 18,5   |
| $\theta_h$ [°C]                              | 14    | 20     |
| $r$ [kg <sub>w</sub> /kg <sub>da</sub> ]     | 0,008 | 0,0145 |
| $h$ [kJ/kg <sub>da</sub> ]                   | 40    | 58     |
| [%]                                          | 52    | 70     |
| $v$ [m <sup>3</sup> /kg <sub>dry air</sub> ] | 0,871 | 0,891  |

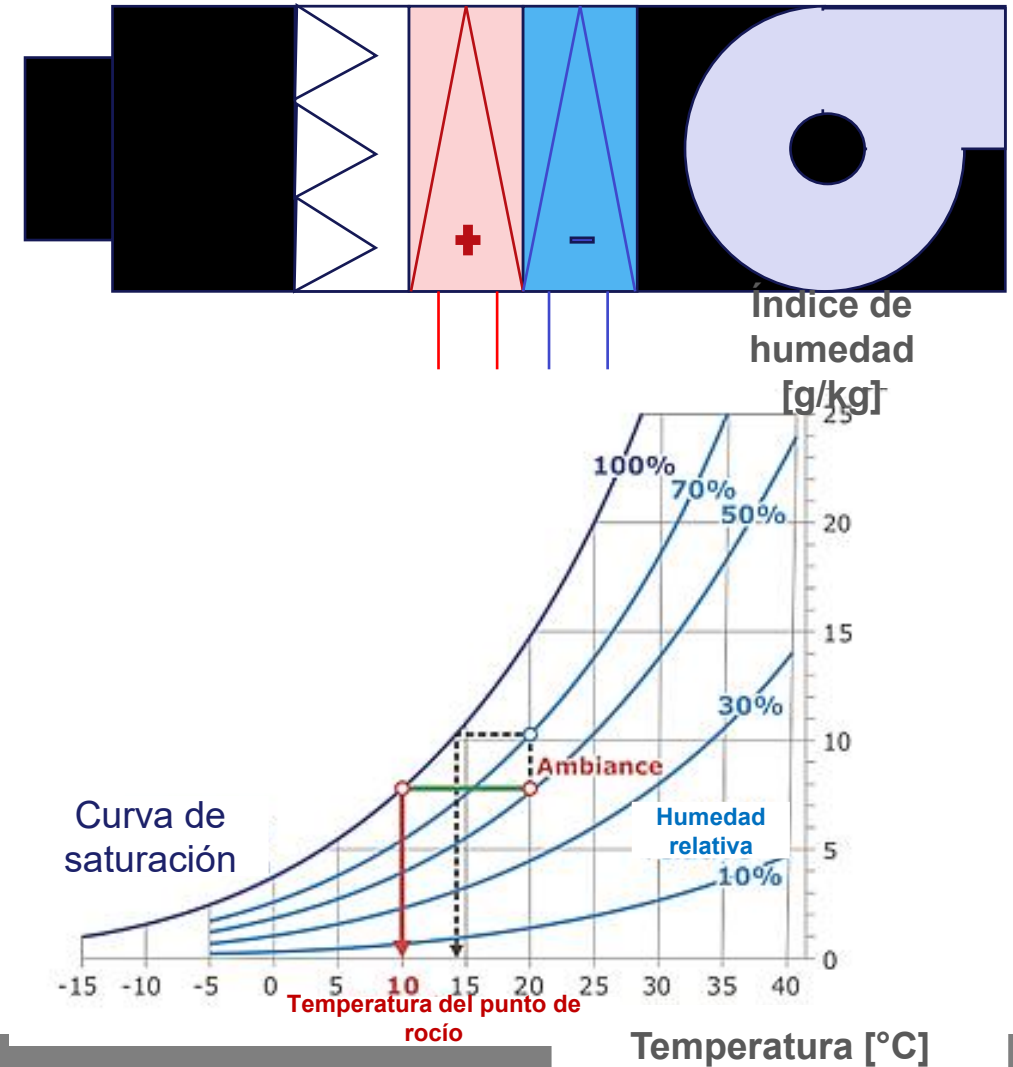
# 3,1 Fan coil



$$\dot{Q} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_l$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_{air} C_{p,air} (T_{a,in} - T_{a,out}) + \dot{m}_{cond} L_v$$

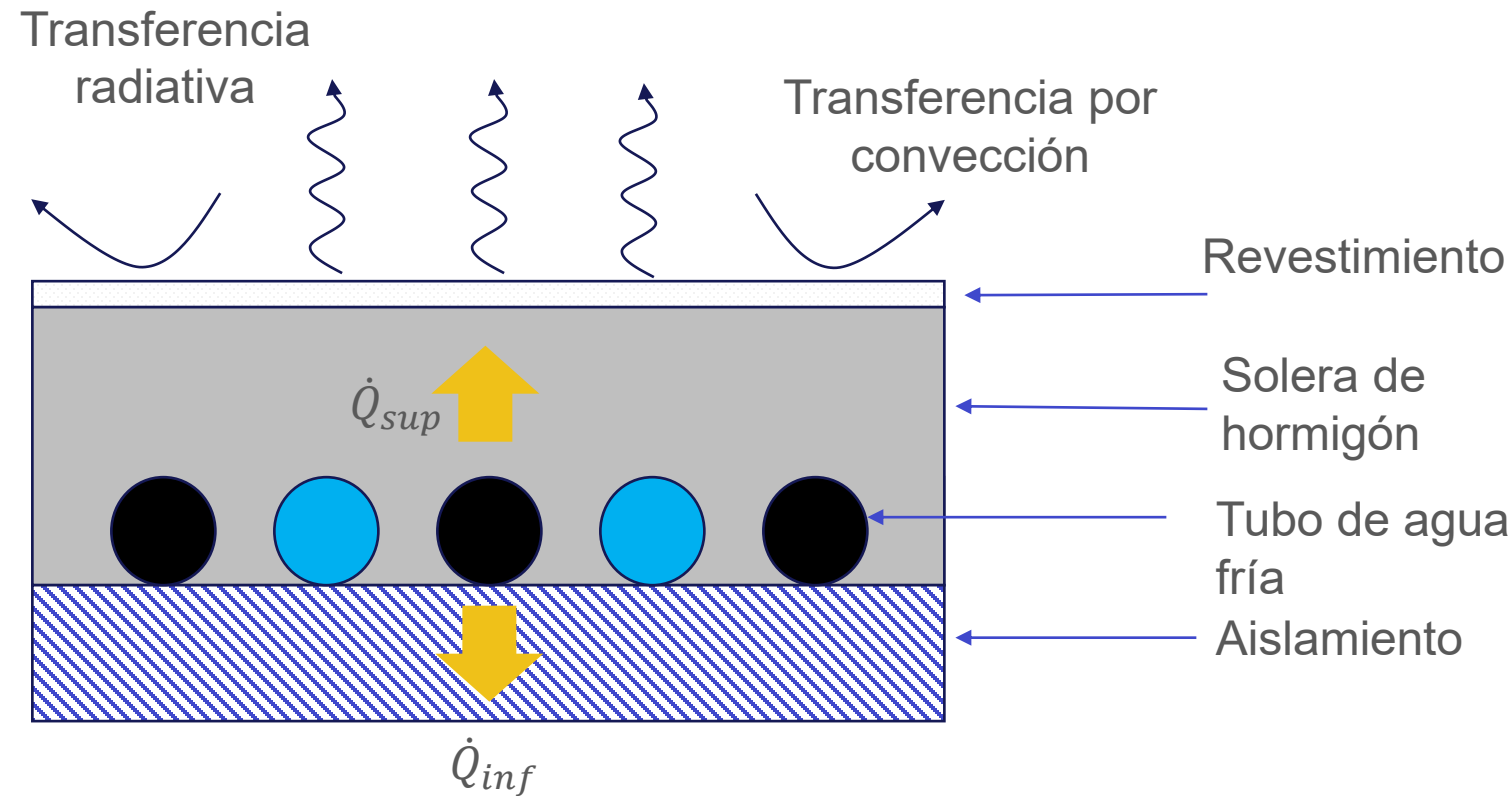
$$\dot{m}_{cond} = \dot{m}_{air} (r_{a,in} - r_{a,out})$$



## 3.2 Suelo radiante

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{sup} &= P_{hf} = P_{rad} + P_{conv} \\ \dot{Q}_{rad} &= h_{rad} A (T_{surf} - T_{op}) \\ \dot{Q}_{conv} &= h_{conv} A (T_{surf} - T_{air})\end{aligned}$$

Limitado a 18 °C para evitar la condensación (en climas templados alejados del mar)



## 3.3 Suelo radiante

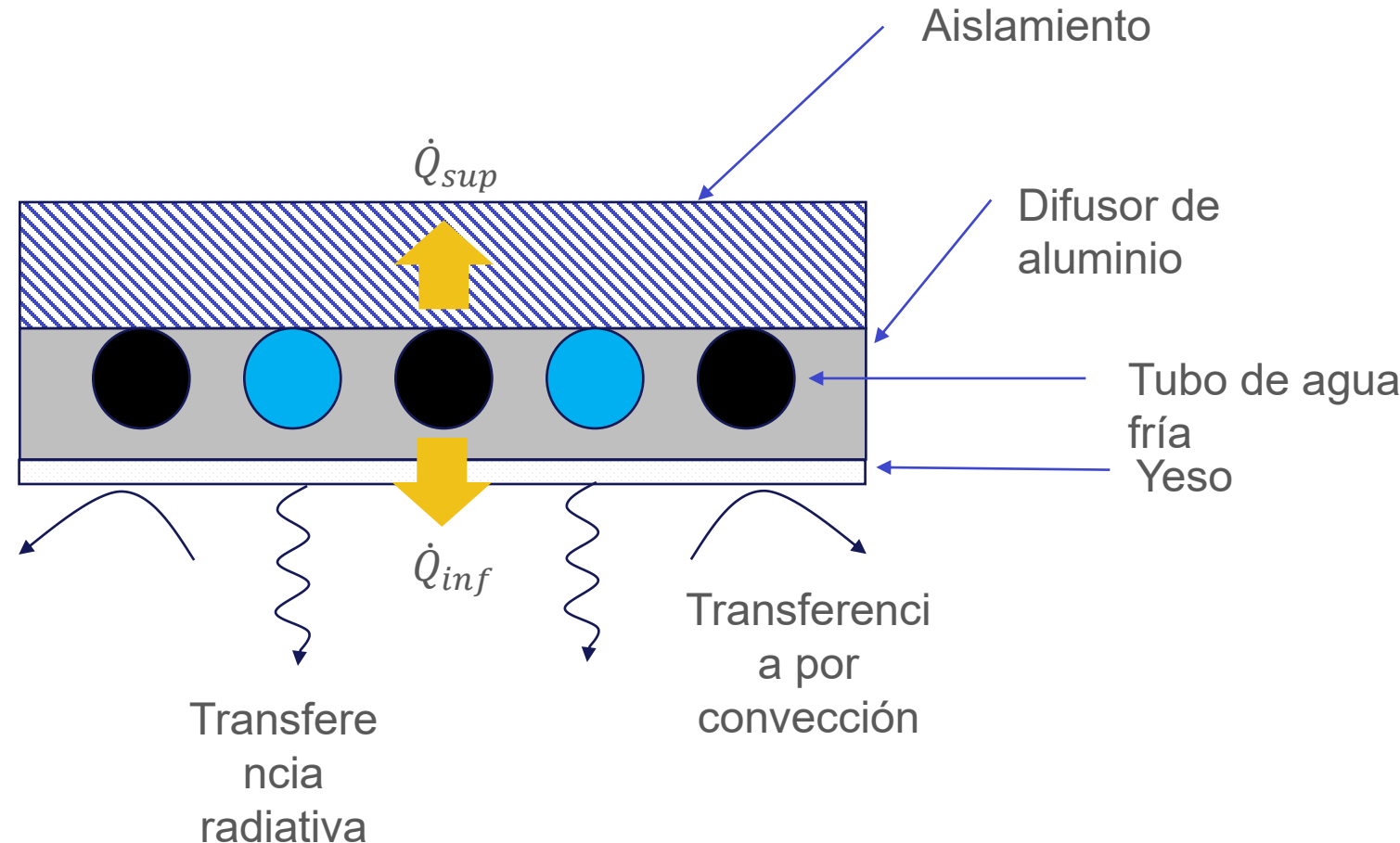
$$\dot{Q}_{inf} = \dot{Q}_{cc} = \dot{Q}_{rad} + \dot{Q}_{conv}$$

$\approx 70\%$        $\approx 30\%$

$$\dot{Q}_{rad} = h_{rad} A (T_{surf} - T_{op})$$

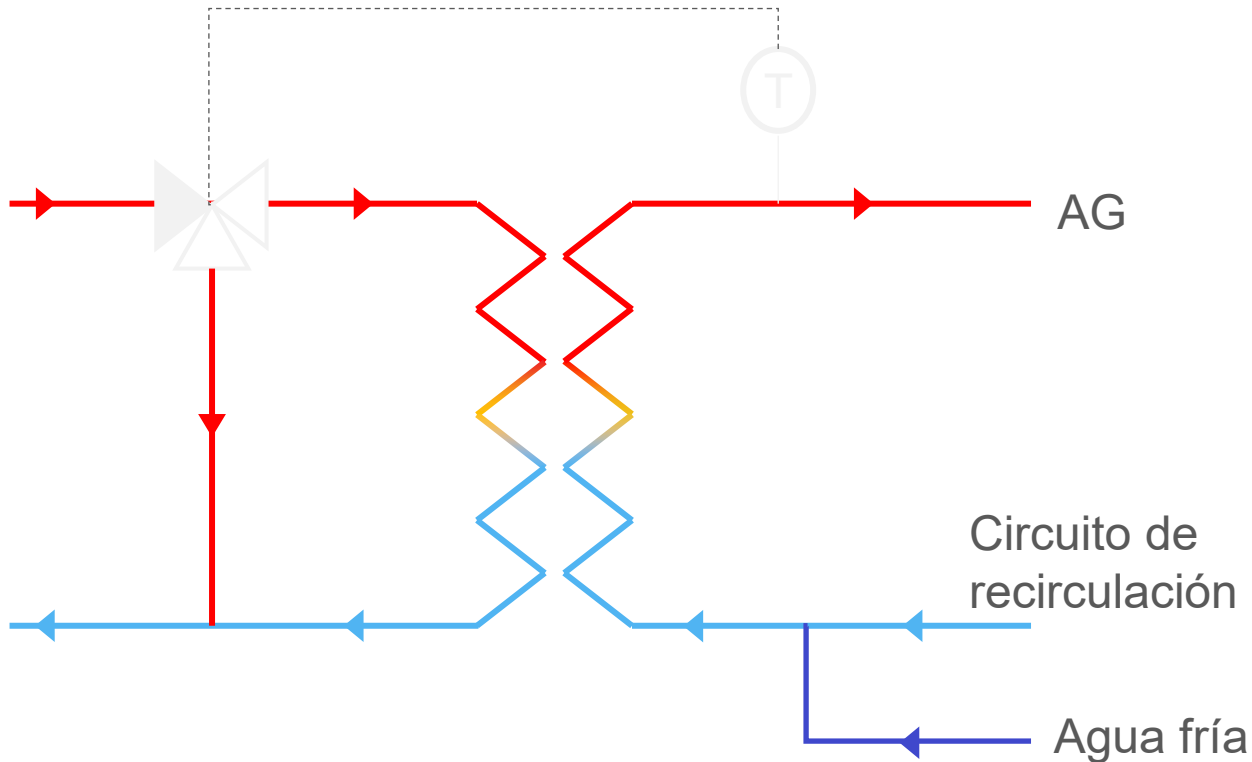
$$\dot{Q}_{conv} = h_{conv} A (T_{surf} - T_{air})$$

Limitar la temperatura a 18 °C para evitar la condensación  
(en climas templados alejados del mar)



# 4. Agua caliente sanitaria

¿Cómo suministrar agua caliente sanitaria a través de una red de calefacción?

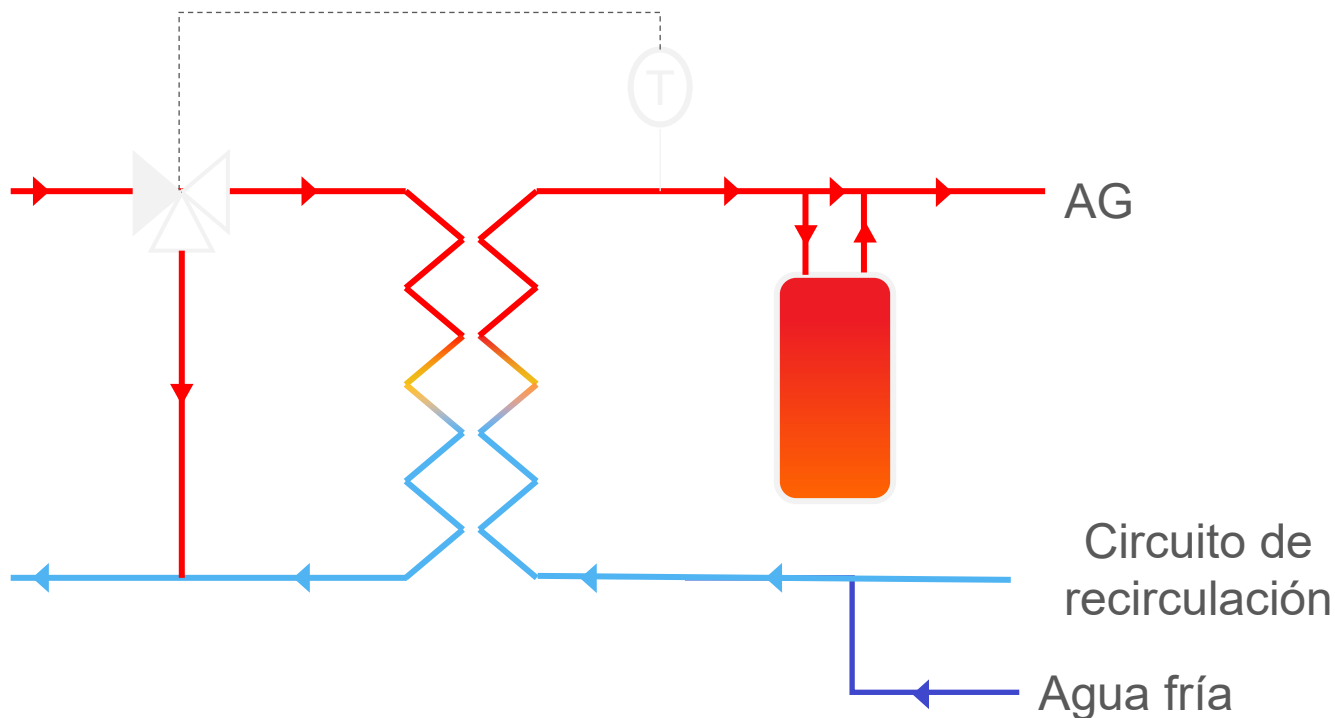


Suministro instantáneo:

- Fácil de instalar
- Sin acumulador → económico
- Dimensionamiento para cubrir las necesidades máximas → Sobredimensionado
- Temperatura de suministro de hasta 60 °C
- Caudal constante en ambos lados gracias al circuito de recirculación (55 °C)

# 4. Agua caliente sanitaria

¿Cómo suministrar agua caliente sanitaria a través de una red de calefacción?

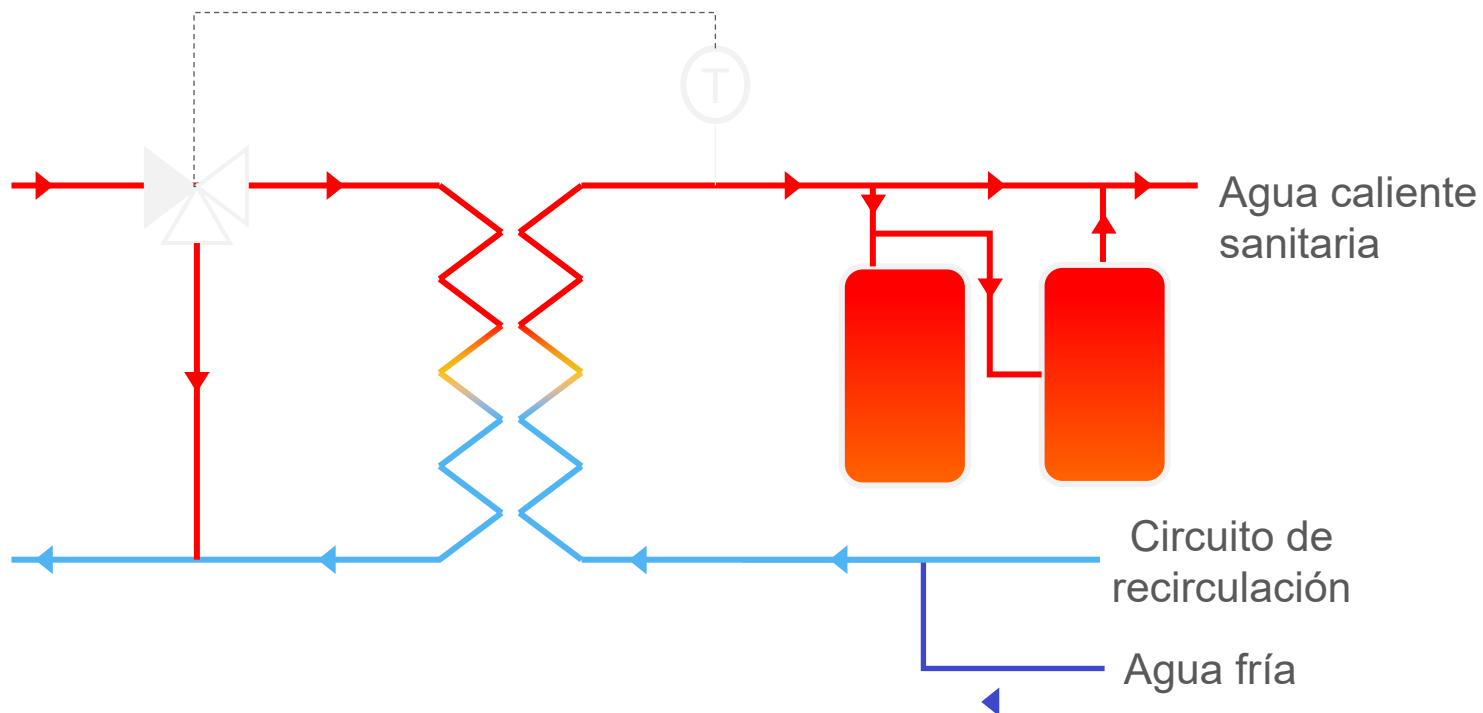


Suministro semiinstantáneo:

- Fácil de instalar
- Depósito pequeño dimensionado para cubrir el pico de consumo (10 min)
- Temperatura de suministro de hasta 60 °C
- Pérdidas de calor a través de la pared del depósito
- Caudal constante en ambos lados gracias al circuito de recirculación (55 °C)

# 4. Agua caliente sanitaria

¿Cómo suministrar agua caliente sanitaria a través de una red de calefacción central?

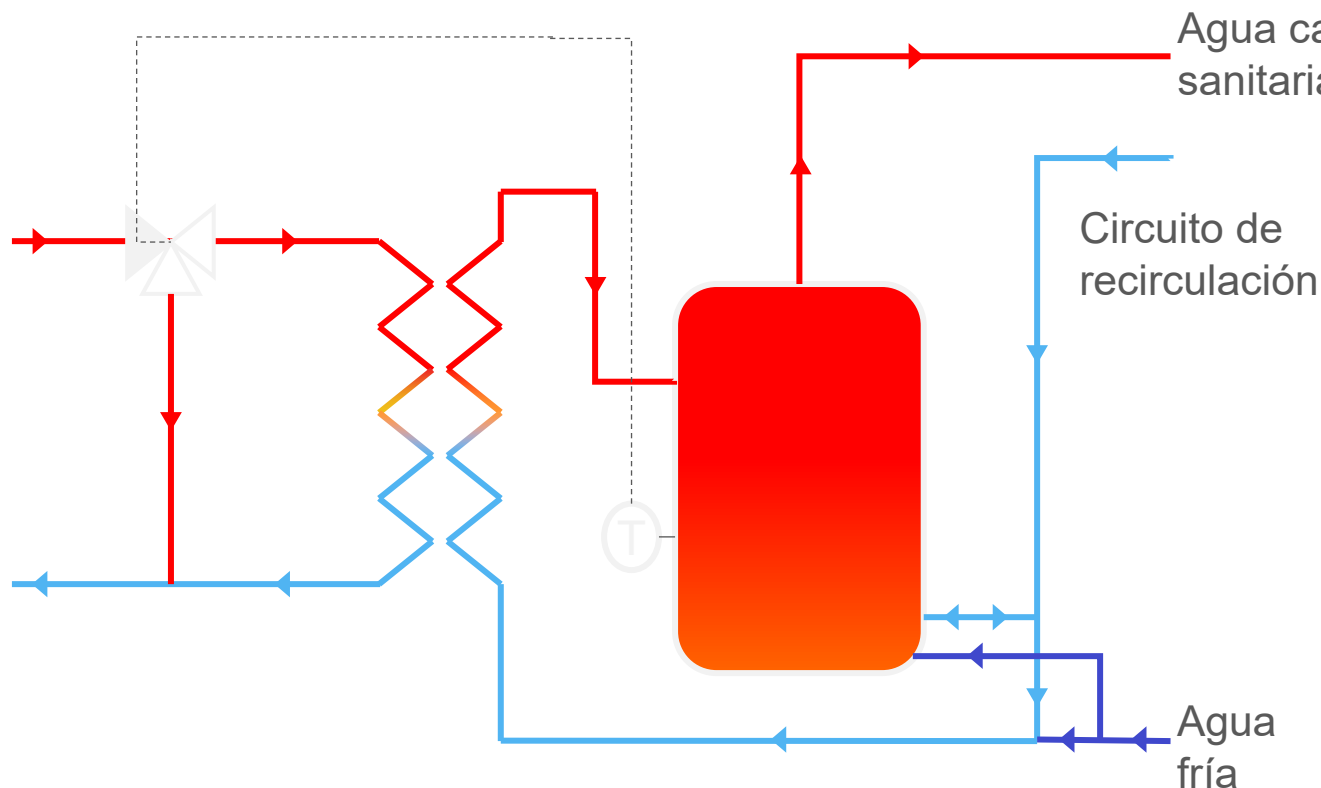


Suministro de semiacumulación:

- Espacio necesario
- Depósito dimensionado para cubrir el consumo de 2-3 horas (10 min)
- Riesgo de corrosión
- Temperatura de suministro de hasta 60 °C
- Pérdidas de calor a través de la pared del depósito
- Caudal constante en ambos lados debido al circuito de recirculación (55 °C)

# 4. Agua caliente sanitaria

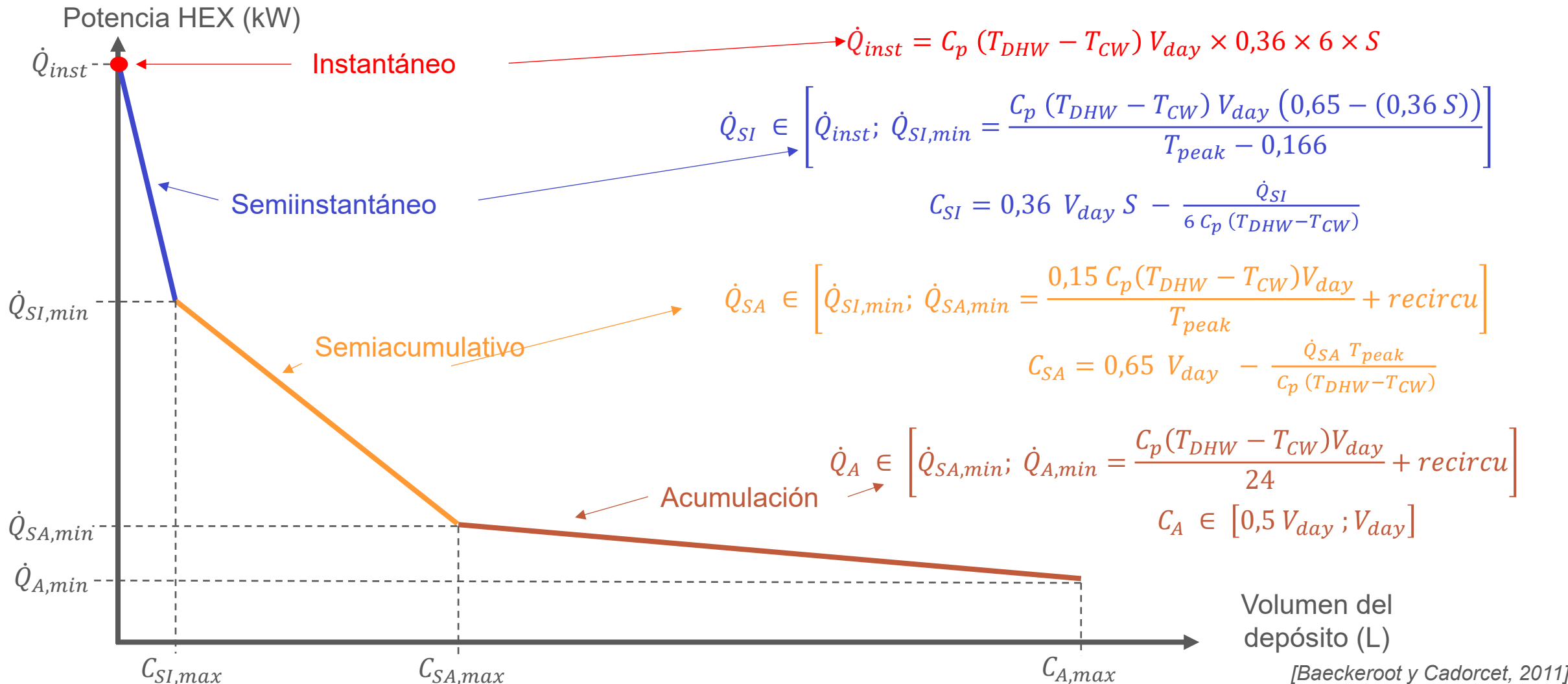
¿Cómo suministrar agua caliente sanitaria a través de una red de calefacción?



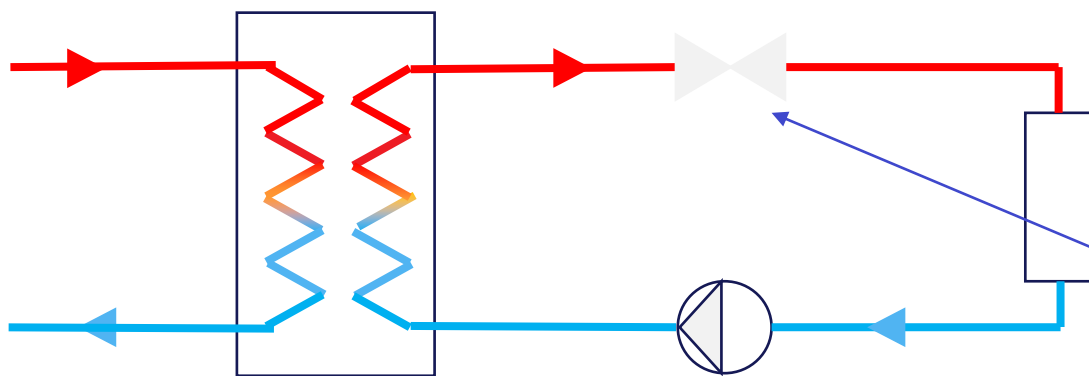
Suministro de acumulación:

- Gran necesidad de espacio
- Depósito dimensionado para cubrir el consumo diario
- Riesgo de corrosión
- Temperatura de suministro de hasta 60 °C
- Pérdidas de calor a través de la pared del depósito

## 4. Potencia de calentamiento frente a capacidad del depósito



# 5. Distribución



¿Cómo se diseña el lado de distribución, también denominado lado secundario?

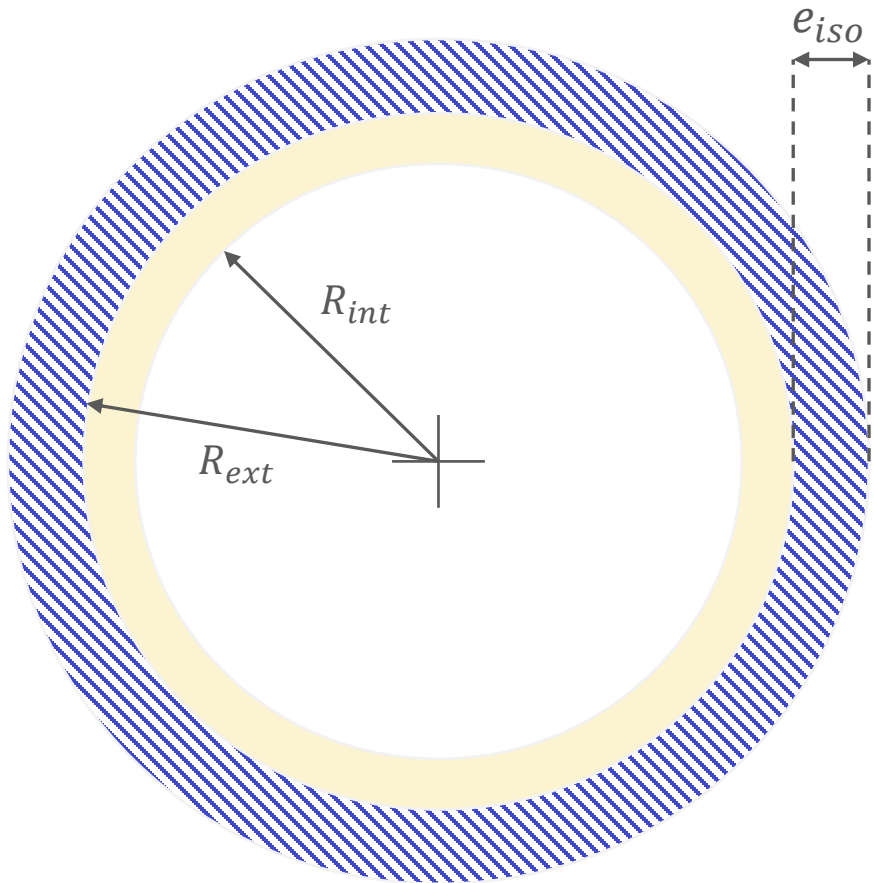
Tuberías

Bomba

Válvulas



# 5.1 Tuberías

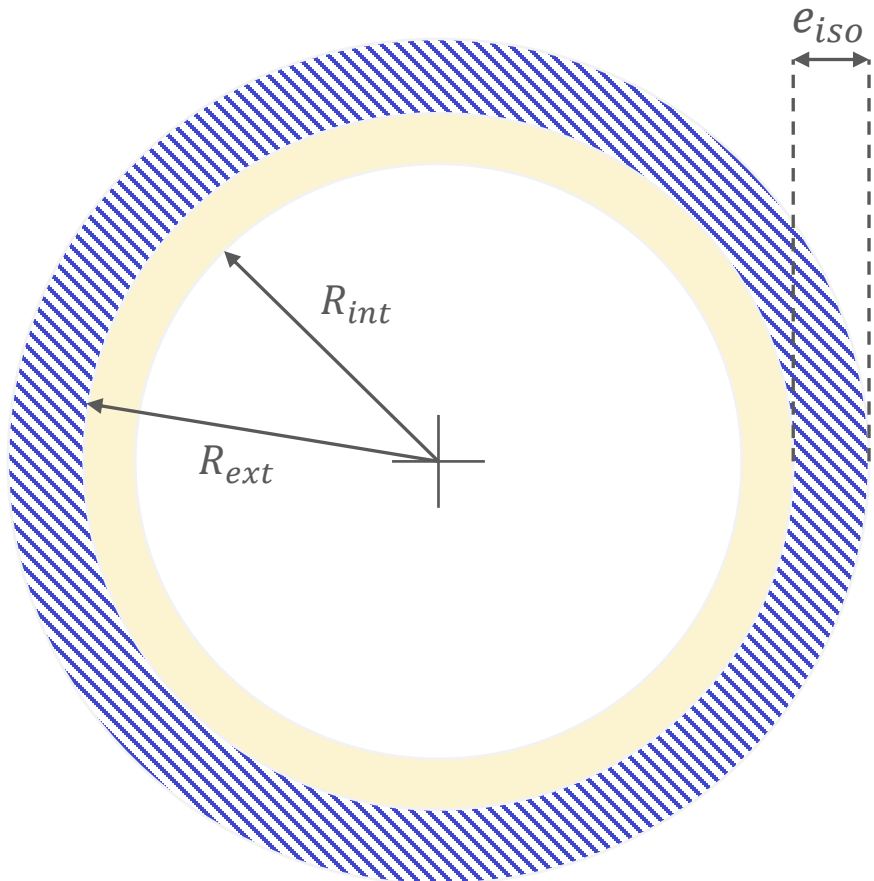


El diseño de una tubería de distribución consiste en:

- Calcular el diámetro de la tubería
- Calcular el espesor del aislamiento
- Calcular las pérdidas de presión



# 5.1 Tuberías



El diseño de una tubería de distribución consiste en:

- Calcular el diámetro de la tubería

Para limitar el ruido y las vibraciones, la velocidad del agua debe limitarse a

$$\dot{m}_w = \rho v S = \rho v \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \dot{m}_w}{\pi \rho v}}$$

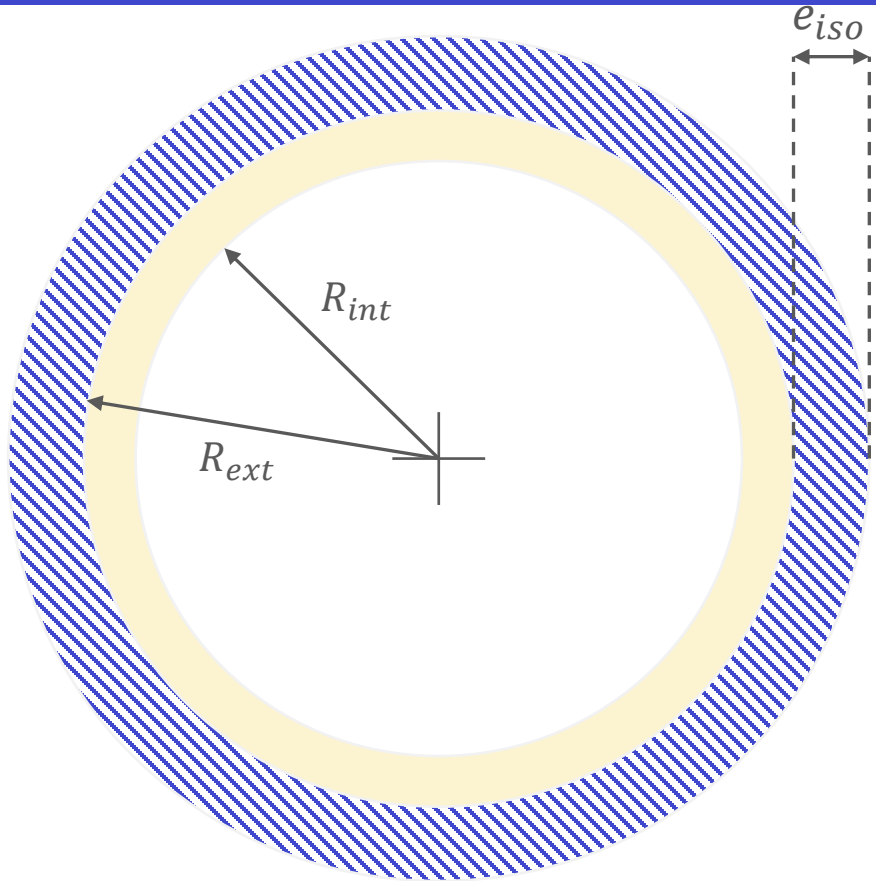
Limitar las pérdidas de carga lineales

$$\Delta p = \Lambda \rho \frac{v^2}{2} = \frac{8 \Lambda}{\rho \pi^2} \frac{\dot{m}_w^2}{D^4}$$

$$\Lambda = \frac{64}{Re} \text{ if } Re < 2300$$

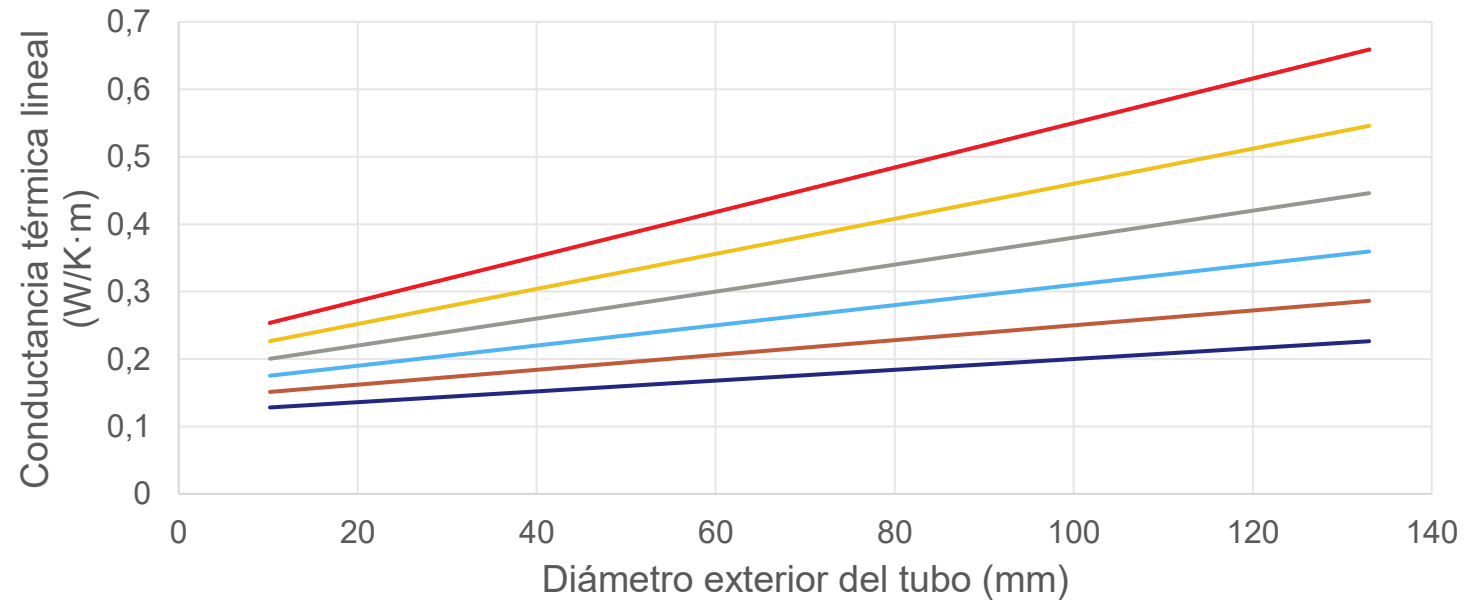
$$\Lambda = 0,3164 Re^{-0,25} \text{ if } Re > 4000$$

# 5.1 Tuberías



El diseño de una tubería de distribución consiste en:

- Calcular el diámetro de la tubería
- Calcular el espesor del aislamiento

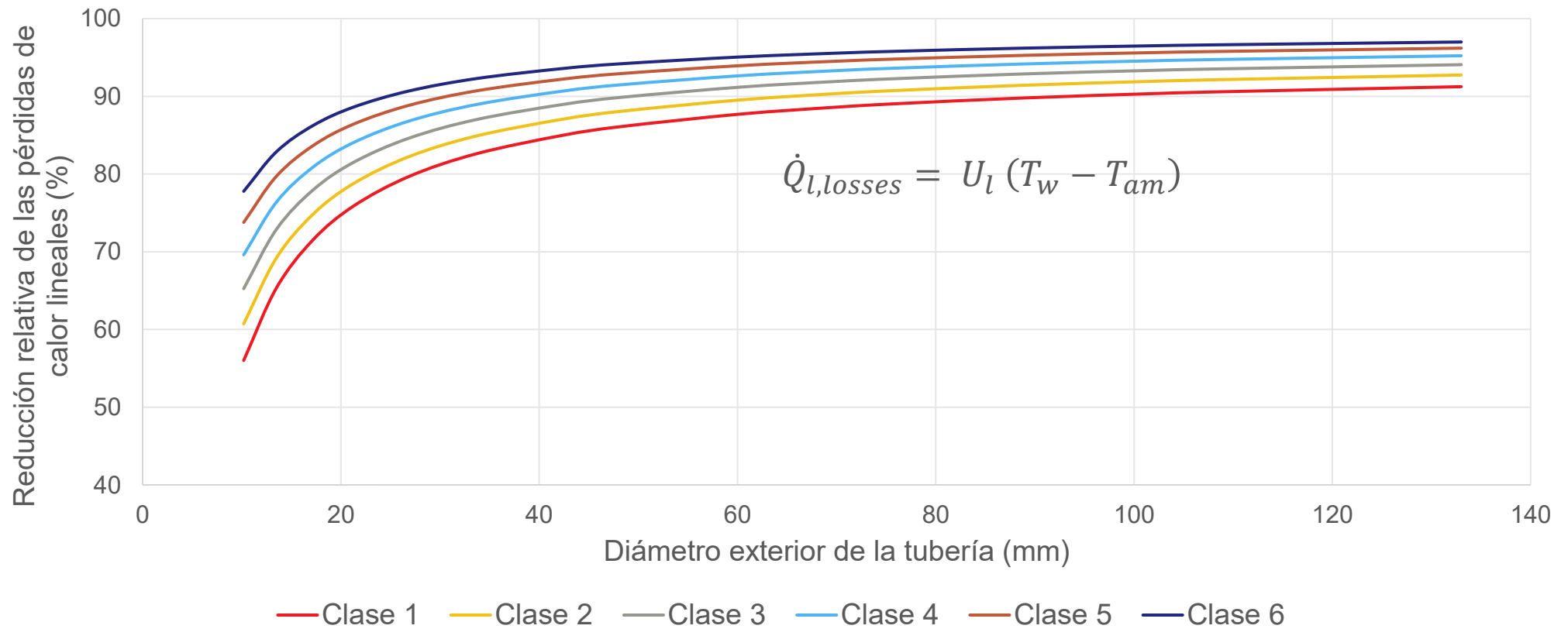


— Clase 1 — Clase 2 — Clase 3 — Clase 4 — Clase 5 — Clase 6

$$\frac{1}{U_l} = \frac{1}{h_{int} 2\pi R_{int}} + \frac{\ln\left(\frac{e_{iso} + R_{ext}}{R_{ext}}\right)}{2\pi \lambda} + \frac{1}{h_{ext} 2\pi (e_{iso} + R_{ext})}$$

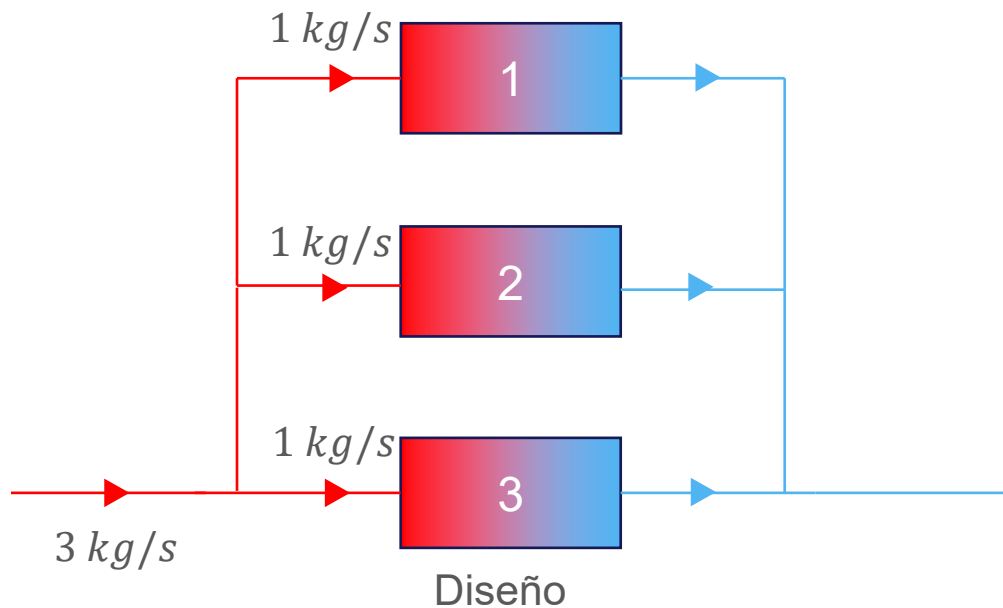
# 5.1 Tuberías

Reducción relativa de las pérdidas de calor lineales para

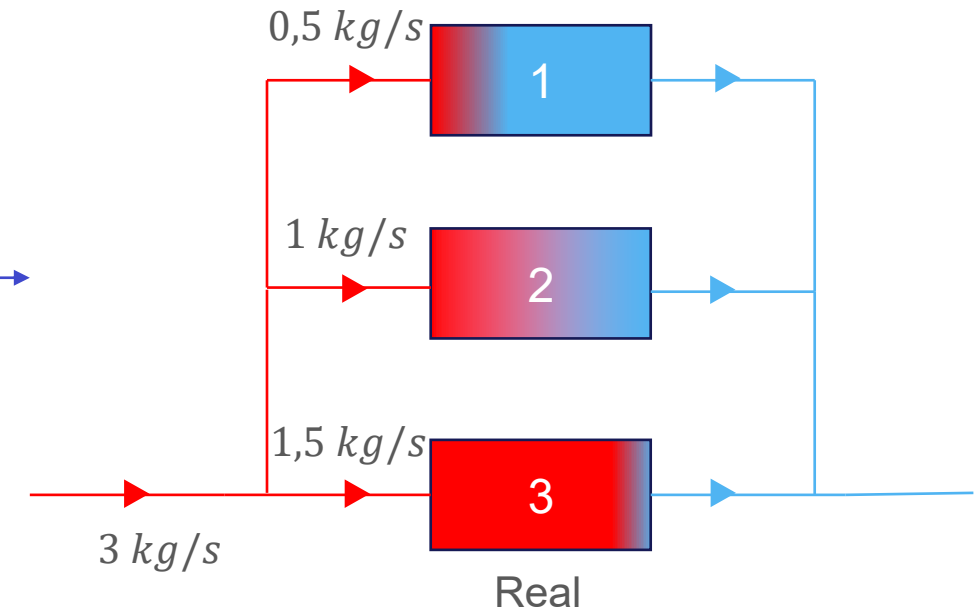


# 5.1 Tuberías

$$\Delta p = \Lambda \rho \frac{v^2}{2} = \frac{8 \Lambda}{\rho \pi^2} \frac{\dot{m}_w^2}{D^4} = Z \dot{m}_w^2$$



Desequilibrio  
hidráulico

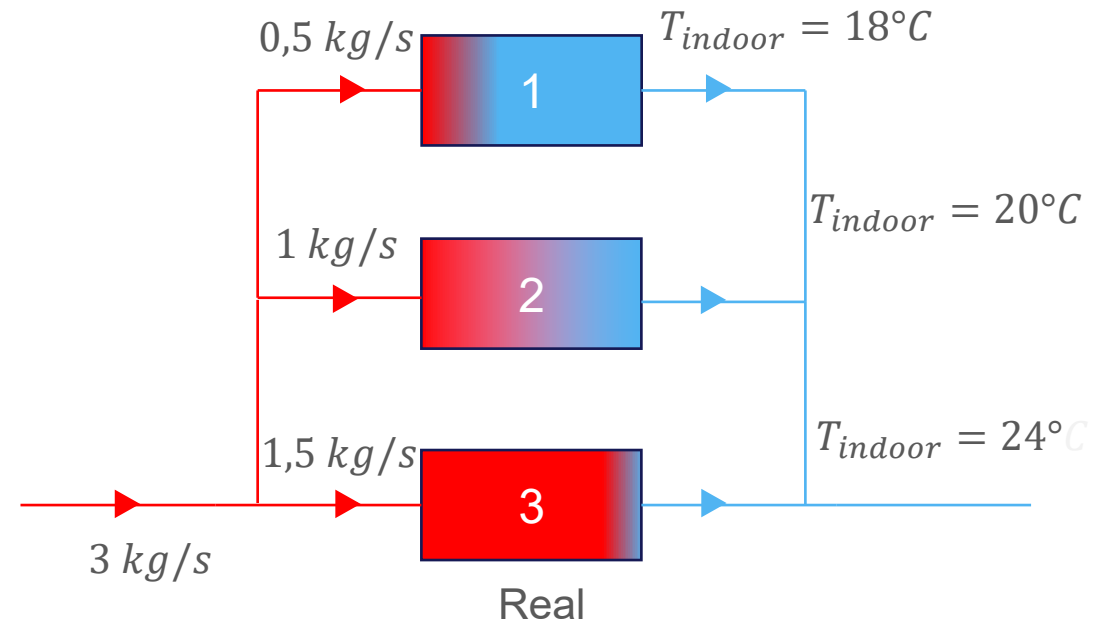
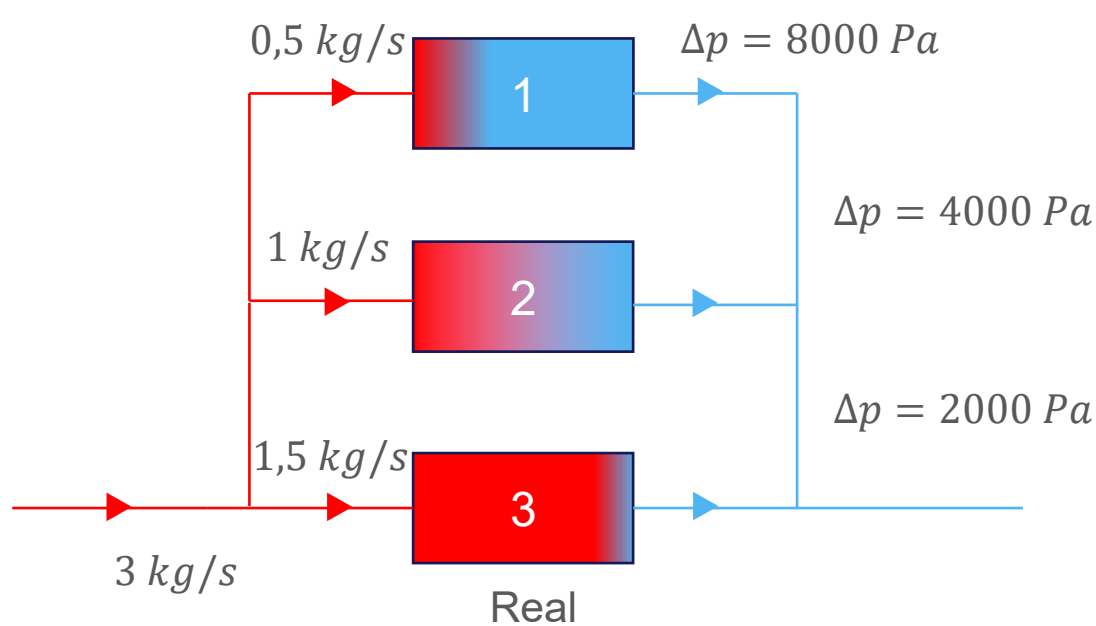


El diseño de una tubería de distribución consiste en:

- Calcular el diámetro de la tubería
- Calcular el espesor del aislamiento
- Calcular las pérdidas de presión

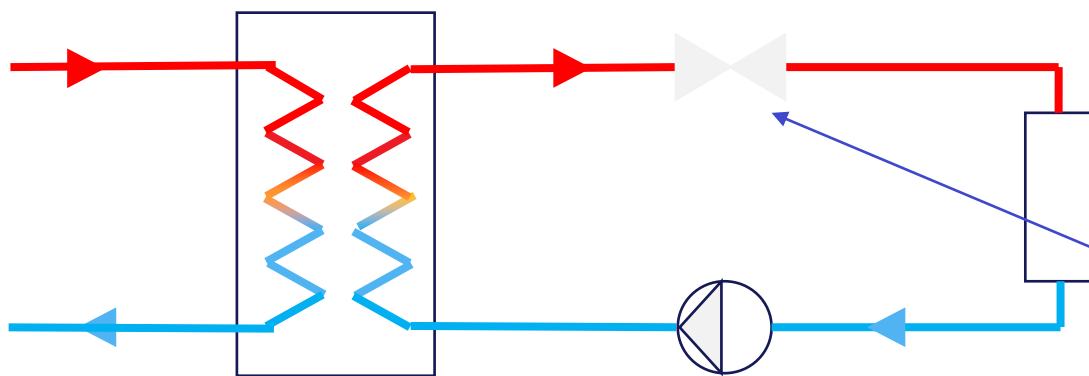
# 5.1 Tuberías

$$\Delta p = \Lambda \rho \frac{v^2}{2} = \frac{8 \Lambda}{\rho \pi^2} \frac{\dot{m}_w^2}{D^4} = Z \dot{m}_w^2$$



¿Cómo controlar el caudal a través de los emisores y garantizar el equilibrio hidráulico?

# 5. Distribución



¿Cómo se diseña el lado de distribución, también denominado lado secundario?

Tuberías



Bomba

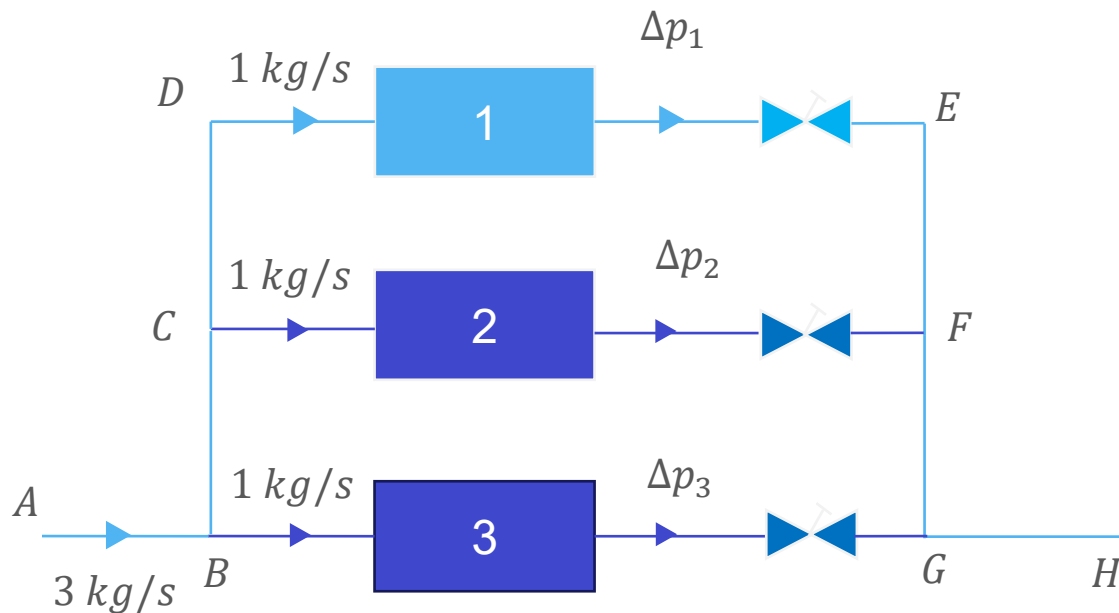


Válvula  
S



## 5.2 Válvulas

¿Cómo controlar el caudal a través de los emisores y garantizar el equilibrio hidráulico?



$$\Delta p_{max} = \Delta p_1 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{DE} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{EF} + \Delta p_{FG} + \Delta p_{GH}$$

$$\Delta p_{max} = \Delta p_2 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CF} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{FG} + \Delta p_{GH}$$

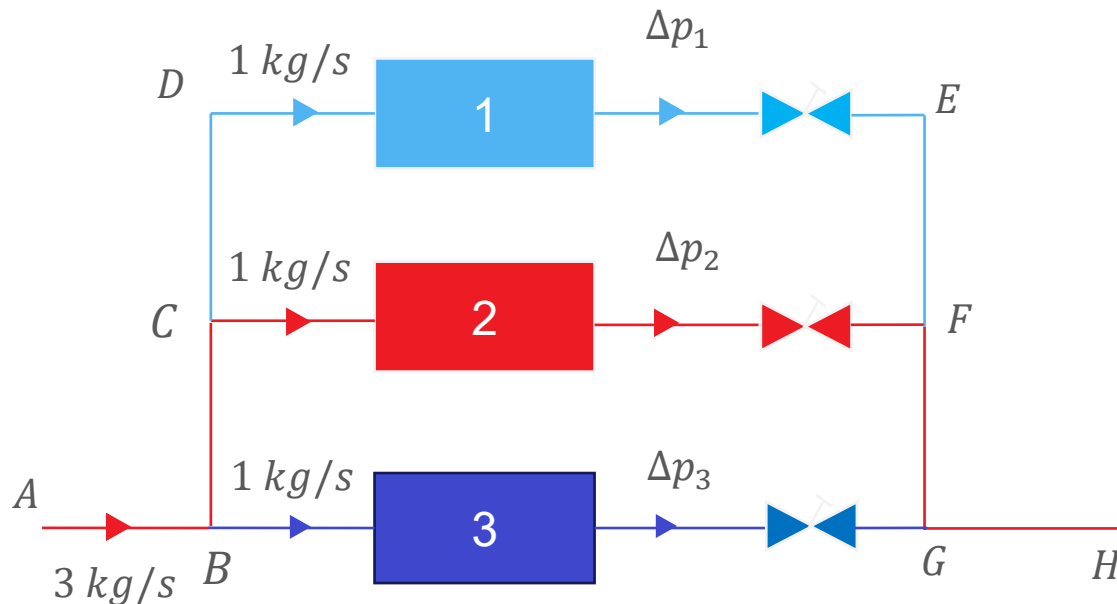
$$\Delta p_{max} = \Delta p_3 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{BG} + \Delta p_{GH}$$

Equilibrado hidráulico estático mediante la adición de pérdidas de carga a través de válvulas de equilibrado. Todas las derivaciones deben tener las mismas pérdidas de carga.

## 5.2 Válvulas

¿Cómo controlar el caudal a través de los emisores y garantizar el equilibrio?

¿Cómo controlar el caudal a través de los emisores y garantizar el equilibrio hidráulico?



$$\Delta p_{max} = \Delta p_1 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{DE} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{EF} + \Delta p_{FG} + \Delta p_{GH}$$

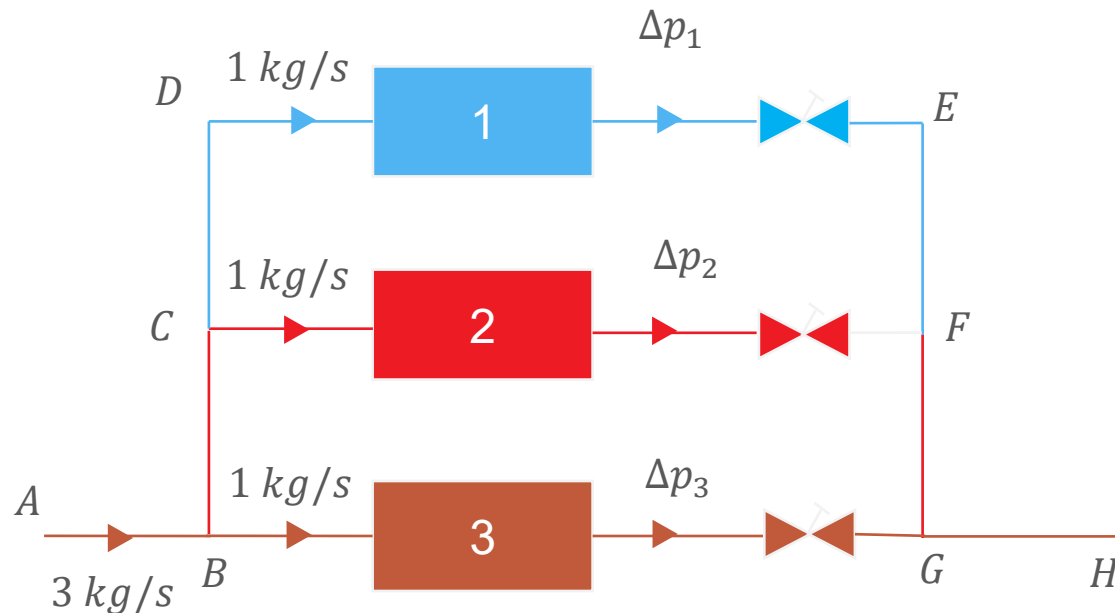
$$\Delta p_{max} = \Delta p_2 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CF} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{FG} + \Delta p_{GH}$$

$$\Delta p_{max} = \Delta p_3 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{BG} + \Delta p_{GH}$$

Equilibrado hidráulico estático mediante la adición de pérdidas de carga a través de válvulas de equilibrado.  
Todas las derivaciones deben tener las mismas pérdidas de carga.

## 5.2 Válvulas

¿Cómo controlar el caudal a través de los emisores y garantizar el equilibrio hidráulico?



$$\Delta p_{max} = \Delta p_1 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{DE} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{EF} + \Delta p_{FG} + \Delta p_{GH}$$

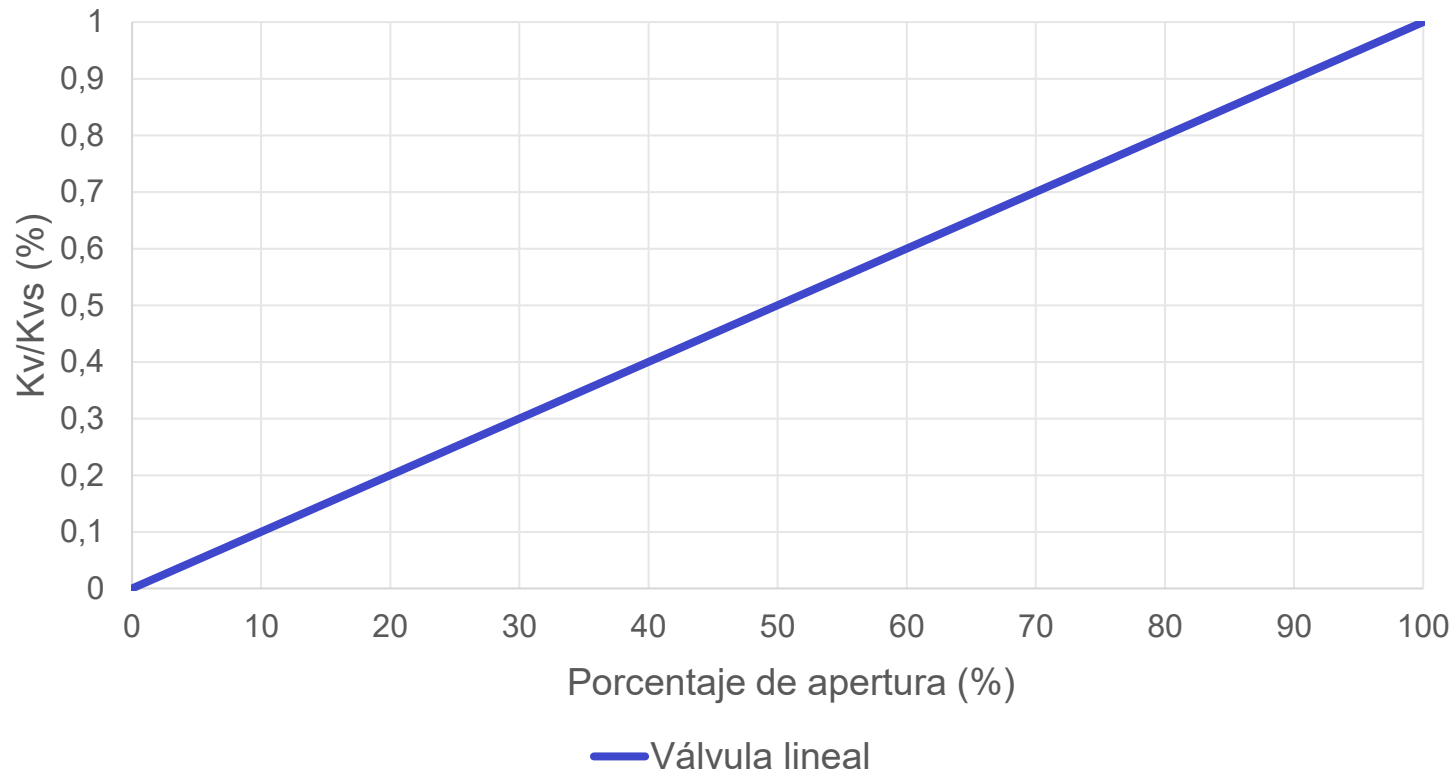
$$\Delta p_{max} = \Delta p_2 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CF} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{FG} + \Delta p_{GH}$$

$$\Delta p_{max} = \Delta p_3 = \Delta p_{AB} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{BG} + \Delta p_{GH}$$

Equilibrado hidráulico estático mediante la adición de pérdidas de carga a través de válvulas de equilibrado. Todas las derivaciones deben tener las mismas pérdidas de carga.

## 5.2 Válvulas

¿Cómo controlar el caudal a través de los emisores y garantizar el equilibrio hidráulico?



$$\dot{m} = K v_s \sqrt{\Delta p} \text{ opening}$$

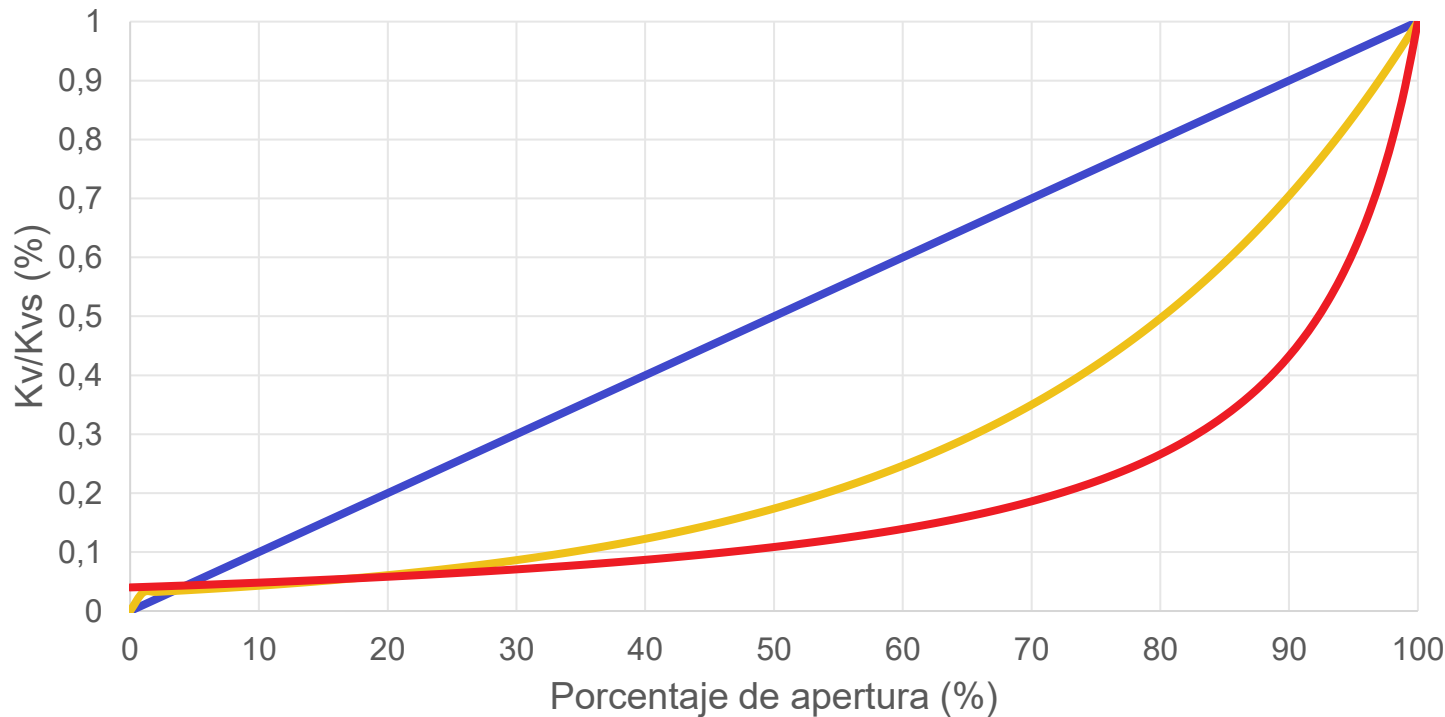
For  $\Delta p = 1 \text{ bar}$

$$\frac{\dot{m}}{\sqrt{\Delta p}} = \begin{cases} K v_s & \text{if opening} = 1 \\ K v & \text{if opening} \neq 1 \\ K v_0 & \text{if opening} = 0 \end{cases}$$

Válvula lineal:

## 5.2 Válvulas

¿Cómo controlar el caudal a través de los emisores y garantizar el equilibrio hidráulico?



— Válvula lineal — Válvula de porcentaje igual — Válvula de porcentaje igual

$$\dot{m} = Kvs \sqrt{\Delta p} \text{ opening}$$

For  $\Delta p = 1 \text{ bar}$

$$\frac{\dot{m}}{\sqrt{\Delta p}} = \begin{cases} Kvs & \text{if opening} = 1 \\ Kv & \text{if opening} \neq 1 \\ Kv_0 & \text{if opening} = 0 \end{cases}$$

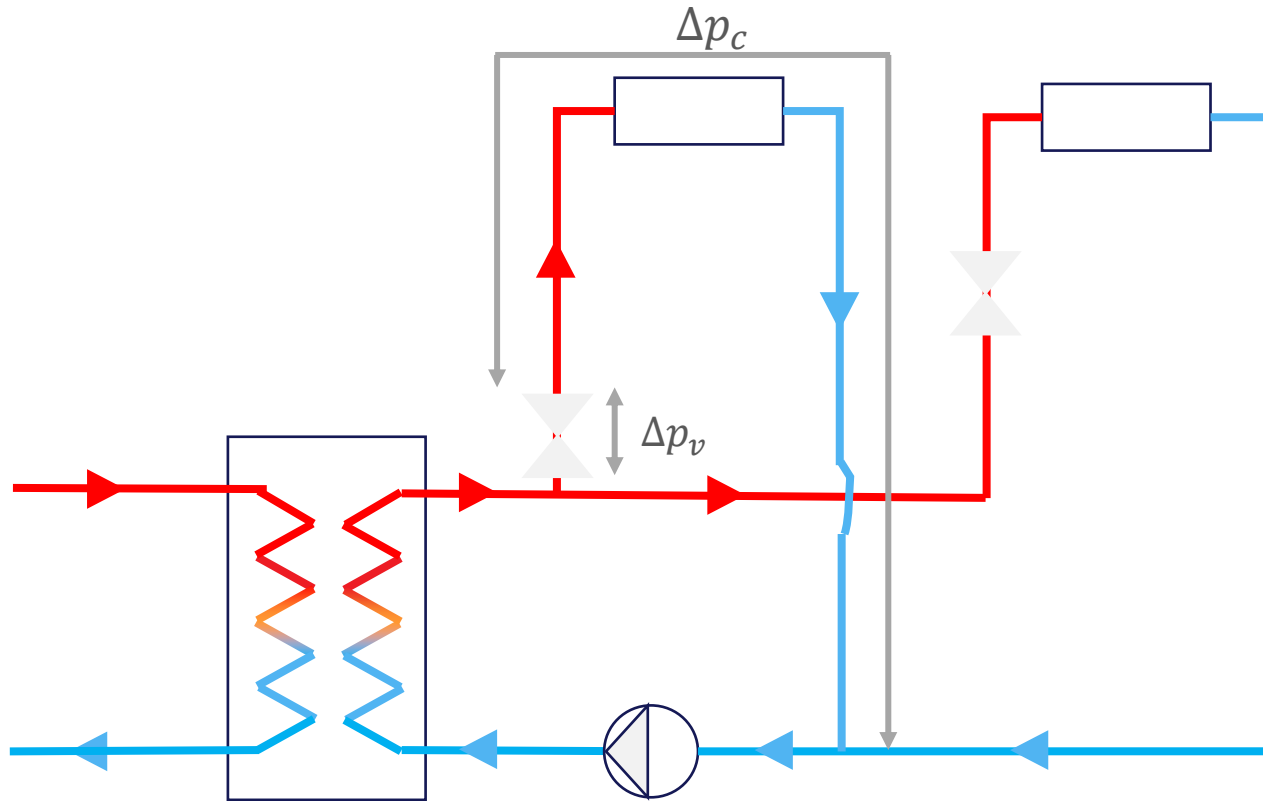
Válvula lineal:

De porcentaje igual:

$$\frac{(Kv - Kv_0)/(Kv + Kv_0)}{(Kvs - Kv_0)/(Kvs + Kv_0)} = \text{opening}$$

## 5.2 Válvulas

Autoridad: La autoridad de la válvula es la capacidad de esta para garantizar la progresividad del caudal.



$$\text{Authority} : a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_c}$$

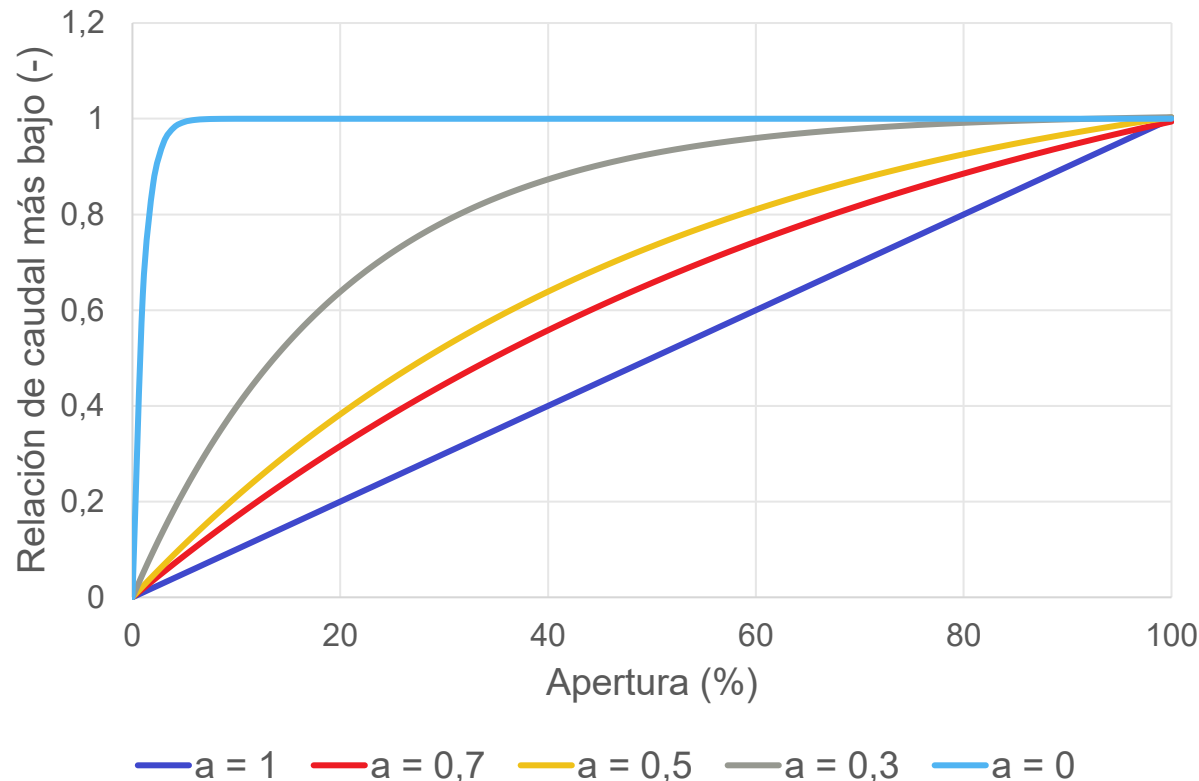
: La pérdida de presión de la válvula en posición totalmente abierta

: Pérdida de presión del circuito a regular

La autoridad debe estar comprendida entre 0,3 y 0,7 para que la válvula funcione correctamente. A menudo, la válvula se dimensiona para

## 5.2 Válvulas

Capacidad: La capacidad de la válvula es su capacidad para garantizar la progresividad del caudal.



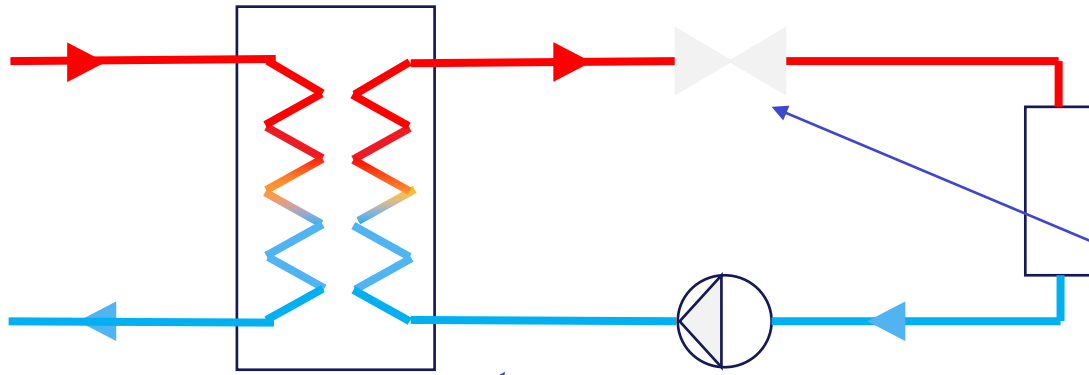
$$\text{Authority: } a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_c}$$

: La pérdida de presión de la válvula cuando está totalmente abierta

: Pérdida de presión del circuito a regular

La autoridad debe estar comprendida entre 0,3 y 0,7 para que la válvula funcione correctamente. A menudo, la válvula se dimensiona para

# 5. Distribución



¿Cómo se diseña el lado de distribución, también denominado lado secundario?

Tuberías



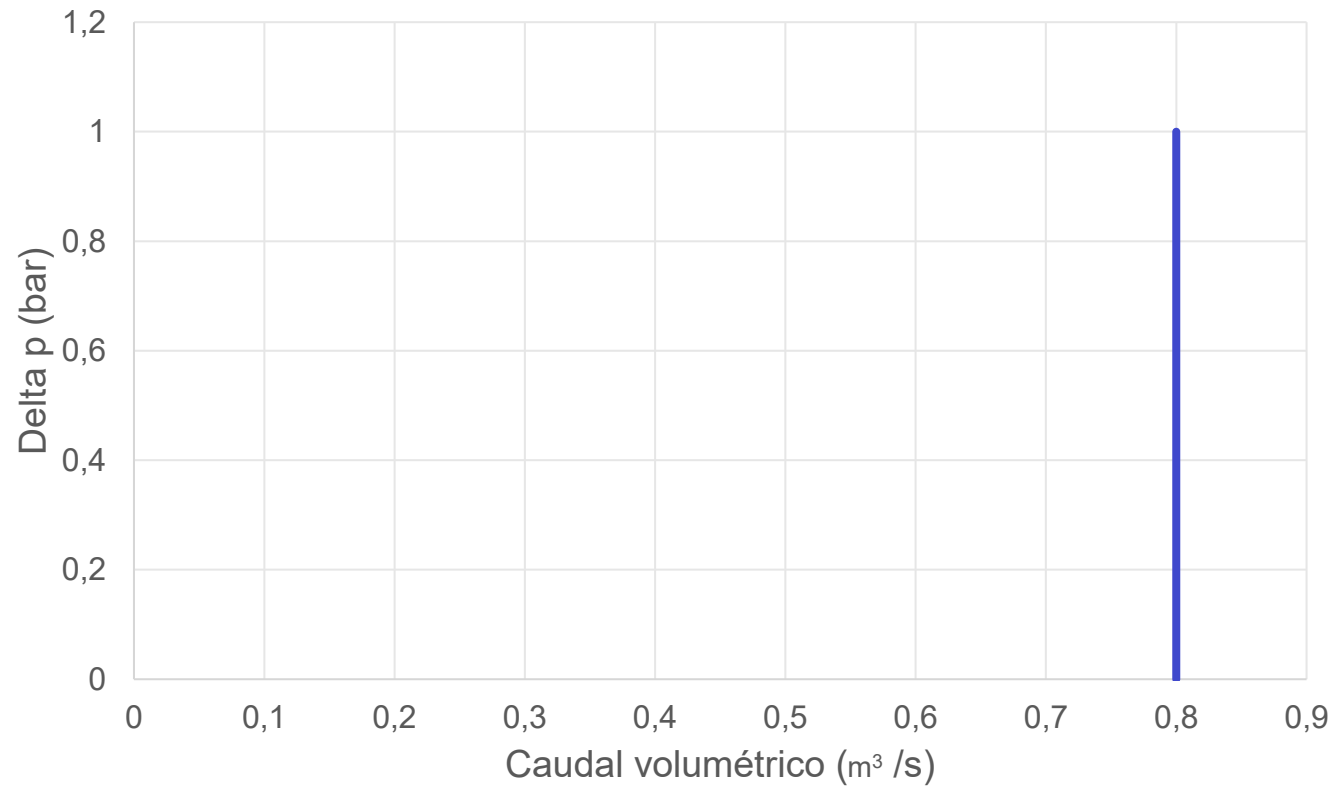
Bomba



Válvula  
s



## 5.3 Bombas

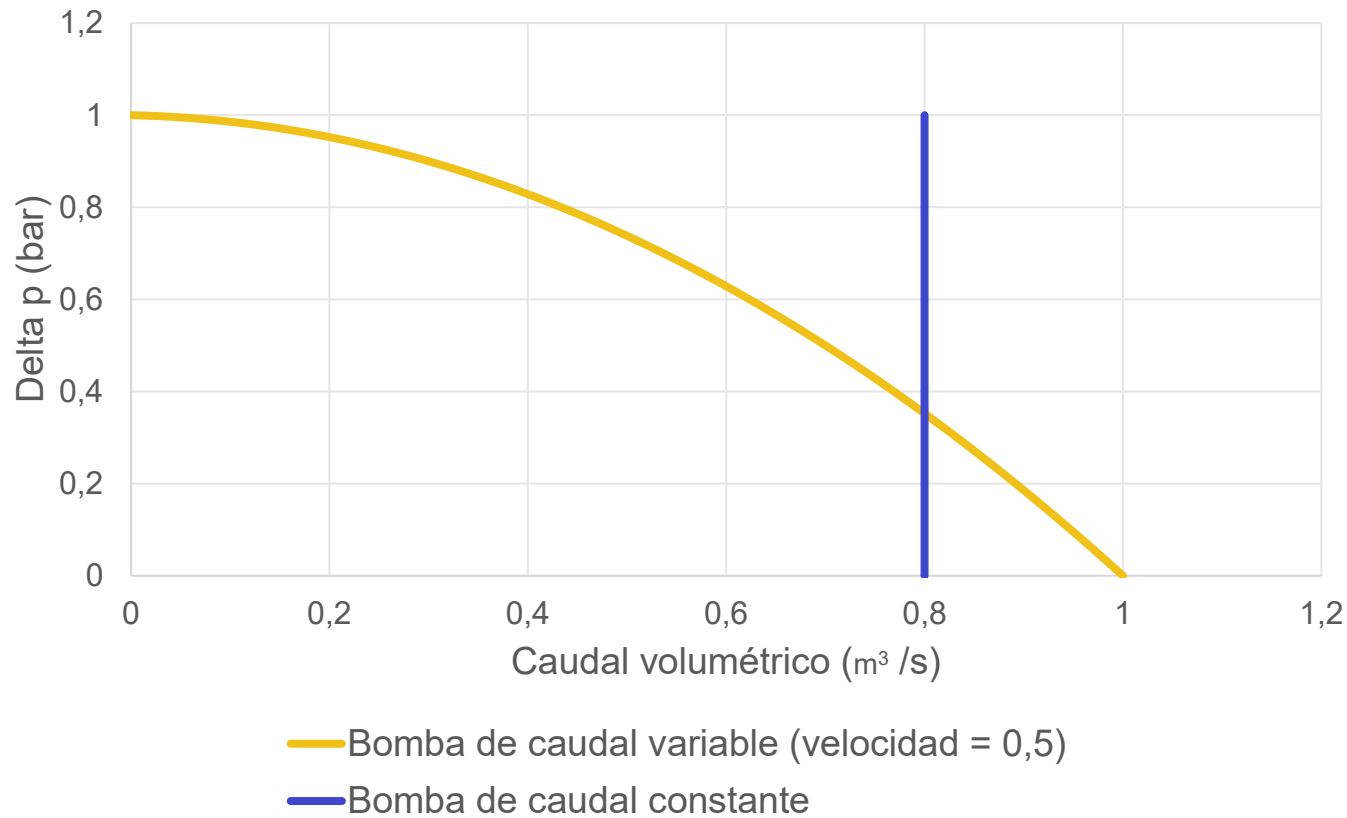


— Bomba de caudal constante

3 tipos de bombas:

Bomba de caudal constante

## 5.3 Bombas



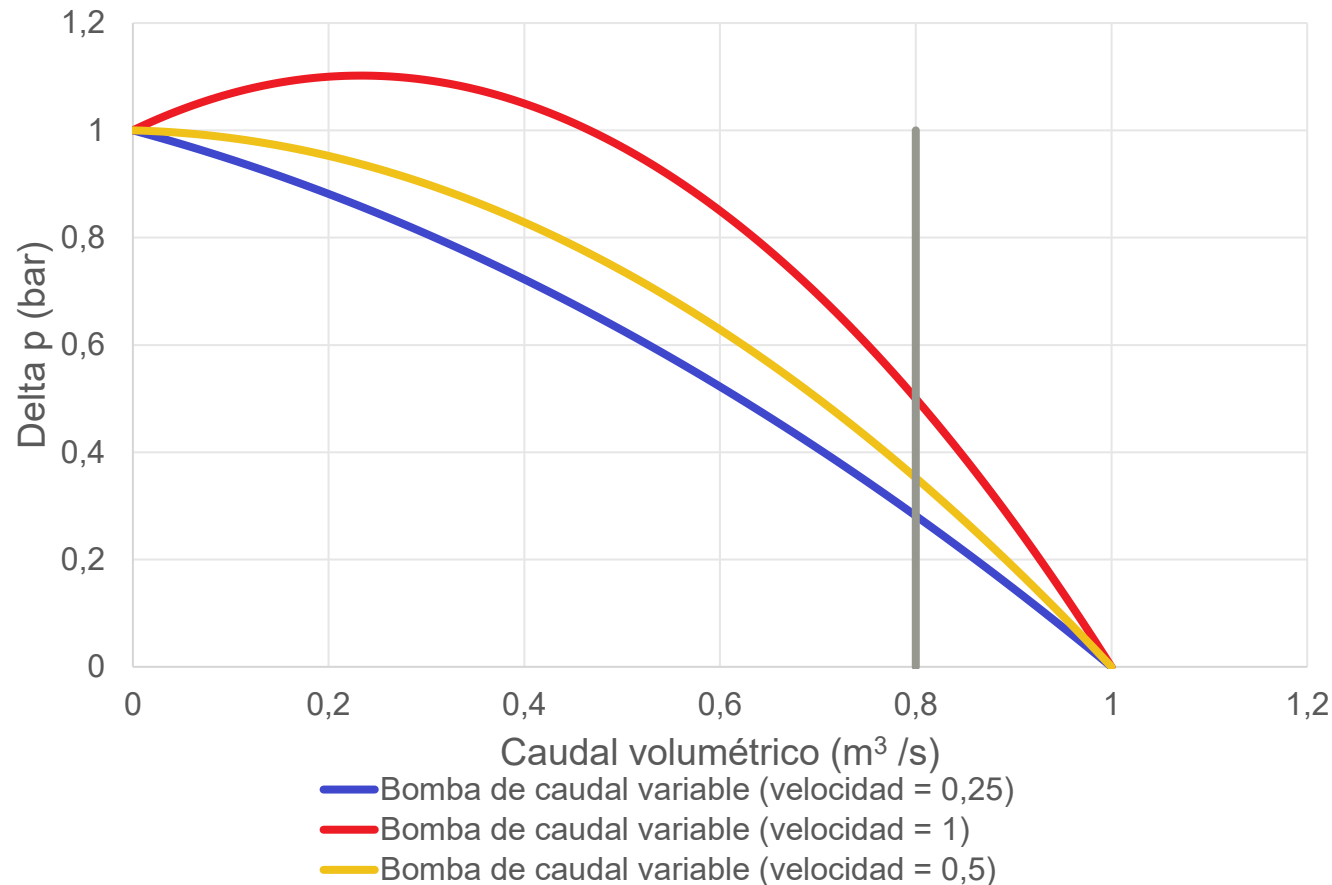
3 tipos de bombas:

Bomba de caudal constante

Bomba de caudal variable con  
velocidad constante:

$$\Delta p = A \dot{V}^2 + B \dot{V} + C$$

## 5.3 Bombas



3 tipos de bombas:

Bomba de caudal constante

Bomba de caudal variable con velocidad constante:

$$\Delta p = A \dot{V}^2 + B \dot{V} + C$$

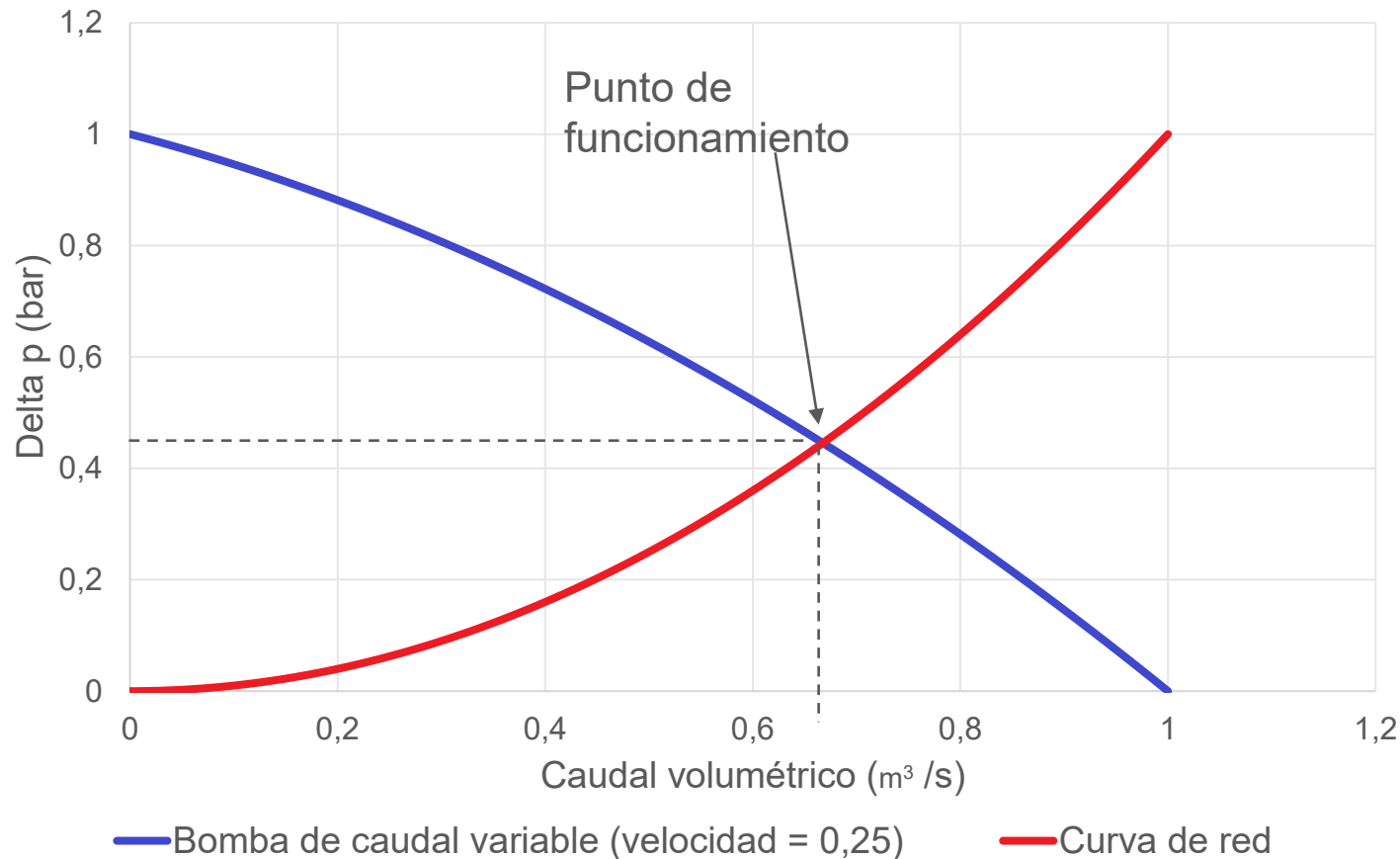
Bomba de caudal variable y velocidad

$$\Delta p = A \dot{V}^2 + B \dot{V} + C$$

e en función de la velocidad

Potencia eléctrica de la bomba:

## 5.3 Bombas

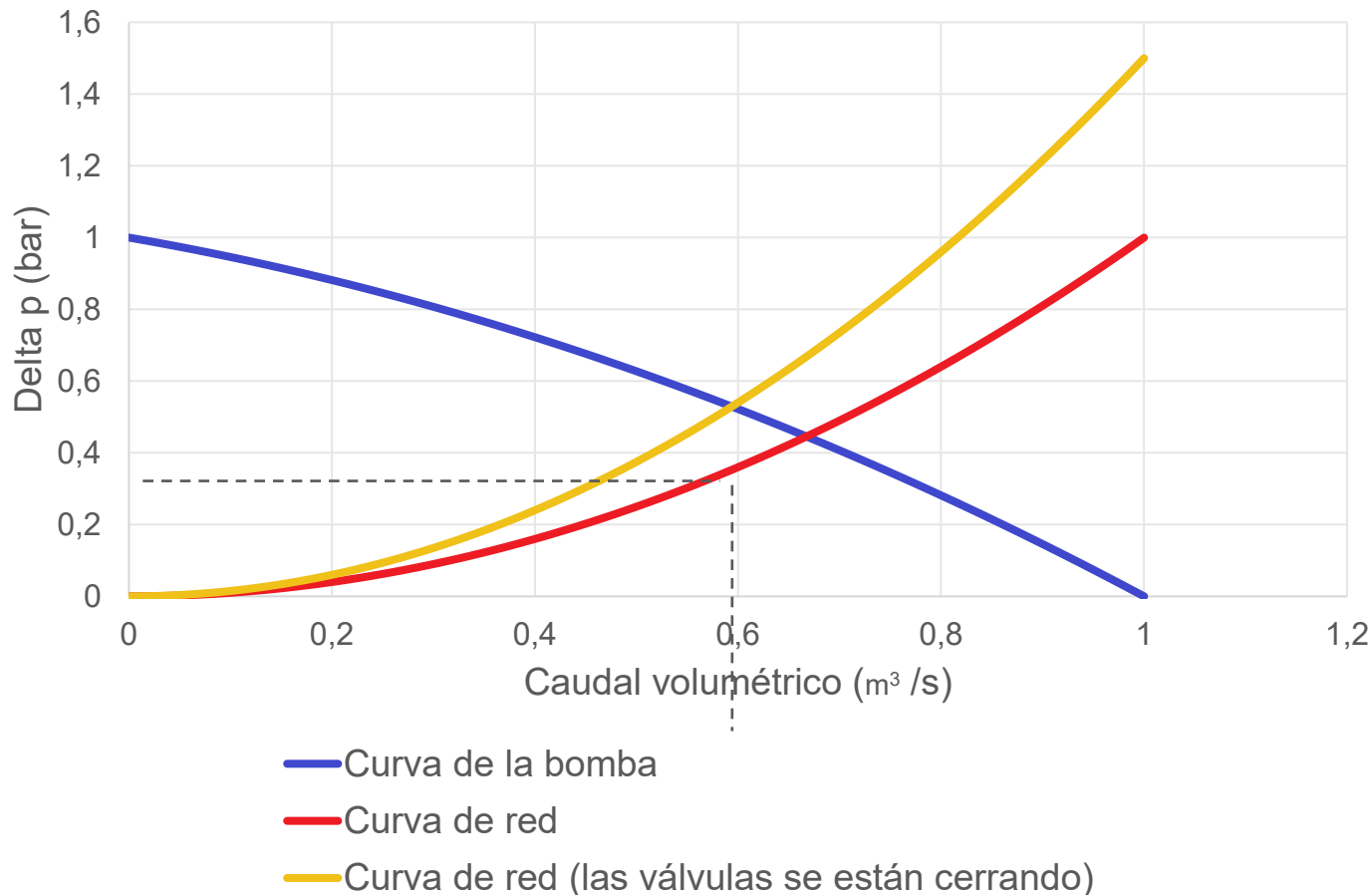


La curva característica de la red depende de:

- Las pérdidas de presión a lo largo de la tubería
- Las pérdidas de presión debidas a la apertura de la válvula

El caudal másico de una red es el punto de intersección entre la curva de la bomba y la de la red. Este punto se denomina punto de funcionamiento

## 5.3 Bombas



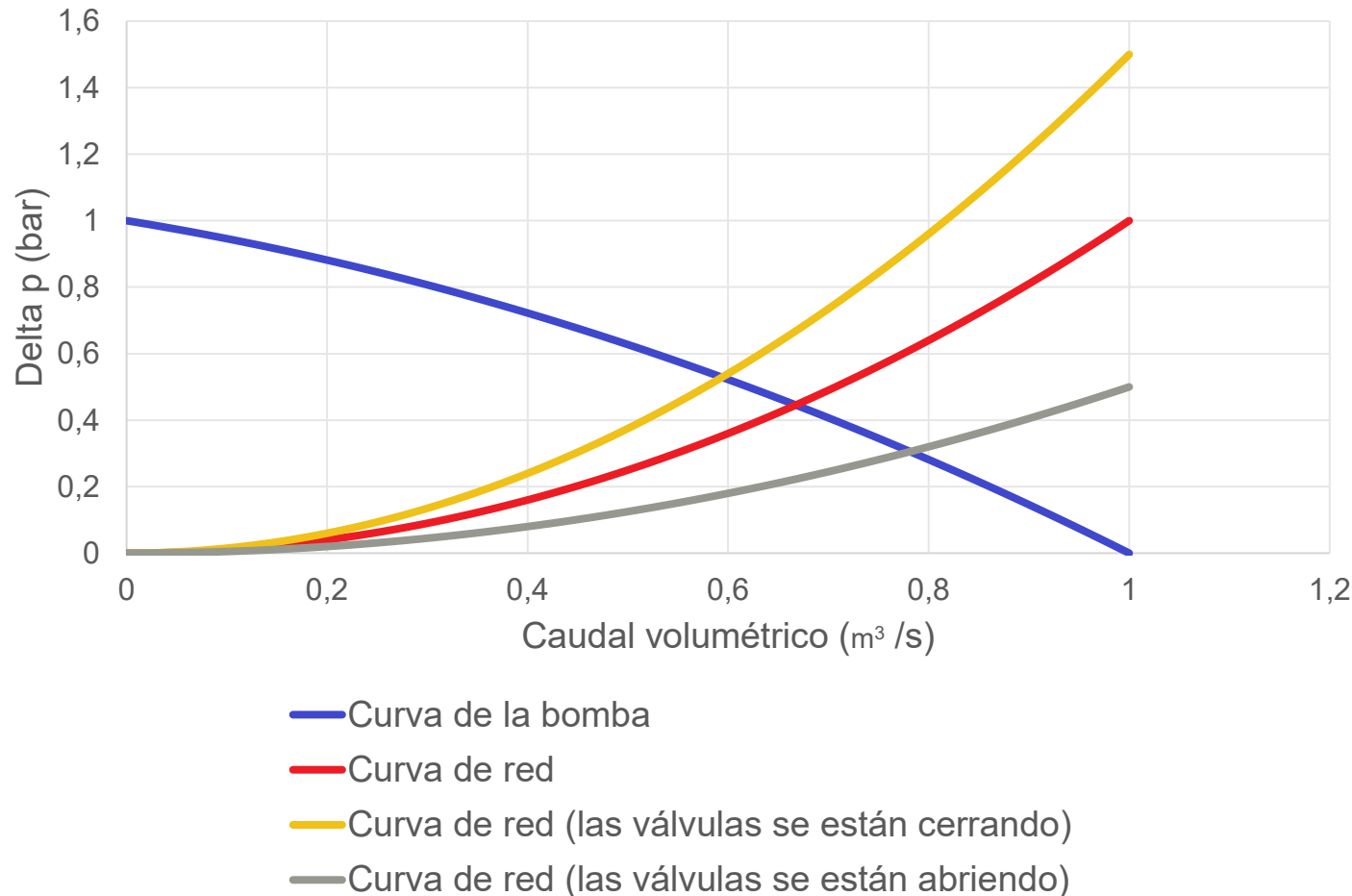
La curva característica de la red depende de:

- Las pérdidas de presión a lo largo de la tubería
- Las pérdidas de presión debidas a la apertura de la válvula

El caudal másico de una red es el punto de intersección entre la curva de la bomba y la curva de la red. Este punto se denomina punto de funcionamiento

Cuando la válvula se cierra, las pérdidas de presión de la red cambian y la curva de la red se modifica

## 5.3 Bombas



La curva característica de la red depende de:

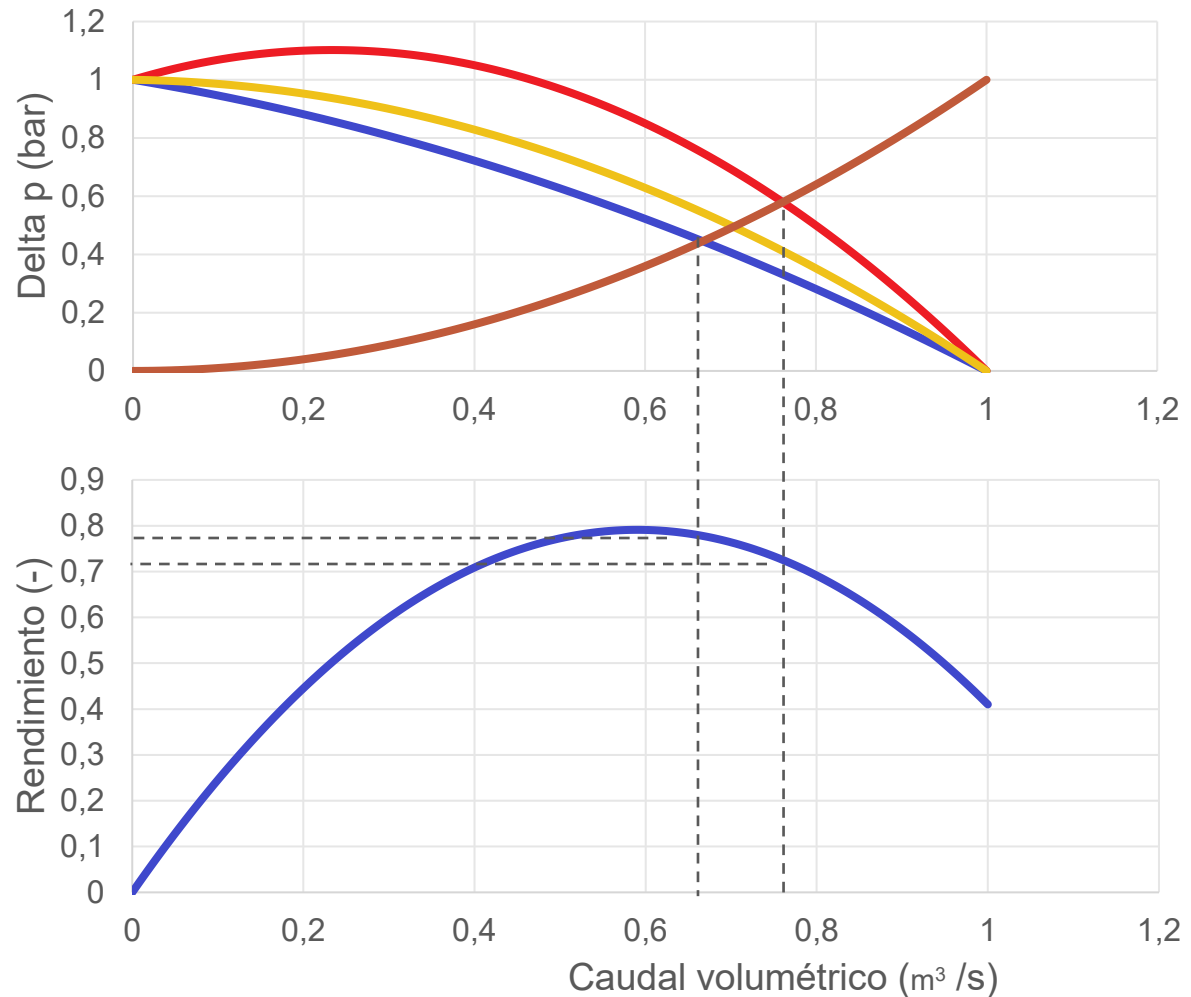
- Las pérdidas de presión a lo largo de la tubería
- Las pérdidas de presión debidas a la apertura de la válvula

El caudal másico de una red es el punto de intersección entre la curva de la bomba y la curva de la red. Este punto se denomina punto de funcionamiento

Cuando la válvula se cierra, las pérdidas de presión de la red cambian y la curva de la red se modifica

Lo mismo ocurre cuando la válvula se abre

## 5.3 Bombas



- Bomba de caudal variable (velocidad = 0,25)
- Bomba de caudal variable (velocidad = 1)
- Bomba de caudal variable (velocidad = 0,5)
- Curva de red

— Caudal de la bomba

Una bomba de velocidad variable permite aumentar su eficiencia en función del caudal másico necesario



¡Gracias!

Módulo 2.4: Sistemas hidrónicos en los edificios

SHaKE – Compartir calor y conocimientos sobre comunidades energéticas

<https://www.shakeproject-dhc.eu/>

Desarrollado por Mines Paris – PSL

Antoine Fabre | [antoine.fabre@minesparis.psl.eu](mailto:antoine.fabre@minesparis.psl.eu)

Pascal Stabat | [pascal.stabat@minesparis.psl.eu](mailto:pascal.stabat@minesparis.psl.eu)



Co-funded by  
the European Union

