

## T9.- Distribución de Fluidos en Instalaciones de A.A.

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

INMACULADA FERNÁNDEZ [fernandei@unican.es](mailto:fernandei@unican.es)

Despacho: ETSIIT S-3 74

Tlfn: ETSIIT 942 20 09 32

***1.- Distribución de Fluidos en las Instalaciones de Aire Acondicionado***

***2.- Distribución de Agua***

- 2.1.- Bombas Centrífugas
- 2.2.- Cavitación
- 2.3.- Leyes de Semejanza
- 2.4.- Punto de Funcionamiento
- 2.5.- Acoplamiento de Bombas
- 2.6.- Montaje e Instalación
- 2.7.- Selección de bombas
- 2.8.- Tuberías
- 2.9.- Otros Elementos
- 2.10.- Colectores
- 2.11.- Equilibrado Hidráulico
- 2.12.- Programas Informáticos

***3.- Distribución de Aire***

- 3.1.- Difusión del Aire
- 3.2.- Tipos de Difusión
- 3.3.- Unidades Terminales
- 3.4.- Ventiladores
- 3.5.- Conductos de Aire
- 3.6.- Elementos Auxiliares
- 3.7.- Programas Informáticos



### 1.- Distribución de Fluidos en las Instalaciones de A.A. (I)

Se necesita distribuir la energía térmica desde la producción (enfriadoras, bombas de calor, calderas, ...) hasta los locales

En función del tipo de instalación se puede realizar de diferentes formas:

- **Todo Aire:**
  - Agua hasta las UTAs y conductos hasta los locales
  - Directamente con conductos hasta los locales
  - Descarga directa en los locales
  - ...
- **Todo Agua:**
  - Tuberías hasta los locales
- **Aire-Agua:**
  - Tubería hasta locales y UTAs, y conductos a locales
  - ...
- **Expansión Directa:** - Descarga directa en los locales

1.- Distribución de Fluidos en las Instalaciones de A.A. (II)

Para un “calor” dado: Volumen de conductos  $\gg$  Volumen de tuberías

Los ventiladores dan presiones limitadas  $\Rightarrow$  Longitudes de conductos pequeñas

Se intenta que las distancias se recorran con tuberías y hacer conductos cortos

	$c_p$ (kJ/kg°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p \cdot \rho$ (kJ/ m <sup>3</sup> °C)	$\Delta T$ (°C)	$\Delta Vol$	Vel (m/s)	Dim.
Agua	4,2	1.000	4.200	5 (7-12)	100	0,5	r = 2,5 cm 19,6 cm <sup>2</sup>
				20 (80-60)	100		
Aire	1	1,2	1,2	7 (17-24)	2.500	5	L = 50 cm
				16 (40-24)	4.375		L = 92 cm

**1.- Distribución de Fluidos en las Instalaciones de A.A. (II)**

Para un “calor” dado: Volumen de conductos  $\gg$  Volumen de tuberías

Longitudes limitadas  $\Rightarrow$  Longitudes de conductos pequeñas

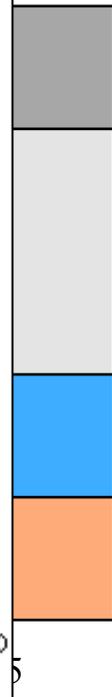
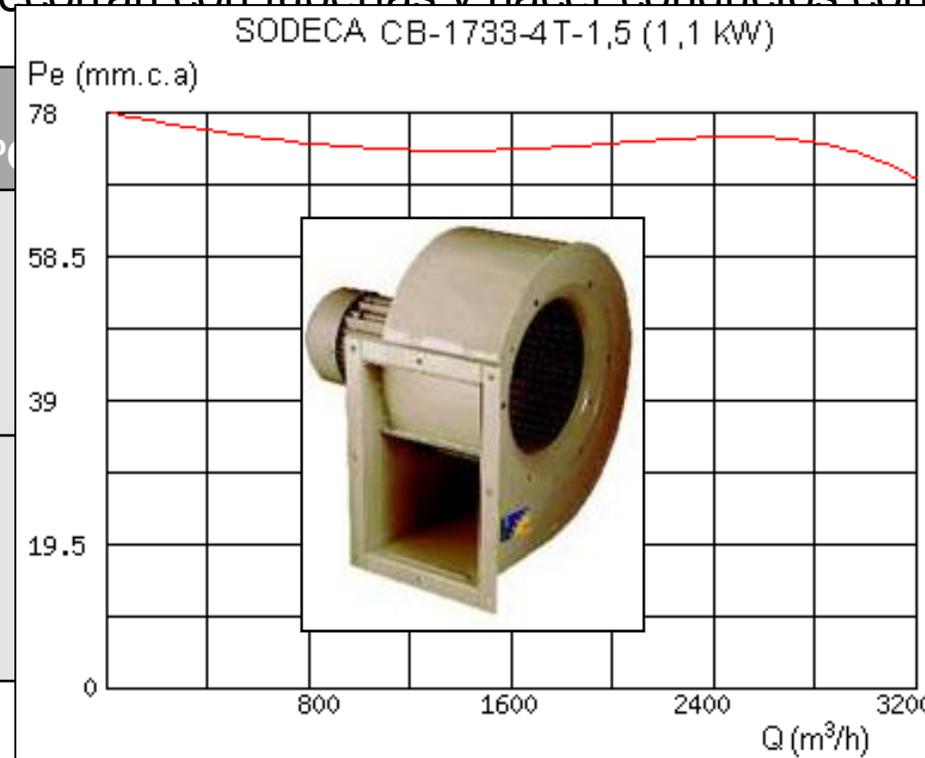
Se recorren con tuberías y hacer conductos cortos



$C_p \cdot \rho$   
[J/m<sup>3</sup>°C]

4.200

1,2



**1.- Distribución de Fluidos en las Instalaciones de A.A. (II)**

Para un "calor" dado: Volume

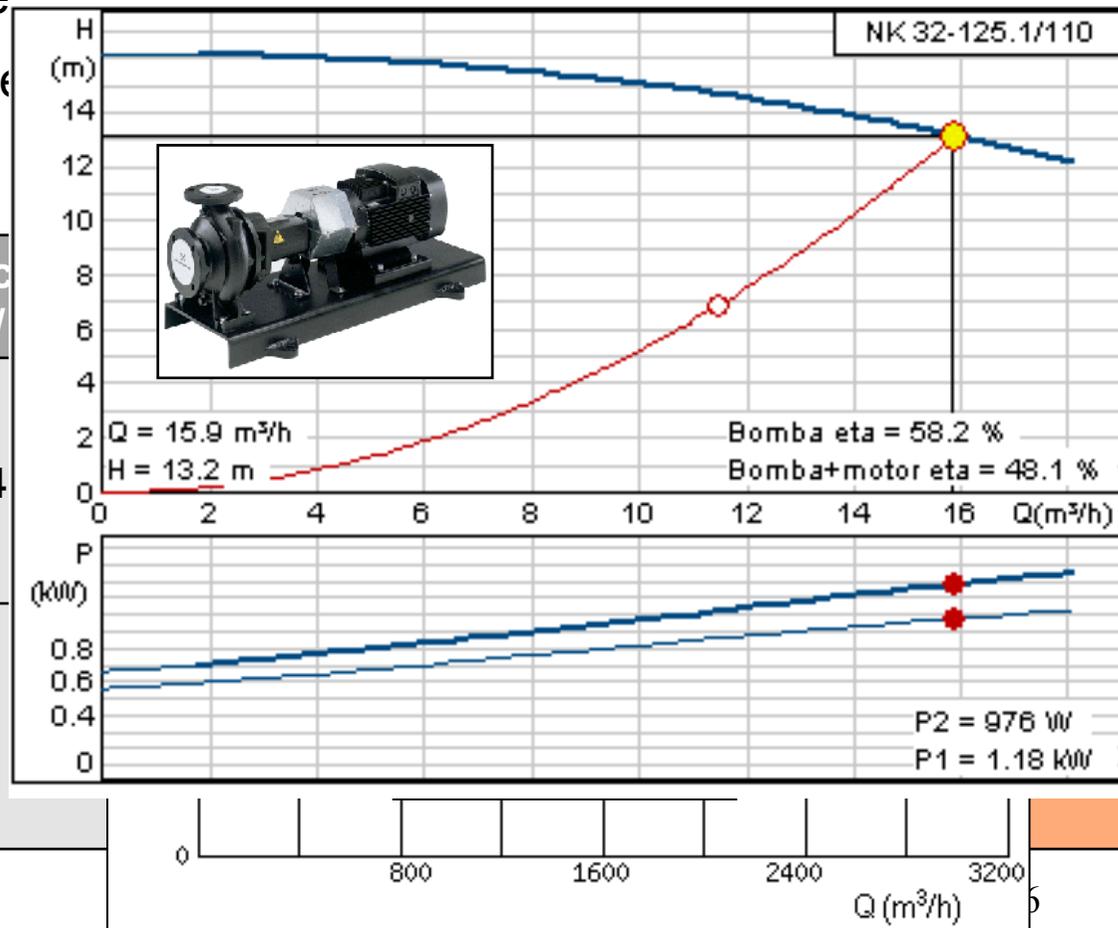
Lo  
Se

Agu

Aire



**GRUNDFOS WEBCAPS**



## 2.1.- Bombas Centrífugas (I)

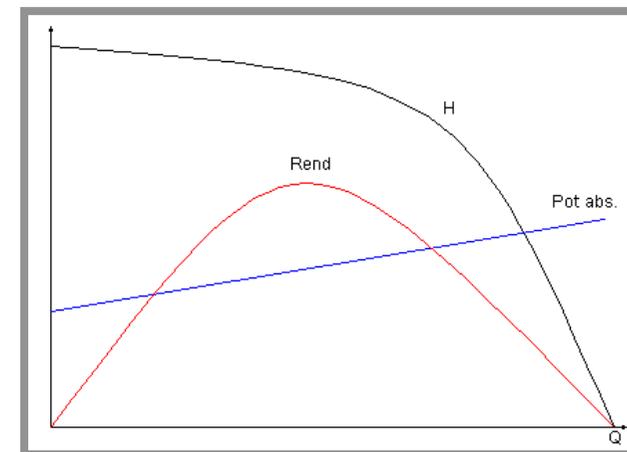
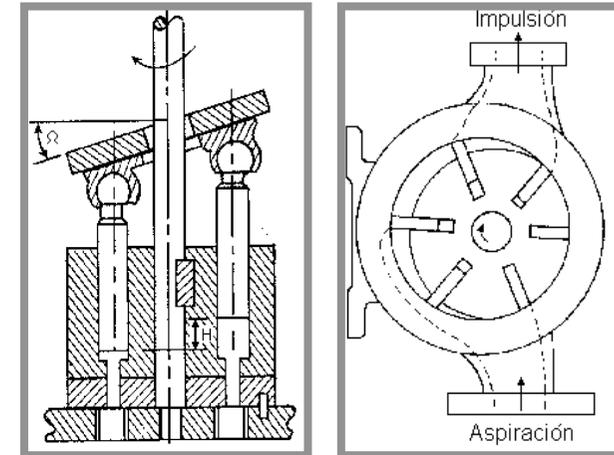
Provocan el movimiento del agua (refrigerante secundario) por la instalación, venciendo las resistencias que impone el circuito hidráulico, mediante la aplicación de una energía

Existen principalmente **dos tipos de bombas**:

- De **desplazamiento positivo**: de embolo, rotativas y de tornillo
- **Centrífugas**; son las empleadas en climatización, producen un flujo continuo; el par de arranque es pequeño, lo que hace fácil su accionamiento

Características:

- caudal ( $m^3/h$  o  $l/h$ )
- presión suministrada o altura  $h$
- altura de aspiración
- potencia consumida
- presión máxima que puede soportar



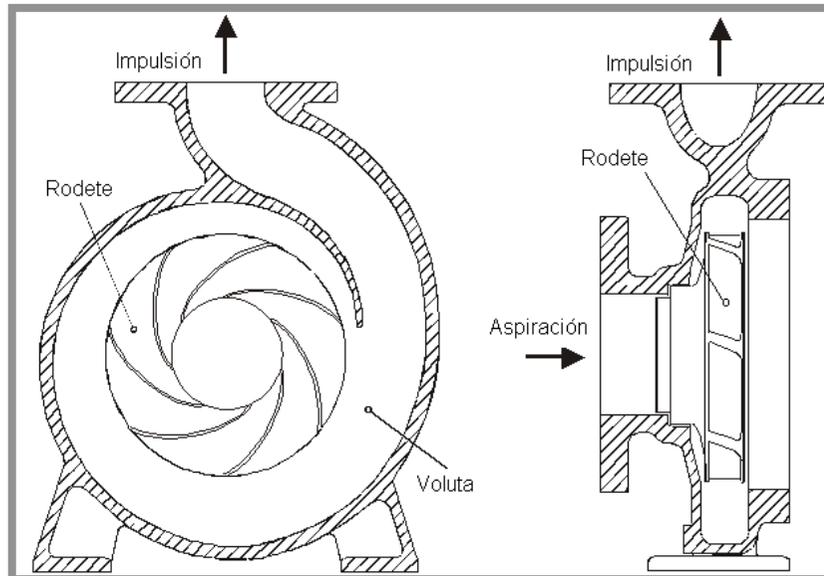
## 2.1.- Bombas Centrífugas (II)

### ***Ventajas:***

de sencilla construcción, no requieren tolerancias estrictas, no necesitan válvulas, no tienen movimientos alternativos, compacta y poco peso, de vida prolongada y fácil mantenimiento

### ***Inconvenientes***

tienen bajos rendimientos con caudales pequeños; y no se autocebaban



Las **partes** de la bomba son:

- El **rodete**
- **Aspiración**
- **Carcasa o voluta.**, puede incluir un *difusor* (sistema de álabes fijos)
- **Empaquetaduras y cierres mecánicos**

## 2.1.- Bombas Centrífugas (III)

### **Clasificación:**

- De **rotor húmedo** (sin mantenimiento, poco ruido; sólo para circuitos cerrados)
- De **rotor seco** (mejor rendimiento)
- De **eje vertical**
- De **eje horizontal**



- Bombas **multifase, multietapa o multiselulares**: tienen varios rodets en serie en una única carcasa

## 2.2.- Cavitación

Es la vaporización del agua dentro por efecto de la depresión creada en la entrada de la bomba ( $p < p_{\text{sat}}$ ;  $f(T)$  )

Es fuente de ruidos, y provoca el desgaste de las piezas por la vibraciones y golpeo

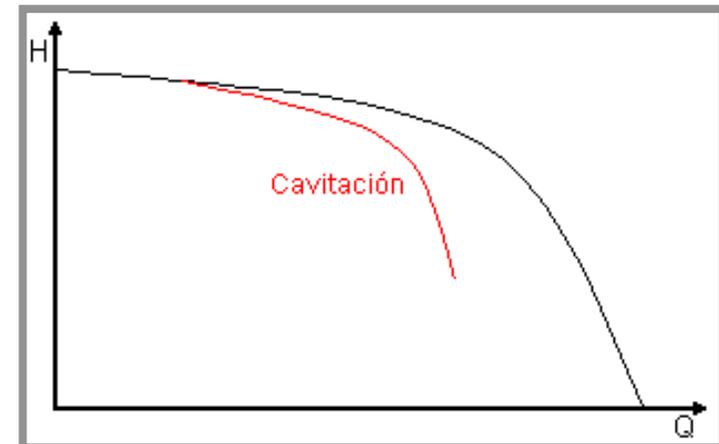
Las bombas tienen una altura de aspiración limitada; se llama **NPSH** (altura neta de succión positiva)

**NPSH requerida** (característica de la bomba)

**NPSH disponible** (característica del circuito)

$$NPSH_d = \frac{p_{\text{atm}} - p_{\text{sat}}}{\gamma} - \Delta\text{cota} - H_{\text{per Tub}}$$

$$NPSH_d \geq NPSH_r + 0,5\text{m}$$



### 2.3.- Leyes de Semejanza

Al variar la velocidad de giro ( $n$ ) aumentan o disminuyen el caudal ( $Q$ ) proporcionalmente, y la presión ( $P$ ) proporcionalmente a  $n^2$

La potencia absorbida ( $Pot_{abs}$ ) es proporcional a  $n^3$

Al variar el diámetro del rodete ( $Dr$ ), varían  $Q$  y  $P$  proporcionalmente

Variando la anchura del rodete, varía el  $Q$  proporcionalmente

Variando la inclinación o el número de álabes cambia la forma de la curva característica  $H - Q$  de la bomba

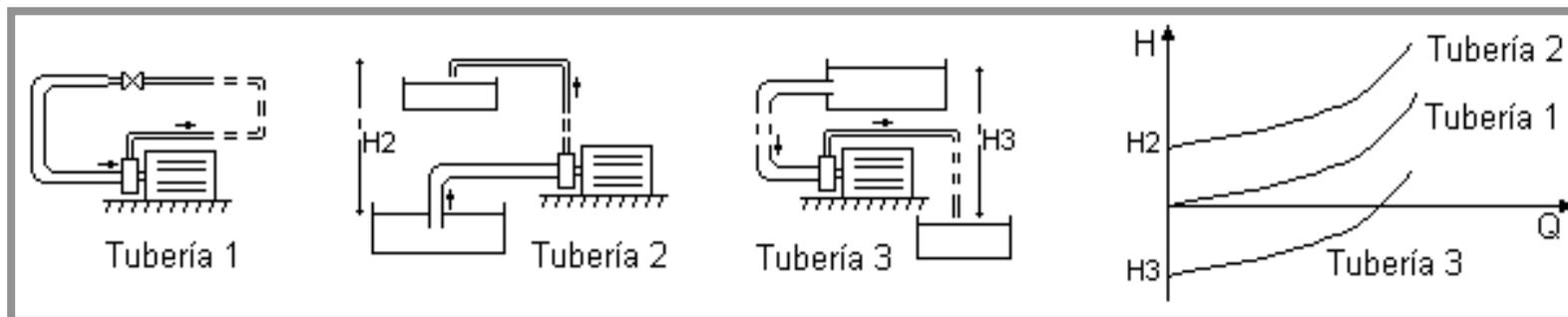
$$\frac{rpm_1}{rpm_2} \text{ ó } \frac{Dr_1}{Dr_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{1/2} = \left( \frac{Pot_{abs 1}}{Pot_{abs 2}} \right)^{1/3}$$

El comportamiento de la bomba se ve afectado por la viscosidad ( $\mu$ ) del fluido, lo que la hace sensible a  $T$  ( $\mu \downarrow$  al  $\uparrow T$ )

Si  $T \downarrow$ :  $\mu \uparrow$ ,  $\uparrow Pot$  y  $\downarrow \eta$  y para un  $Q$  determinado  $H \downarrow$

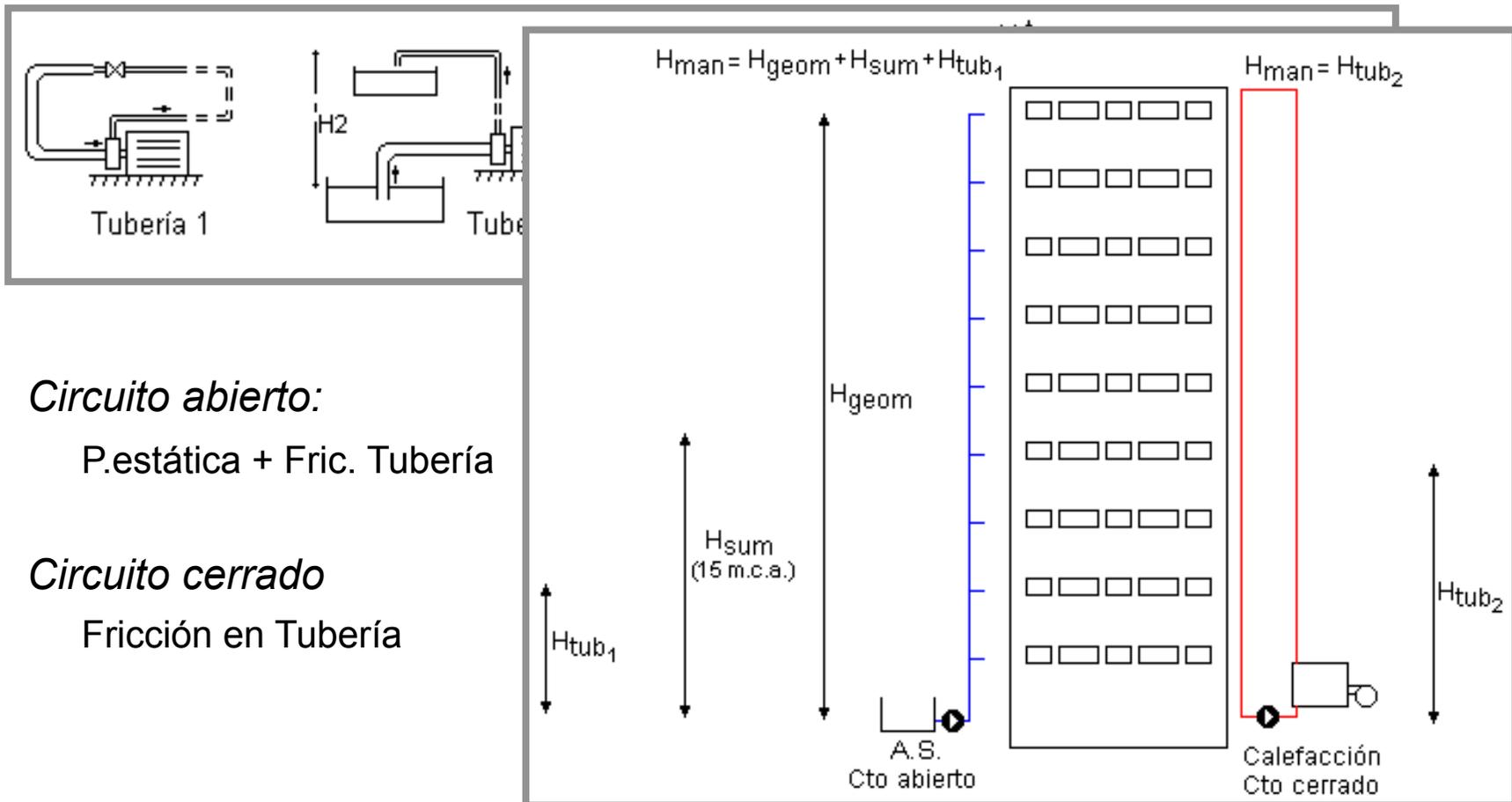
## 2.4.- Punto de Funcionamiento (I)

El funcionamiento está marcado por la intersección entre la curva de la bomba y la de la tubería (parabólica)



**2.4.- Punto de Funcionamiento (I)**

El funcionamiento está marcado por la intersección entre la curva de la bomba y la de la tubería (parabólica)

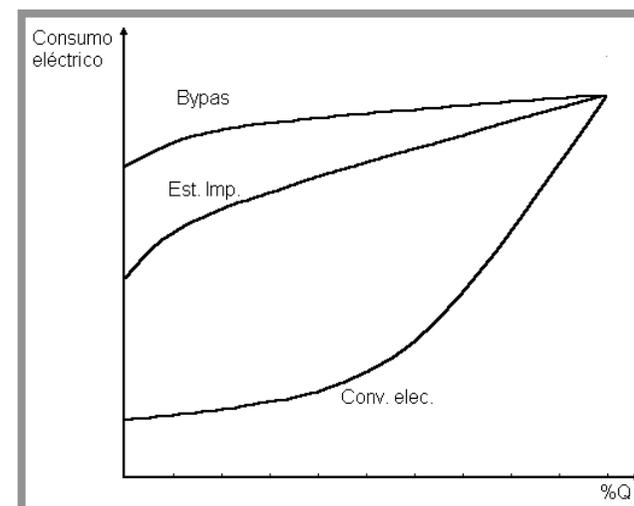
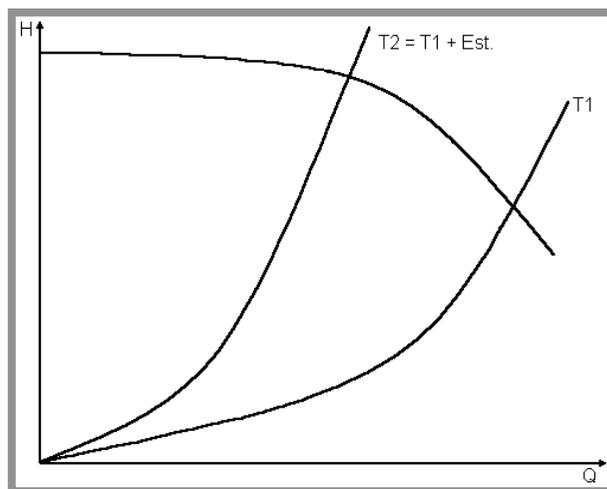
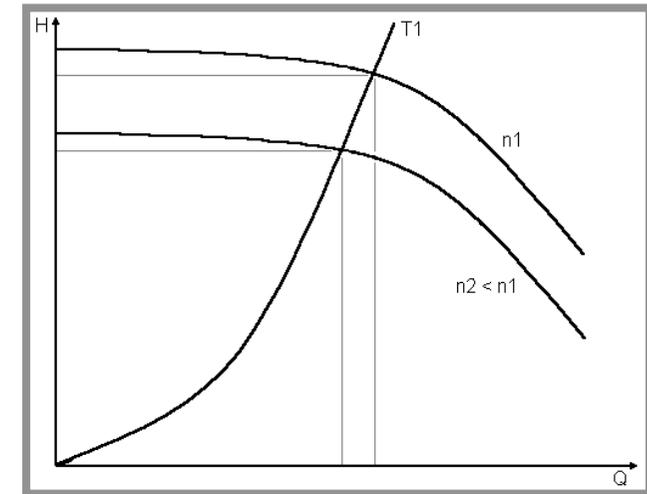


## 2.4.- Punto de Funcionamiento (II)

Para **variar el punto de funcionamiento (I)**:

- Variando la velocidad de giro
- Instalando varias bombas en paralelo
- Provocando una pérdida de carga con una válvula en impulsión
- Con un bypass entre la impulsión y la aspiración

$$\text{Pot} = \gamma H Q \Rightarrow \propto \text{Area}$$

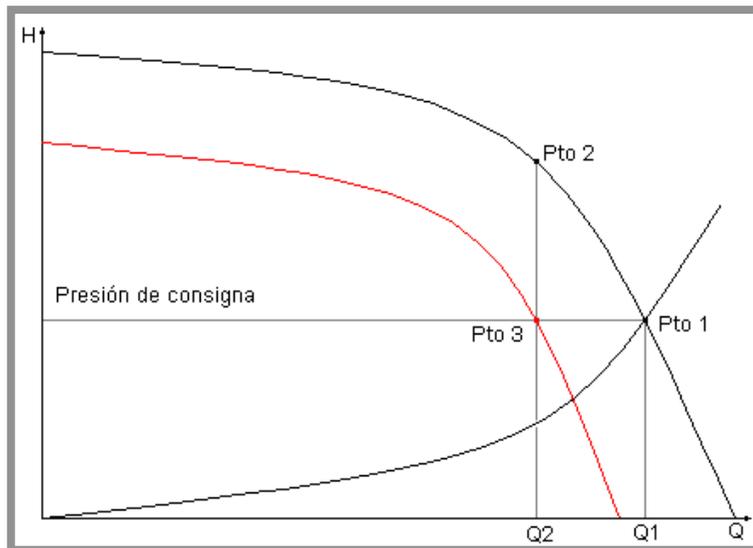


## 2.4.- Punto de Funcionamiento (III)

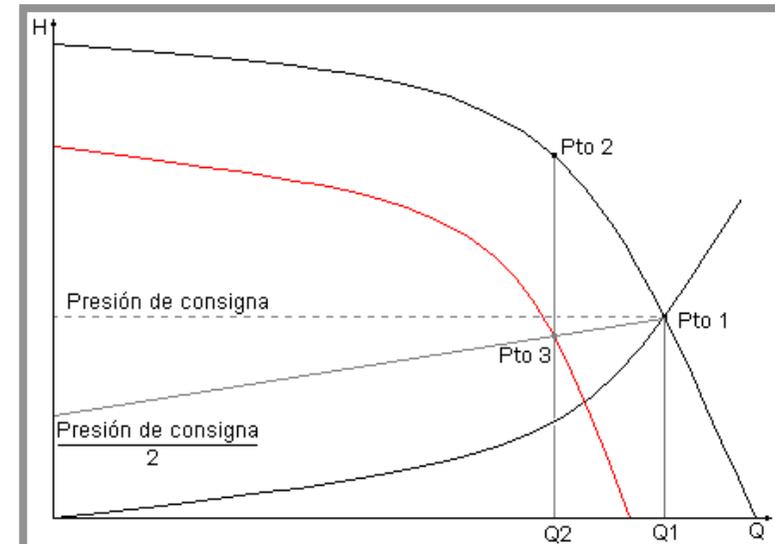
Para *variar el punto de funcionamiento* (II):

- En las bombas *con convertidor electrónico*:
  - Bypas Pto1 al Pto 2
  - Convertidor Pto 1 al Pto 3

$$\text{Pot} = \gamma H Q \Rightarrow \propto \text{Area}$$



Regulación con presión variable



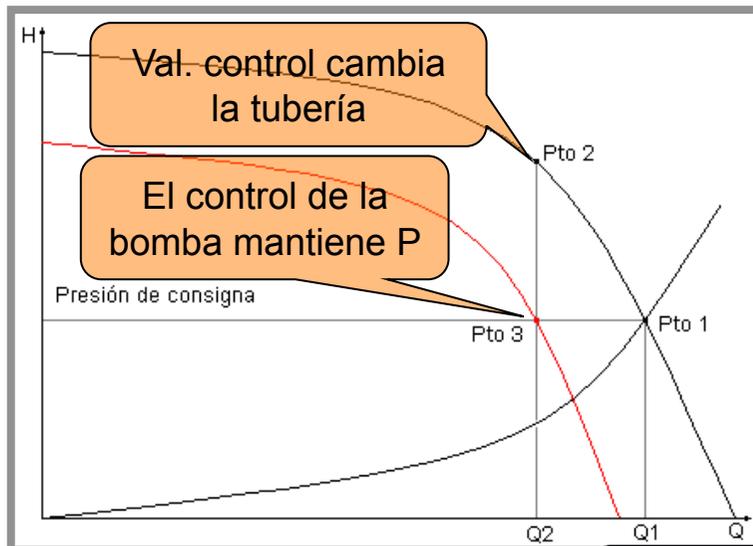
## 2.4.- Punto de Funcionamiento (III)

Para *variar el punto de funcionamiento* (II):

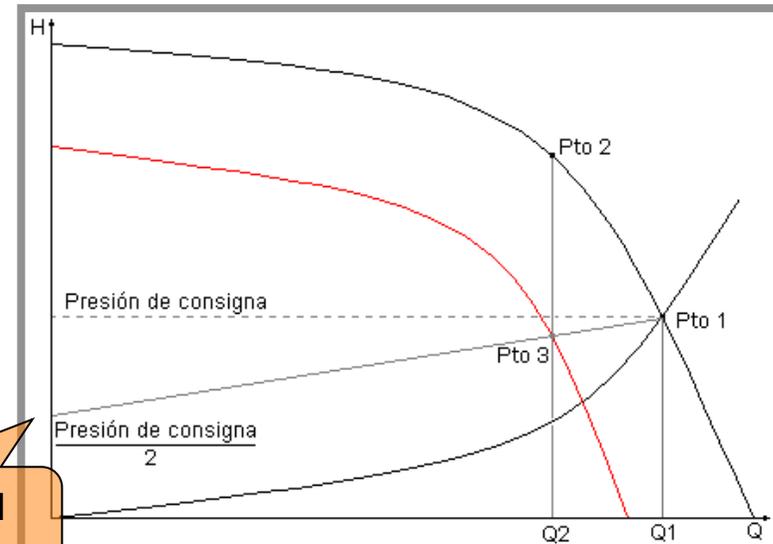
- En las bombas *con convertidor electrónico*:

- Bypas Pto1 al Pto 2
- Convertidor Pto 1 al Pto 3

$$Pot = \gamma H Q \Rightarrow \propto Area$$



Regulación con presión variable



Las Val. control necesitan Pmin

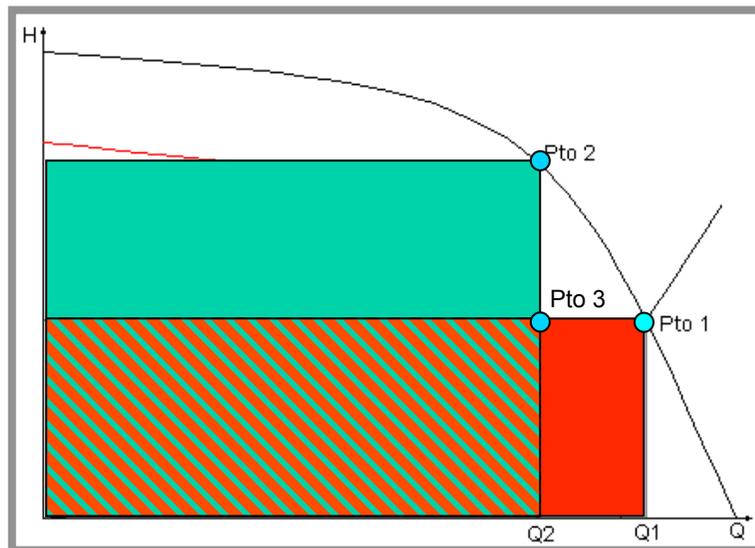
## 2.4.- Punto de Funcionamiento (III)

Para *variar el punto de funcionamiento* (II):

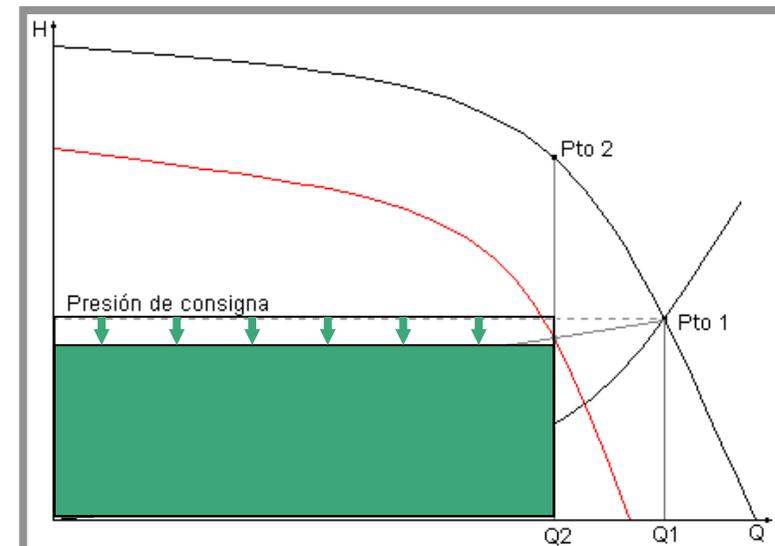
- En las bombas *con convertidor electrónico*:

- Bypas Pto1 al Pto 2
- Convertidor Pto 1 al Pto 3

$$\text{Pot} = \gamma H Q \Rightarrow \propto \text{Area}$$

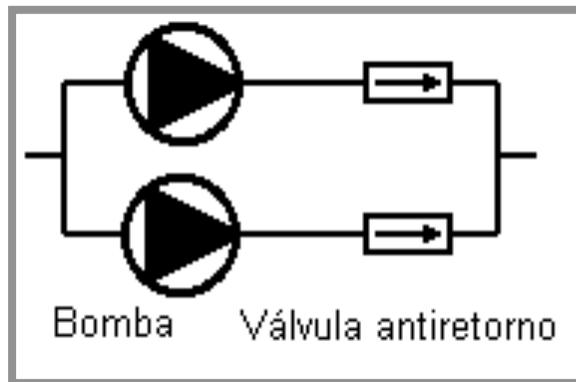


Regulación con presión variable

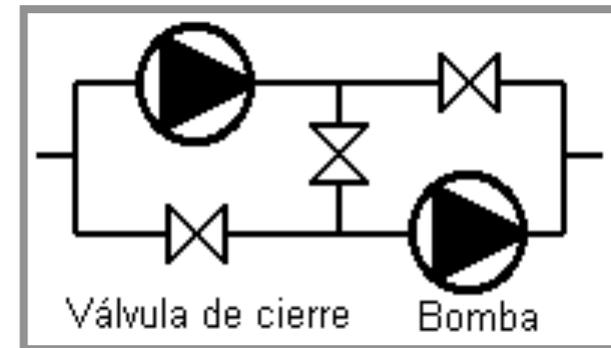


2.5.- Acoplamiento de Bombas (I)

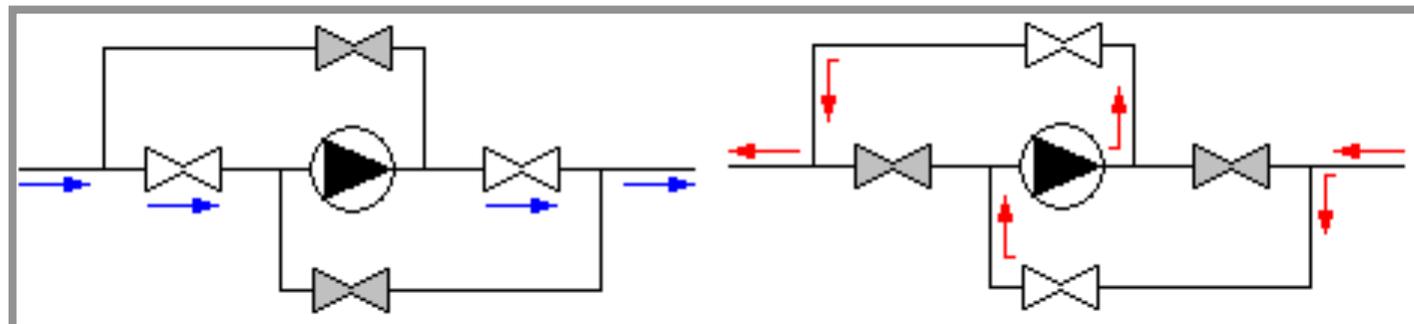
**En paralelo** (“suma” de caudales)



**En serie** (“suma” de presiones)



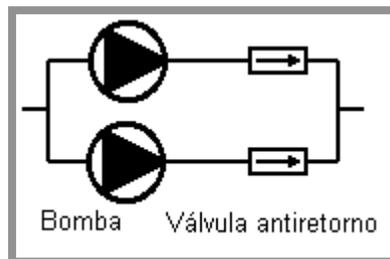
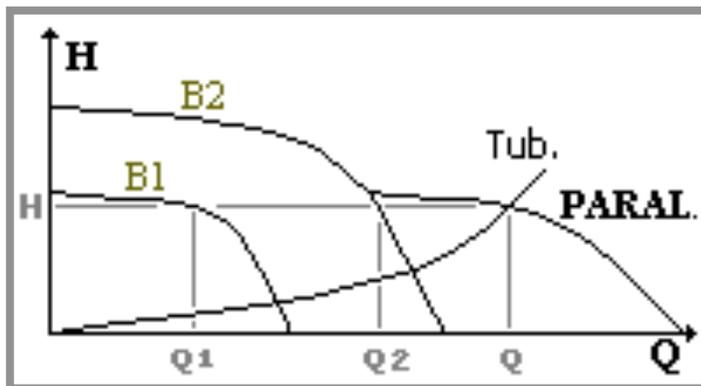
**Una bomba para dos sentidos de circulación**



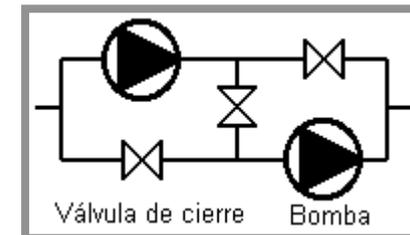
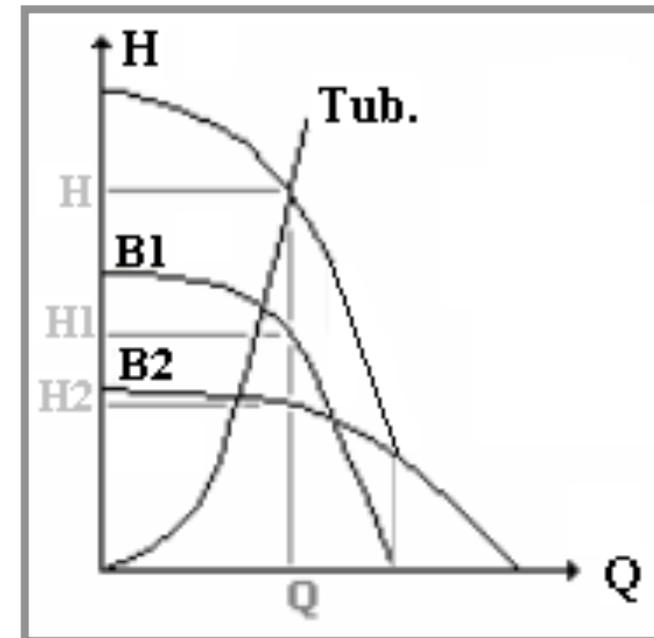
2.5.- Acoplamiento de Bombas (II)

**En paralelo** (“suma” de caudales)

Hay que colocar una válvula antiretorno en cada una de las bombas



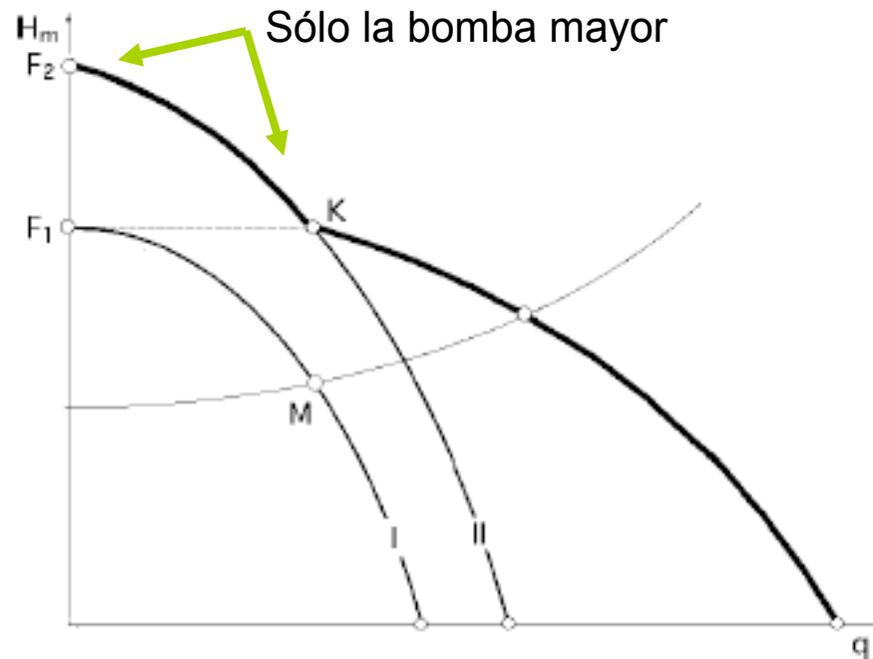
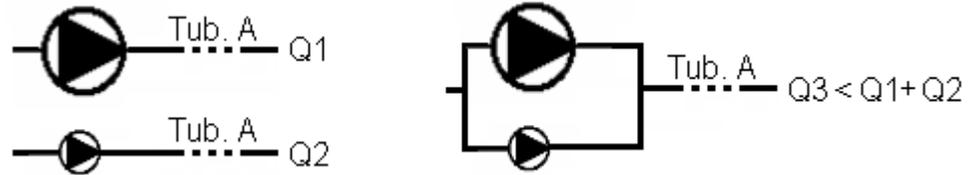
**En serie** (“suma” de presiones)



Con bombas distintas pueden suceder situaciones no deseables

2.5.- Acoplamiento de Bombas (III)

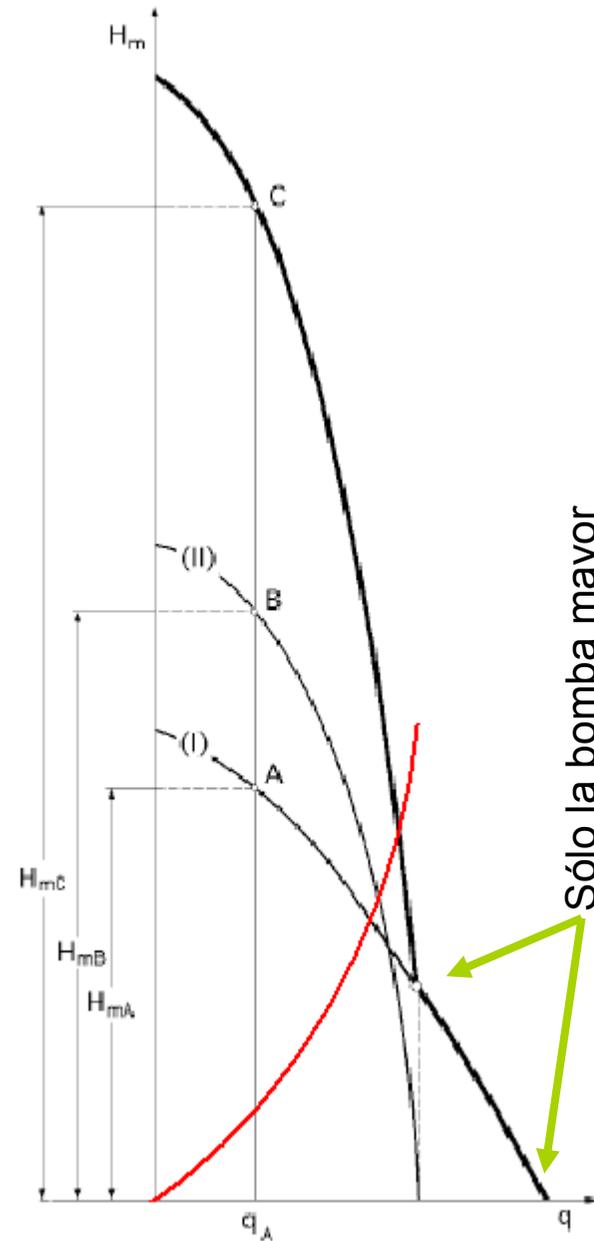
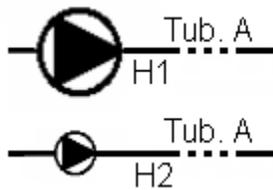
*En paralelo*





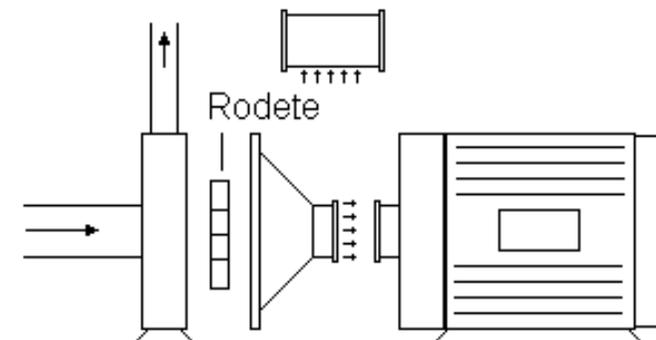
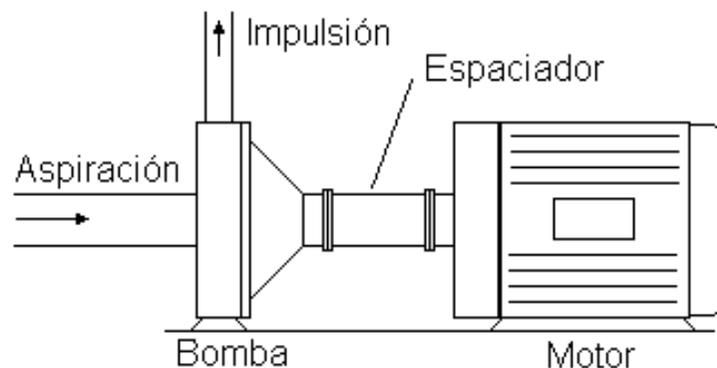
2.5.- Acoplamiento de Bombas (IV)

*En serie*



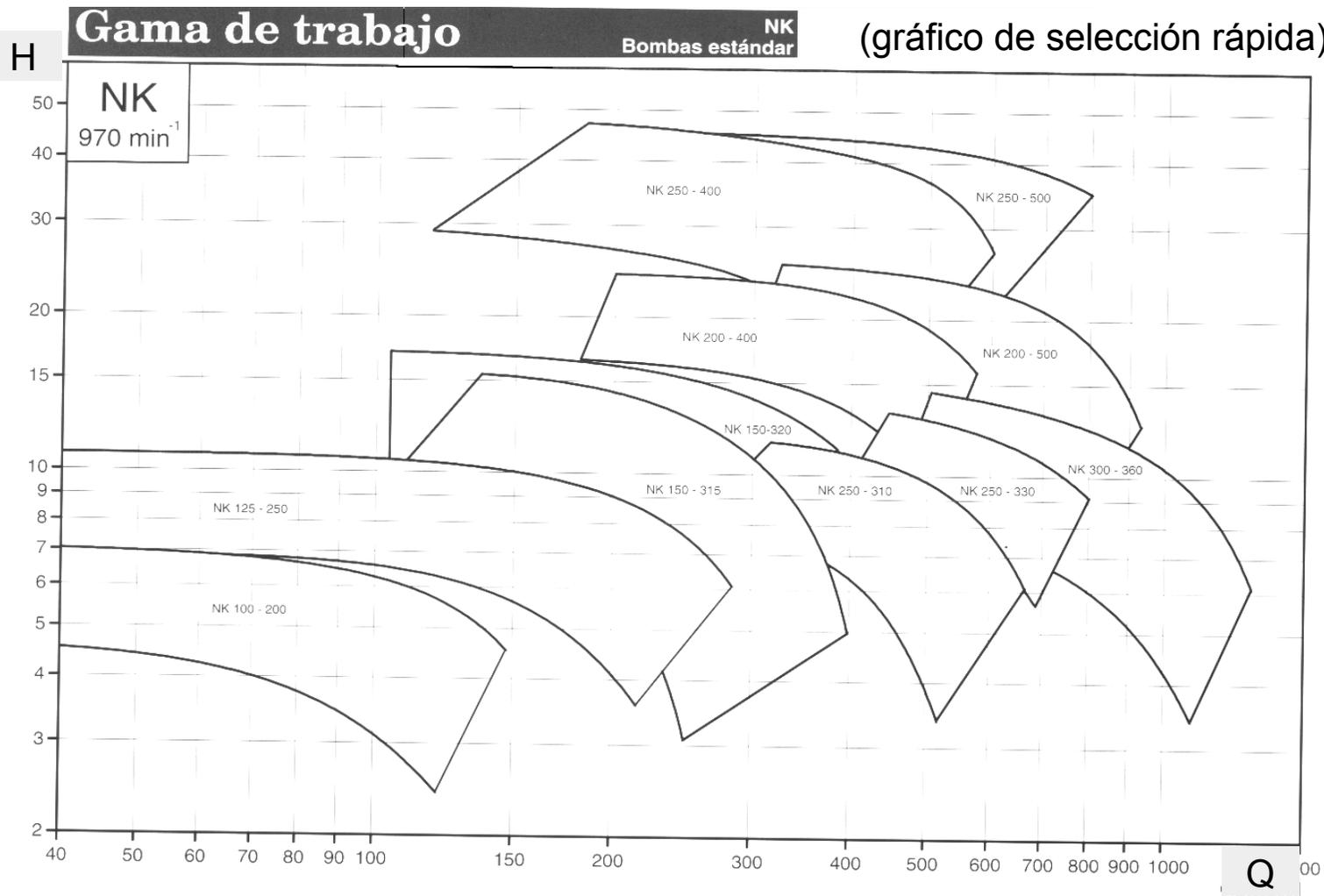
## 2.6.- Montaje e Instalación

- Lugar accesible
- Alineación
- Uniones flexibles
- Válvulas de retención
- Válvulas de cierre
- Elementos de medida
- Fácil aspiración
- Cebado, válvulas de pie de pozo



**2.7.- Selección (I)**

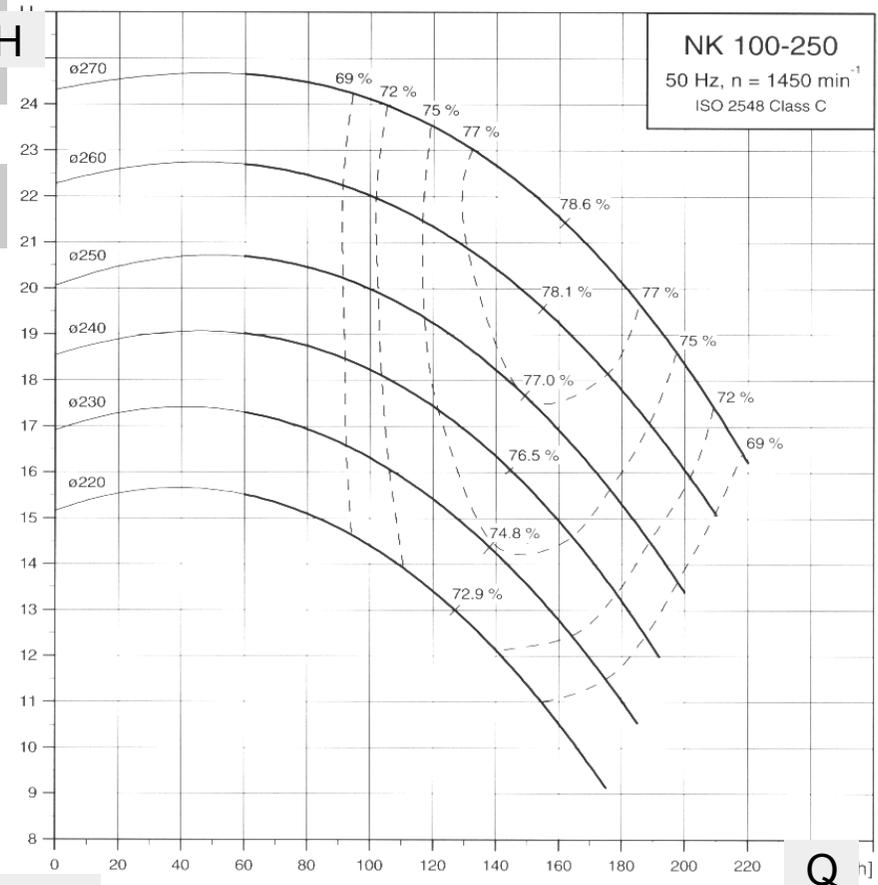
**Curvas del fabricante**  
(gráfico de selección rápida)



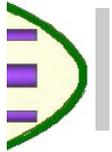
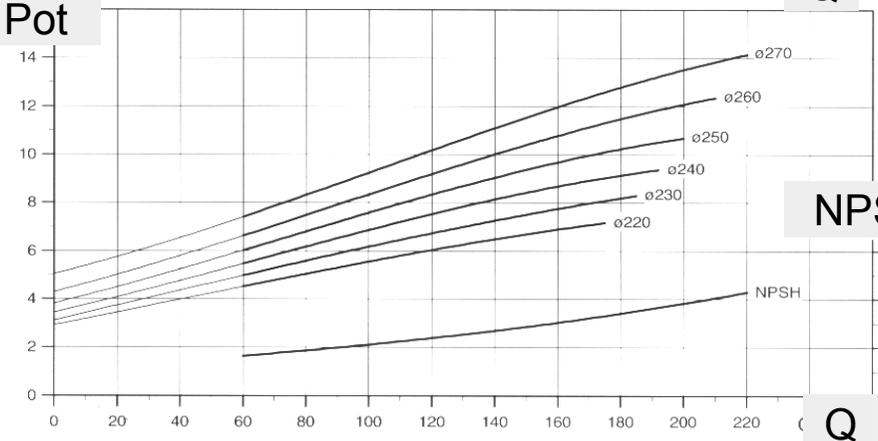
2.7.- Selección (II)

**Curvas del fabricante**  
(Familia de curvas)

**Curvas características** NK Bombas estándar



Pot



## 2.8.- Tuberías (I)

Usualmente, la instalación de tuberías es **bitubular** (ida y retorno)

El **caudal** a circular por cada elemento depende de la potencia calorífica, del calor específico del fluido caloportador y de sus  $T^{as}$  de entrada y salida

$$Q \text{ (kg/h)} = \frac{P \text{ (kW)}}{C_e \text{ (kWh / } ^\circ\text{C kg)} (T_i - T_s) \text{ (} ^\circ\text{C)}}$$

La **velocidad** del agua recomendable es inferior a 2 m/seg, en interior de viviendas menor a 1 m/s

Las **tuberías** deben estar aisladas, las pérdidas térmicas máximas no deben ser superiores al 5% de la potencia útil instalada

Hay que considerar la **dilatación** que sufren las tuberías por efecto de la diferencia de temperatura del agua (*cuidado con tuberías plásticas*)

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

## 2.8.- Tuberías (II)

### Perdidas de carga (I):

- **Pérdidas de carga estáticas**; definida por la altura geométrica del circuito; en circuitos cerrados no ha de tenerse en cuenta
- Las **pérdidas de carga dinámicas**, en los elementos de la instalación
  - Accidentales; en accesorios (codos, válvulas, ...)  $\Rightarrow$  long equivalente

Diámetro mm	Codo 90°	Curva 90°	T rama alineada	T rama derivación
25	0,43	0,41	0,26	1
50	0,38	0,3	0,2	0,84
100	0,31	0,22	0,15	0,7

- Continuas; en tubería

$$\Delta H = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

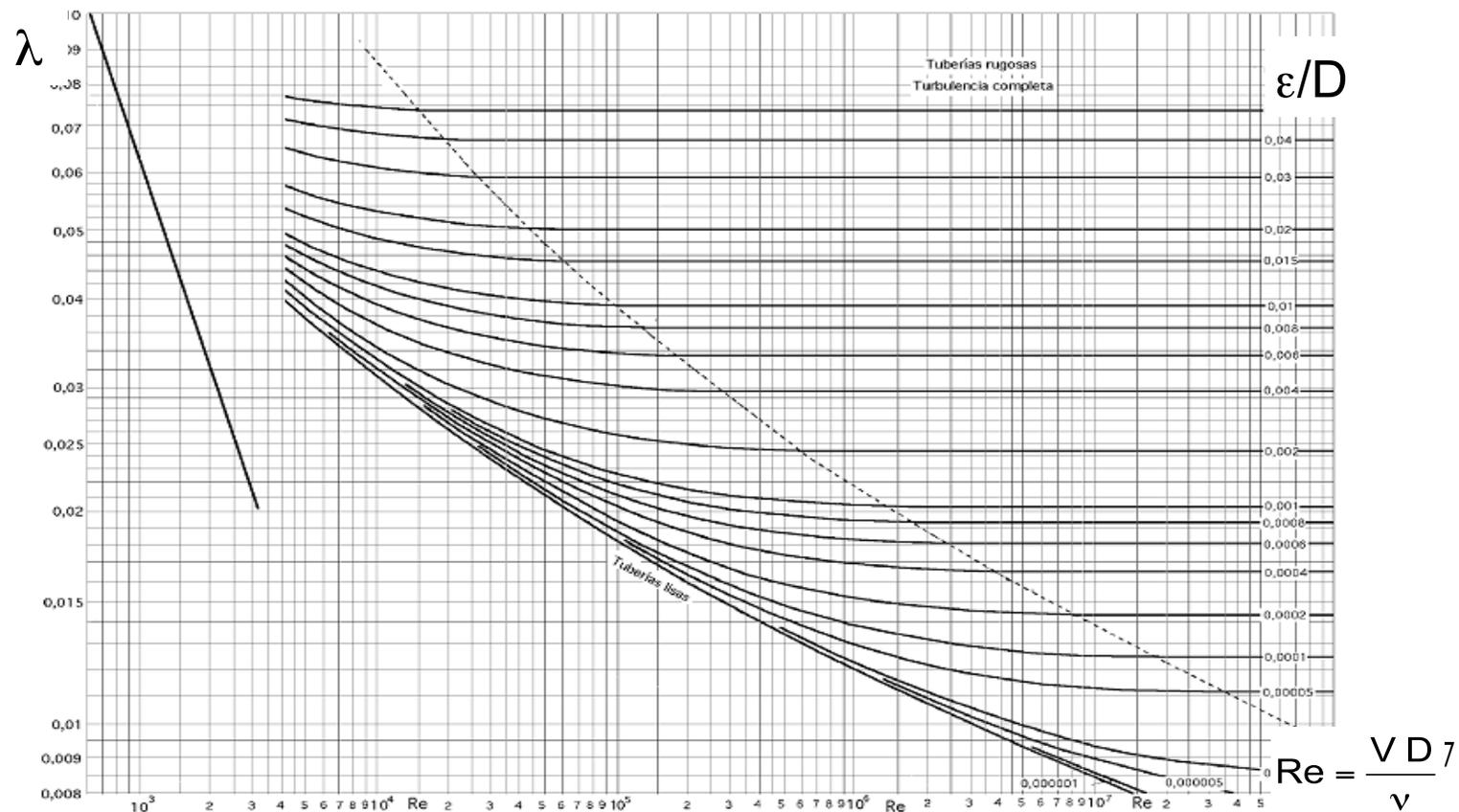
- $\lambda$  es el factor de fricción
- L es la longitud del tubo en m
- V es la velocidad del agua en m/seg
- D es el diámetro interior del tubo en m
- g es la fuerza de la gravedad en m/s<sup>2</sup>

**(+ L<sub>eq</sub>)**

## 2.8.- Tuberías (III)

### Perdidas de carga (II):

- Las **pérdidas de carga dinámicas accidentales**, en los elementos de la instalación
  - Continuas; en tubería



2.9.- Tuberías (IV)

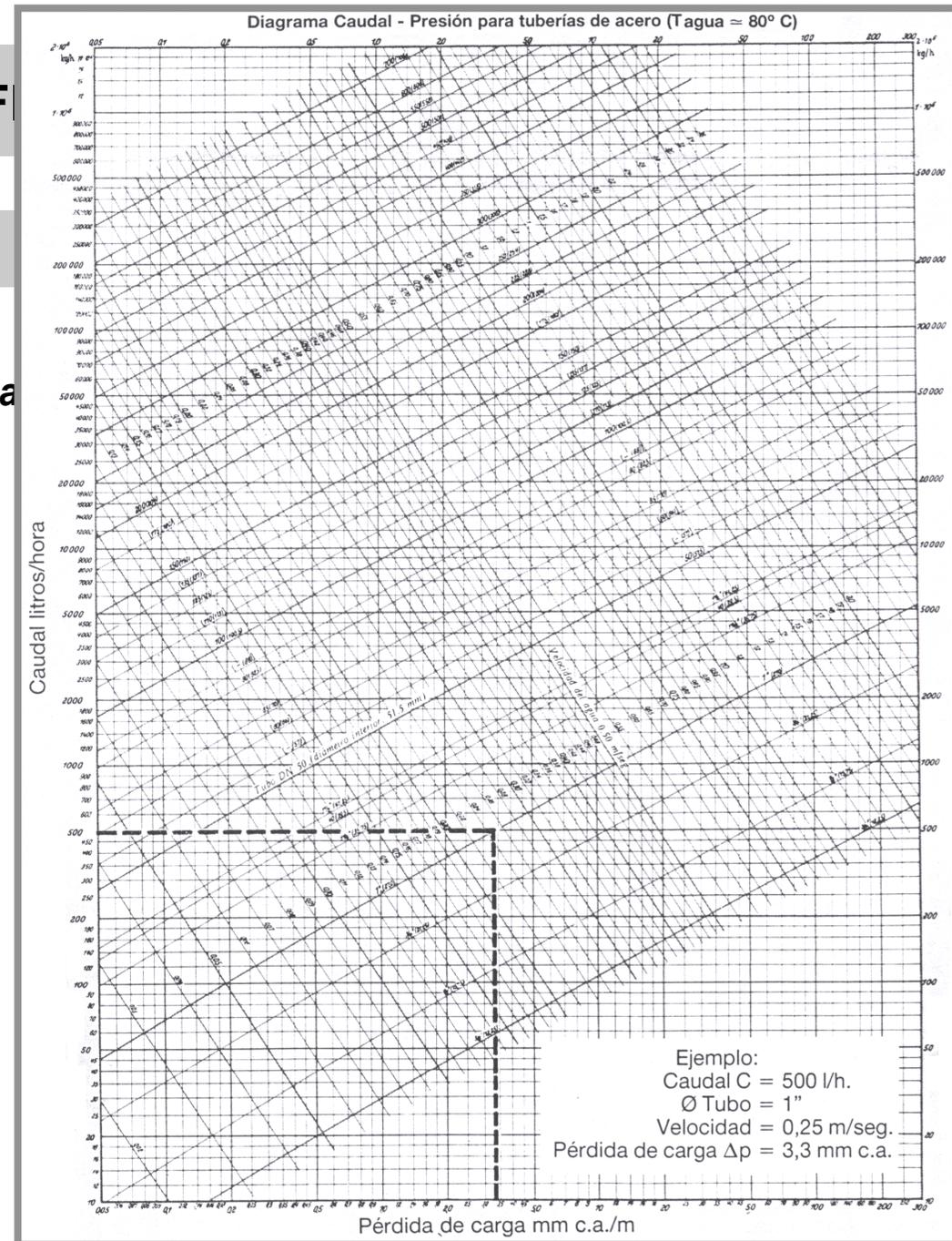
Perdidas de carga (III):

- Las **pérdidas de carga dinámica**
  - Continuas; en tubería

El método usual para las tuberías es el gráfico:

- Fluido
- T<sup>a</sup> fluido
- Material tubo

Típico entre 20 y 40 mm.c.a./m.l.t.



## 2.8.- Tuberías (V)

### Características

	Cobre	Acero	Polibutileno (PB)	Polipropileno (PP-C)	Polietileno reticulado (PER)
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )			0,93	0,91	0,94
Resistencia a rotura (N/mm <sup>2</sup> )			33	45	23
Alargamiento hasta rotura (%)			280	1.100	250
Módulo elasticidad (N/mm <sup>2</sup> )			350	1.000	750
Conductividad térmica (W/m°C)			0,22	0,22	0,38
Coeff. dilatación lineal (mm/m°C)			0,13	0,18	0,19

**2.9.- Otros Elementos (I)**

Debe diseñarse un sistema de **llenado y vaciado**

Deben instalarse **válvulas de cierre** antes y después de cada elemento (sustitución, mantenimiento, ...)

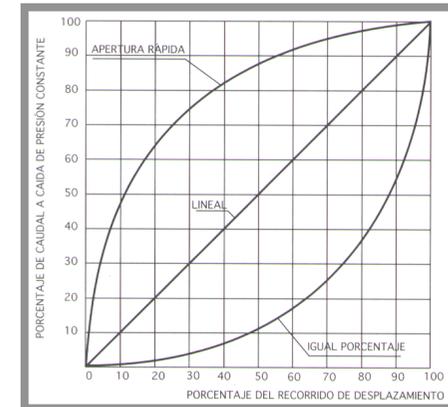
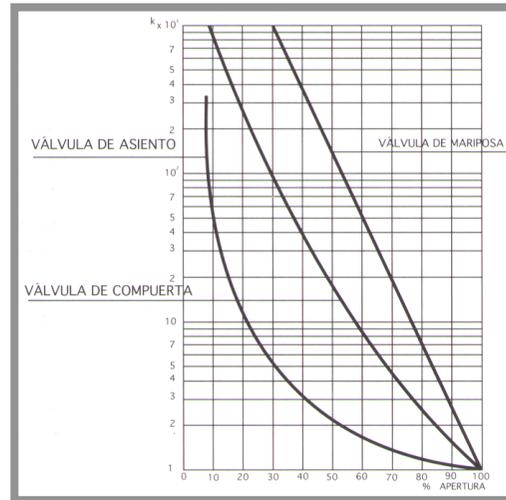
<i>Tipo de Válvula</i>	<i>Estanquidad</i>	<i>Pér. carga</i>	<i>Duración</i>
Asiento	Muy buena	Regular	Muy buena
Comp. libre dilatación	Buena	Muy buena	Buena
Comp. ajuste mecánico	Buena	Muy buena	Buena
Comp. asientos oblicuos	Buena	Muy buena	Muy buena
Macho	Buena	Buena	Buena



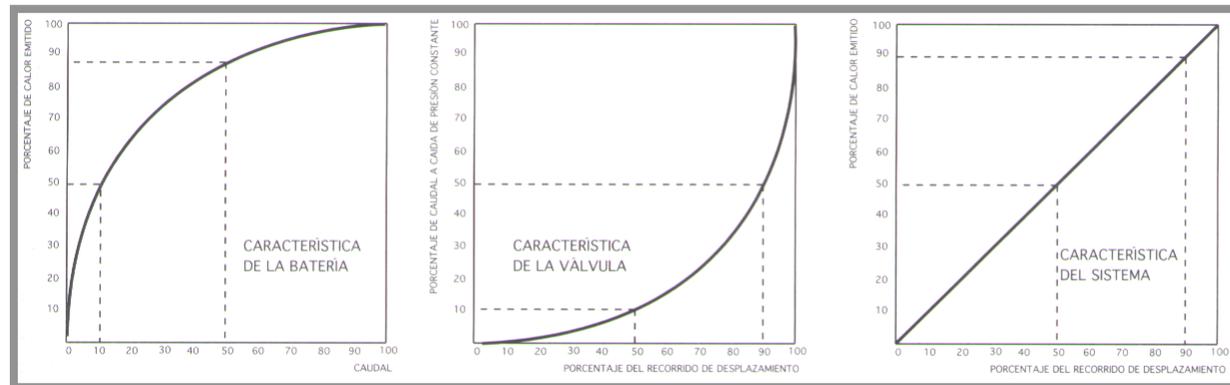
2.9.- Otros Elementos (II)

La **capacidad de regulación de las válvulas** es la variación de la pérdida de carga y del caudal en función de su apertura.

$$k_x = \frac{K_{x\%}}{K_{100\%}}$$



Combinar la característica de las válvulas y las de los elementos que controlan



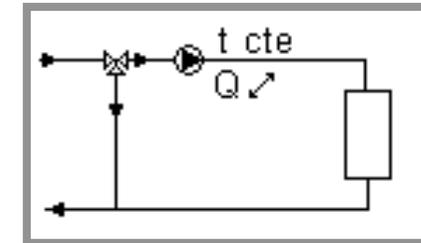
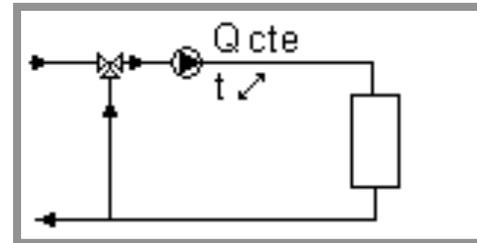
RITE:

$\Delta P$  Válvula de control ( $Q_{max}$  y abierta) sea de 0,6 a 1,3 la del elemento controlado

### 2.9.- Otros Elementos (III)

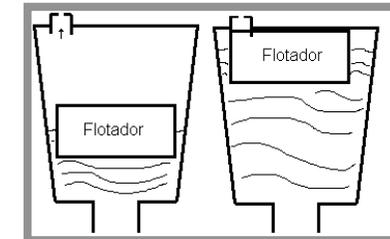
Válvulas de 3 vías:

- Mezcladoras (Q cte, T var)
- Desviadoras (Q var, T cte)



Mejor V. 2 vías (Q var, T cte)

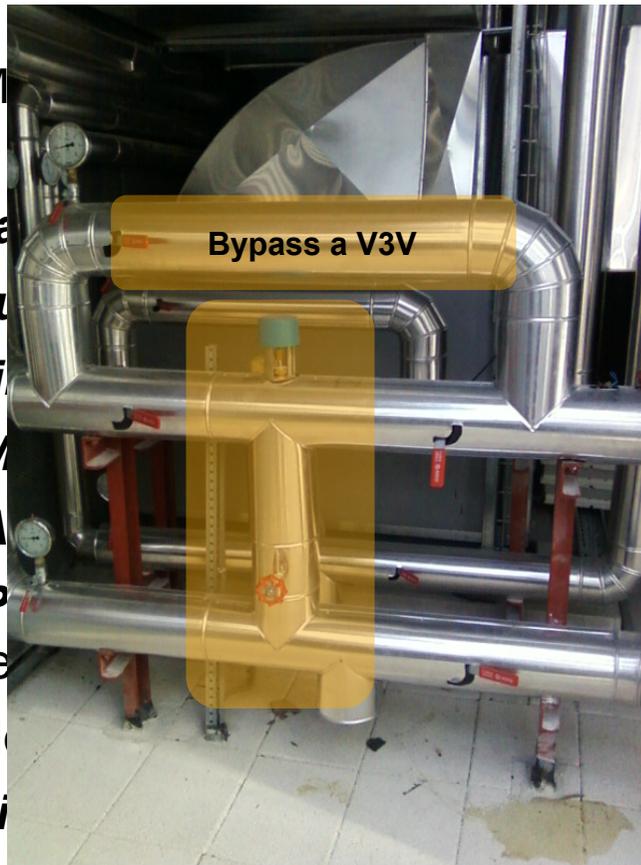
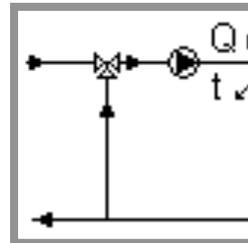
- **Válvula de seguridad** (sobrepresiones)
- **Purgadores y pendientes** del 0,2% (aire)
- **Filtros**
- **Medida de presión** y de **temperatura**
- **Aislamiento térmico** (pérdidas, condensaciones y quemaduras)
- **Protección contra la no circulación de agua** para evitar congelaciones de agua en las enfriadoras o temperaturas excesivas en las calderas (detector de flujo: presotato diferencial entrada-salida)
- **Dispositivos antivibratorios** antes y después de la bomba



**2.9.- Otros Elementos (III)**

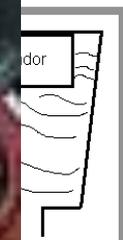
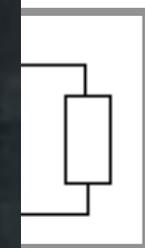
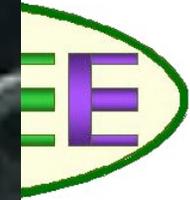
Válvulas de 3 vías:

- Mezcladoras (Q cte, T var)
- Desviadoras (Q var, T cte)



- **Válvulas**
- **Pumpas**
- **Filtros**
- **Motores**
- **Accesorios**
- **Pérdidas**
- de
- (d)
- **Dispositivos**

esiones)  
,2% (aire)  
**temperatura**  
condensacione  
**ación de agua**  
temperaturas exce  
encial entrada-s  
tes y después c



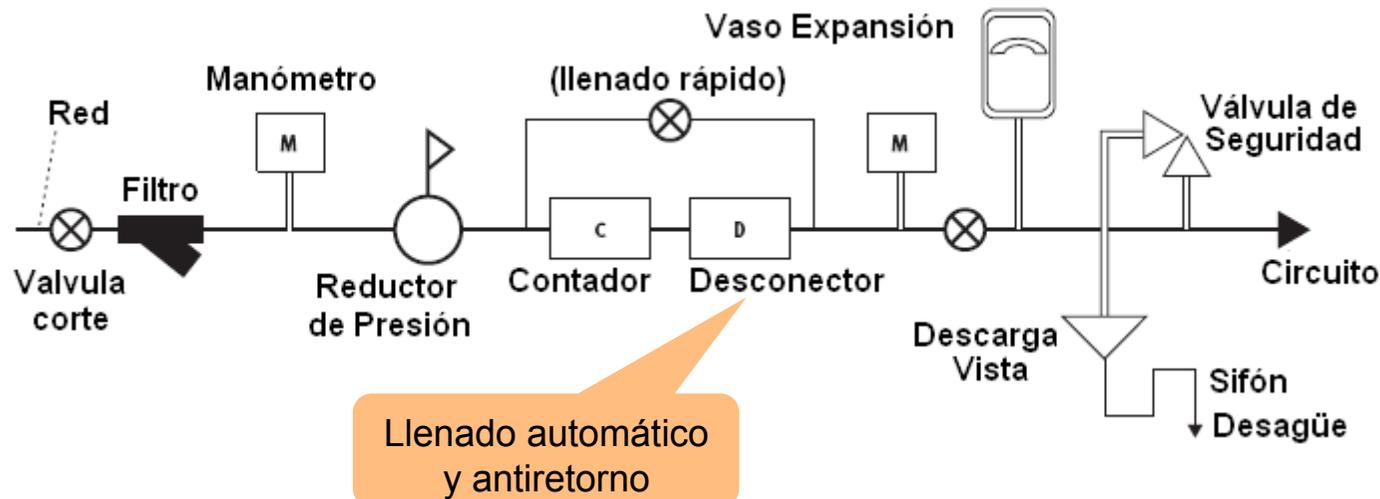
## 2.9.- Otros Elementos (IV)

### Sistema de Alimentación, Expansión y Seguridad (SAES)

- **Depósito de expansión**, sirve de presión de referencia en el cto (pto más elevado de 2 a 3 m.c.a.) y para absorber las dilataciones del agua

Si hay un aparte solar, debe estar dimensionado para la max T de trabajo posible (150 – 220°C), debe contener vapor, volumen del 110% del agua de la instalación

- Sistema de **llenado y vaciado**



2.9.- Otros Elementos (V)

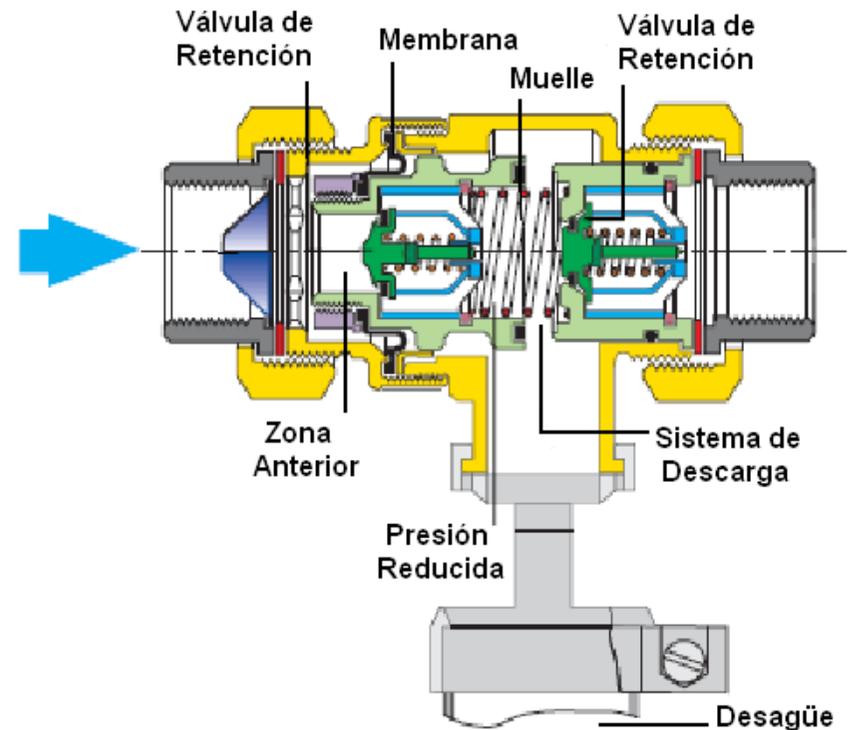
**Desconector (I):**

Se utiliza en aquellas instalaciones donde existe riesgo de contaminación de la red de agua potable

Evitar que una disminución accidental de la presión en la red urbana provoque que esta aspire agua contaminada

Si el sentido de flujo es correcto, las dos válvulas de retención están abiertas

La diferencia de presión entre la red urbana y la de presión reducida hace que la membrana presione el muelle manteniendo cerrada la válvula de descarga al desagüe

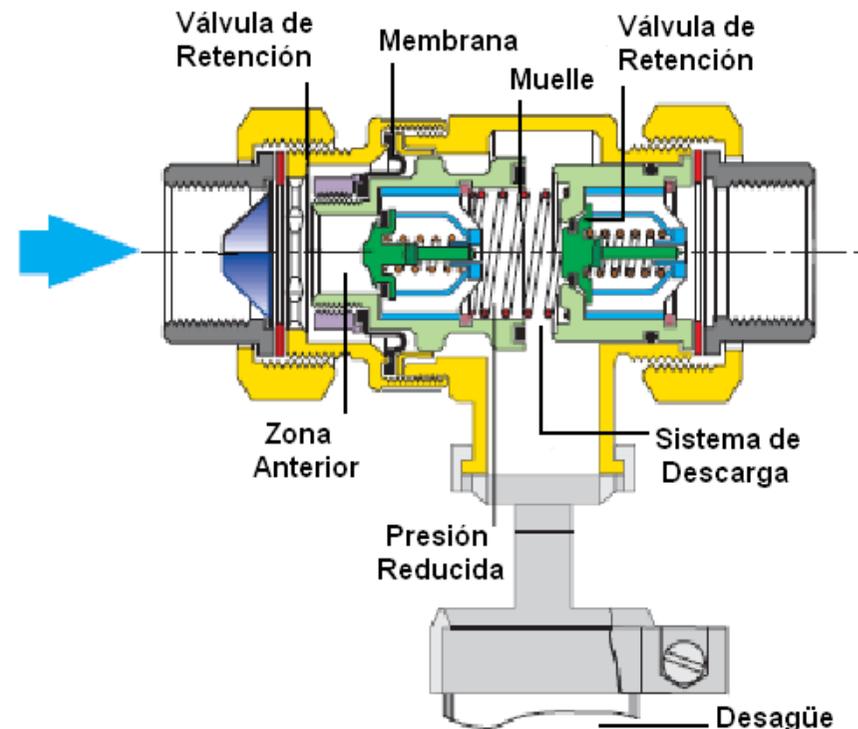


2.9.- Otros Elementos (VI)

**Desconector (II):**

Cuando termina el llenado de la instalación, las dos válvulas de retención se cierran, y la descarga al desagüe permanece cerrada

Si disminuye la presión en la red urbana las válvulas de retención se cierran, y el muelle abre la válvula de descarga, evacuando al desagüe el líquido contenido en el desconector, creando una zona de aire (de seguridad) que impide que el agua contaminada del tramo posterior vuelva a la red interior si la última válvula de retención se avería.



## 2.9.- Otros Elementos (VII)

El RITE marca el nivel de **aislamiento** mínimo de las tuberías

Para  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  a  $10^\circ\text{C}$ :

Diámetro exterior (mm)	Tubería en interior			Tubería en exterior		
	T <sup>a</sup> max fluido <b>caliente</b> (°C)					
	40 a 60	60 a 100	100 a 180	40 a 60	60 a 100	100 a 180
$D \leq 35$	25	25	30	35	35	40
$35 < D \leq 60$	30	30	40	40	40	50
$60 < D \leq 90$	30	30	40	40	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	40	50	60
$140 < D$	35	40	50	45	50	60

Pérdidas < 4% de la Potencia máxima que transporta

Si funcionamiento todo el año (ACS), se aumentan 5 mm

## 2.9.- Otros Elementos (VIII)

El RITE marca el nivel de **aislamiento** mínimo de las tuberías

Para  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  a  $10^\circ\text{C}$ :

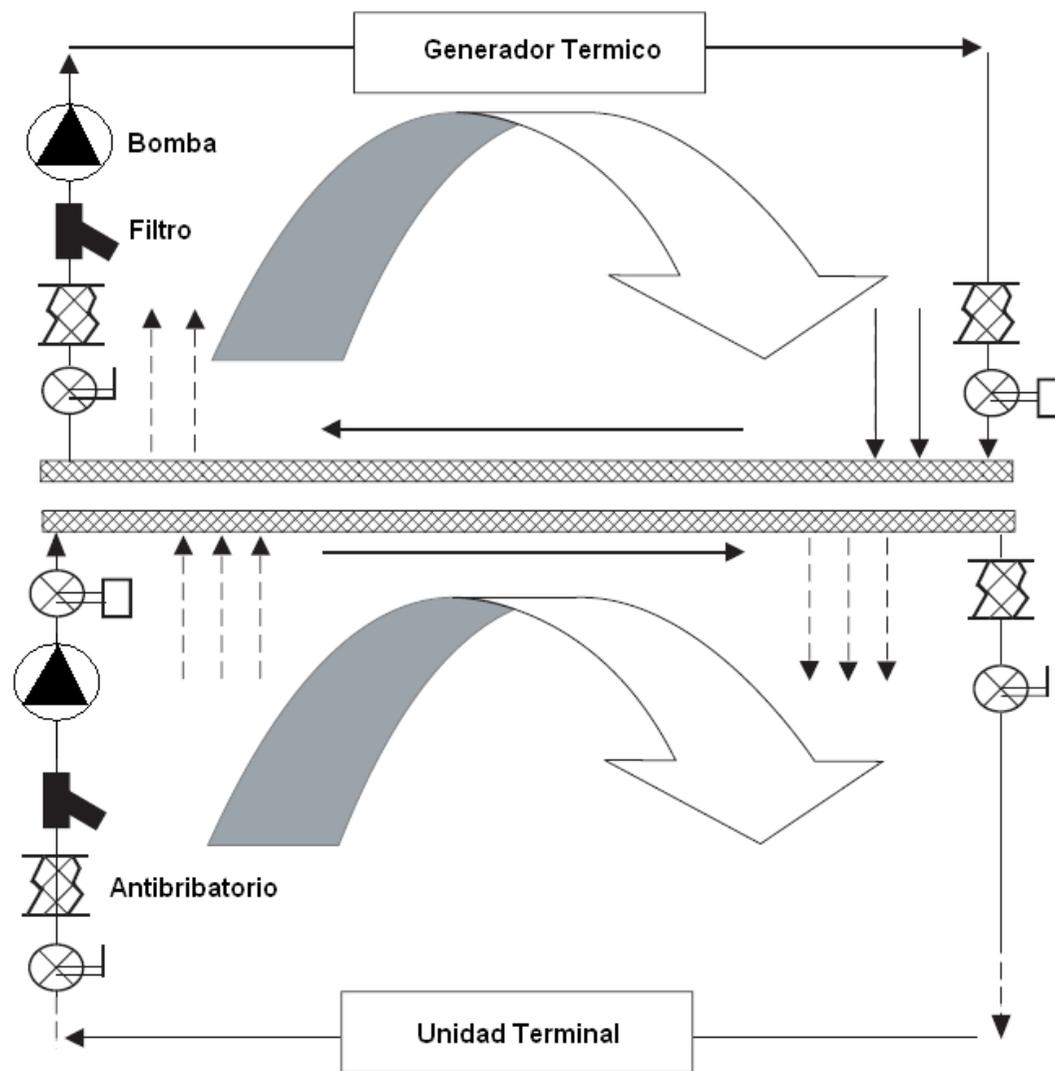
Diámetro exterior (mm)	Tubería en interior			Tubería en exterior		
	T <sup>a</sup> max fluido frío (°C)					
	-10 a 0	0 a 10	10 <	-10 a 0	0 a 10	10 <
D ≤ 35	30	20	20	50	40	40
35 < D ≤ 60	40	30	20	60	50	50
60 < D ≤ 90	40	30	30	60	50	50
90 < D ≤ 140	50	40	30	70	60	60
140 < D	50	40	30	70	60	60

Pérdidas < 4% de la Potencia máxima que transporta, y evitar condensaciones

Si funcionamiento todo el año, se aumentan 5 mm

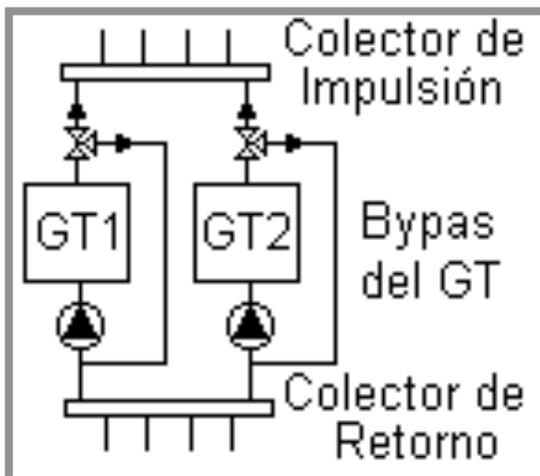
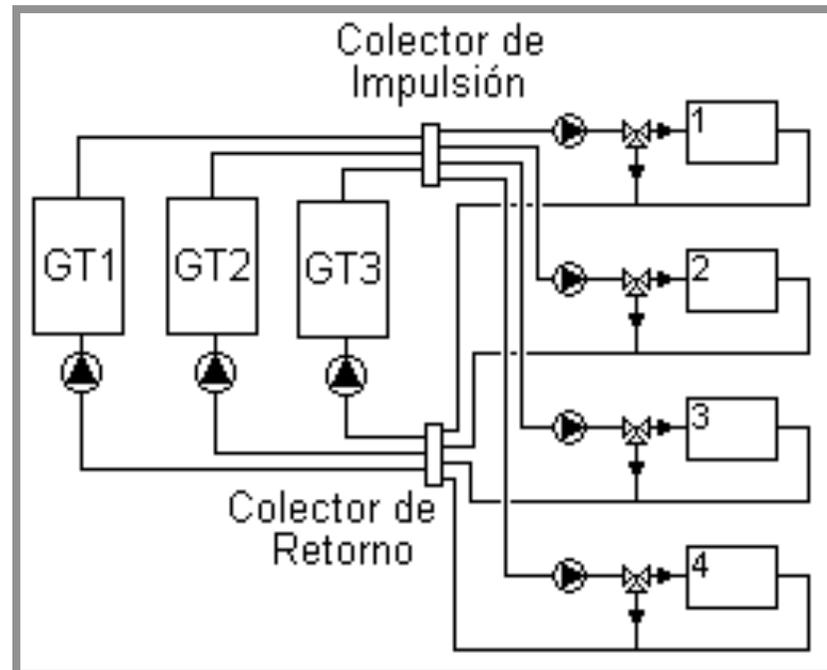
2.10.- Colectores (I)

Permitir que cada circuito primario o secundario sea independiente de los demás



2.10.- Colectores (II)

- Impulsión
- Retorno

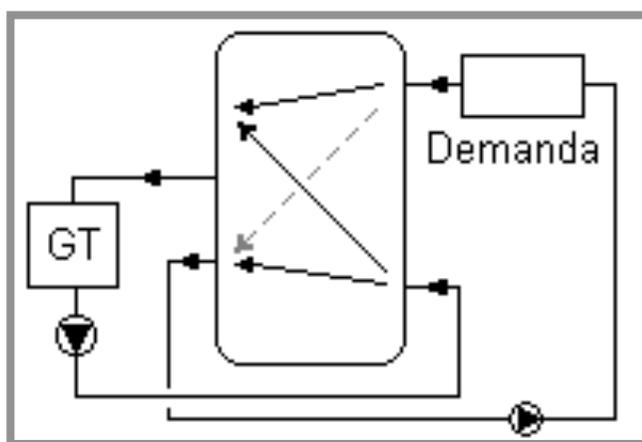
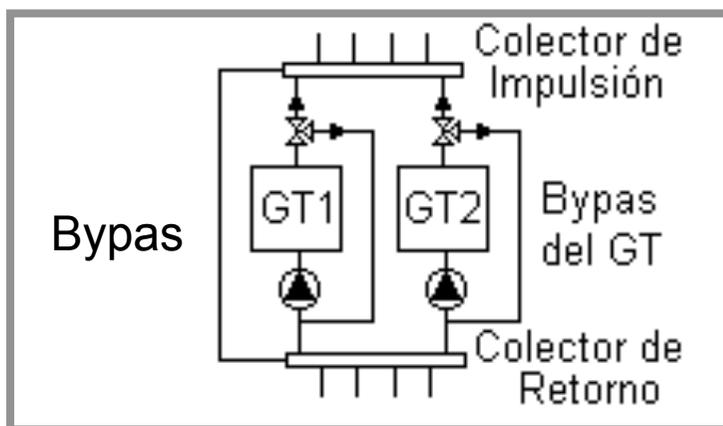


Posible problema si control del grupo se realiza con válvula de 3 vías

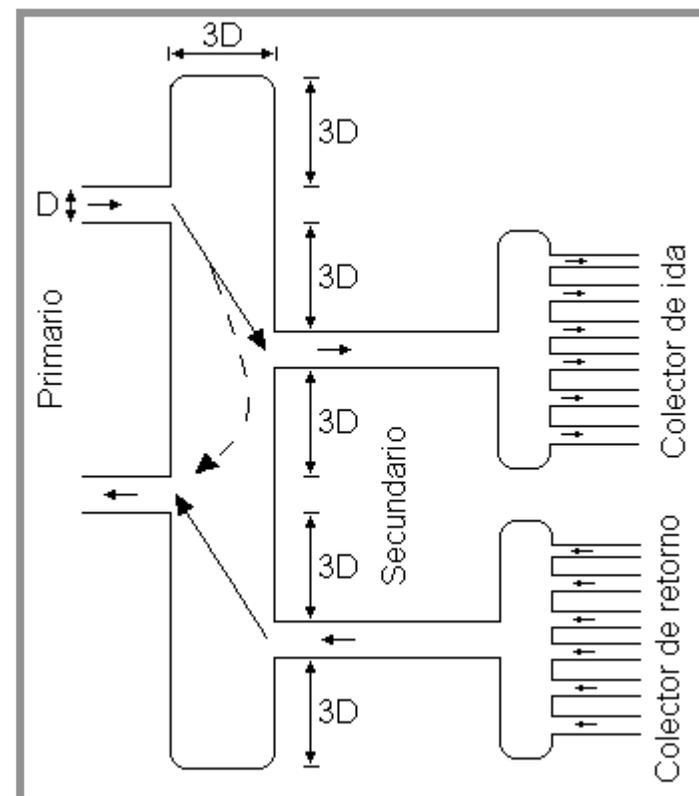
(se puede generar circulación inversa por mayor presión en una bomba)

2.10.- Colectores (III)

**Soluciones:**

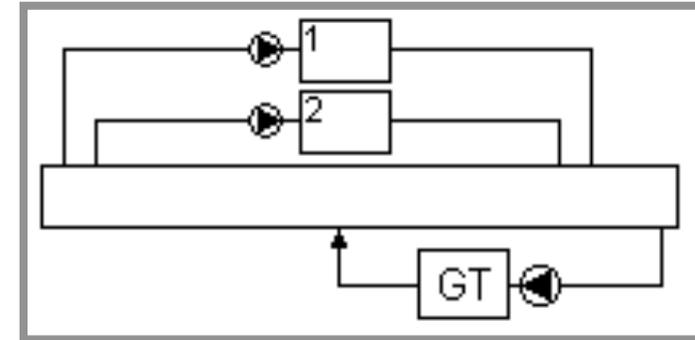
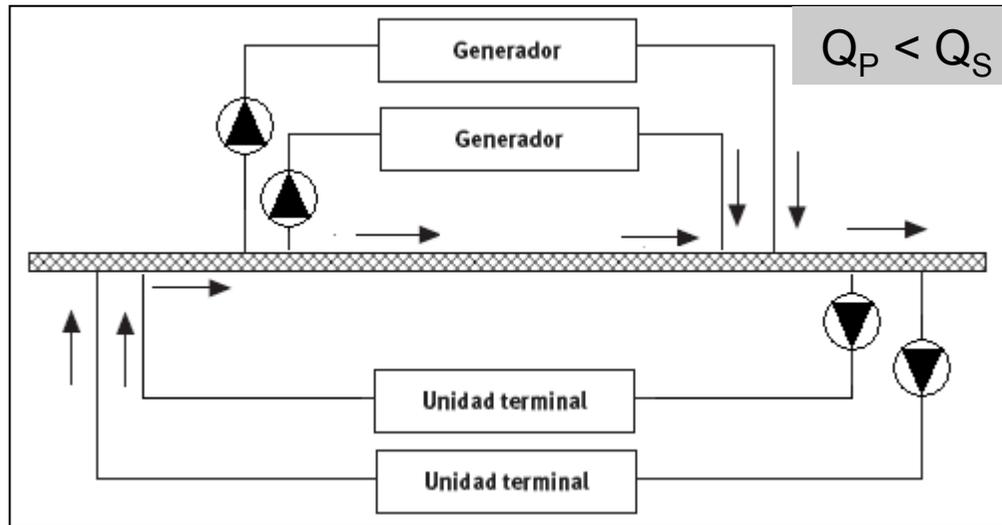


Desacoplador



2.10.- Colectores (IV)

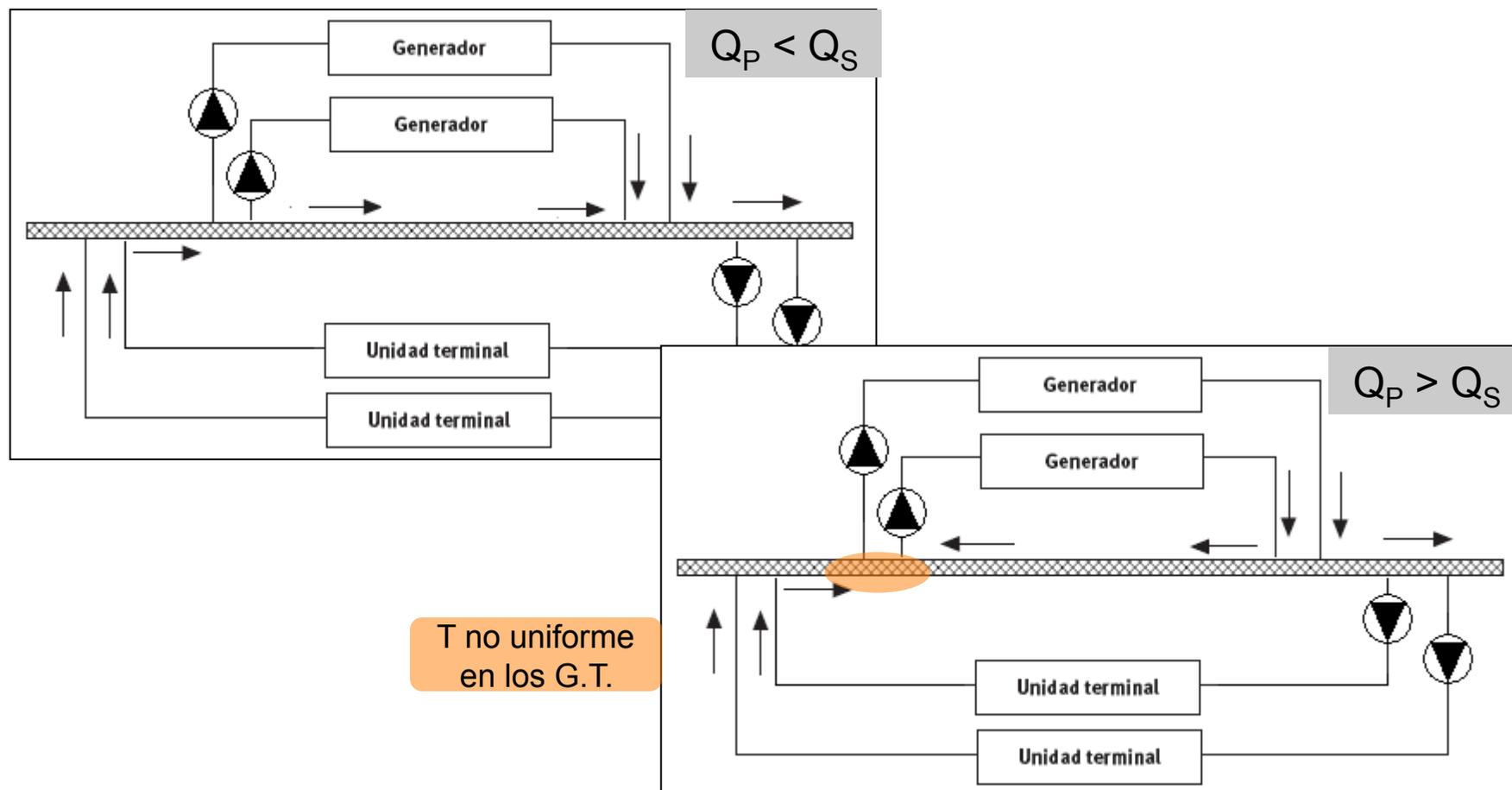
**Soluciones RITE:**



Colector único

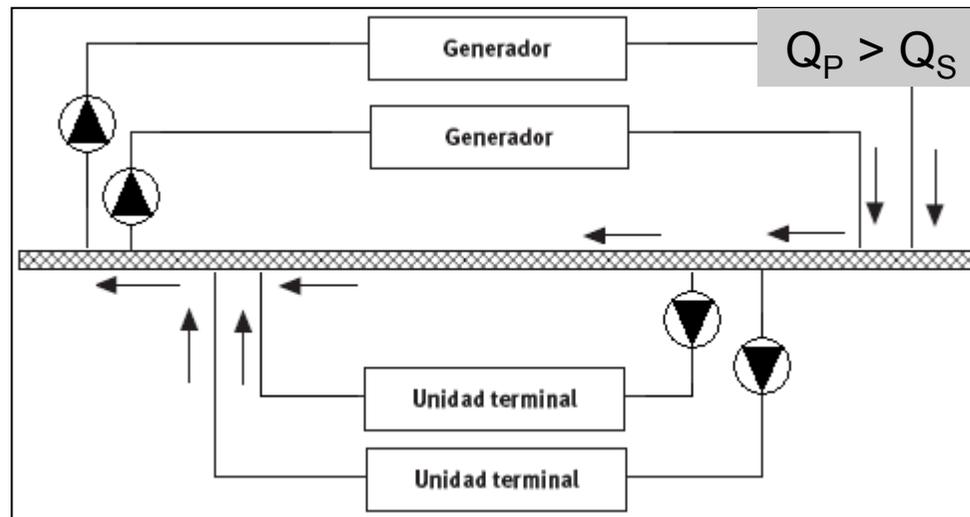
2.10.- Colectores (IV)

**Soluciones RITE:**



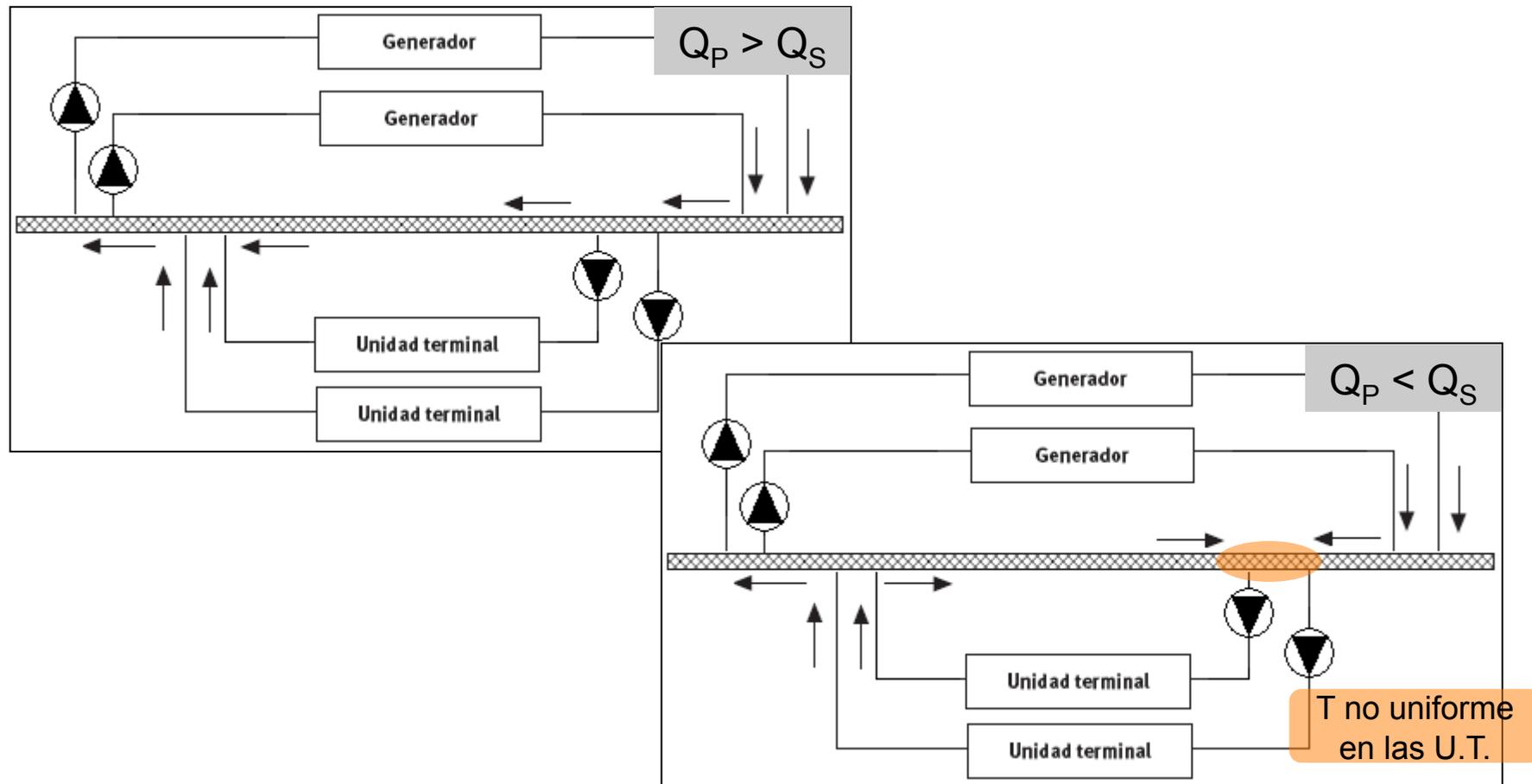
2.10.- Colectores (V)

**Soluciones RITE:**



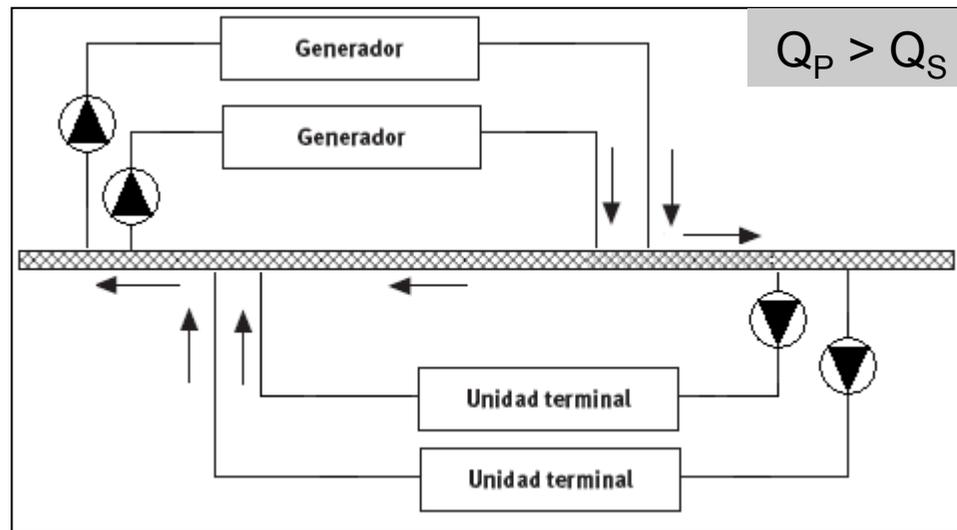
2.10.- Colectores (V)

**Soluciones RITE:**



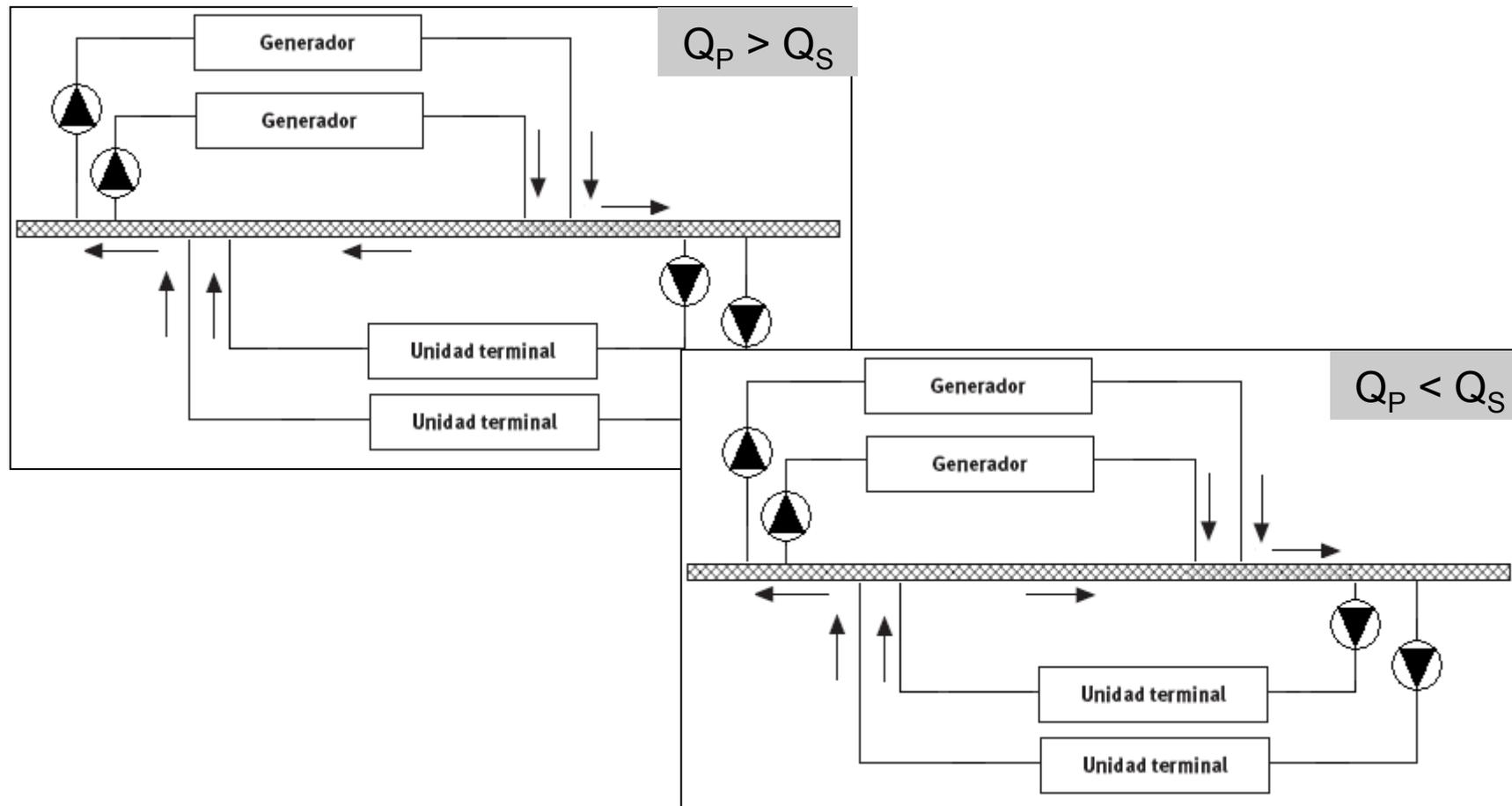
2.10.- Colectores (VI)

**Soluciones RITE:**



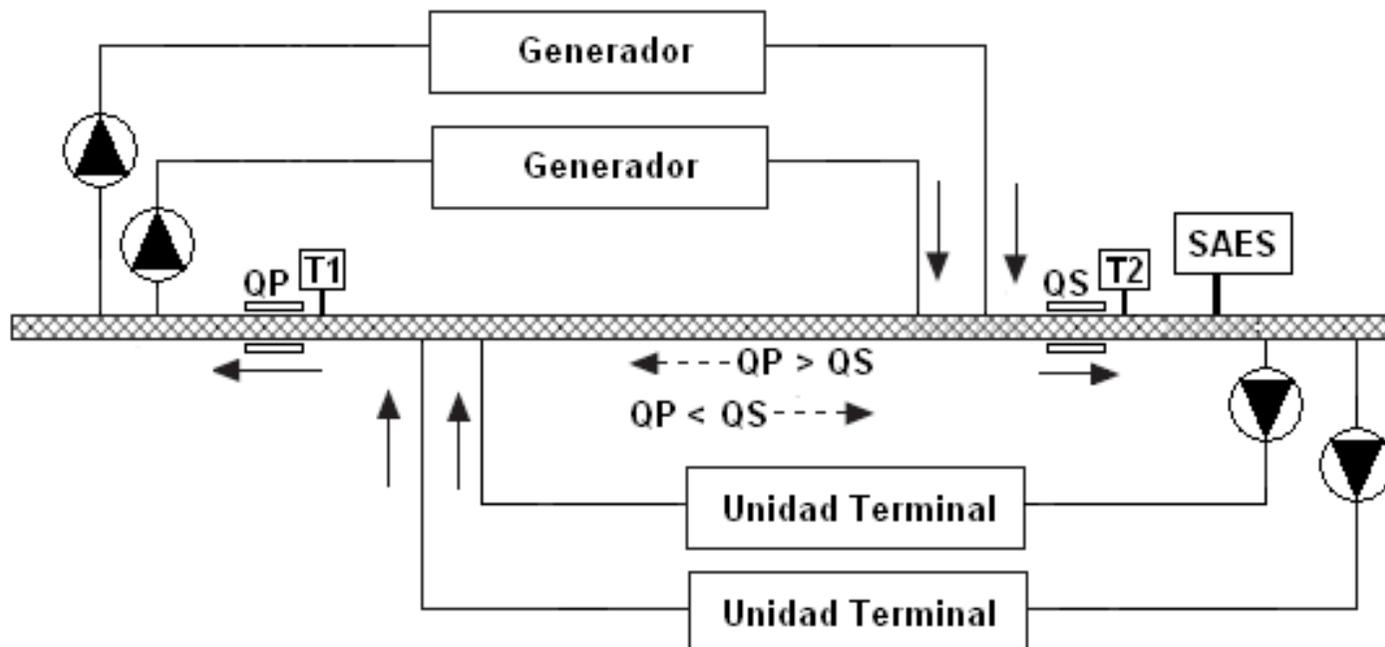
2.10.- Colectores (VI)

**Soluciones RITE:**



2.10.- Colectores (VII)

**Soluciones RITE:**



Si  $QP > QS$

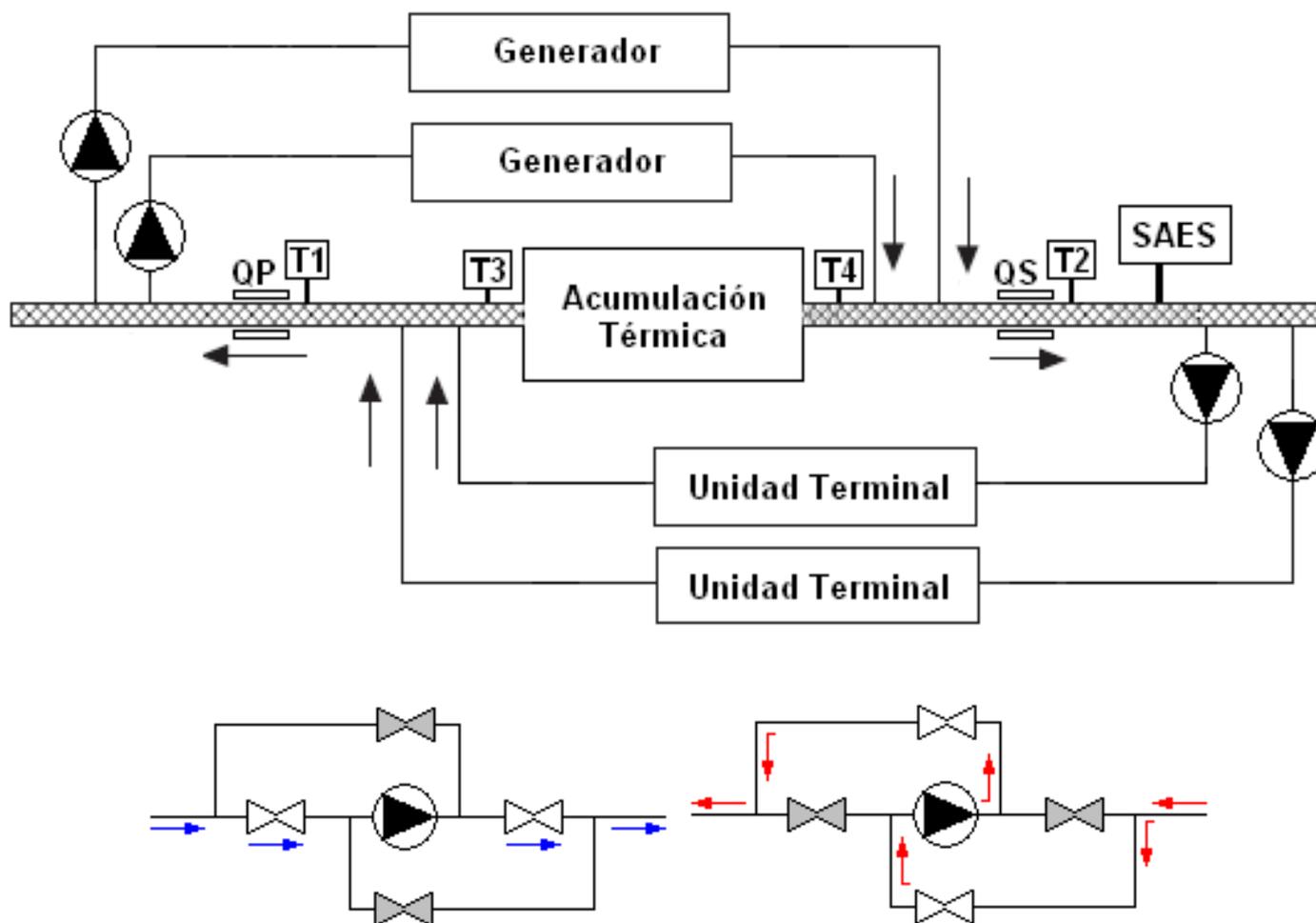
$$\begin{cases} E_{Gen} = QP(T2 - T1) \\ E_{Cons} = QS \left( T2 - \frac{QP T1 - (QP - QS)T2}{QS} \right) \end{cases}$$

Si  $QP < QS$

$$\begin{cases} E_{Gen} = QP \left( \frac{QS T2 - (QS - QP)T1}{QP} - T1 \right) \\ E_{Cons} = QS(T2 - T1) \end{cases}$$

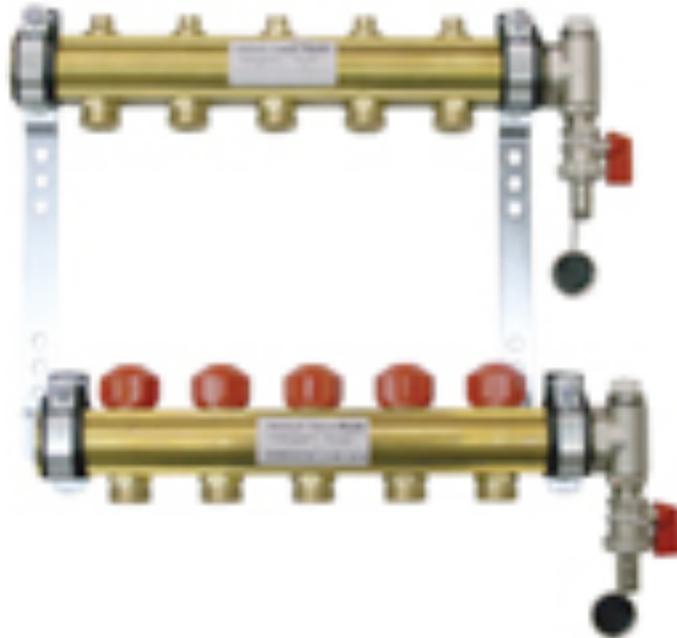
2.10.- Colectores (VII)

**Soluciones RITE:**



## 2.10.- Colectores (VIII)

*Para sistemas de suelos y techos radiantes*



Regulación de caudal total y por cto

Medida de  $T^a$

Medida de caudal

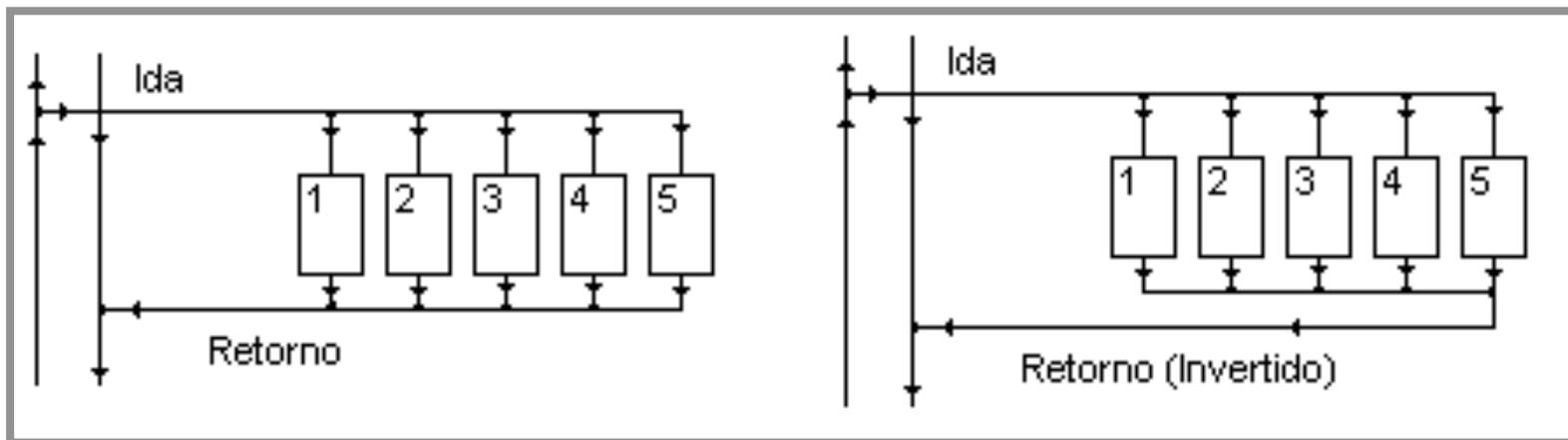
Posibilidad de modulares



## 2.11.- Equilibrado Hidráulico (I)

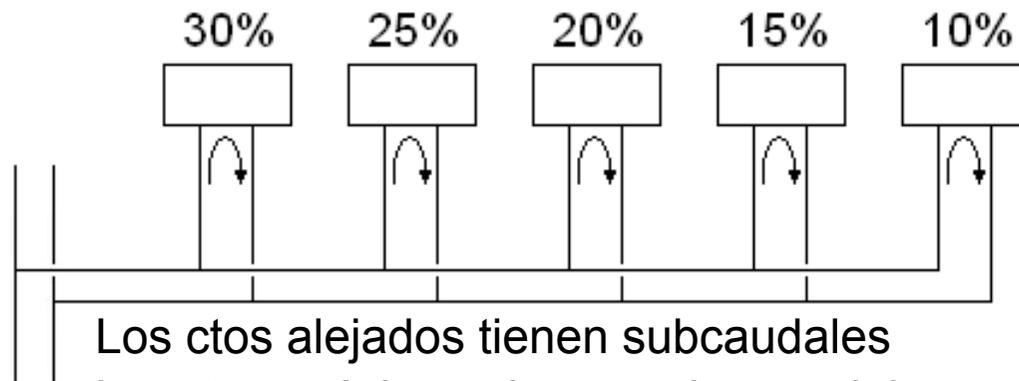
Hay que garantizar el **caudal nominal** en todos los puntos

Cuando existen diversos circuitos hidráulicos en paralelo, para que el **caudal se reparta** según las **condiciones de diseño**, estos han de estar equilibrados

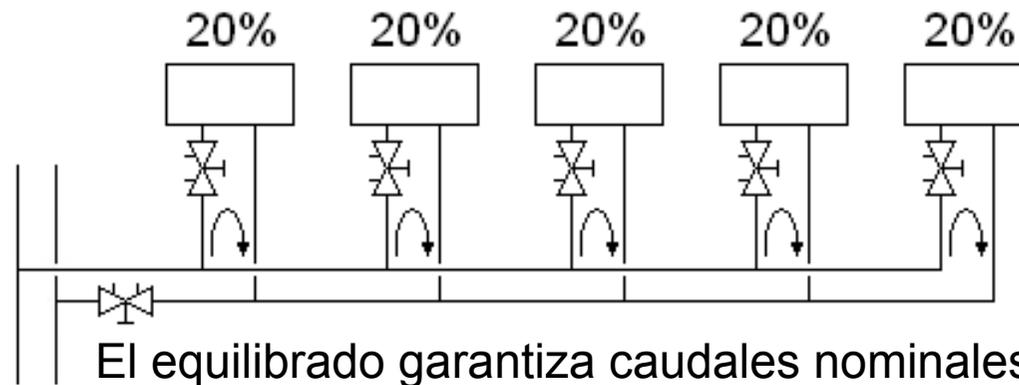


El “**retorno invertido**” no siempre es una solución válida (ctos muy diferentes, o no coinciden las demandas nominales)

**2.11.- Equilibrado Hidráulico (II)**



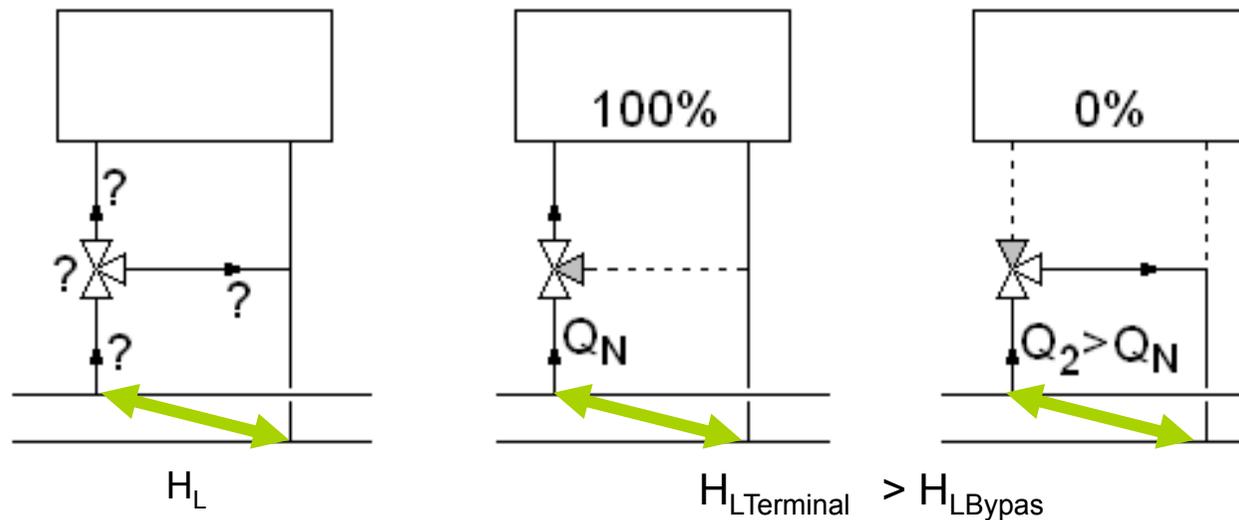
Los ctos alejados tienen subcaudales  
Los ctos próximos tienen sobrecaudales



El equilibrado garantiza caudales nominales

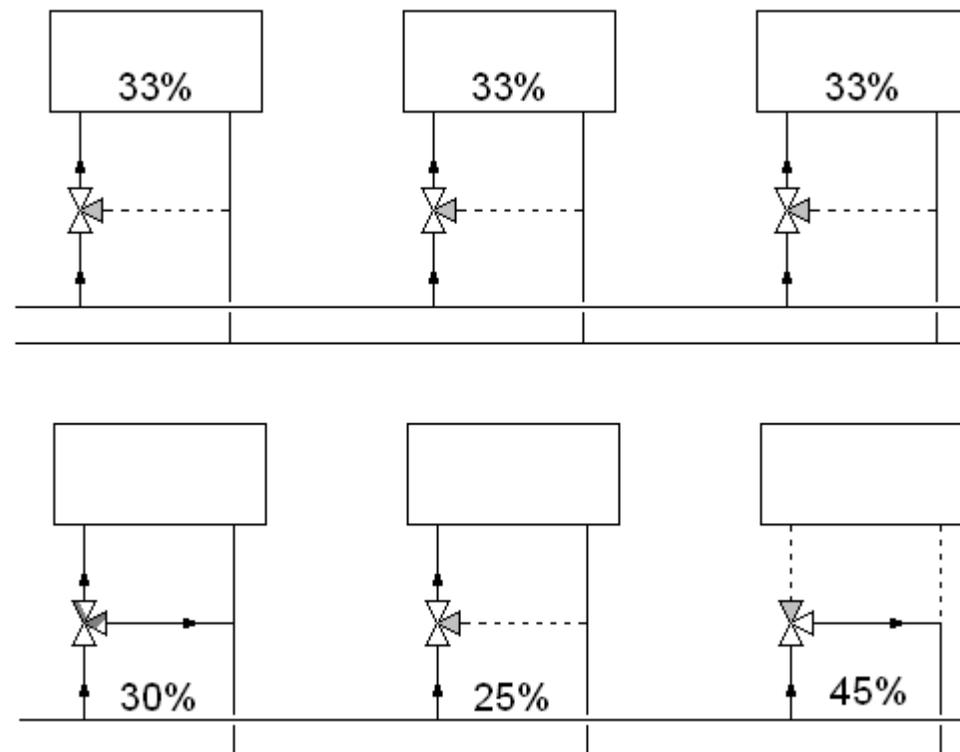
2.11.- Equilibrado Hidráulico (III)

**Regulación** de caudales en unidades terminales con **válvulas de 3 vías**



Quando el terminal no necesita caudal su circuito demanda más caudal que en condiciones nominales

2.11.- Equilibrado Hidráulico (IV)



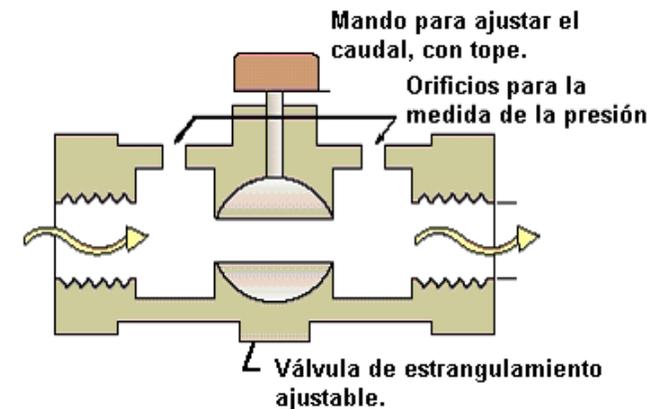
Aperturas distintas producen sobrecaudales en los ctos no necesitados, y subcaudales en los más necesitados:  $\Rightarrow$  **Necesidad equilibrado hidráulico**

## 2.11.- Equilibrado Hidráulico (V)

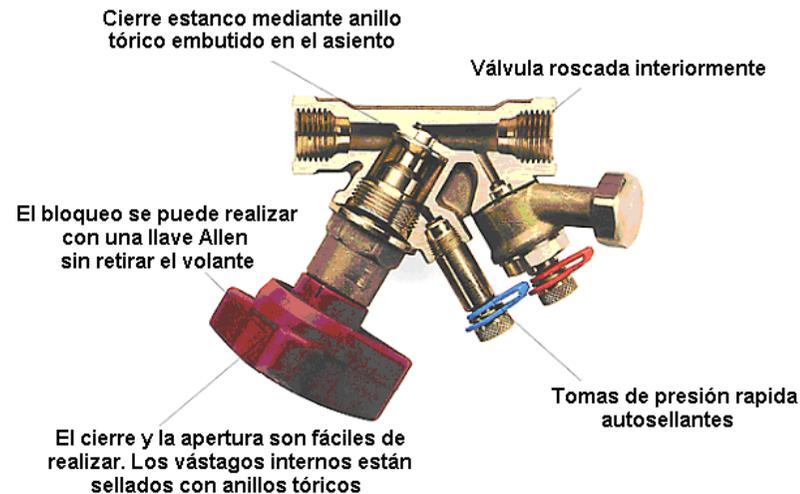
### Válvulas de equilibrado estático:

- **Válvula ajustadora de circuito**

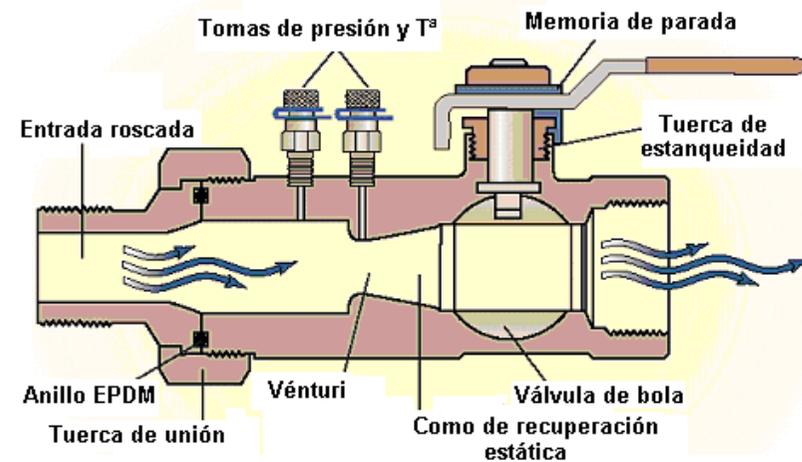
El caudal se mide relacionando la presión en la válvula ya la posición del mando



- **Válvulas de ajuste exterior:**



Miden la presión en un orificio



El caudal se mide en un venturi

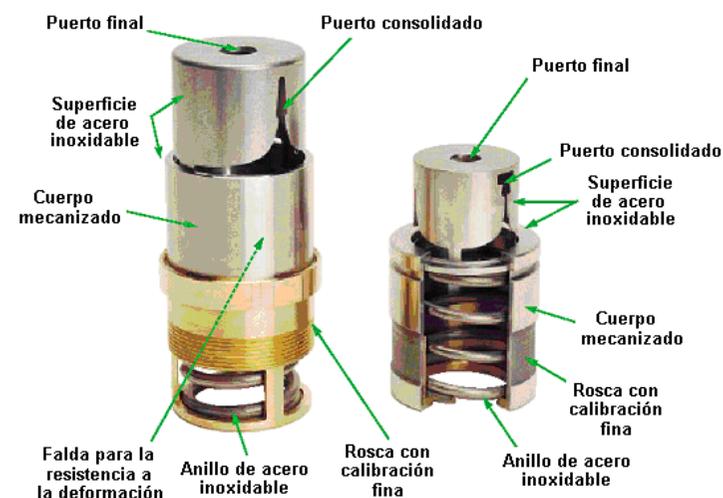
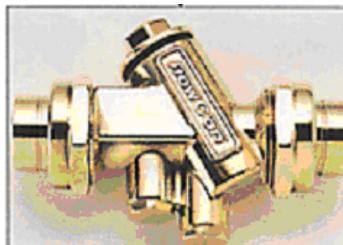
2.11.- Equilibrado Hidráulico (VI)

**Válvulas de equilibrado dinámico (I):**

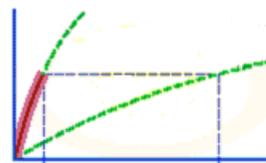
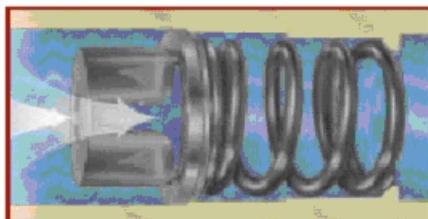
• **Válvulas de cartuchos de caudal fijo**

Entrada de sección fija

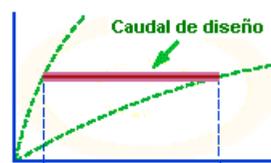
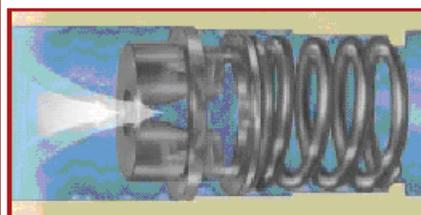
Salida de secc. variable ajustada por muelle en función de presión



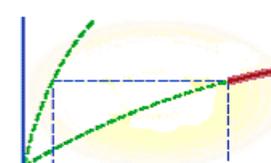
Caudal por debajo del rango de control (muelle totalmente extendido)



Caudal en el rango de control (muelle parcialmente presionado)



Caudal por encima del rango de diseño (muelle totalmente presionado)

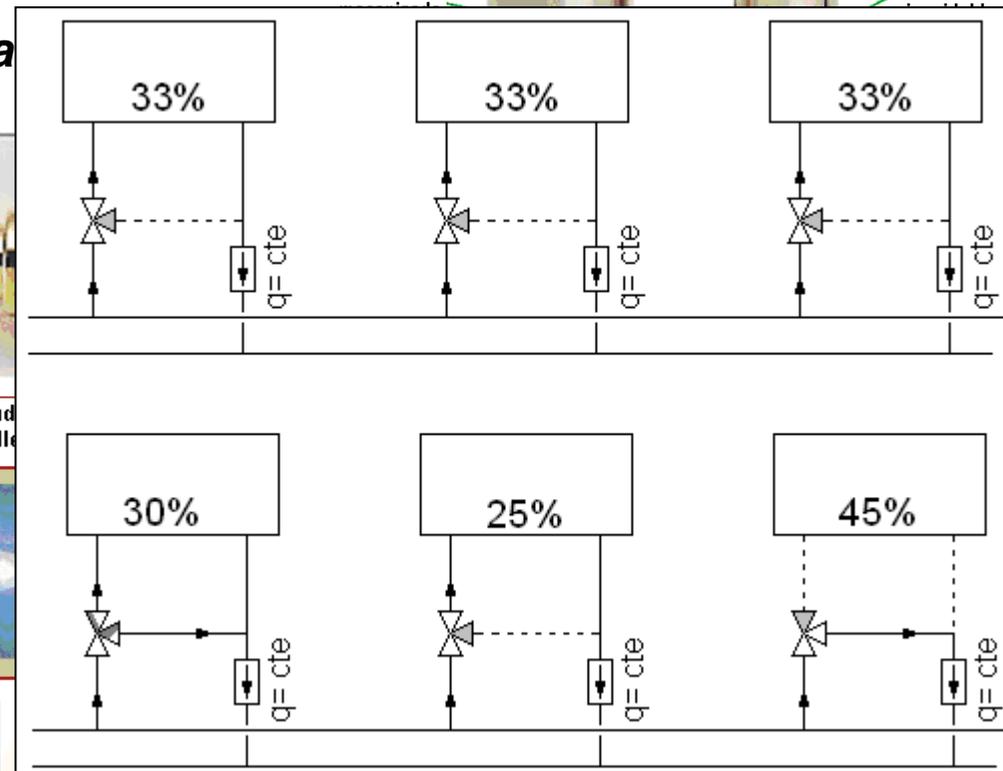
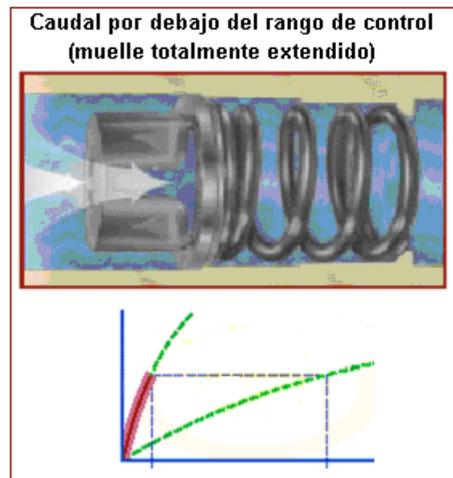


2.11.- Equilibrado Hidráulico (VI)

Válvulas de equilibrado dinámico (I):

• **Válvulas de cartuchos de caudal**

Entrada de sección fija  
Salida de secc. variable ajustada por muelle en función de presión



## 2.11.- Equilibrado Hidráulico (VII)

### Válvulas de equilibrado dinámico (II):

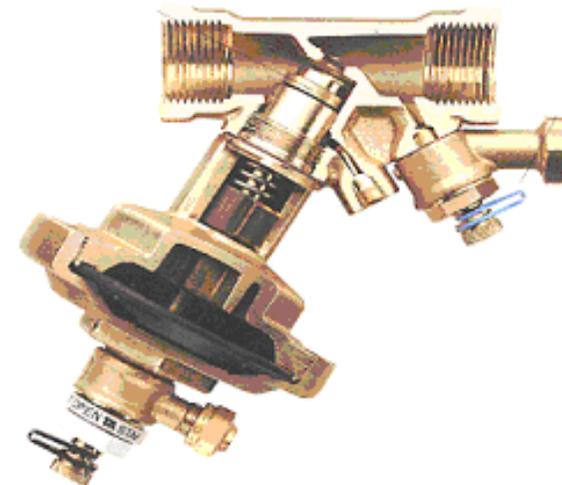
- ***Válvulas de cartuchos recambiables y caudal ajustable interiormente***



- ***Válvulas estabilizadoras de la presión diferencial***

Juego de presiones sobre una membrana

Capilar conecta con una válvula de equilibrado estático a la que permite realizar un control con presiones variables



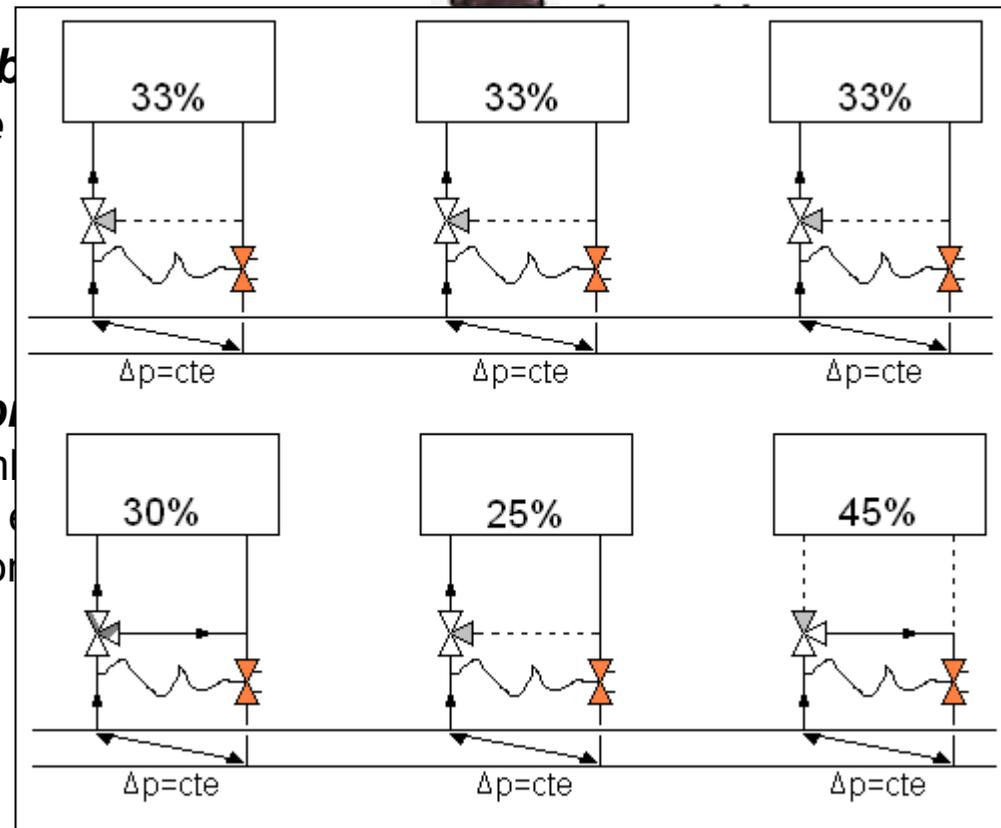
2.11.- Equilibrado Hidráulico (VII)

Válvulas de equilibrado dinámico (II):



- **Válvulas de cartuchos recambiables**  
**caudal ajustable interiormente**

- **Válvulas estabilizadoras de la presión**  
Juego de presiones sobre una membrana  
Capilar conecta con una válvula de equilibrio  
la que permite realizar un control con



## 2.11.- Equilibrado Hidráulico (VIII)

### Métodos de equilibrado hidráulico (I)

- ***El equilibrado proporcional:***

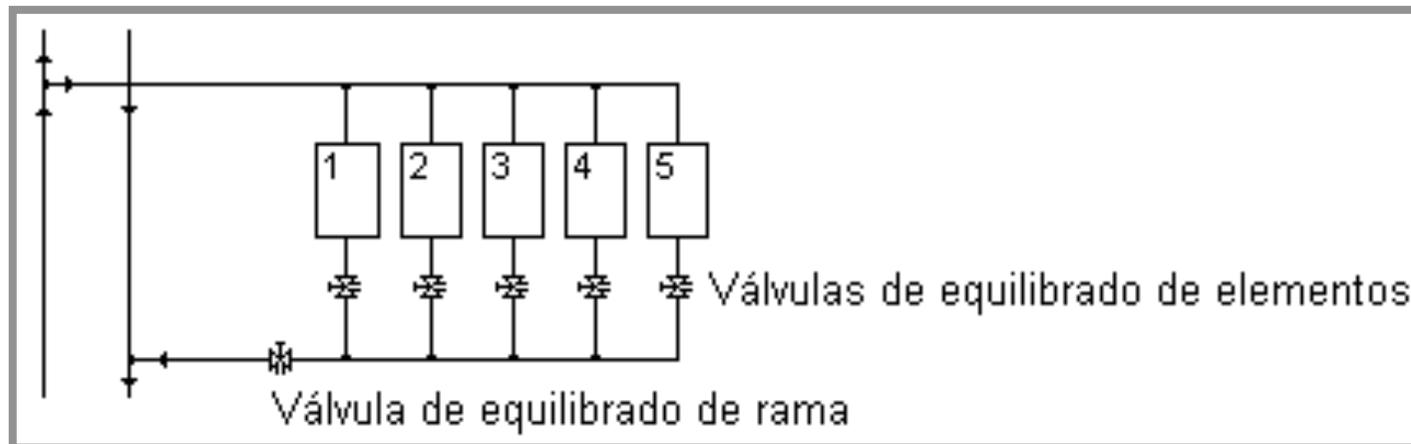
Se divide el circuito en varios subcircuitos

Con válvulas de equilibrado y válvulas de regulación de presión diferencial

Se ajusta la válvula del último terminal

Se ajusta la válvula del penúltimo terminal, esto desajusta la del último, que se debe reajustar

Se ajusta la válvula del antepenúltimo terminal, esto desajusta ...



Se ajustan los demás subcircuitos

Con las válvulas de ramal se equilibran los subcircuitos entre si

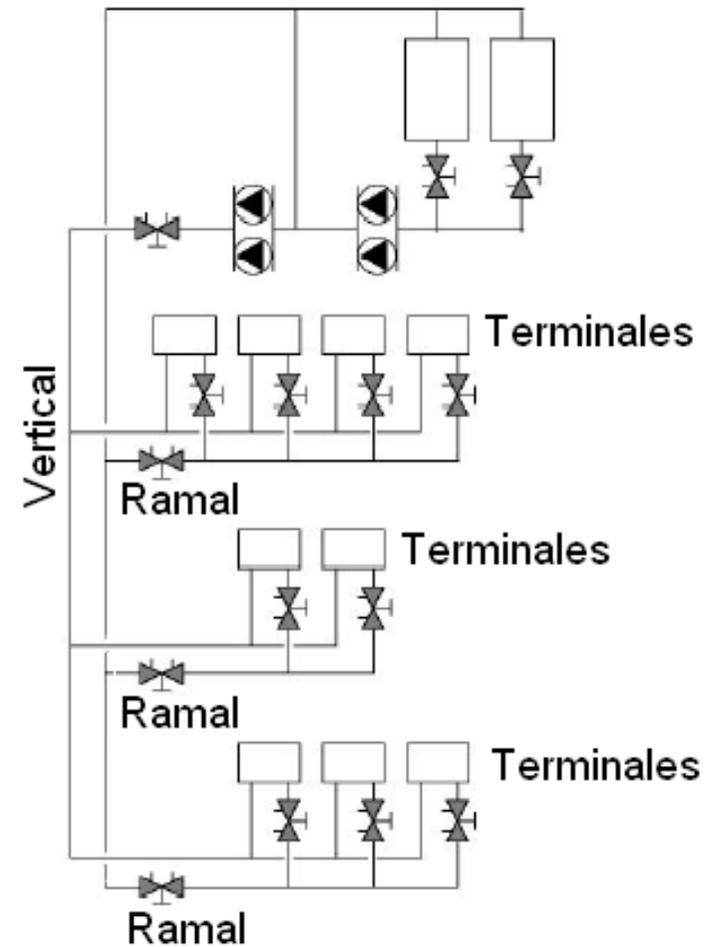
## 2.11.- Equilibrado Hidráulico (IX)

### Métodos de equilibrado hidráulico (II)

- **Equilibrado computerizado:**

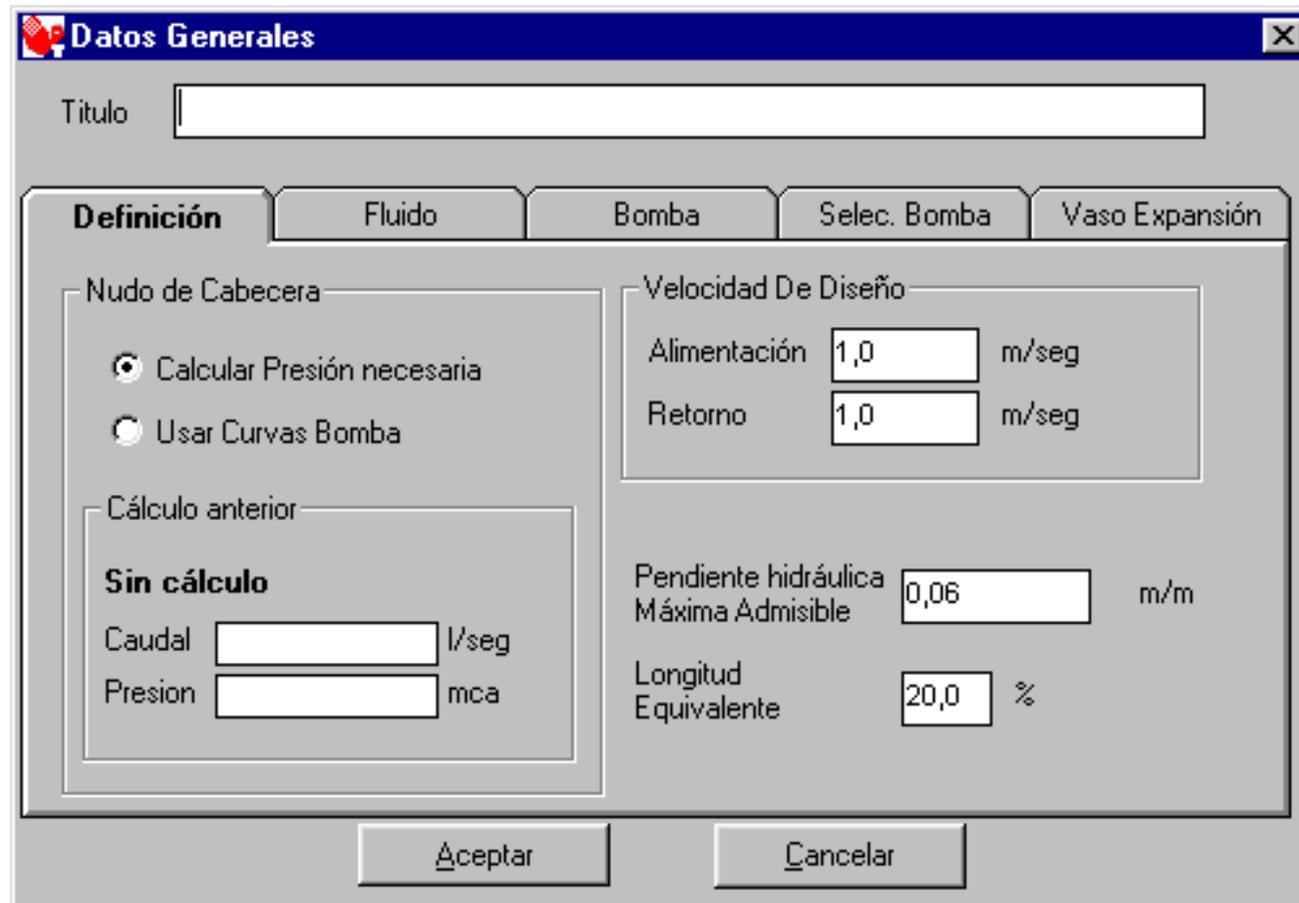
Se mide el caudal en cada válvula y la presión disponible

El programa indica la regulación que debe tener cada válvula



2.12.- Programas Informáticos (I)

**Definiciones generales**



**Datos Generales**

Título

**Definición** | Fluido | Bomba | Selec. Bomba | Vaso Expansión

Nudo de Cabecera

Calcular Presión necesaria  
 Usar Curvas Bomba

Cálculo anterior

**Sin cálculo**

Caudal  l/seg  
Presión  mca

Velocidad De Diseño

Alimentación  m/seg  
Retorno  m/seg

Pendiente hidráulica Máxima Admisible  m/m

Longitud Equivalente  %

Aceptar Cancelar



## 2.12.- Programas Informáticos (II)

### Definición de la red

Programa SDTubo. Diseño conductos de climatización y calefacción

Archivo Editar Datos Calcular Resultados Herramientas Ventana Ayuda

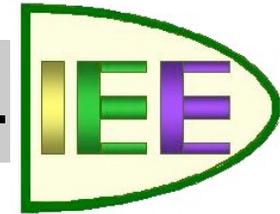
Ejemplo de manejo de SDTubo (radiadores) (Ejemplo02.ref) CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN

Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Desnivel (m)	Caudal (l/seg)	Perdida (mca)	Vol. Agua (m³)	Velocidad (m/seg)	Long. Eq. (m)	K
0	1	2,0	0,0						
1	2	1,0	0,0						
2	3	0,5	0,5	0,008	0,02	0,0			2,0
2	4	10,0	0,5	0,008	0,02	0,0			
1	5	3,0	-3,0						
5	6	1,0	0,0						
6	7	0,5	0,5	0,008	0,02	0,0			
6	8	10,0	0,5	0,008	0,02	0,0			
5	9	3,0	-3,0						
9	10	0,5	0,5	0,008	0,02	0,0			
9	11	10,0	0,5	0,008	0,02	0,0			

Ejemplo de manejo de SDTubo (radiadores) (Ejemplo02.ref) CIRCUITO DE RETORNO

Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Desnivel (m)	Velocidad (m/seg)	Long. Eq. (m)	K
0	1	2,0	0,0			
1	2	1,0	0,0			
2	3	0,5	0,5			2,0
2	4	10,0	0,5			
1	5	3,0	-3,0			
5	6	1,0	0,0			
6	7	0,5	0,5			
6	8	10,0	0,5			
5	9	3,0	-3,0			
9	10	0,5	0,5			
9	11	10,0	0,5			

**Resultados**



**Informes**

**Ejemplo de manejo de SDTubo (radiadores)**

**DATOS GENERALES**

**Datos de Cabecera**

Presión en cabecera dada por bomba

Presión	38,67	mca
Caudal	0,05	l/seg

**Datos del Fluido**

Circuito de Calefacción

Temperatura Ambiente Mín.	-5,0	C°
Temperatura Verano	7,0	C°
Temperatura Invierno	45,0	C°
Temperatura Diseño	40,0	C°
Fluidos	Mezcla Agua-Glicol al 14,7 %	
Viscosidad	2E-006	m²/seg
Densidad	1008,3	Kg/m³

**Criterios de diseño**

P.Hidráulica Máxima no limitada

Vel.Dis.Alimentacion	1,0	m/seg
Vel.Dis.Retorno	1,0	m/seg
Longitud Equivalente	20,0	%

**Datos de la bomba**

Q	H
(l/seg)	(mca)
7,5	29,0

**Vaso de Expansión**

Abierto

Volumen Tuberías	0,0	m³
Volumen Elementos	0,02	m³
Volumen Total	0,0	m³
Volumen Min. Vaso Expansión	0,02	m³
	0,00016	m³

DESCRIPCION	DN	D Interior (mm)	r (mm)	D Exterior (mm)	Espesor (mm)	OBSERVACIONES
Cobre Recocido Espesor nominal 1 mm (l DN 6 x 4		4,0	0,0015	6,0	1,0	
Cobre Recocido Espesor nominal 1 mm (l DN 8 x 6		6,0	0,0015	8,0	1,0	
Cobre Recocido Espesor nominal 1 mm (l DN 10 x 8		8,0	0,0015	10,0	1,0	
Cobre Recocido Espesor nominal 1 mm (l DN 12 x 10		10,0	0,0015	12,0	1,0	
Polibutileno Saunier-Duval	15	11,0	0,0025	15,0	2,0	
Polibutileno Saunier-Duval	22	18,0	0,0025	22,0	2,0	
Polibutileno Saunier-Duval	28	22,8	0,0025	28,0	2,6	
Polibutileno Serie 5 (UNE 53-415-90)	40	32,6	0,0025	40,0	3,7	
Polibutileno Serie 5 (UNE 53-415-90)	50	40,8	0,0025	50,0	4,6	
Polibutileno Serie 5 (UNE 53-415-90)	63	51,4	0,0025	63,0	5,8	
Polibutileno Serie 5 (UNE 53-415-90)	75	61,4	0,0025	75,0	6,8	

**DESGLOSE DE MATERIALES**

DESCRIPCION	DN	P Trabajo (mca)	Nº Tramos	L Total (m)
Cobre Recocido Espesor nominal 1 mm (l DN 6 x 4		2000,0	12,0	63,0
Cobre Recocido Espesor nominal 1 mm (l DN 8 x 6		1333,0	6,0	10,0
Cobre Recocido Espesor nominal 1 mm (l DN 10 x 8		1000,0	4,0	10,0

Nudo Inicial	Nudo Final	Ql (l/seg)	D.Teo (mm)	D.N.	D.Int (mm)	V (m/seg)	P (mca)	j (m/m)	Mca
0	1	0,05	7,99	DN 10 x 8	8,0	1,0	0,63	0,31	Recocido Espesor r
1	2	0,02	4,61	DN 8 x 6	6,0	0,59	0,76	0,13	Recocido Espesor r
2	3	0,01	3,26	DN 6 x 4	4,0	0,66	0,42	0,33	Recocido Espesor r
2	4	0,01	3,26	DN 6 x 4	4,0	0,66	3,55	0,33	Recocido Espesor r
1	5	0,03	6,52	DN 10 x 8	8,0	0,66	3,95	0,1	Recocido Espesor r
5	6	0,02	4,61	DN 8 x 6	6,0	0,59	4,08	0,13	Recocido Espesor r
6	7	0,01	3,26	DN 6 x 4	4,0	0,66	3,75	0,33	Recocido Espesor r
6	8	0,01	3,26	DN 6 x 4	4,0	0,66	6,88	0,33	Recocido Espesor r
5	9	0,02	4,61	DN 8 x 6	6,0	0,59	7,37	0,13	Recocido Espesor r
9	10	0,01	3,26	DN 6 x 4	4,0	0,66	7,03	0,33	Recocido Espesor r
9	11	0,01	3,26	DN 6 x 4	4,0	0,66	10,17	0,33	Recocido Espesor r



2.12.- Programas Inf

*Fluido de trabajo*

**Modificar**

**Nombre**  
Agua limpia

**Fluido**

- Agua bruta (susp. < 10ppm)
- Agua calefacción
- Agua caliente
- Agua contraincendios
- Agua de piscina (no salmuera)
- Agua de refrigeración
- Agua desmineralizada
- Agua fría
- Agua limpia**
- Agua mineral termal
- Agua parcialmente desmineralizada
- Agua potable
- Agua potable
- Aguas residuales
- Aguas residuales, con aguas fecales
- Aguas residuales, prefiltrados
- Aguas sucias, sin fecales
- Aguas termales

**Datos de fluidos**

Temperatura 293 K      Densidad 998,2 kg/m<sup>3</sup>

Concentración 100 %      Viscosidad 1 mm<sup>2</sup>/s

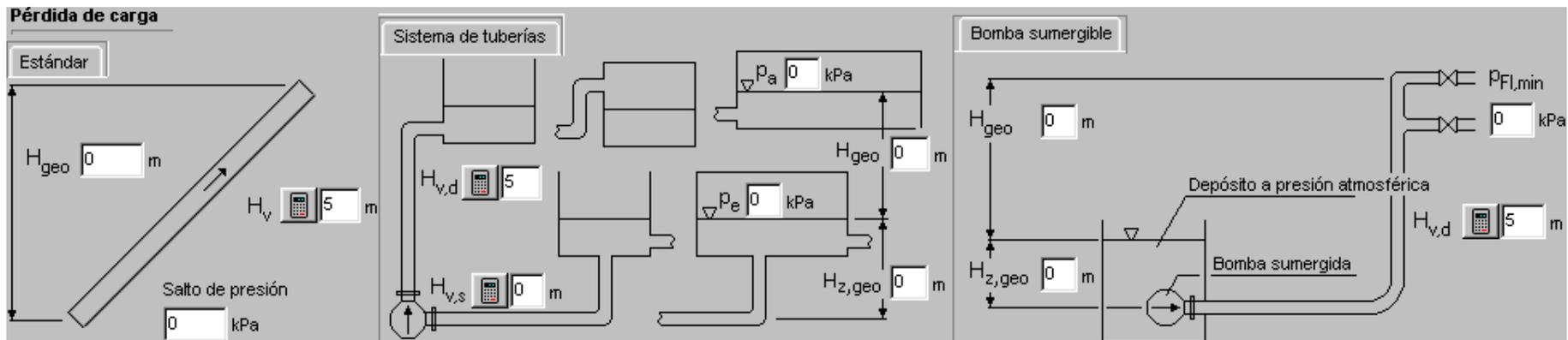
Presión de vapor 10 kPa

**Vista**

Temperatura: 273 [K]      Densidad: 1070 [kg/m<sup>3</sup>]

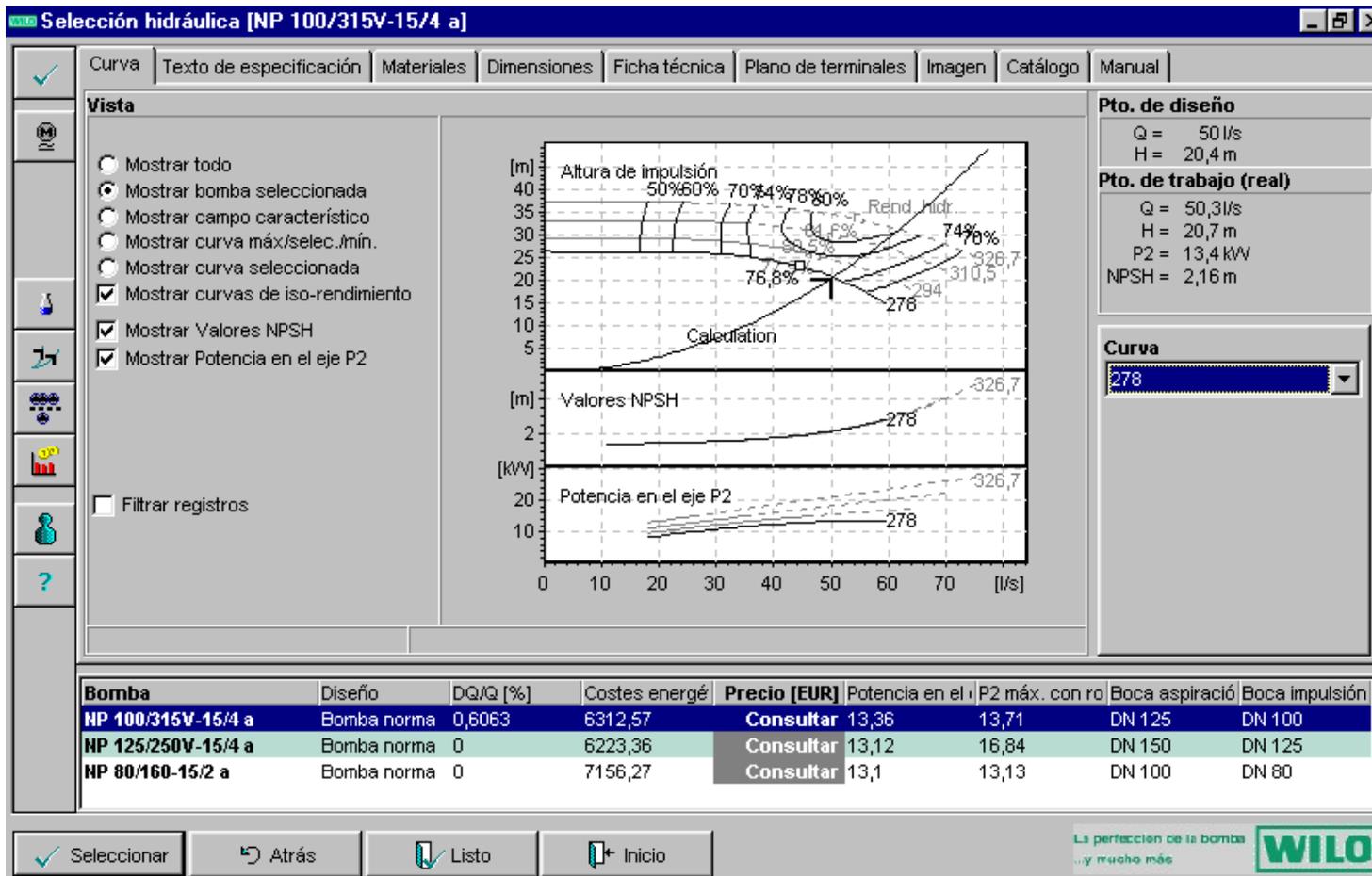
Ok    Cancelar    Ayuda

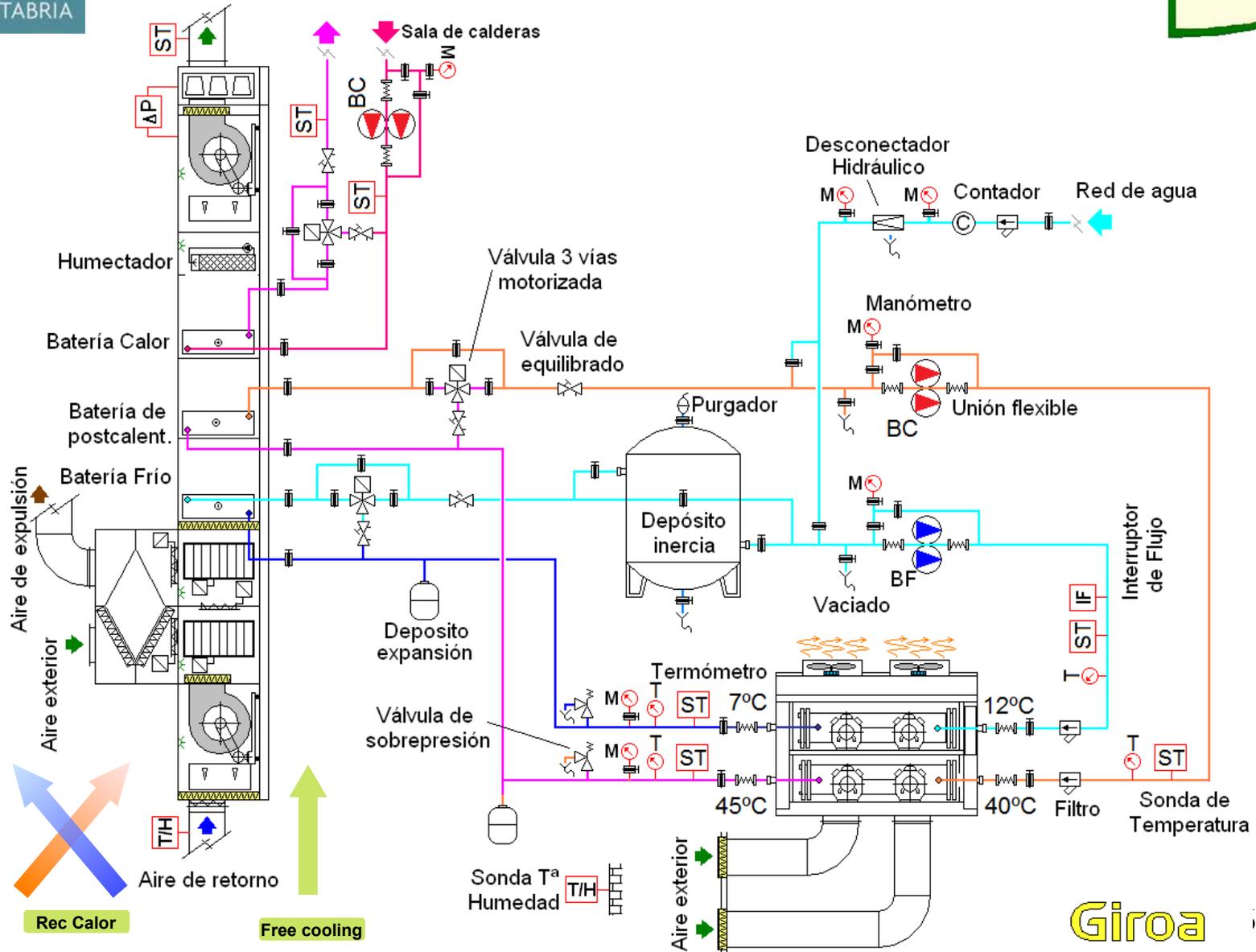
*Tipo de circuito*



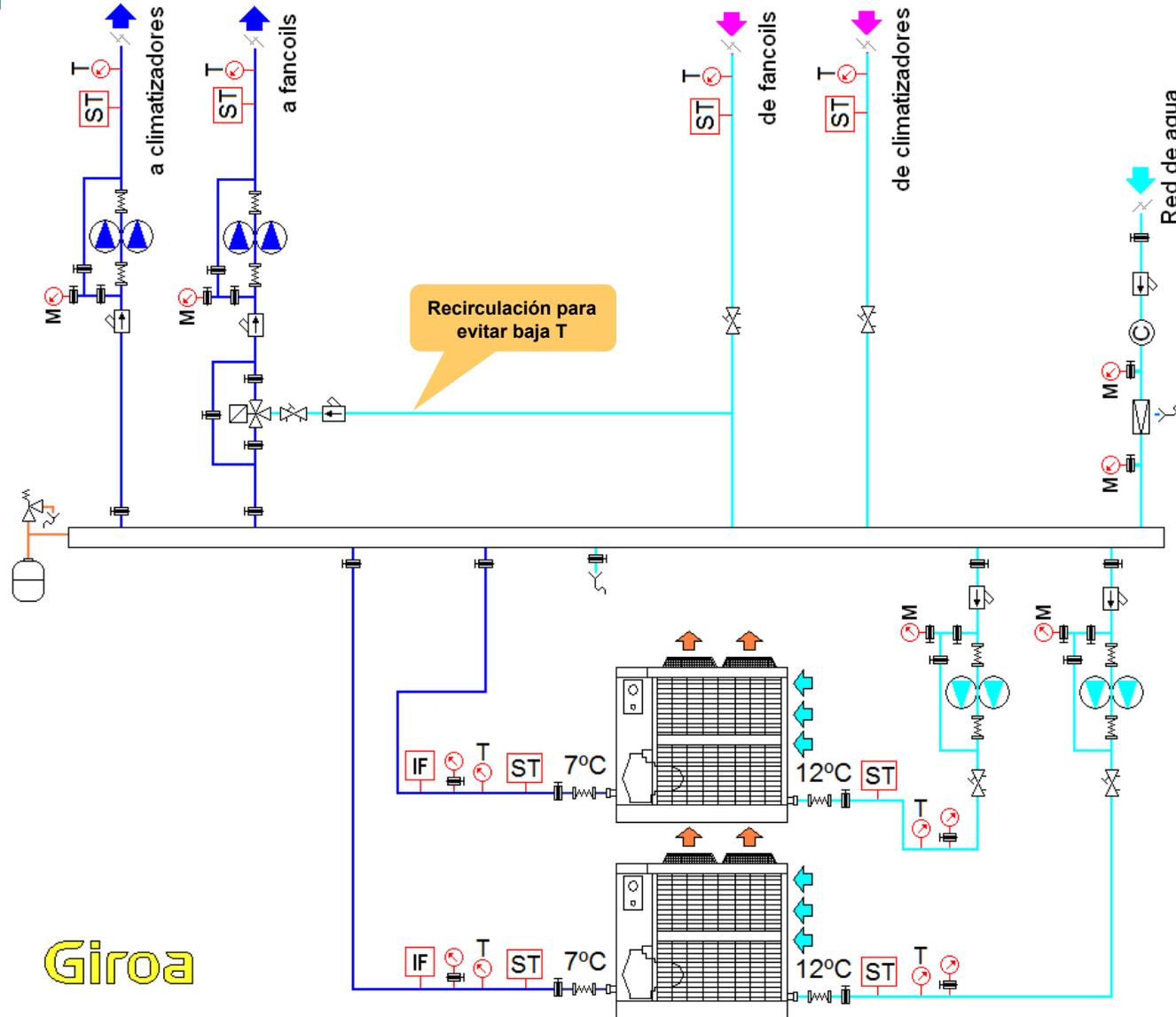
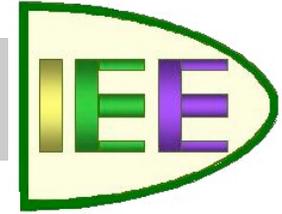
2.12.- Programas Informáticos (V)

**Resultados**



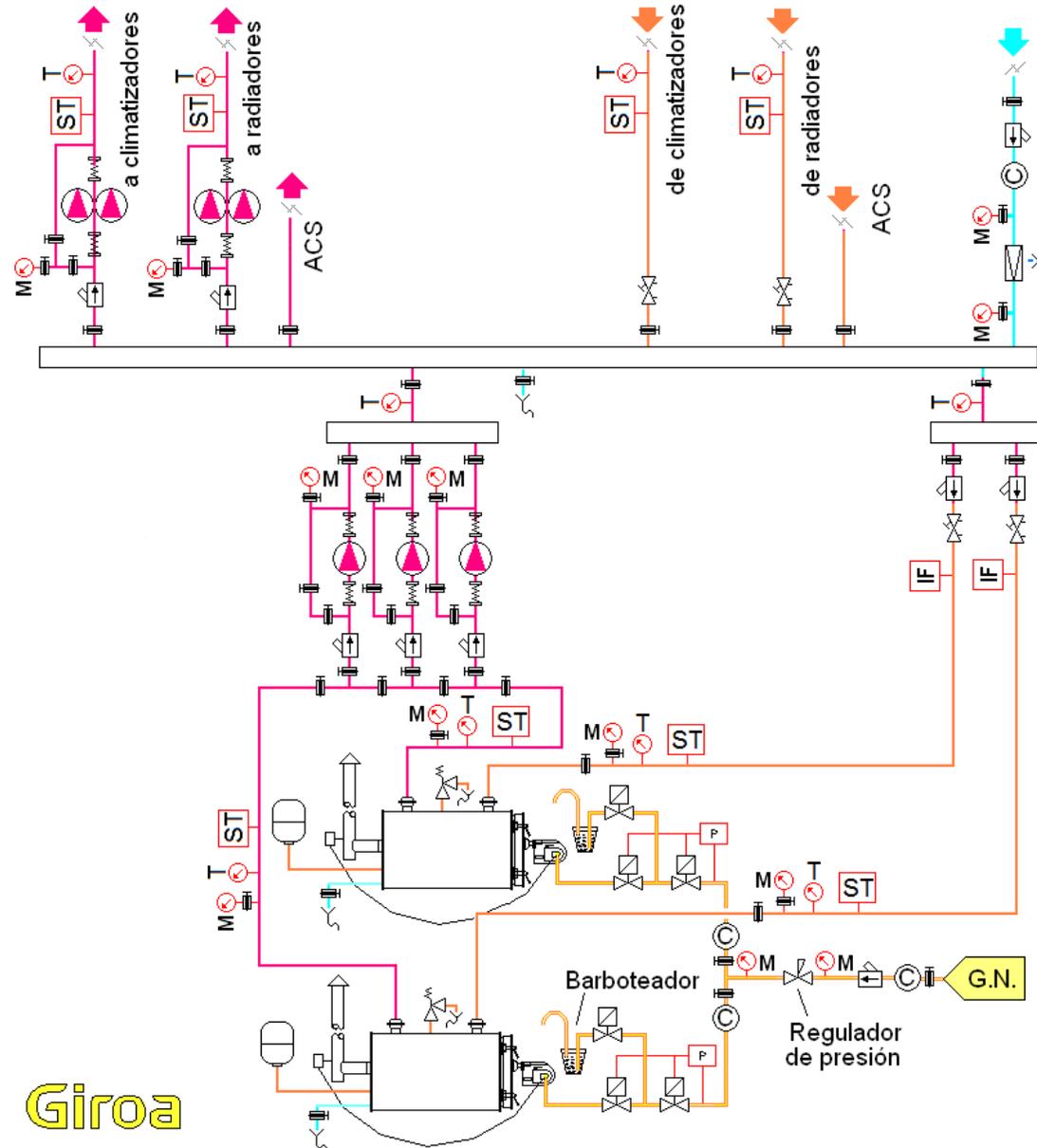
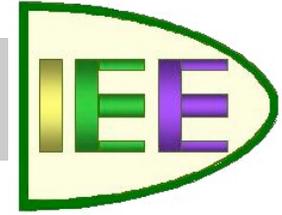


# Distribución A.F. (fancoils y UTAs)



Giroa

# Distribución A.C. (fancoils y UTAs)

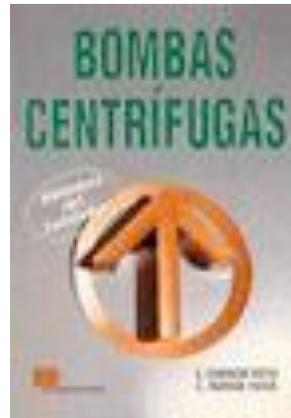


**Giroa**

**Bibliografía del Apartado 2 (I)**



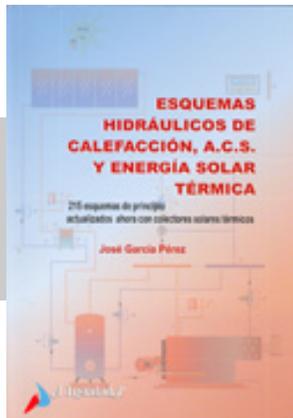
**DTIE 4.01. Tuberías**  
*J.M. Pinazo*



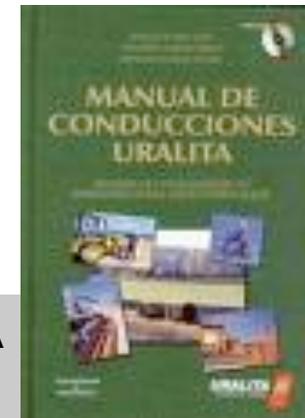
**Bombas Centrífugas**  
*E. Carnicer*



**Comentarios al RITE 2007**  
*IDAE*

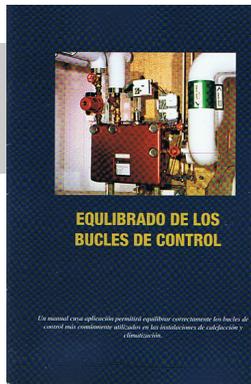


**Esquemas hidráulicos de calefacción,  
A.C.S. y colectores solares térmicos**  
*García Pérez, José*

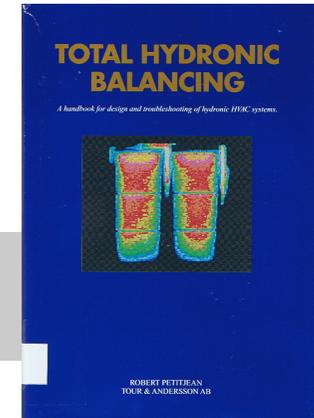


**Manual de Conducciones URALITA**  
*J. Suárez, F. Martínez, J. Puertas*

**Bibliografía del Apartado 2 (II)**



**Manuales de Equilibrado Hidráulico  
TOUR & ANDERSSON HYDRONICS**



**Total Hydronic Balancing  
R. Petijean**



**Revistas nacionales:**

- El Instalador
- Montajes e Instalaciones



**Guía Técnica: Selección de Equipos de Transporte de Fluidos; IDAE**

<http://www.europump.org>  
<http://www.grundfos.com>  
<http://www.wilo.com>

<http://www.giacomini.com>  
<http://www.hydronicportal.com>

### 3.1.- Difusión del Aire (I)

La **difusión del aire** en los locales es de vital importancia ya que es lo finalmente se percibe de toda la instalación (condicione finales: térmicas, acústicas, ...)

La selección del o los **ventiladores** es importante no sólo por el movimiento de aire sino por el consumo energético (30%)

Diseño de los **conductos** equilibrados

- **Zona de ocupación**, desde 10 cm desde el suelo hasta 2 m para personas de pie; en disposición horizontal depende de la ocupación prevista del local
- La **velocidad** del aire en la zona ocupada; entre 0,18 y 0,24 m/seg en verano y entre 0,15 y 0,20 m/seg en invierno

### 3.1.- Difusión del Aire (II)

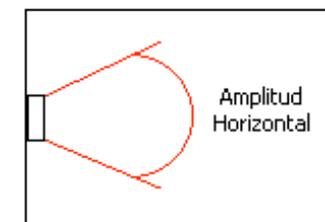
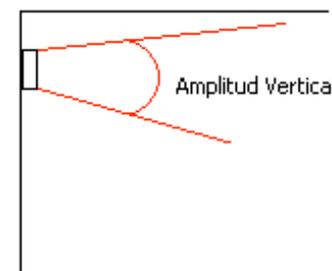
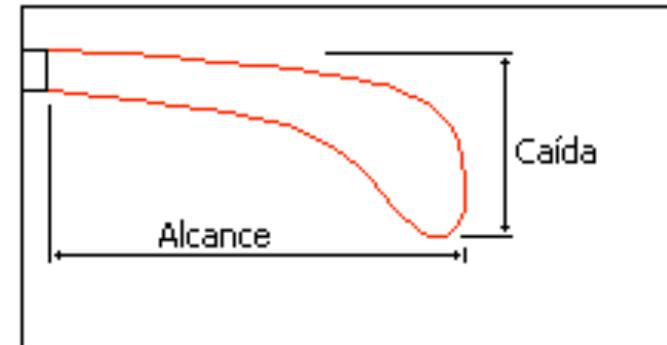
- **Gradiente vertical de temperatura:** para que exista confort térmico no debe de exceder de 2°C por metro en la zona ocupada
- El Índice de Prestaciones de una Distribución de Aire (**IPDA**), valor ponderado de confort debido a la velocidad del aire y su temperatura

Velocidad media (m/s)	IPDA (%)	Aplicaciones
0,15	100	-
0,28	90	Salas de concierto, Oficinas
0,32	80	Aulas
0,35	70	Oficinas públicas

- La **dirección aire**; es molesto para una persona recibir el aire directamente

### 3.1.- Difusión del Aire (III)

- **Alcance, flecha o propulsión**, es la distancia horizontal ( $v_{\text{aire impulsado}} > 0,25 \text{ m/s}$ ), aprox 3/4 distancia del local
- La **caída** es la distancia vertical ( $v_{\text{aire impulsado}} > 0,25 \text{ m/s}$ )
- La **inducción** es la mezcla que se provoca del aire impulsado con el aire del local
- La **dispersión o amplitud del difusor** es el ángulo de divergencia de la corriente de aire después de la boca



### 3.1.- Difusión del Aire (IV)

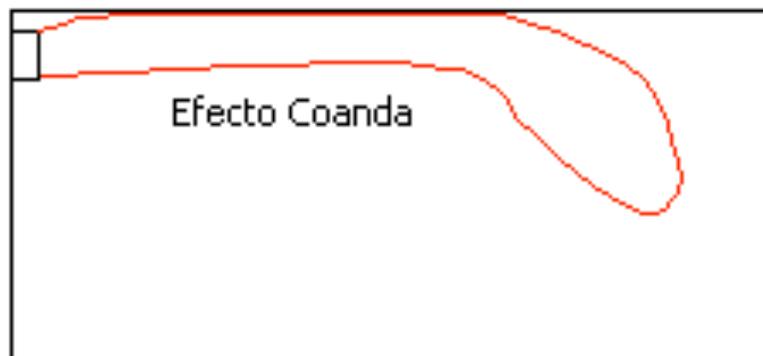
El **área de distribución**; definido por la flecha, la caída y las amplitudes

La **eficacia de la impulsión** ( $\varepsilon$ ) se define en función del parámetro medido (concentración, temperatura, ...) en la extracción (e), la impulsión (i) y en el ambiente del local (a)

La cantidad de aire necesitada es inversamente proporcional a la eficacia de la ventilación

$$\varepsilon = \frac{C_e - C_i}{C_a - C_i}$$

Se ha de tener en cuenta el **efecto Coanda**, una vena introducida cercana y paralela a una pared plana, tiende a mantenerse pegada a esta

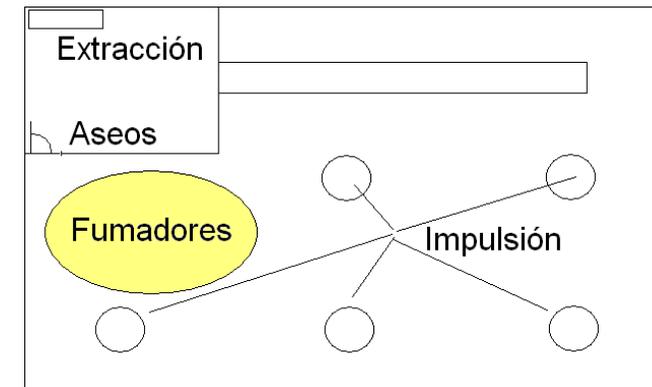
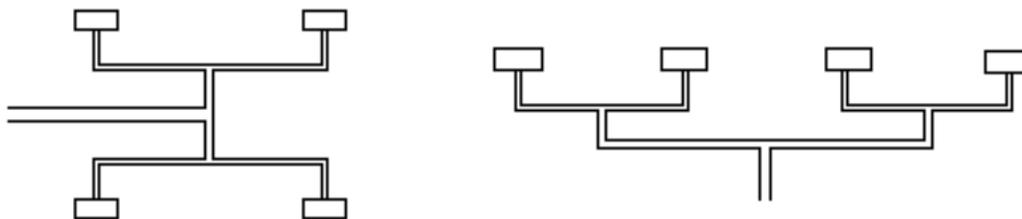


### 3.1.- Difusión del Aire (V)

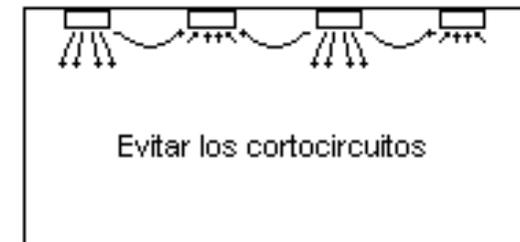
- Las **sustancias contaminantes** a extraer de un local están marcadas por las concentraciones que resultan perjudiciales ó molestas (normativa)

- Hay que mantener **zonas de presión positiva o negativa**

- La **ubicación de las bocas de descarga** tiene que tender al diseño de conductos equilibrados

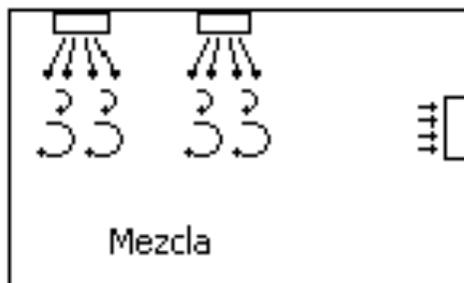


- La **ubicación de las bocas de aspiración** ha de evitar cortocircuitos con el aire impulsado, y la dispersión de la contaminación



### 3.2.- Tipos de Difusión (I)

- **Por mezcla:** el aire introducido se mezcla con el del local antes de ser extraído. Tiende a homogeneizar las condiciones en el local
- **Por flujo laminar:** el aire se desplaza de un lado a otro del local provocando un barrido sin mezcla. Se da prioridad a la calidad del aire en la zona de impulsión; se emplea cuando se exigen gran calidad del aire
- **Por desplazamiento:** se aprovechan las corrientes ascendentes del aire provocadas por las fuentes de calor del local; el aire se impulsa sin turbulencias, a velocidad muy baja y a nivel del suelo; al chocar con las corrientes convectivas de los focos de calor asciende

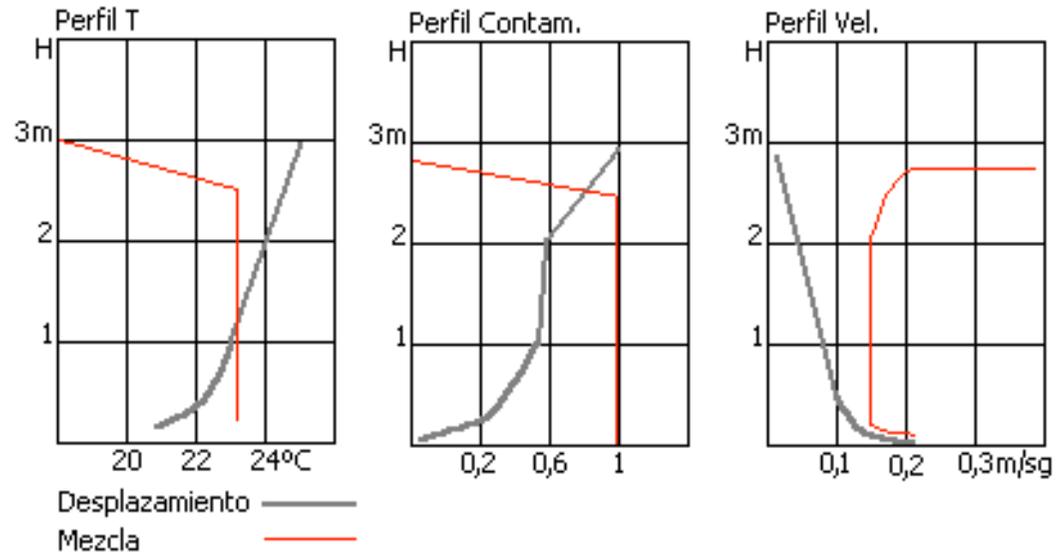


### 3.2.- Tipos de Difusión (II)

#### Mezcla vs desplazamiento

*En refrigeración* interesa la estratificación, el desplazamiento es mejor, ya que la mezcla del aire se produce en la zona ocupada

El desplazamiento sólo es válido en refrigeración



Mezcla				Desplazamiento	
Impulsión arriba Extracción arriba		Impulsión arriba Extracción abajo		Impulsión abajo Extracción arriba	
$\Delta T$ (°C)	Ev	$\Delta T$ (°C)	Ev	$\Delta T$ (°C)	Ev
0	0,9 a 1	menos de -5	0,9	menos de 0	1,2 a 1,4
0 a 2	0,9	de -5 a 0	0,9 a 1	de 0 a 2	0,7 a 0,9
2 a 5	0,8	mas de 0	1	mas de 2	0,2 a 0,7
mas de 5	0,4 a 0,7				

### 3.2.- Tipos de Difusión (III)

#### Cálculo del sistema de desplazamiento (I)

- El sistema sólo debe eliminar la **carga térmica convectiva**, no la radiante
- **El caudal de aire** se ha de determinar por cuatro formas diferentes y quedarse con el mayor de los obtenidos:
  1. En función de la carga térmica
  2. En función del caudal exterior requerido
  3. En función de las corrientes convectivas ascendentes
  4. En función de la presurización del local

#### a) Según la **carga térmica** se definen los coeficientes C y K (I)

- **C** relaciona la diferencia de T vertical en la zona ocupada y la existente entre el aire impulsado y el retornado

C	Porc (%) de carga de enfriamiento en el suelo	Uso del local
0,16	0 - 20	Iluminación próxima al techo; ej museos y estudios
0,25	20 - 60	Area de oficinas
0,33	60 - 100	Desplazamiento con inducción
0,4	60 - 100	Grandes cargas caloríficas en zonas de oficinas, techos fríos, locales de reunión

$$C = \frac{\Delta T_{\text{zona ocupada}}}{\Delta T_{\text{retorno-impulsión}}}$$

### 3.2.- Tipos de Difusión (IV)

#### Cálculo del sistema de desplazamiento (II)

a) Según la **carga térmica** se definen los coeficientes C y K (II)

- **K** relación de diferencia de T entre el aire en la parte baja de la zona ocupada y el aire impulsado, y entre el aire extraído y el impulsado.

$$K = \frac{T_{a10cm} - T_{impulsión}}{\Delta T_{retorno-impulsión}}$$

Actividad	Calor emitido (W)	$\Delta T_{retorno-impulsión}$	$\Delta T_{zona\ ocupada}$
Sentado	120	22	Menor de 2°C
De pie	150	19	Menor de 2,5°C
Media de pie	190	17	Menor de 3°C
Gran actividad de pie	270	15	Menor de 3,5°C

K	Caudal de aire específico m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Uso del local
0,5	5 - 10	Caudal exterior mínimo
0,33	15 - 20	Desplazamiento con inducción, Volumen Aire Variable
0,2	más de 25	Talleres de montaje

### 3.2.- Tipos de Difusión (V)

#### Cálculo del sistema de desplazamiento (III)

a) Según la **carga térmica** se definen los coeficientes C y K (II)

Se definen factores de carga térmica ( $U_w$ ), y de captación de la carga térmica del sistema de extracción ( $U_s$ )

$$M \text{ (l/seg)} = \frac{1000 U_w Q_{\text{local}} \text{ (W)} (1 - U_s)}{1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)} 1002 \text{ (kJ/kg}^\circ\text{C)} (T_{\text{local}} - T_{\text{impulsión}})}$$

b) Según el **caudal de aire exterior**, se realiza en función de:

- El número de personas y su actividad
- La superficie del local
- La concentración de contaminantes y el factor de captación de los mismos ( $N_s$ )

$$Q = \frac{U_s \sum g (1 - N_s)}{(C_{\text{amb}} - C_{\text{imp}})}$$

### 3.2.- Tipos de Difusión (VI)

#### Cálculo del sistema de desplazamiento (IV)

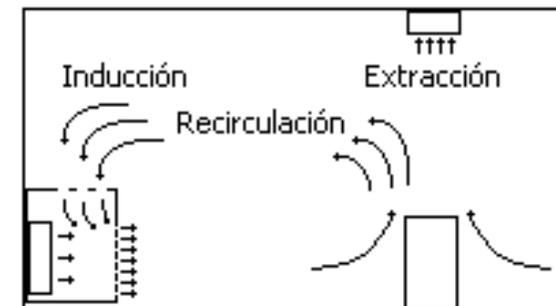
c) Según el **caudal convectivo** ascendente (tablas)

Tipo de fuente de calor	Valor aprox carga en W	Caudal aire aprox a 1,1 m en m³/h	Caudal aire aprox a 1,8 m en m³/h
Personas, actividad mod.	100 - 120	80 - 100	180 - 210
Lampara	60	40	100
PC-Fax	300	100	200
Impresora	400	120	250
Fotocopiadora	1000	200	400
Calefacción	400	40	100

d) Según la **presurización de los locales**

Se puede utilizar un **sistema de desplazamiento** para eliminar la contaminación, **y combinarlo** con otro que elimine la carga térmica

$\Delta T$  entre el aire impulsado y el del local tiene que ser baja, puede combinarse con un sistema de inducción



### 3.2.- Tipos de Difusión (VII)

El **RITE** limita la velocidad del aire en la zona ocupada

a) **Difusión por mezcla:** 
$$V = \frac{T}{100} - 0,07 \text{ m/s}$$

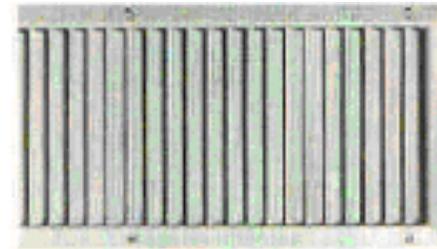
b) **Difusión por desplazamiento** 
$$V = \frac{T}{100} - 0,1 \text{ m/s}$$

V (m/s)	Verano (23°C)	Verano (25°C)	Invierno (21°C)	Invierno (23°C)
Mezcla	0,16	0,18	0,14	0,16
Desplazamiento	0,13	0,15	0,11	0,13

### 3.3.- Unidades Terminales (I)

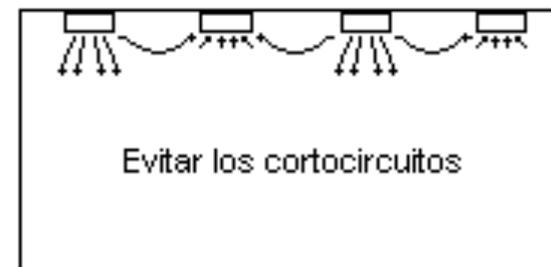
#### Bocas de Retorno

- **Rejillas:** lamas horizontales o verticales



Las situación de las bocas

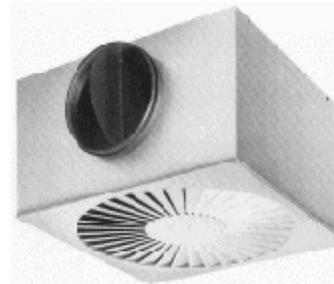
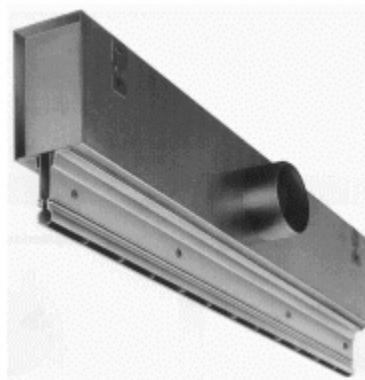
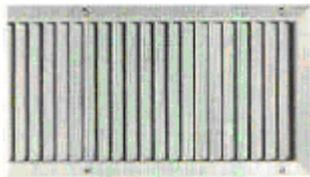
- No se necesitan muchas bocas, una basta
- No tiene influencia en la velocidad del aire en el local
- Tiene influencia en el recorrido del aire
- Tiene gran importancia en la contaminación en el local
- Deben evitarse los cortocircuitos con la impulsión



### 3.3.- Unidades Terminales (II)

Dentro de las de **impulsión** se pueden destacar **(I)** :

- **Rejillas**: lamas horizontales o verticales, generalmente orientables
- **Lineales**: evitar que las venas de los difusores choquen
- **Difusores rotacionales**; elevada inducción del aire impulsado, se pueden colocar unos cerca de otros, permiten gran caudal total
- **De techo**: son circulares, rectangulares o cuadrados, realizados en "conos" concéntricos, facilitan la mezcla del aire



### 3.3.- Unidades Terminales (III)

Dentro de las de **impulsión** se pueden destacar (II) :

- **Toberas de impulsión:** son un tubo por el que se logra un gran alcance, apropiados para grandes espacios



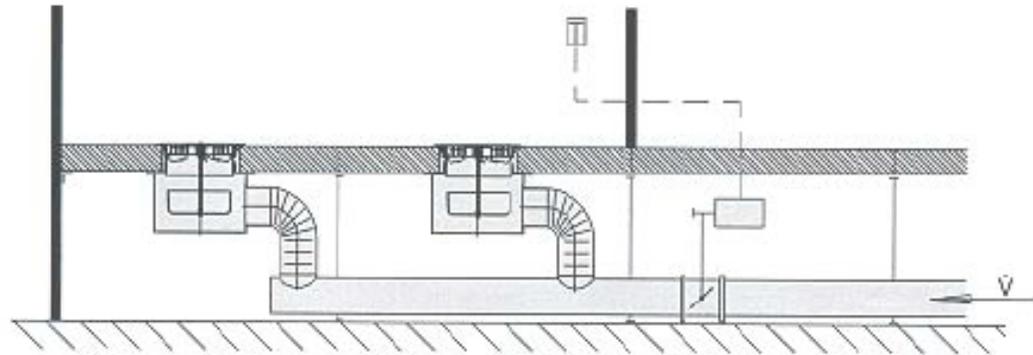
### 3.3.- Unidades Terminales (IV)

Dentro de las de **impulsión** se pueden destacar (III) :

- **Vigas Frías:** a lo largo de toda la estancia



- **Difusores de suelo:** la zona próxima no se puede ocupar, necesitan conductos por el suelo



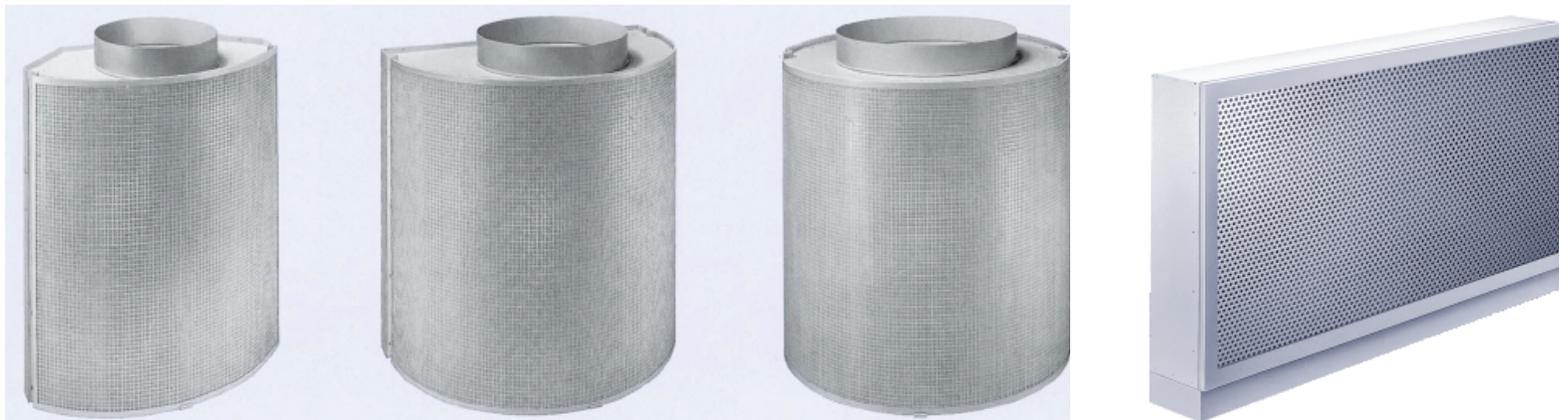
- **Difusores de peldaño:** cuidado con la zona cercana



### 3.3.- Unidades Terminales (V)

Dentro de las de **impulsión** se pueden destacar **(IV)** :

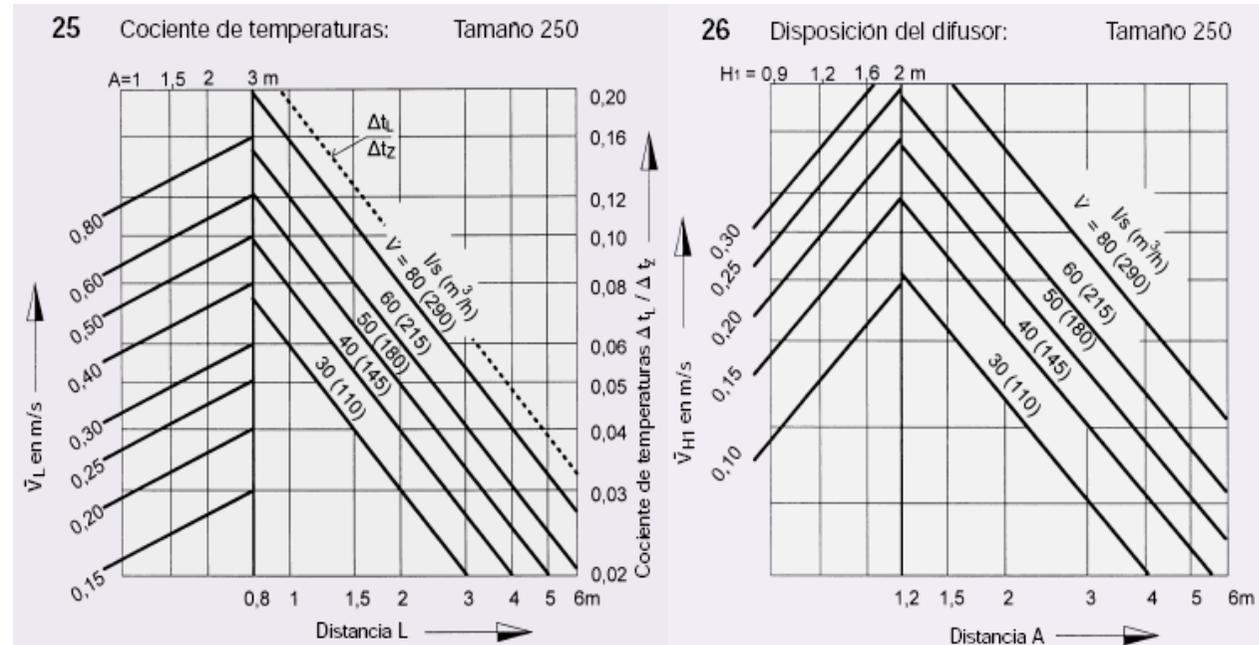
- ***Paneles de chapa perforada***: se colocan en el techo o en las paredes, el aire es distribuido por los orificios con una distribución uniforme a baja velocidad y con baja turbulencia



- ***Difusores de geometría variable***; adaptan su geometría a la diferente situación de la difusión del aire en invierno y verano

### 3.3.- Unidades Terminales (VI)

Los **fabricantes** de los impulsores proporcionan unos **gráficos** en los cuales se pueden determinar las características de flecha, caída, propulsión, presión necesaria, ...



El aspecto estético no debe eliminar el técnico

### 3.3.- Unidades Terminales (VII)

Otros **fabricantes** proporcionan software de selección

Calcular por:  Caudal y Alcance  Caudal y Potencia Sonora  Impulsión  
 Caudal y Difusor

Seleccionar con las velocidades recomendadas

Caudal:  l/s   No  100% Abierto  50% Abierto  25% Abierto

Alcance:

T.Ambiente:

T.Impulsión:

Selección Técnica

Modelo	Q (m³/h)	Dt (°C)	Aeff (m²)	Veff (m/s)	Dpt1 (Pa)	Lwa1 (dB(A))	AI02 (m)	T02 (°C)	AI03 (m)	T03 (°C)	bv (m)
AXP-200	180,1	-4	0,0133	3,76	13,28	25<x<30	1,6	22	1,1	22	0,1
AXP-250	180,1	-4	0,0192	2,6	6,77	0<x<25	1,2	22	0,8	22	0,1

**Velocidades recomendadas: Vmin 2,5 m/s Vmax 4,5 m/s**

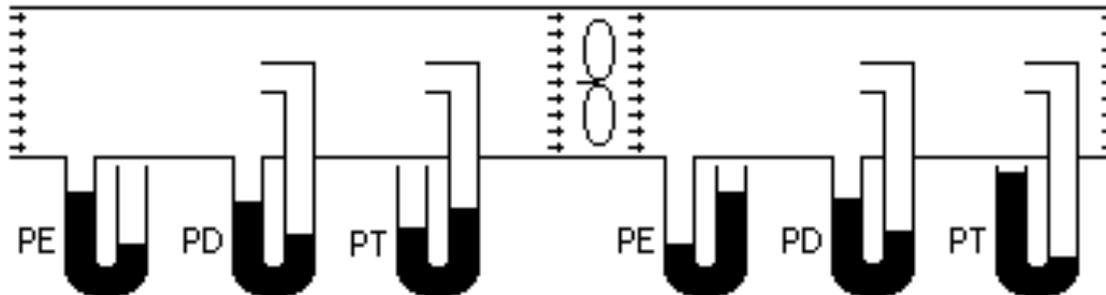
### 3.4.- Ventiladores (I)

Son máquinas destinadas a producir **movimiento de aire**

- Caudal volumétrico
- Incremento de la presión estática
- Potencia disponible
- Rendimiento del ventilador
- Ruido, las dimensiones, y el modo de arrastre

Tres tipos de **presiones**:

- Presión estática, sobre las paredes del conducto
- Dinámica, al convertir la energía cinética en presión
- Total que es la suma de las dos



$P_{\text{estática}}$ : en todas las direcciones

$P_{\text{dinámica}}$ : en la dirección del flujo

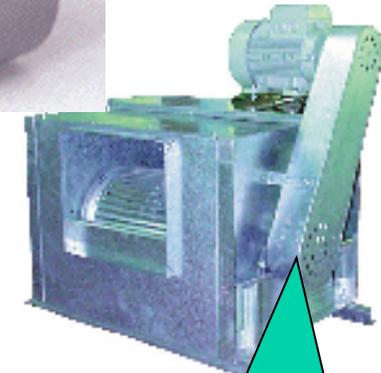
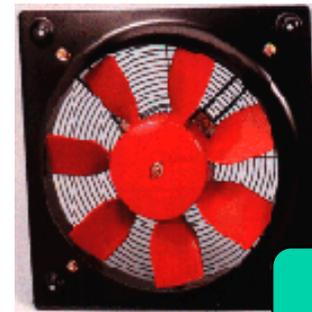
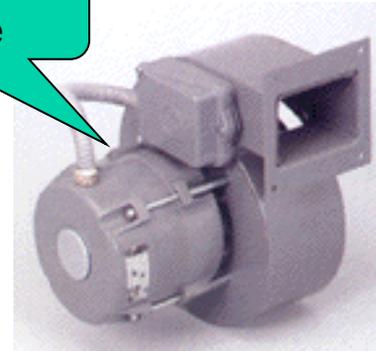
$$P_{\text{din}} = \frac{v^2}{2g} \quad [m]$$

### 3.4.- Ventiladores (II)

El calor del motor  
pasa al aire

#### Clasificación de los ventiladores (I):

- Por **la diferencia de presión estática**:
  - Alta presión:  $180 < \Delta p < 300$  mm.c.a.
  - Media presión:  $90 < \Delta p < 180$  mm.c.a.
  - Baja presión:  $\Delta p < 90$  mm.c.a.
- Por el **sistema de accionamiento**:
  - Accionamiento directo
  - Accionamiento indirecto por transmisión
- Por el **modo de trabajo (I)**:
  - **Ventiladores axiales**: mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja
    - Hélice*
    - Tubo axial*: en una envolvente, dan mayores presiones, generan mucho ruido



El desgaste de la correa  
contamina el aire



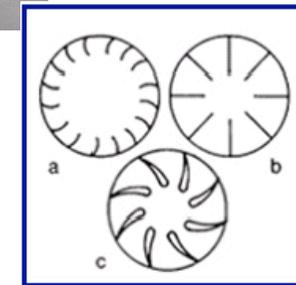
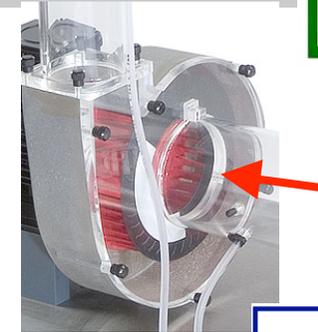
### 3.4.- Ventiladores (III)

#### Clasificación de los ventiladores (II):

- Por el **modo de trabajo:**

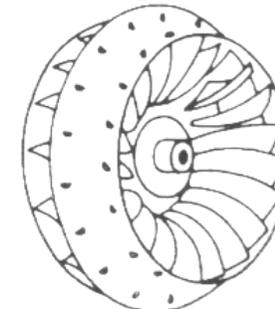
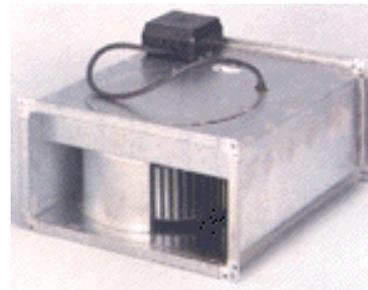
- **Ventiladores centrífugos:** salida es perpendicular a la entrada.

- De álabes curvados hacia delante
- De álabes rectos a radiales; captación de residuos
- De álabes curvados hacia atrás



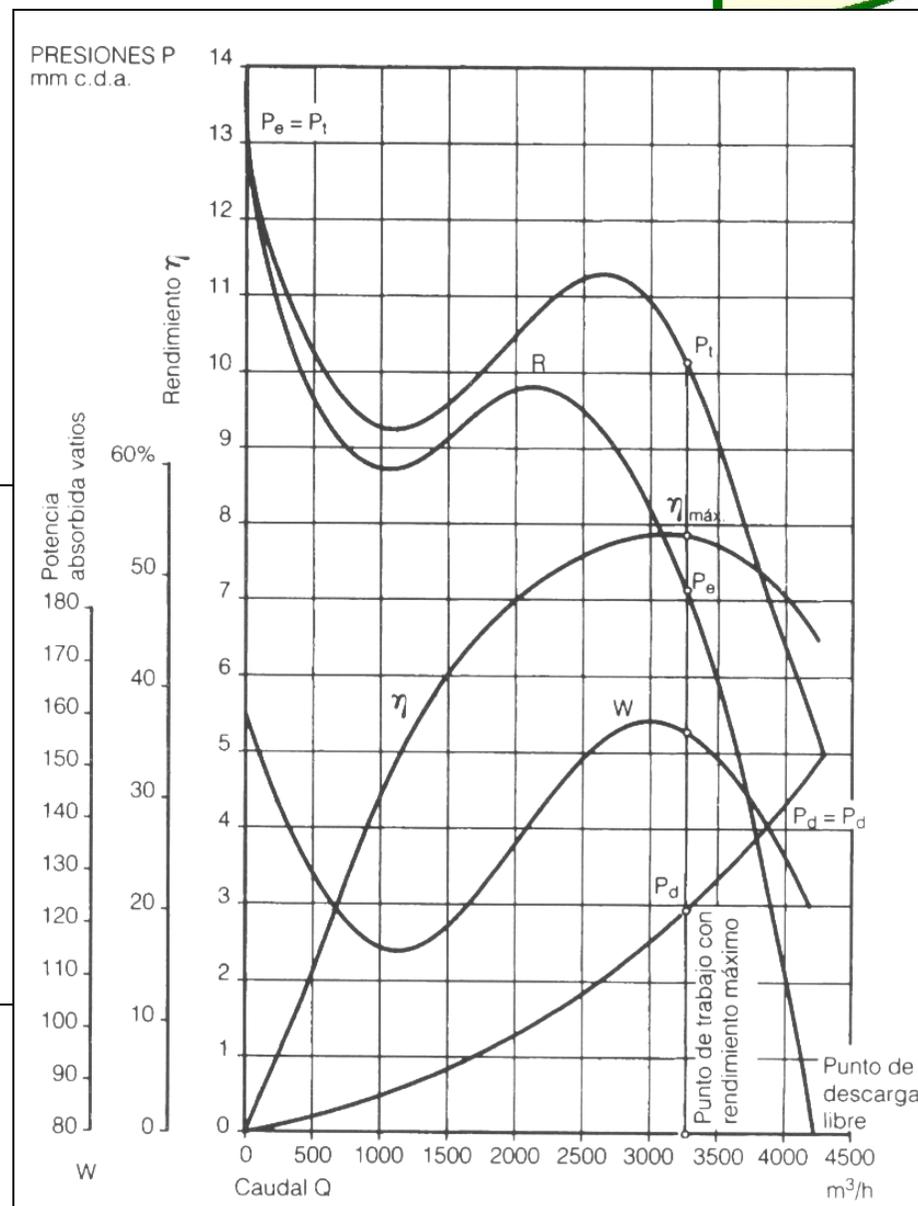
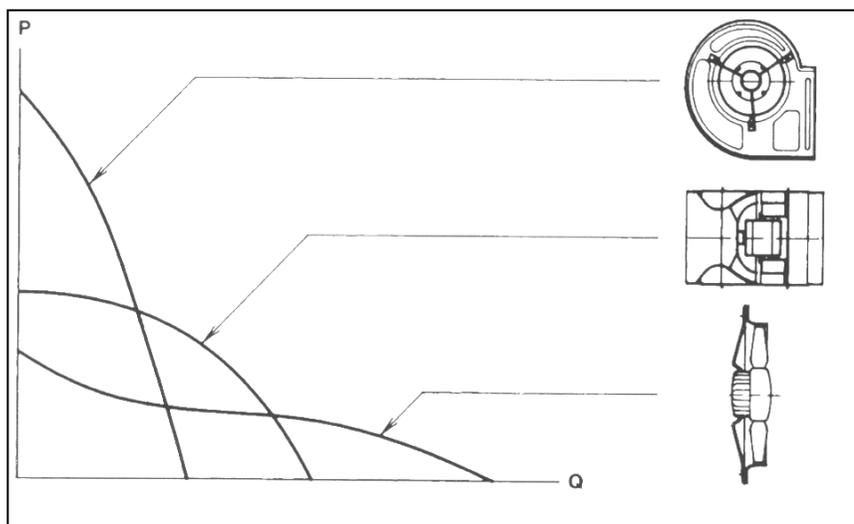
- **Ventiladores transversales;** la trayectoria del aire en el rodete es normal al eje tanto a la entrada como a la salida

- **Ventiladores helicocentrífugos;** intermedios entre los centrífugos y los axiales, el aire entra como en los helicoidales y sale como en los centrífugos



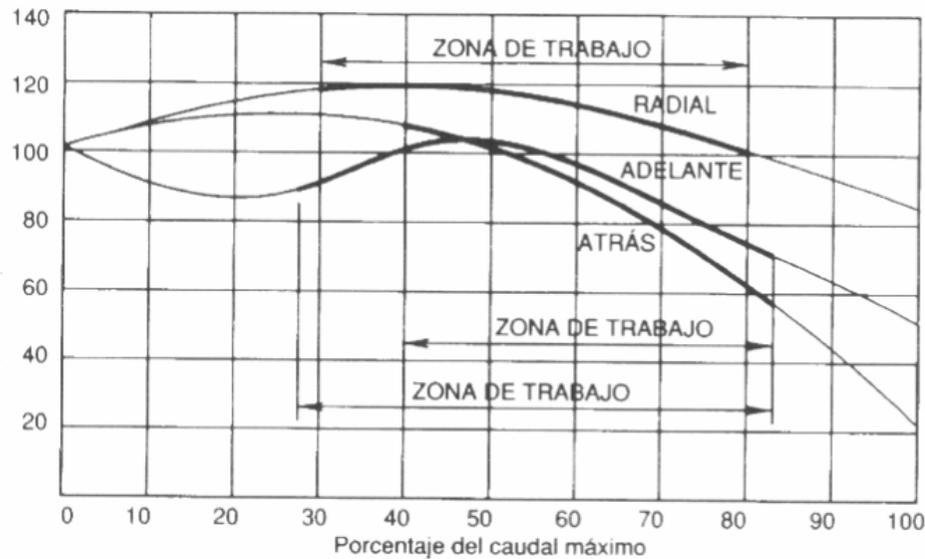
### 3.4.- Ventiladores (IV)

#### Las *curvas características* (I):

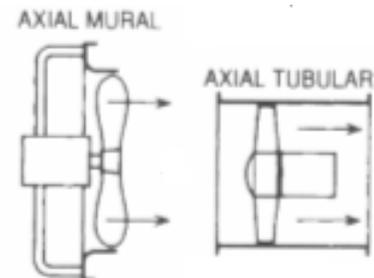
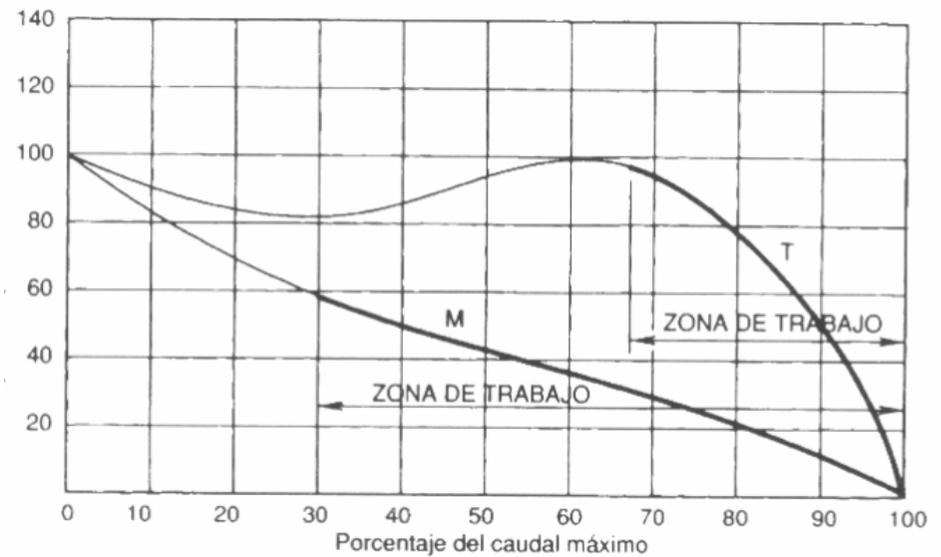


3.4.- Ventiladores (V)

Las *curvas características* (II):

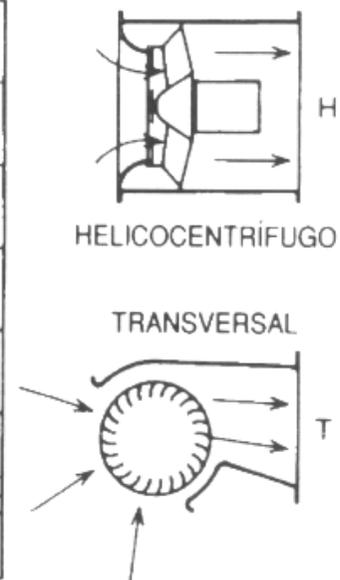
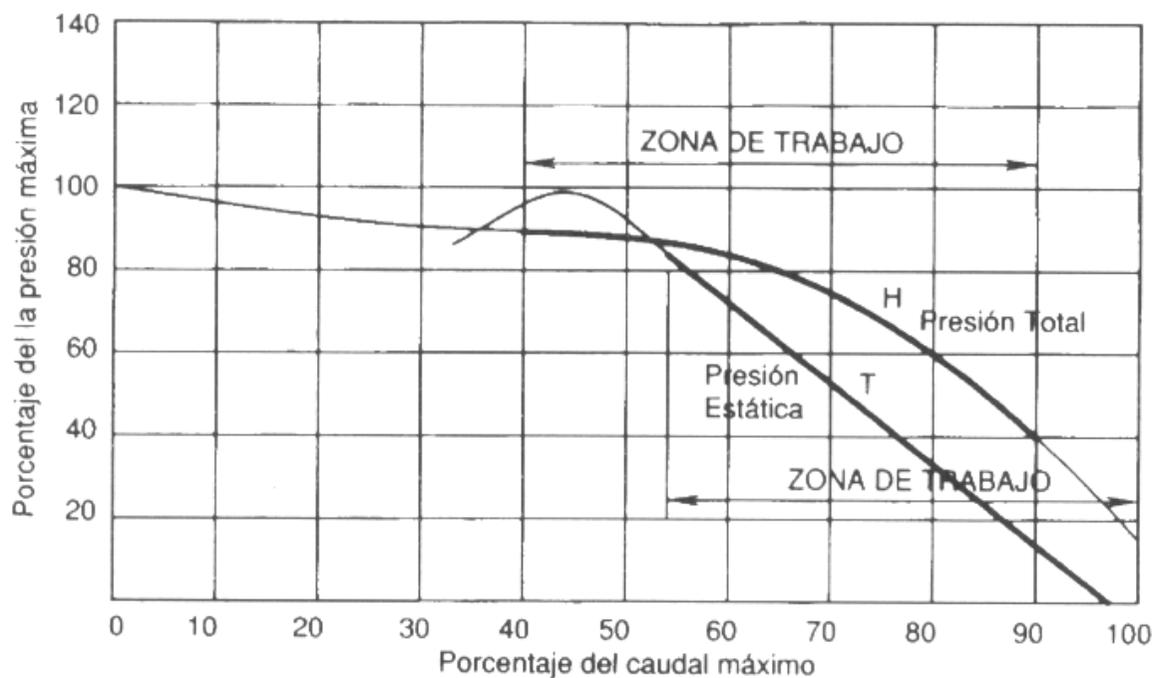


CENTRÍFUGOS



### 3.4.- Ventiladores (VI)

Las **curvas características (II)**:



### 3.4.- Ventiladores (VII)

#### Leyes de los ventiladores (I):

- Variación de la velocidad de giro:

$$Q = Q_0 \frac{n}{n_0} \quad P = P_0 \left( \frac{n}{n_0} \right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \left( \frac{n}{n_0} \right)^3 \quad Lw = Lw_0 + 50 \log \left( \frac{n}{n_0} \right)$$

- Variación del diámetro del rodete:

$$Q = Q_0 \left( \frac{D}{D_0} \right)^3 \quad P = P_0 \left( \frac{D}{D_0} \right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \left( \frac{D}{D_0} \right)^5 \quad Lw = Lw_0 + 70 \log \left( \frac{D}{D_0} \right)$$

- Variación de la densidad del aire:

$$Q = Q_0 \quad P = P_0 \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) \quad Lw = Lw_0 + 20 \log \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)$$

### 3.4.- Ventiladores (VIII)

#### Leyes de los ventiladores (II):

- Variación varios parámetros:

$$Q = Q_0 \left( \frac{D}{D_0} \right)^3 \frac{n}{n_0} \qquad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \left( \frac{D}{D_0} \right)^5 \left( \frac{n}{n_0} \right)^5 \frac{\rho}{\rho_0} \qquad n = n_0 \left( \frac{Q_0}{Q} \right)^{1/2} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{3/4} \left( \frac{\rho_0}{\rho} \right)^{3/4}$$

$$Lw = Lw_0 + 70 \log \left( \frac{D}{D_0} \right) + 50 \log \left( \frac{n}{n_0} \right) + 20 \log \left( \frac{\rho_0}{\rho} \right)$$

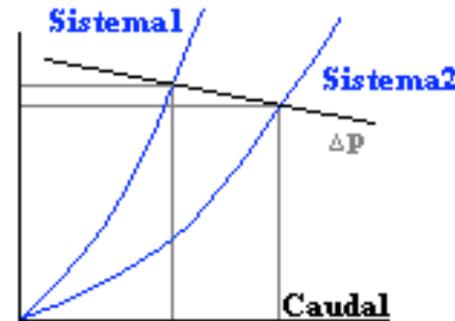
- Variación de las prestaciones

$$\text{Pot} = \text{Pot}_0 \left( \frac{Q}{Q_0} \right) \left( \frac{P}{P_0} \right) \qquad D = D_0 \left( \frac{Q}{Q_0} \right)^{1/2} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{1/4} \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)^{1/4} \qquad n = n_0 \left( \frac{Q_0}{Q} \right)^{1/2} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{3/4} \left( \frac{\rho_0}{\rho} \right)^{3/4}$$

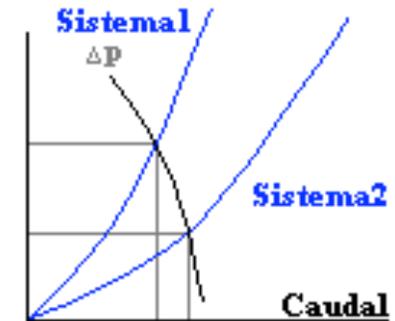
$$Lw = Lw_0 + 10 \log \left( \frac{Q}{Q_0} \right) + 20 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)$$

**3.4.- Ventiladores (IX)**

El **punto de funcionamiento** depende del sistema de distribución del aire, que es cambiante (filtros, suciedad, control)



Para Q variable

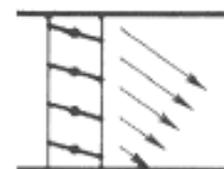
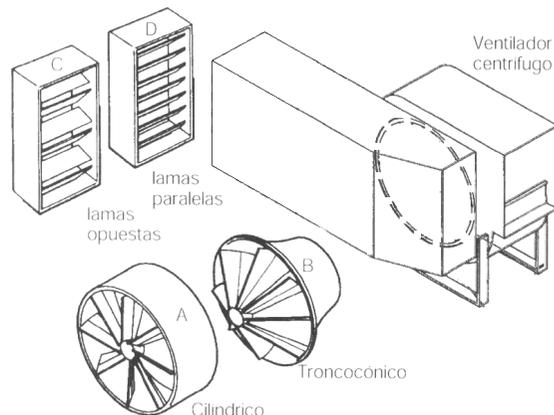


Para Q cte

**Control del caudal**

Ventilador	Sistema de regulación	Zona posible de regulación		Zona de regulación recomendada		Coste inicial	Consumo energía	Nivel acústico
		de %	a %	de %	a %			
Centrífugo y helicoidal	Compuerta	100	70	100	90	Bajo	Malo	Malo
	Bypas	100	0	100	80	Alto	Regular	-
	Reg. velocidad	100	20	100	20	Medio	Bueno	Regular
Helicoidal	Ang. álabes	100	0	100	0	Muy alto	Muy bueno	Bueno

No



Compuerta laminas paralelas



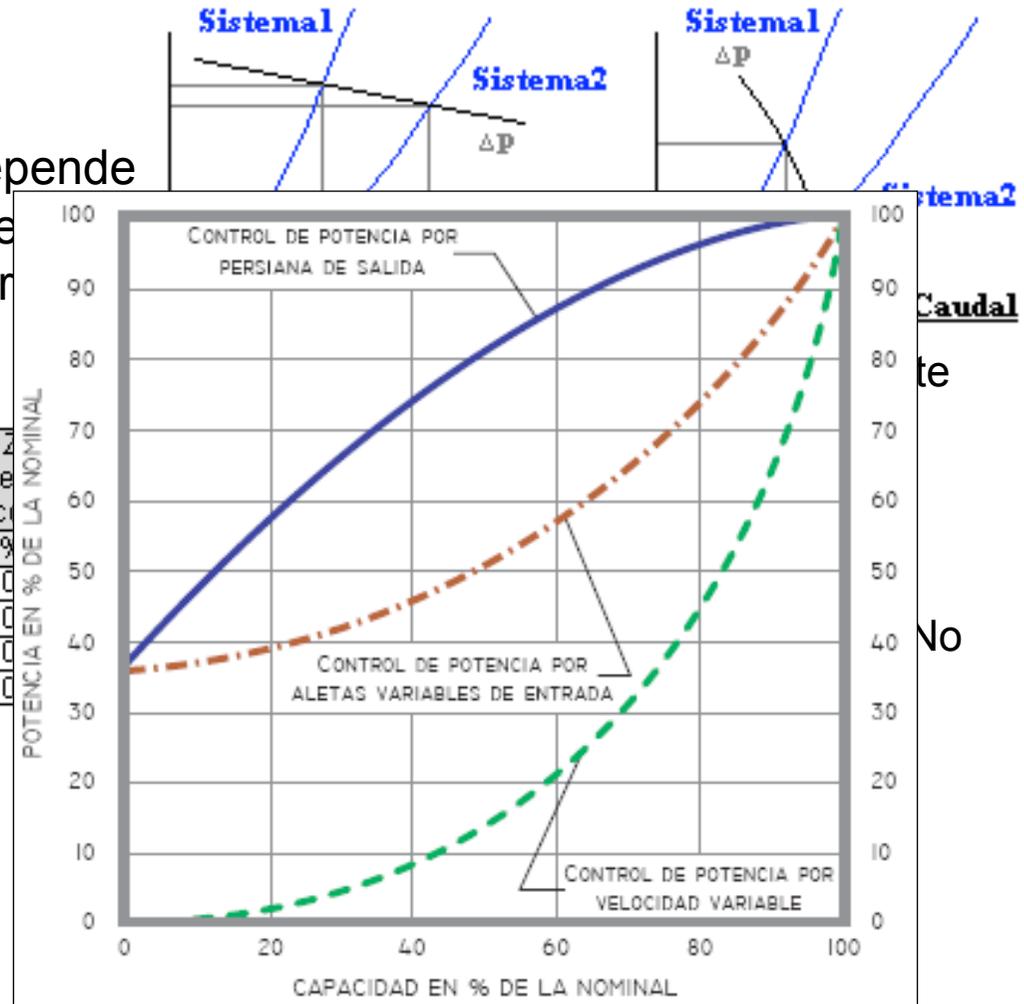
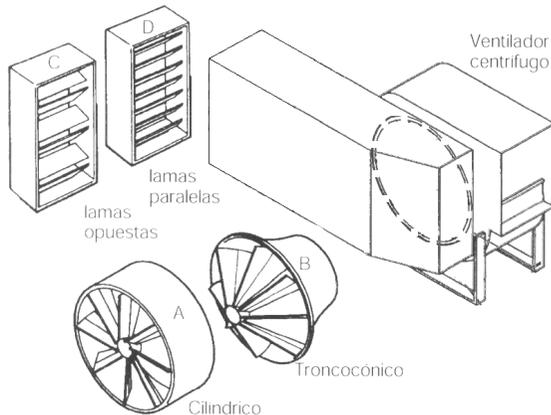
Compuerta laminas opuestas

3.4.- Ventiladores (IX)

El **punto de funcionamiento** depende del sistema de distribución del aire es cambiante (filtros, suciedad, contr

**Control del caudal**

Ventilador	Sistema de regulación	Zona posible de regulación		re reci de %
		de %	a %	
Centrífugo y helicoidal	Compuerta	100	70	100
	Bypas	100	0	100
	Reg. velocidad	100	20	100
Helicoidal	Ang. álabes	100	0	100

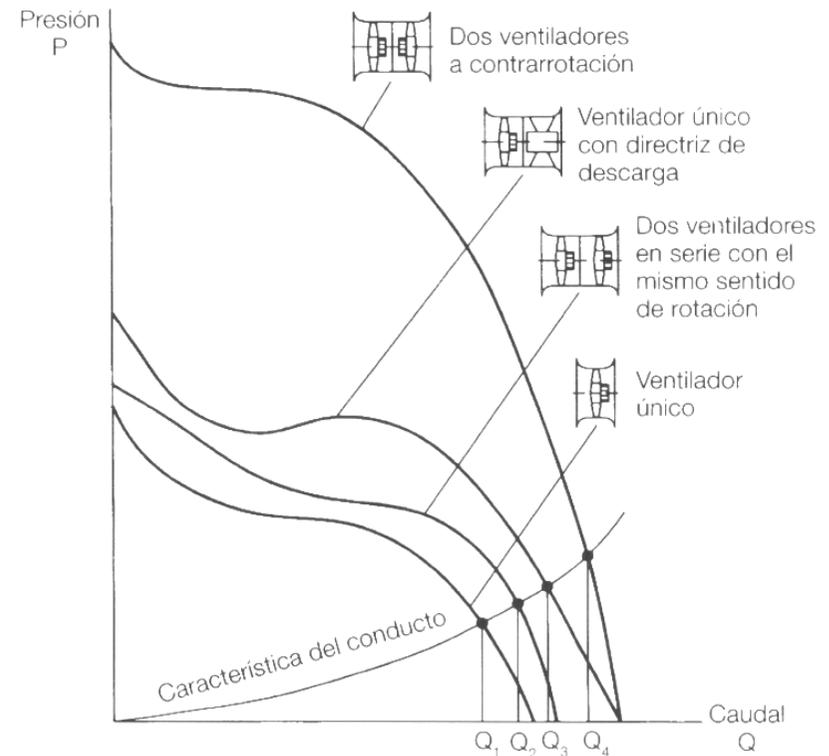
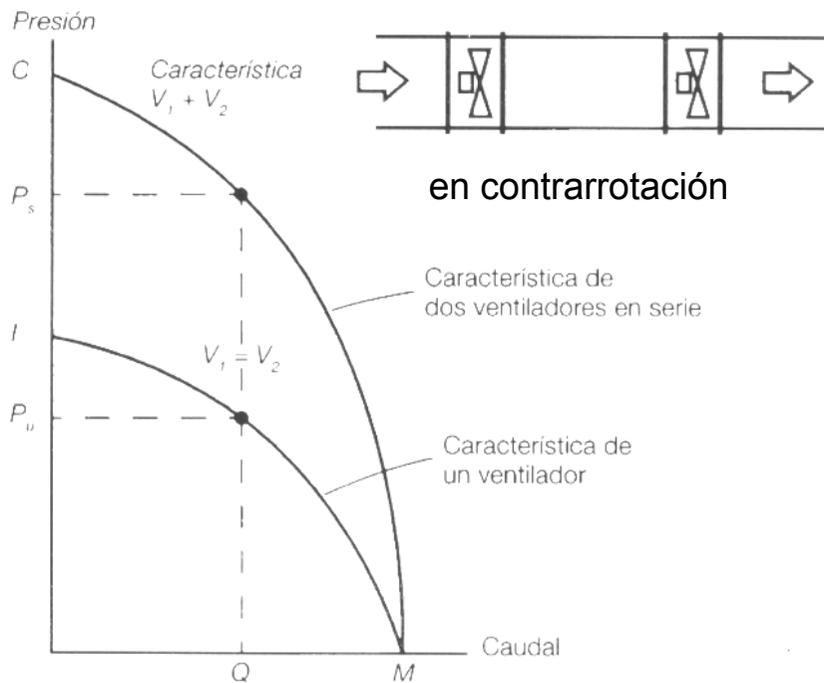


Compuerta laminas paralelas opuestas Compuerta laminas paralelas opuestas

### 3.4.- Ventiladores (X)

#### Acoplamiento de ventiladores (I)

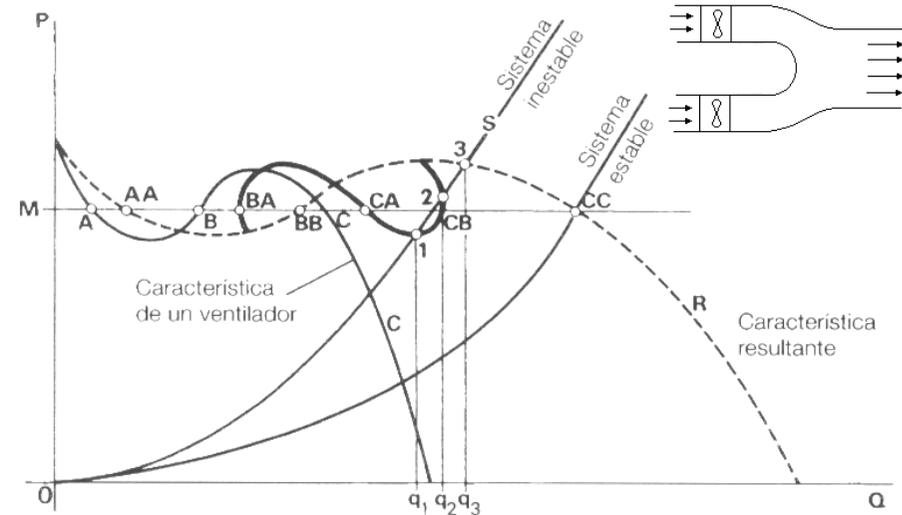
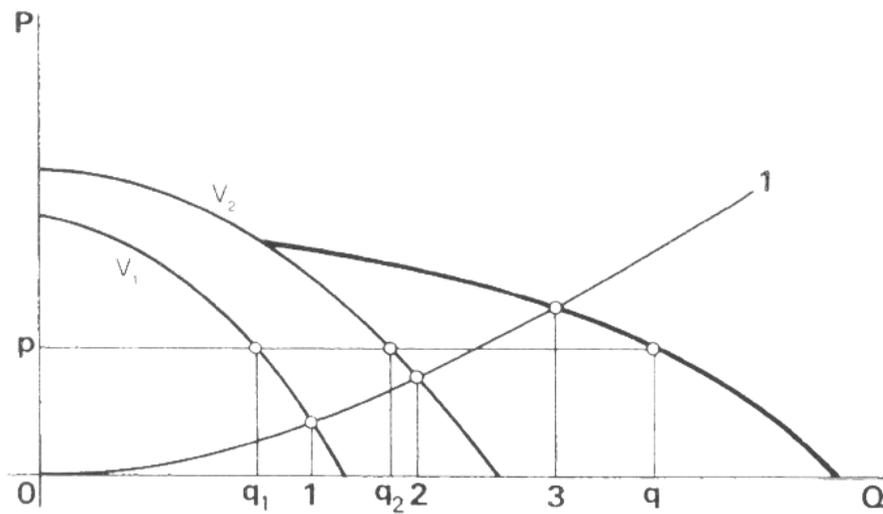
- **Serie**



3.4.- Ventiladores (XI)

Acoplamiento de ventiladores (II)

• Paralelo



### 3.4.- Ventiladores (XII)

El RITE marca la categoría del sistema [ $W/(m^3/s)$ ] (imp. + ret.)

Categoría	Potencia Específica [ $W/(m^3/s)$ ]
SFP 1	$\leq 500$
SFP 2	500 – 750
SFP 3	750 – 1.250
SFP 4	1.250 – 2.000
SFP 5	2.000 <

**3.4.- Ventiladores (XIII)**



### 3.5.- Conductos de Aire (I)

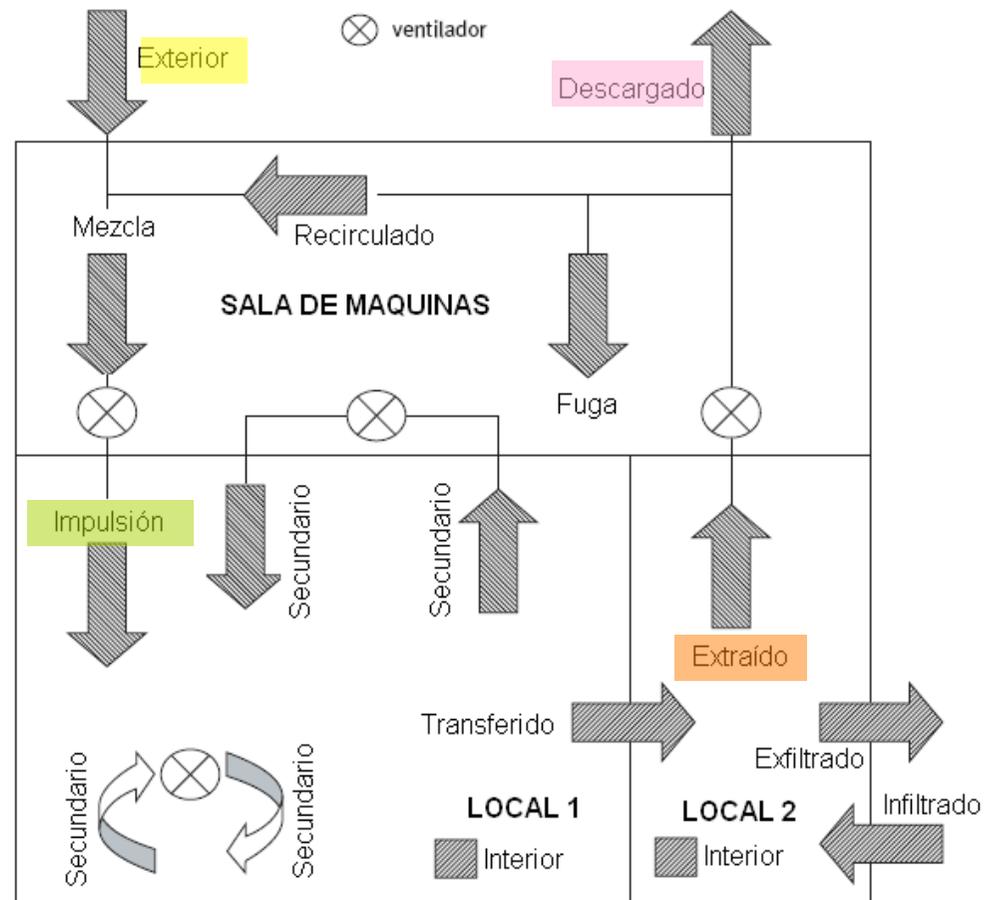
#### Clasificación (I):

##### Por la velocidad del aire:

- Baja velocidad ( $v < 10$  m/seg)
- Alta velocidad ( $v > 10$  m/seg)

##### Por aire transportado:

- Conducto de **impulsión**
- Conducto de **extracción**
- Conducto de **expulsión**
- Conducto de **renovación**



### 3.5.- Conductos de Aire (II)

#### Clasificación (II):

##### **Por el material empleado:**

- Metálicos; larga duración, resistencia mecánica, más fácil mantenimiento, no desprenden impurezas ni olores
- De fibra de vidrio, lana de roca, ...; menor peso, más fácil construcción (no necesitan maquinaria, se construyen in situ), son aislante térmico y acústico
- Textiles; fácil instalación, lavables, difusión incorporada

##### **Por la forma:**

- Circulares (prefabricados)
- Rectangulares (mejor cuanto más cuadrado; sección equivalente)



(2 kg/m<sup>2</sup>)



(7 kg/m<sup>2</sup>)



3.5.- Conductos de Aire (II)

**Clasificación (II):**

***Por el material empleado:***

- Metálicos; larga duración, alta resistencia mecánica, más fáciles de instalar, pero pueden desprender impurezas
- De fibra de vidrio, ligeros, menor peso, más fáciles de instalar, pero necesitan maquinaria, no se instalan in situ, son aislante térmico
- Textiles; fáciles de instalar, pero poca resistencia a la difusión incorporada

En exterior metálicos



***Por la forma:***

- Circulares (prefabricados)
- Rectangulares (mejor cuanto más cuadrado; sección equivalente)



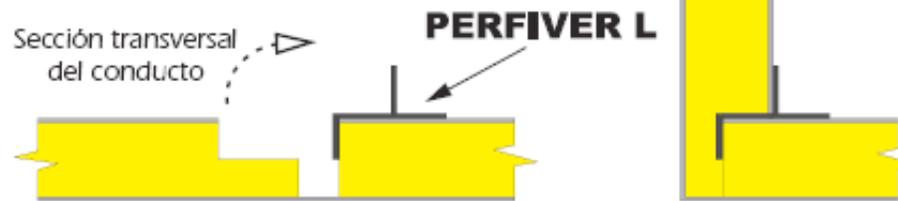
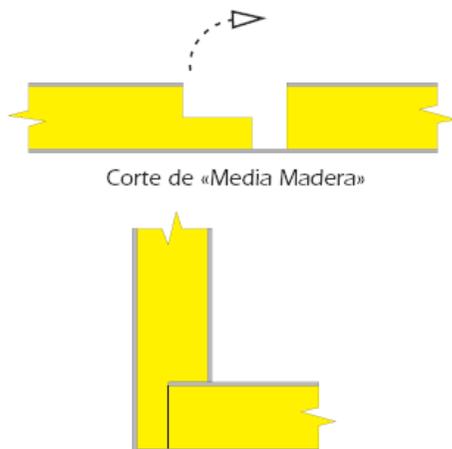
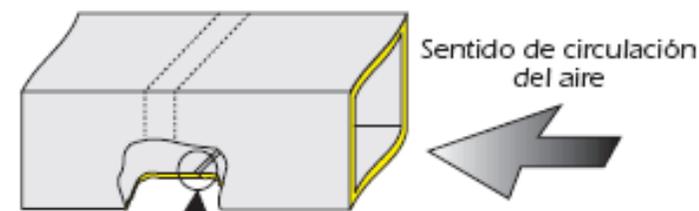
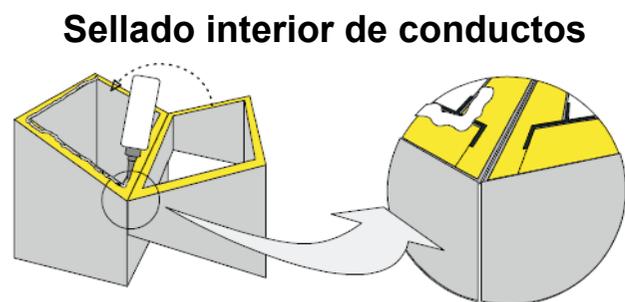
**3.5.- Conductos de Aire (III)**

**Conexión de los elementos de difusión**



3.5.- Conductos de Aire (IV)

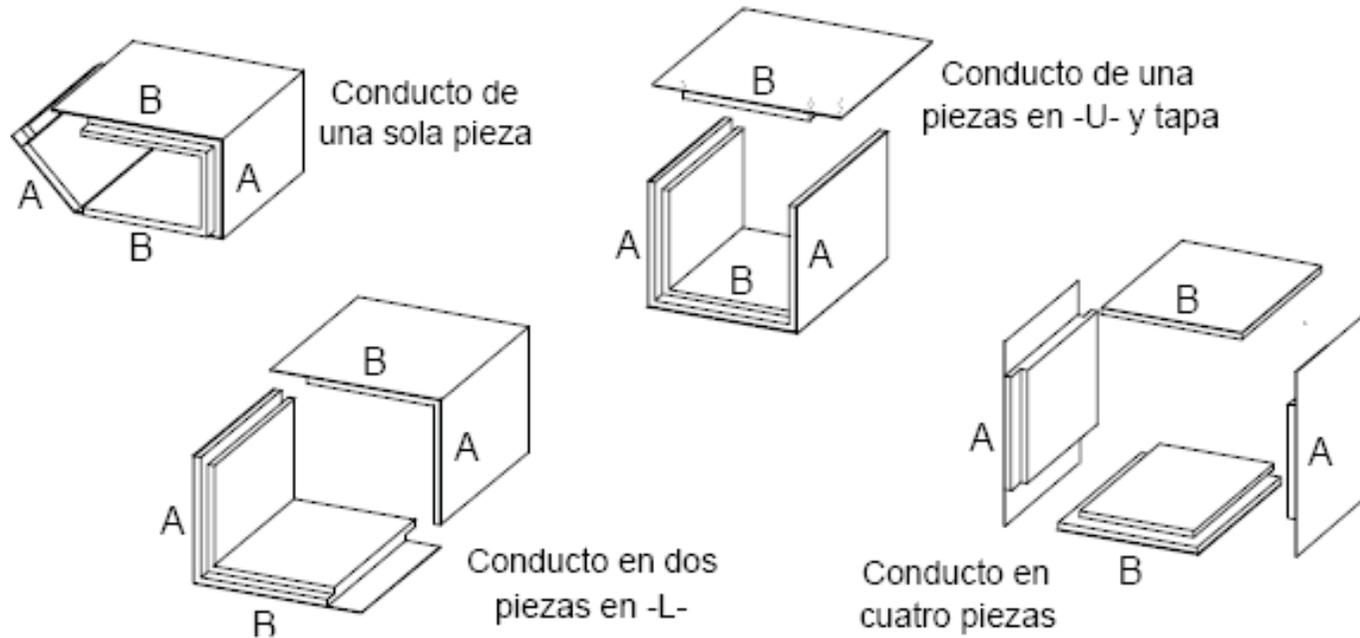
Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:



3.5.- Conductos de Aire (V)

**Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:**

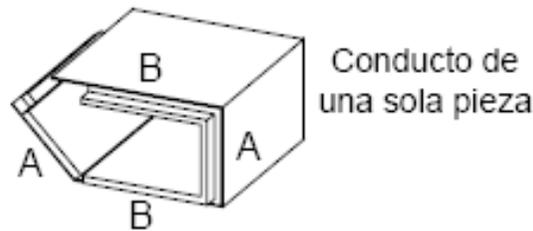
Cuatro Formas de Fabricar un Conducto Recto



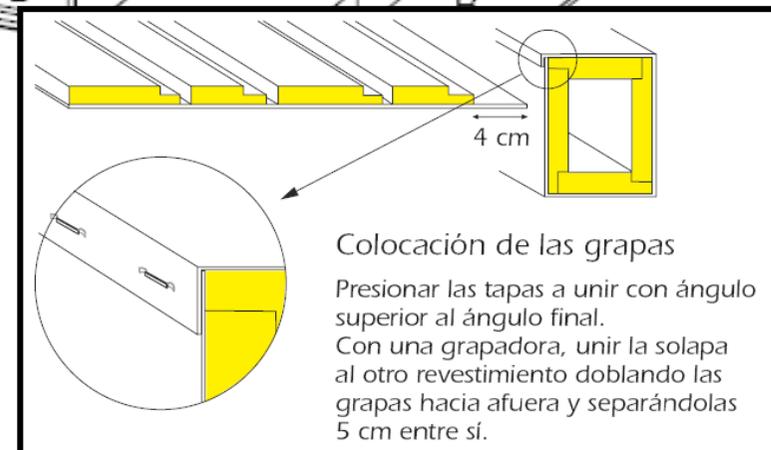
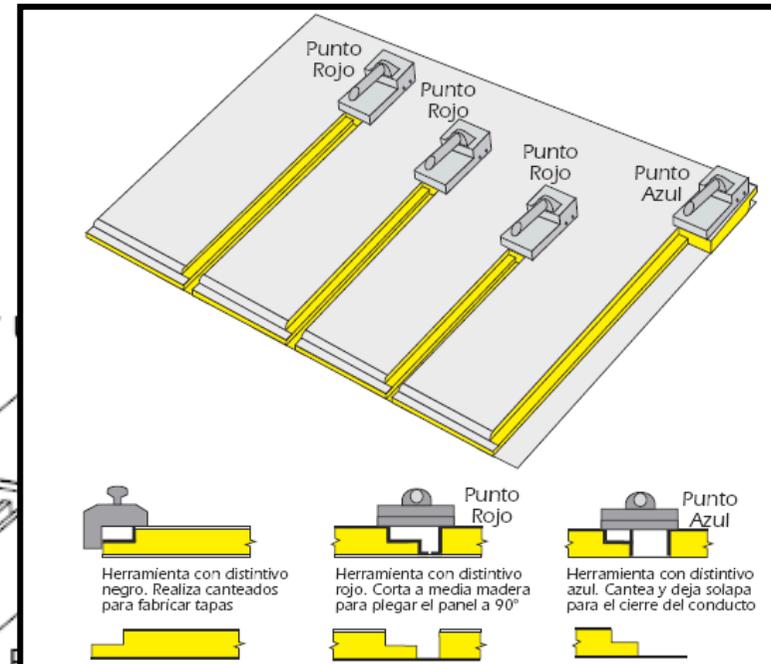
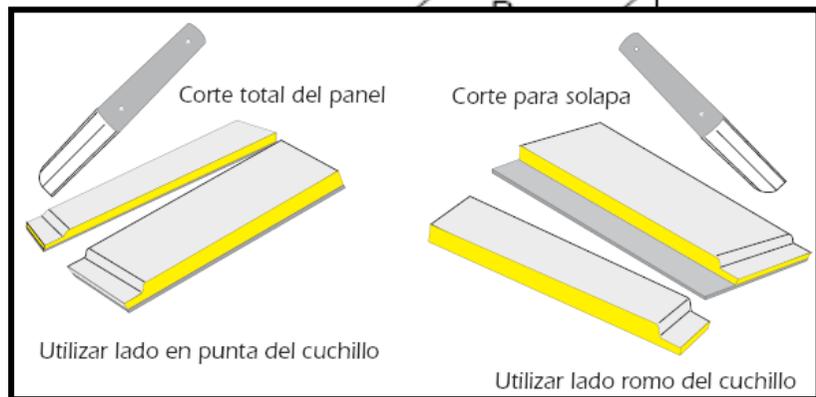
**3.5.- Conductos de Aire (V)**

**Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:**

**Cuatro Formas de Fabricar**



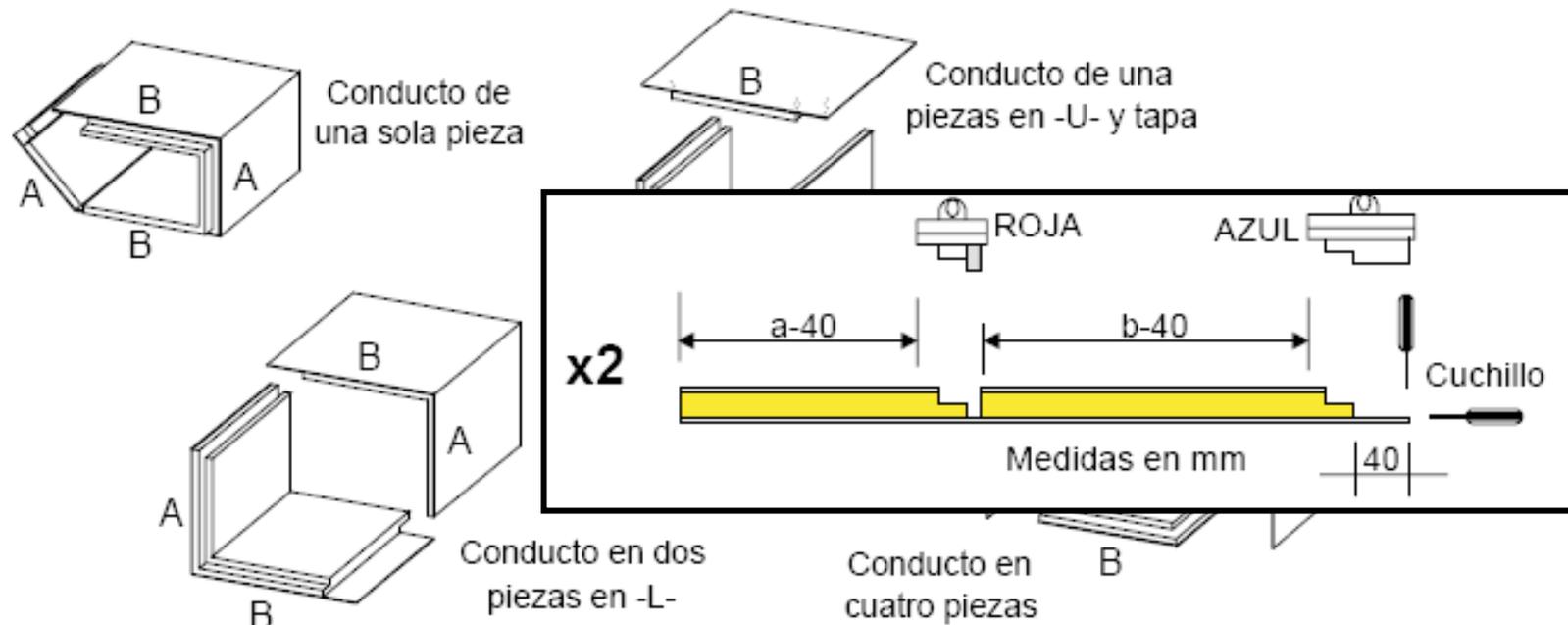
A partir de: *Manual de Montaje CLIMAVER*



**3.5.- Conductos de Aire (V)**

**Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:**

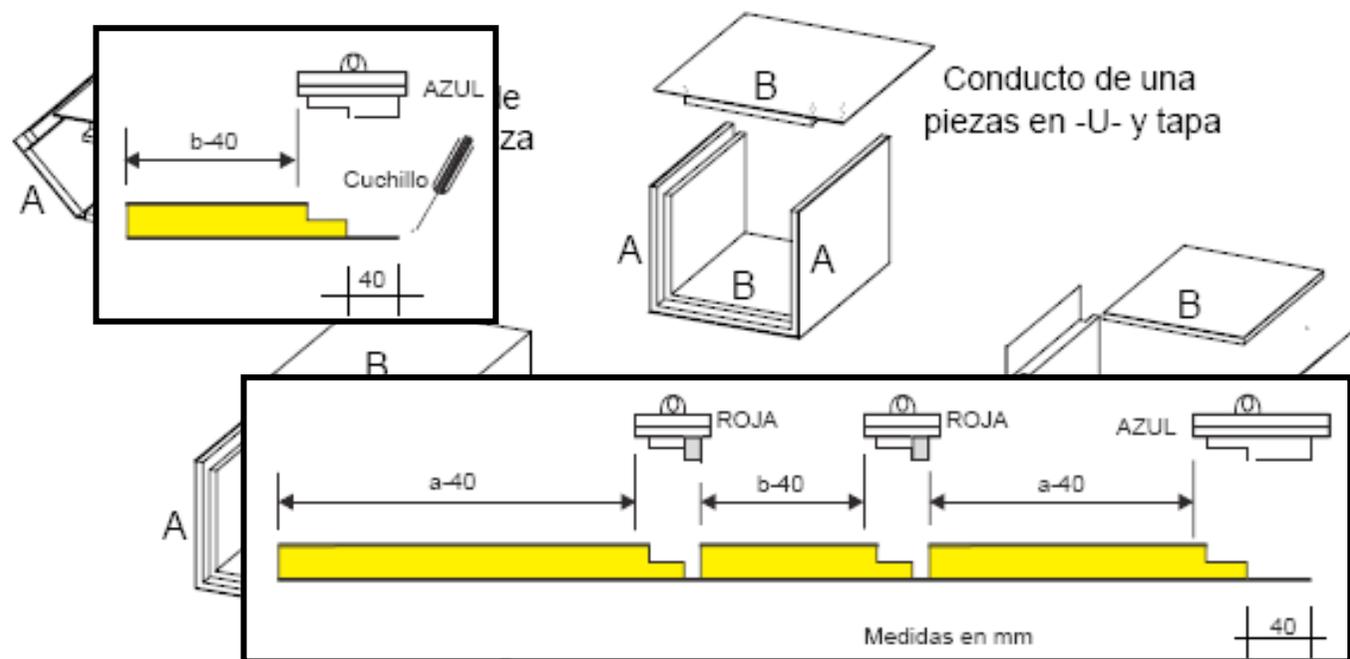
**Cuatro Formas de Fabricar un Conducto Recto**



3.5.- Conductos de Aire (V)

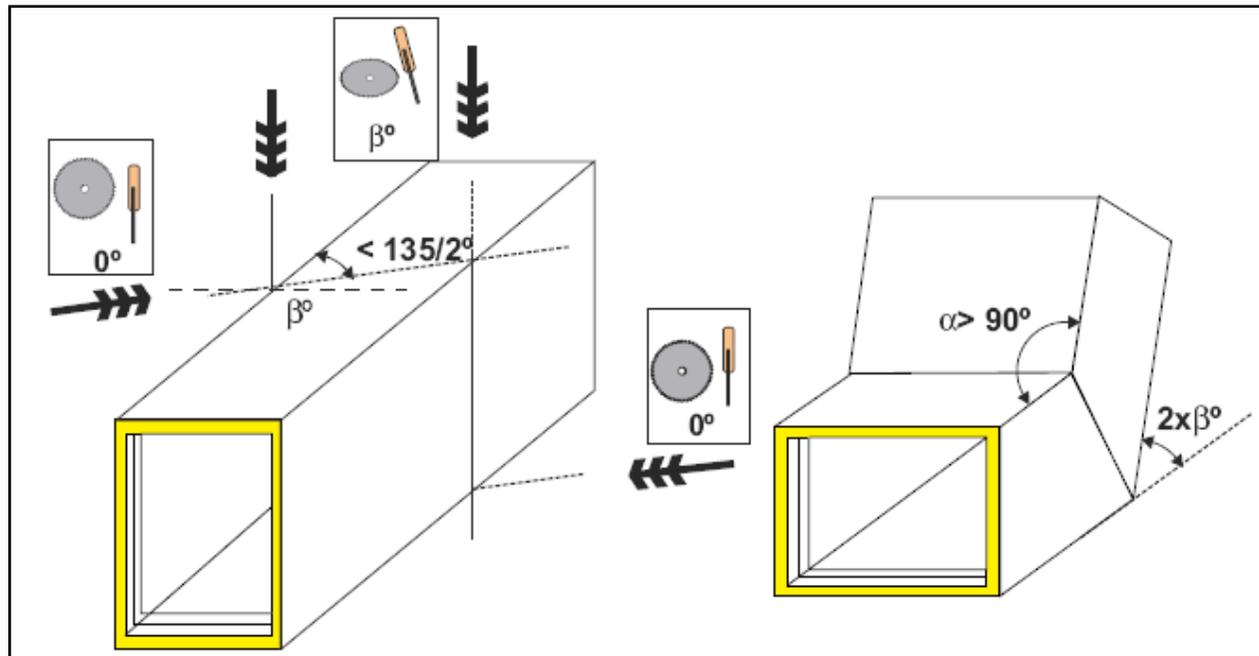
Fabricación de conductos de  
lana de roca o vidrio:

Cuatro Formas de Fabricar un Conducto Recto



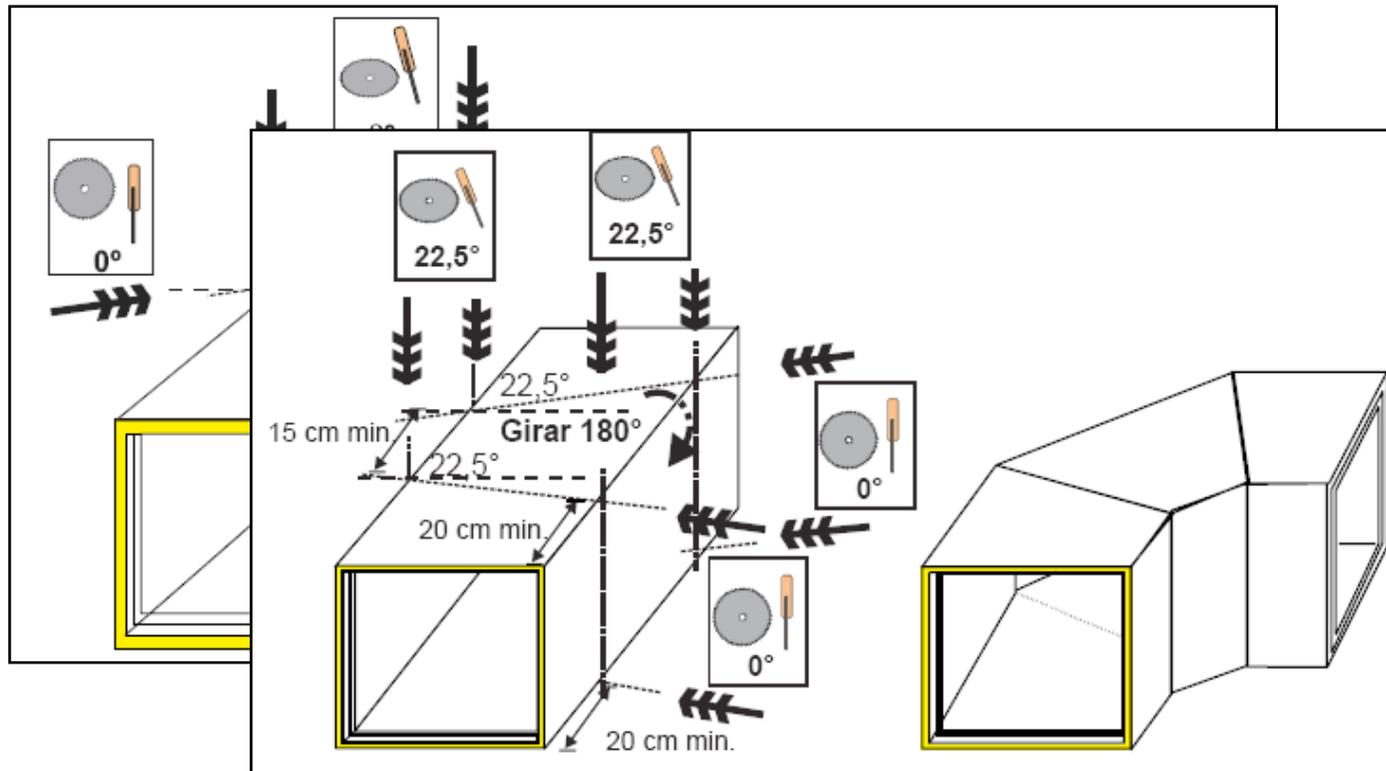
3.5.- Conductos de Aire (VI)

**Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:**



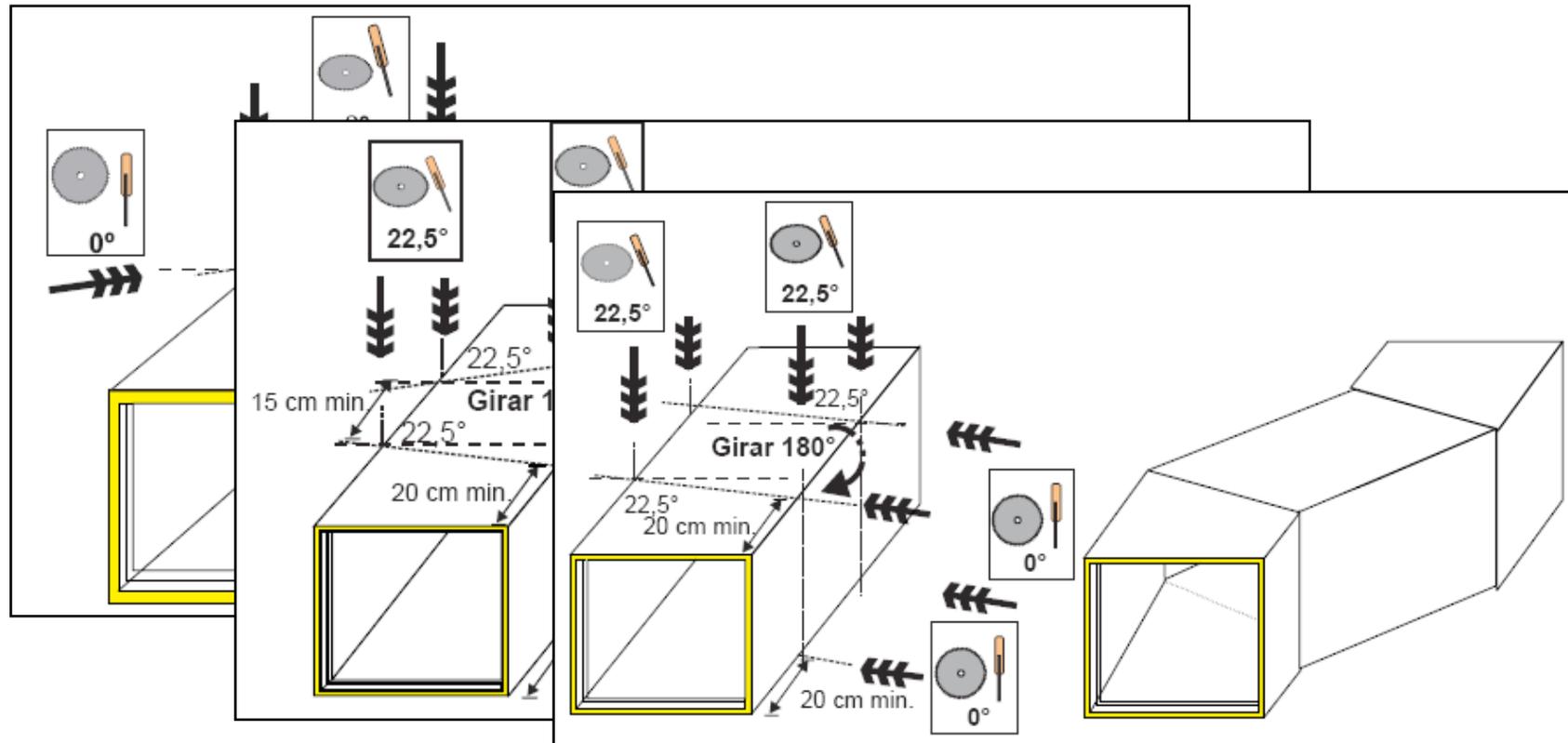
3.5.- Conductos de Aire (VI)

**Fabricación de conductos de  
lana de roca o vidrio:**



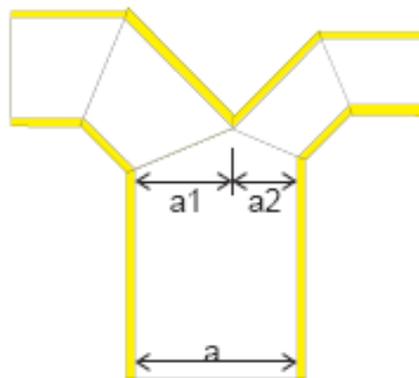
### 3.5.- Conductos de Aire (VI)

#### Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:

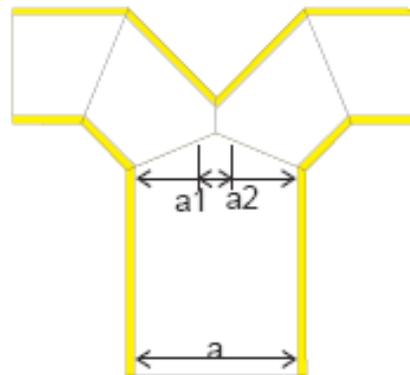


3.5.- Conductos de Aire (VII)

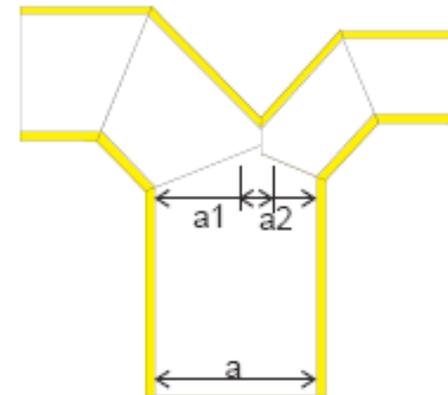
Fabricación de conductos de  
lana de roca o vidrio:



$a = a_1 + a_2$   
 $z = 0$   
Solape ramales: espesor a 45°



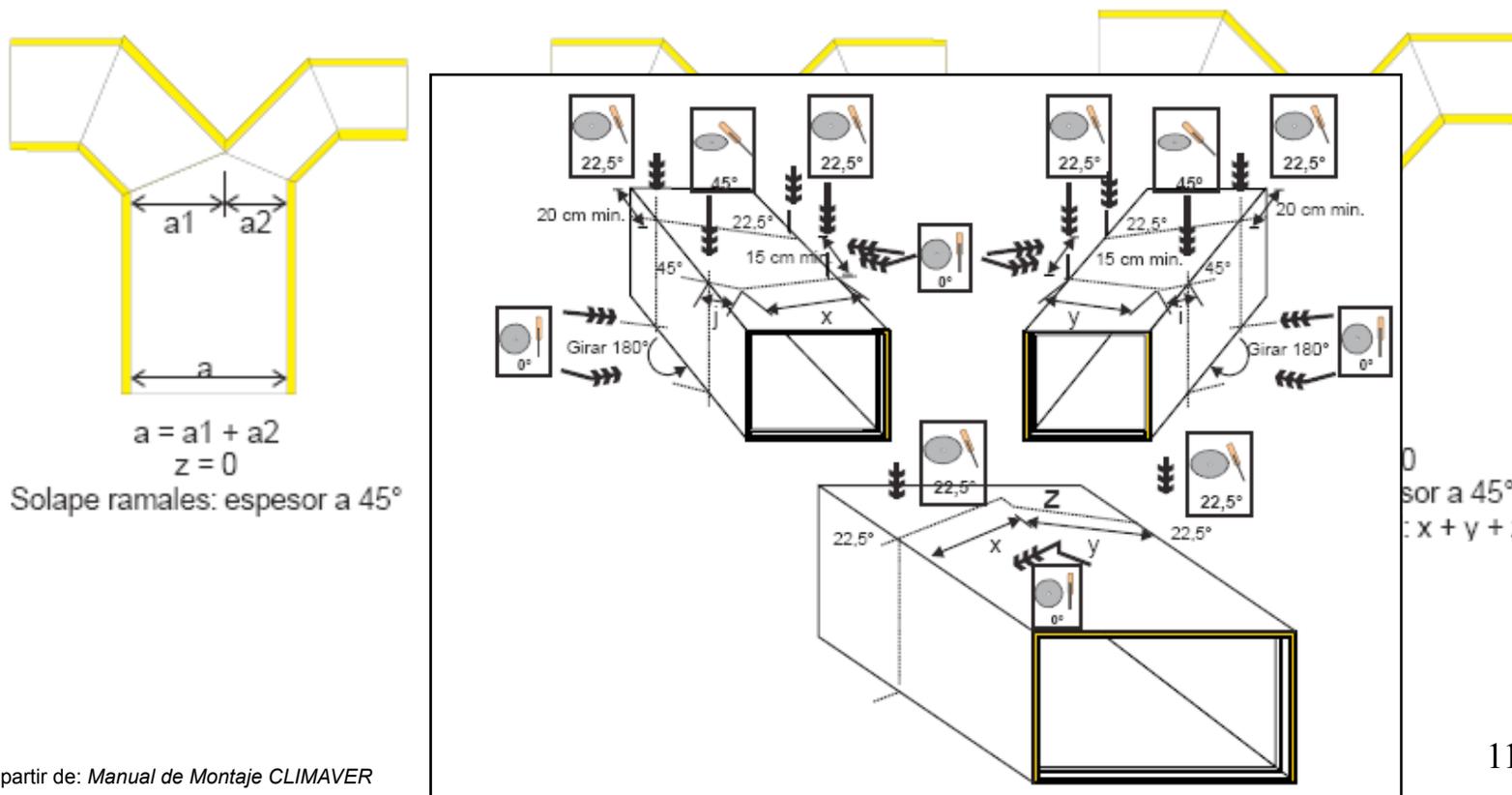
$a < a_1 + a_2$   
 $a_1 = a_2; j = i; z = 0$   
Solape ramales: i + espesor a 45°



$a < a_1 + a_2$   
 $a_1 > a_2; i > j; z > 0$   
Solape ramales: j + espesor a 45°  
Solape conducto principal: x + y + z

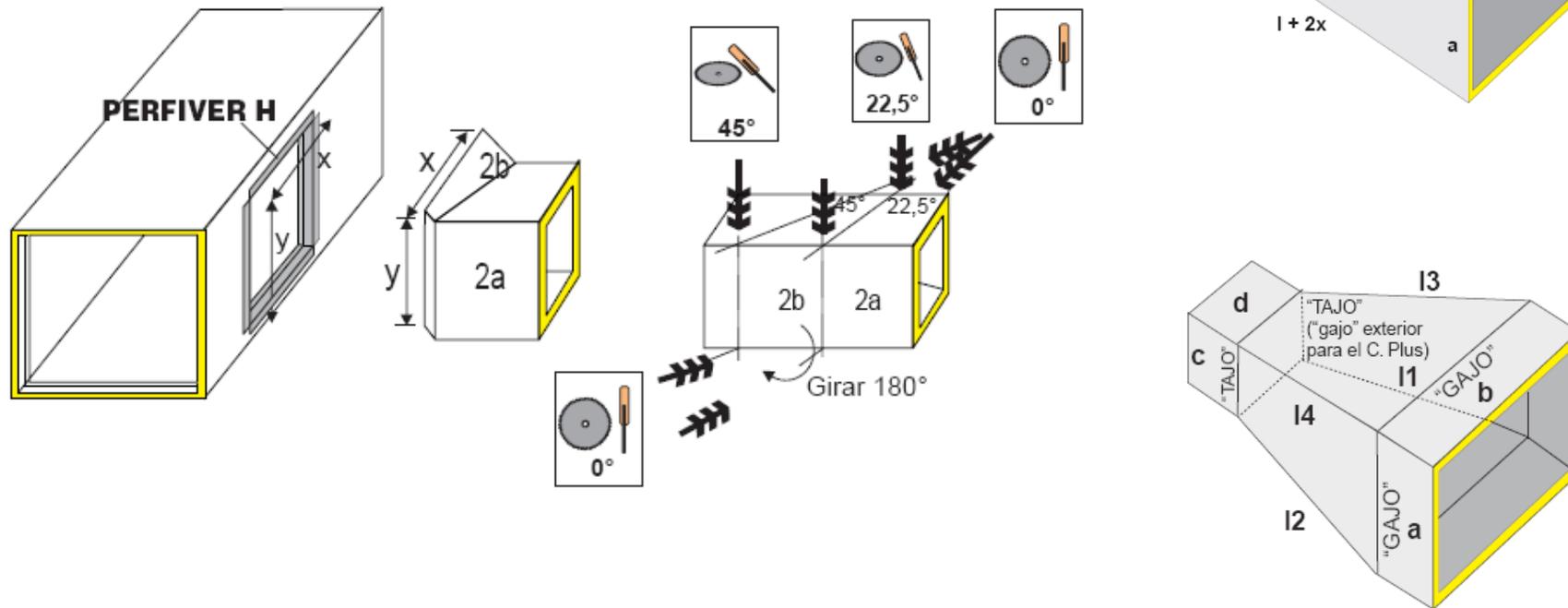
3.5.- Conductos de Aire (VII)

Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:



3.5.- Conductos de Aire (VIII)

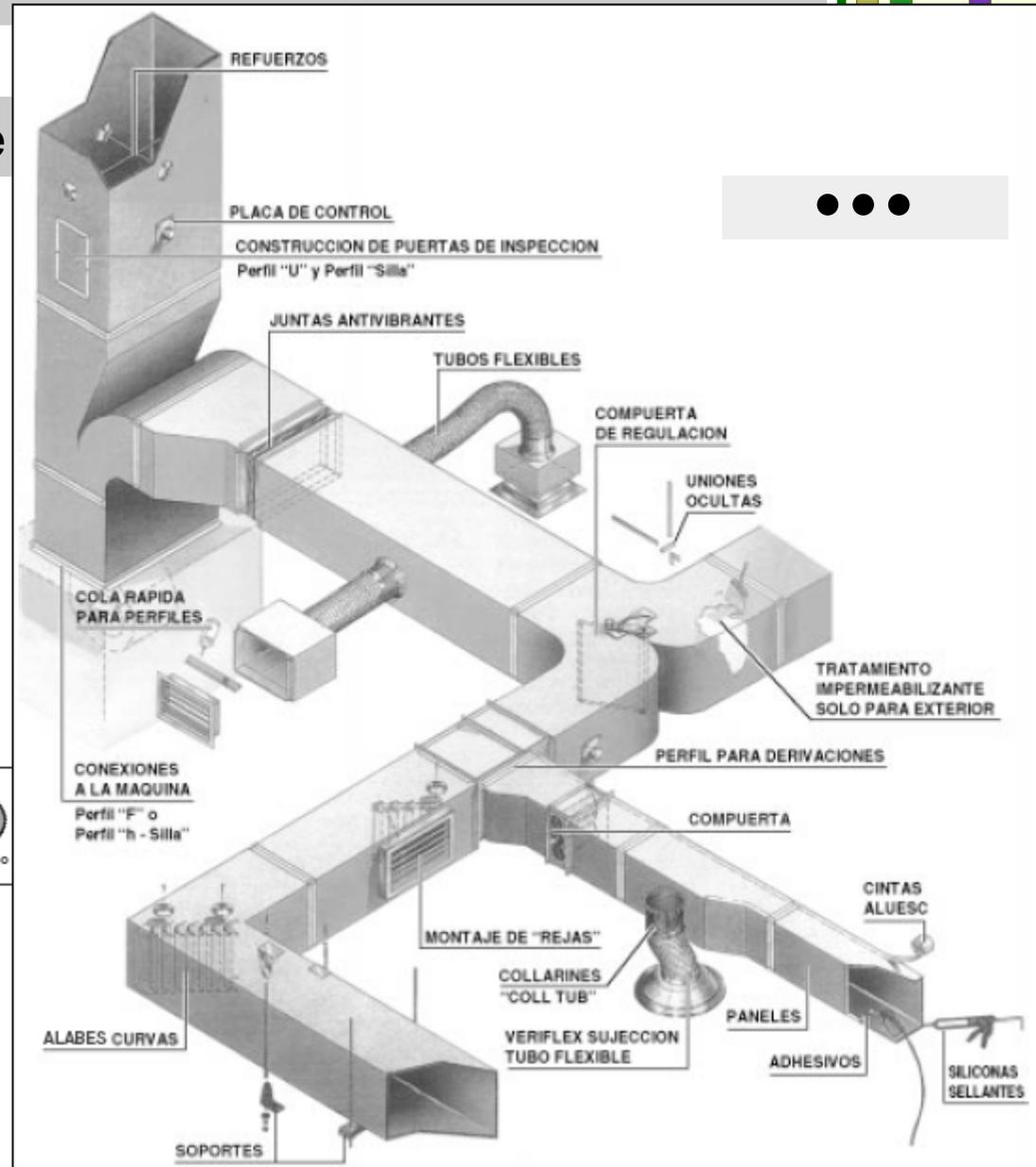
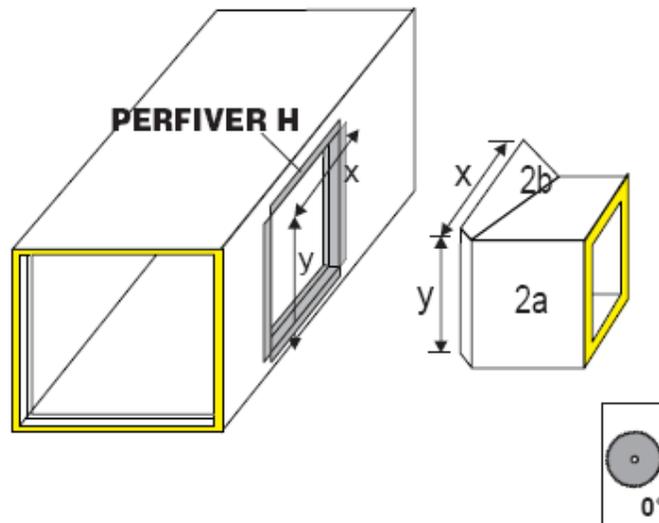
Fabricación de conductos de lana de roca o vidrio:





3.5.- Conductos de Aire

Fabricación de conductos  
lana de roca o vidrio:



**3.5.- Conductos de Aire (IX)**

**Limpieza de los conductos:**



### 3.5.- Conductos de Aire (X)

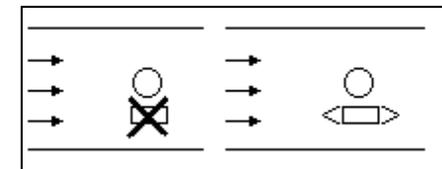
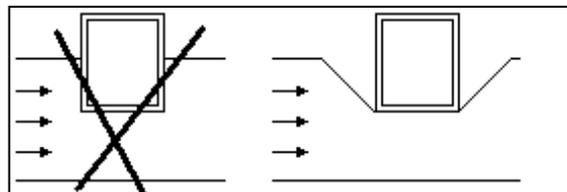
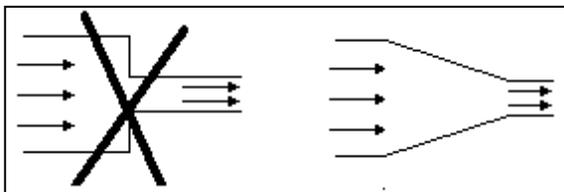
Los **efectos de aumentar la velocidad** del aire:

- Disminución de sección, menor costo inicial en conductos
- Aumento de la pérdidas de carga, mayor gasto anual en electricidad
- Aumento del ruido, con un menor confort

Hay que evitar la transmisión de **ruidos y vibraciones** y han de tener **aislamiento térmico** (pérdidas térmicas y evitar condensaciones)

**Aspectos para el diseño de la red de conductos (I):**

- El número de difusores y rejillas de recirculación, y su posición
- Espacio disponible para los conductos
- Economía del conducto, forma del conducto
- Aspecto decorativo, estética; importante si los conductos van vistos
- Cambios de sección, obstáculos interiores, exteriores, pantallas aerodinámicas



3.5.- Conductos de Aire (XI)

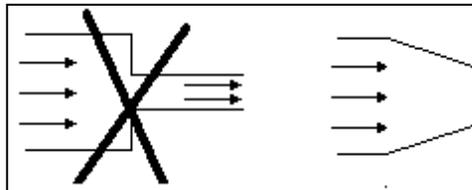
Los **efectos de aumento**

- Disminución de sección
- Aumento de la pérdida de carga
- Aumento del ruido

Hay que evitar la transmisión de vibraciones y el **aislamiento térmico** (ver punto 3.4.2)

**Aspectos para el diseño**

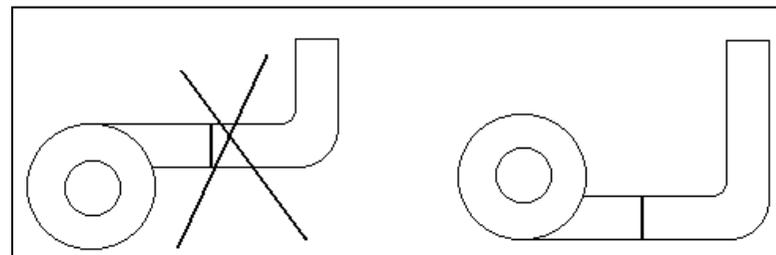
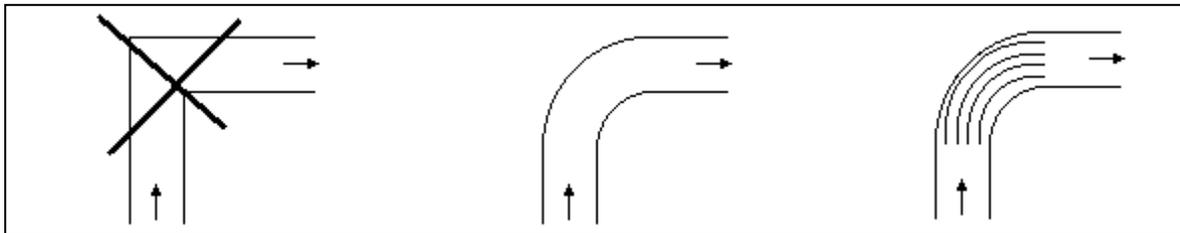
- El número de difusores
- Espacio disponible
- Economía del conducto
- Aspecto decorativo
- Cambios de sección



### 3.5.- Conductos de Aire (XII)

#### ***Aspectos para el diseño de la red de conductos (II):***

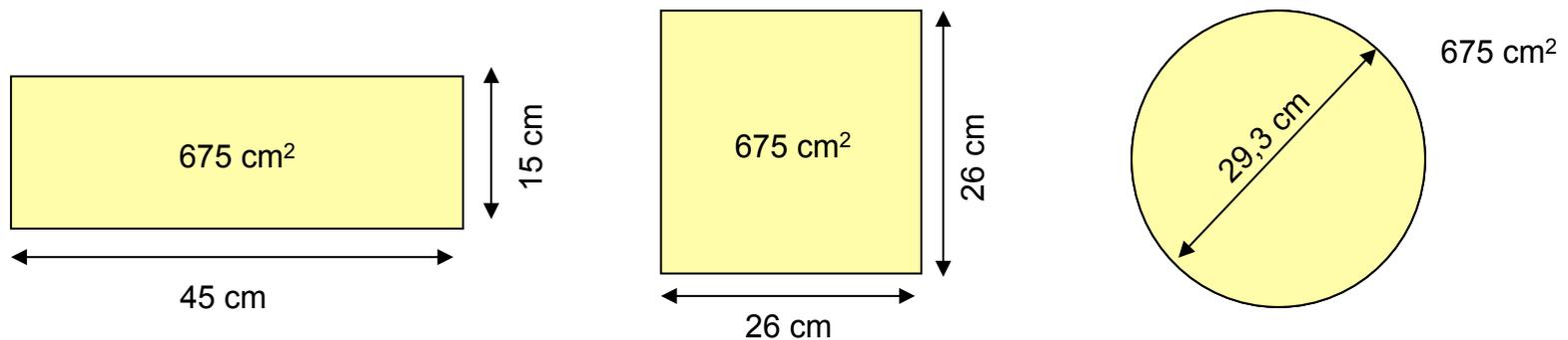
- Sellado de los conductos
- Codos; derivaciones, Tes,, ... deben de se lo menos bruscos posible
- Regulación del caudal; compuertas regulación, conductos equilibrados
- Posición de salida de los ventiladores
- Compuestas cortafuegos; compuertas de acceso, filtros accesibles; uniones flexibles; filtros acústicos y silenciadores; aislamiento térmico



3.5.- Conductos de Aire (XIII)

Cálculo de la pérdida de carga en los conductos (I)

*Conducto circular equivalente*



$$D_{eq} = \frac{1,3 (ab)^{5/8}}{(a+b)^{1/4}}$$

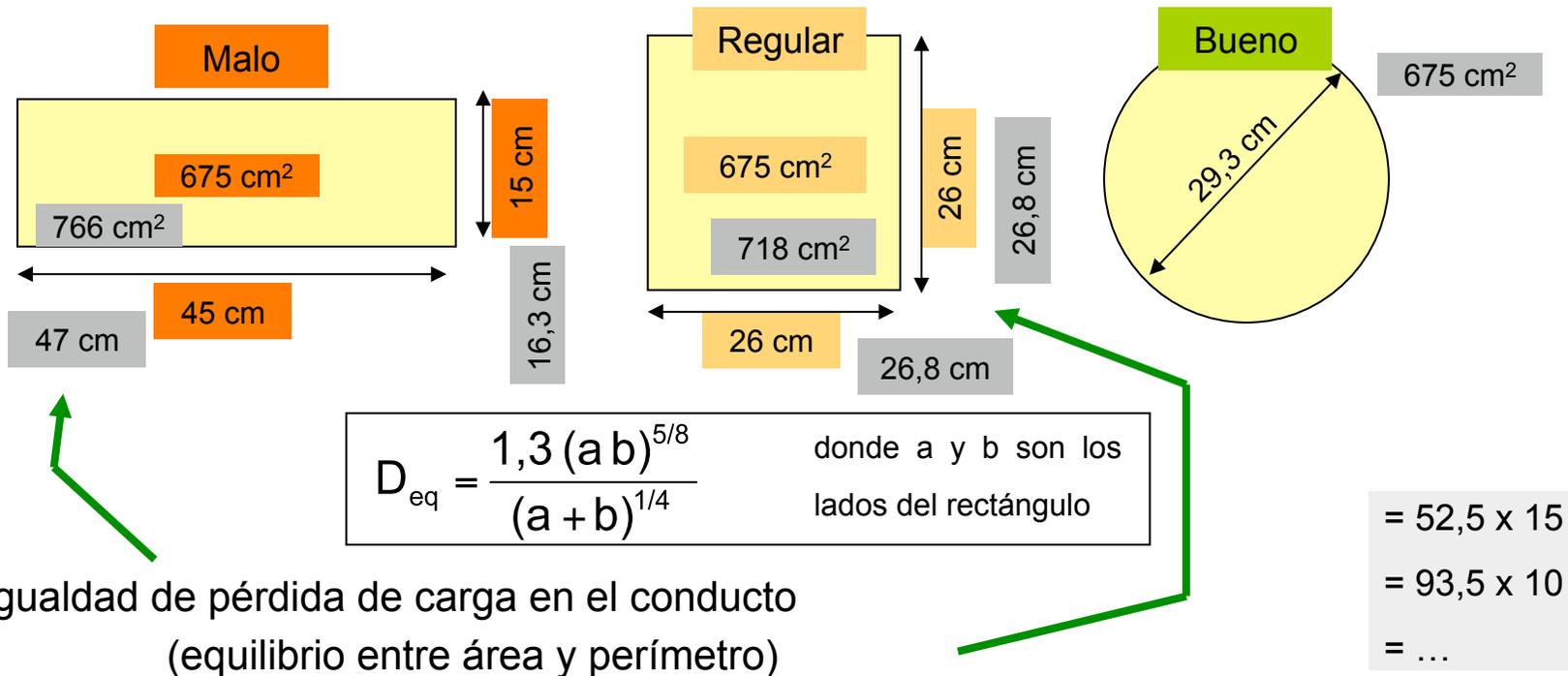
donde a y b son los  
lados del rectángulo

Igualdad de pérdida de carga en el conducto  
(equilibrio entre área y perímetro)

3.5.- Conductos de Aire (XIII)

Cálculo de la pérdida de carga en los conductos (I)

Conducto circular equivalente



### 3.5.- Conductos de Aire (XIV)

#### Cálculo de la pérdida de carga en los conductos (II)

- **Por el rozamiento** del aire: función de la rugosidad del conducto, de la sección, y de la longitud equivalente y del caudal de aire

$$\Delta p = 0,4 * f * \frac{L}{d^{1,22}} * v^{1,82}$$

f = rugosidad del conducto, depende del material

L = longitud del conducto (m)

d = diámetro equivalente del conducto (cm)

v = velocidad del aire (m/seg); [caudal / sección conducto]

válido para una altitud inferior a 600 m y T<sup>a</sup> aire entre 0 y 50°C

3.5.- Conductos de Aire (XIV)

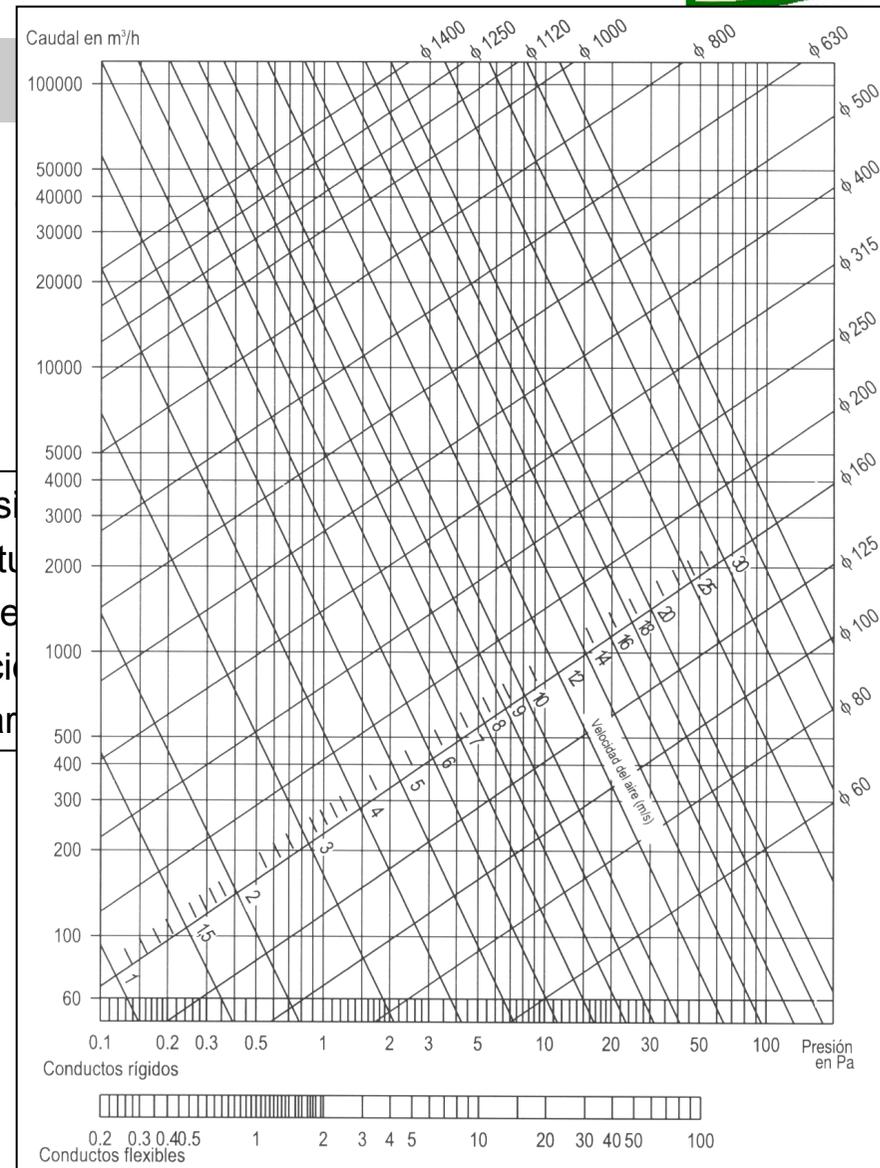
Cálculo de la pérdida de carga en los

- **Por el rozamiento** del aire: función de la longitud equivalente y del caudal de aire

$$\Delta p = 0,4 * f * \frac{L}{d^{1,22}} * v^{1,82}$$

f = rugosidad  
L = longitud  
d = diámetro  
v = velocidad  
válido para

P. Carga Continuas

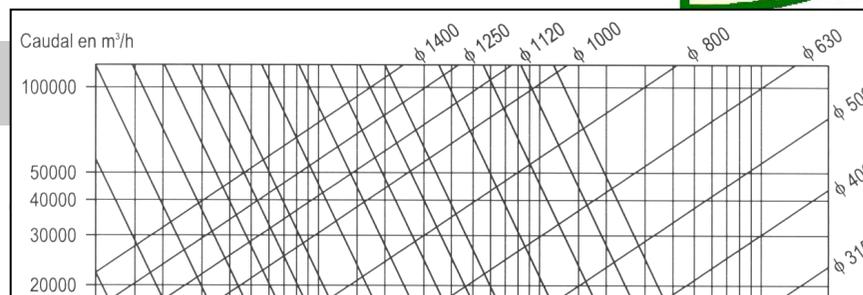


3.5.- Conductos de Aire (XIV)

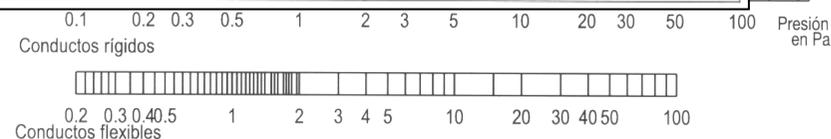
Cálculo de la pérdida de carga en los

- **Po**  
la l

<table border="1"> <thead> <tr> <th>R/D</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,5</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,8</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,25</td></tr> </tbody> </table>	R/D	5	0,5	1,3	0,75	0,8	1,0	0,5	1,5	0,3	2,0	0,25	<table border="1"> <thead> <tr> <th>R/D</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,5</td><td>0,90</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,45</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,35</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,20</td></tr> </tbody> </table>	R/D	5	0,5	0,90	0,75	0,45	1,0	0,35	1,5	0,25	2,0	0,20	<table border="1"> <thead> <tr> <th>R/D</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,5</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>	R/D	5	0,5	1,1	0,75	0,6	1,0	0,4	1,5	0,25	2,0	0,2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15°</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>30°</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>45°</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>60°</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>90°</td><td>1,3</td></tr> </tbody> </table>	a	5	15°	0,1	30°	0,2	45°	0,5	60°	0,7	90°	1,3																		
R/D	5																																																																				
0,5	1,3																																																																				
0,75	0,8																																																																				
1,0	0,5																																																																				
1,5	0,3																																																																				
2,0	0,25																																																																				
R/D	5																																																																				
0,5	0,90																																																																				
0,75	0,45																																																																				
1,0	0,35																																																																				
1,5	0,25																																																																				
2,0	0,20																																																																				
R/D	5																																																																				
0,5	1,1																																																																				
0,75	0,6																																																																				
1,0	0,4																																																																				
1,5	0,25																																																																				
2,0	0,2																																																																				
a	5																																																																				
15°	0,1																																																																				
30°	0,2																																																																				
45°	0,5																																																																				
60°	0,7																																																																				
90°	1,3																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>R/a</th> <th>0,25</th> <th>0,5</th> <th>1,0</th> <th>4,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>1,5</td><td>1,4</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>1,3</td><td>1,1</td><td>1,0</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,6</td><td>0,5</td><td>0,4</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,4</td><td>0,3</td><td>0,25</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,2</td><td>0,15</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	R/a	0,25	0,5	1,0	4,0	0	1,3	1,5	1,5	1,4	0,5	1,3	1,1	1,0	1,0	0,75	0,6	0,5	0,4	0,4	1,0	0,4	0,3	0,25	0,2	1,5	0,2	0,15	0,1	0,1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15°</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>30°</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>45°</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>60°</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>90°</td><td>1,4</td></tr> </tbody> </table>	a	5	15°	0,1	30°	0,3	45°	0,7	60°	1,0	90°	1,4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>R/D</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,5</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>	R/D	5	0,5	1,2	0,75	0,6	1,0	0,4	1,5	0,25	2,0	0,2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10°</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>20°</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>30°</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>45°</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>60°</td><td>0,30</td></tr> </tbody> </table>	a	5	10°	0,06	20°	0,10	30°	0,13	45°	0,20	60°	0,30
R/a	0,25	0,5	1,0	4,0																																																																	
0	1,3	1,5	1,5	1,4																																																																	
0,5	1,3	1,1	1,0	1,0																																																																	
0,75	0,6	0,5	0,4	0,4																																																																	
1,0	0,4	0,3	0,25	0,2																																																																	
1,5	0,2	0,15	0,1	0,1																																																																	
a	5																																																																				
15°	0,1																																																																				
30°	0,3																																																																				
45°	0,7																																																																				
60°	1,0																																																																				
90°	1,4																																																																				
R/D	5																																																																				
0,5	1,2																																																																				
0,75	0,6																																																																				
1,0	0,4																																																																				
1,5	0,25																																																																				
2,0	0,2																																																																				
a	5																																																																				
10°	0,06																																																																				
20°	0,10																																																																				
30°	0,13																																																																				
45°	0,20																																																																				
60°	0,30																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>R/a</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,5</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	R/a	5	0,5	1,0	0,75	0,5	1,0	0,25	1,5	0,15	2,0	0,1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>d/D</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,1</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>2,3</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>1,9</td></tr> <tr><td>0,9</td><td>1,5</td></tr> </tbody> </table>	d/D	5	0,1	2,5	0,2	2,5	0,4	2,5	0,6	2,3	0,8	1,9	0,9	1,5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>S<sub>2</sub>/S<sub>1</sub></th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,1</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>0,45</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>	5	0,1	0,6	0,2	0,45	0,4	0,3	0,6	0,2	0,8	0,1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10°</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>20°</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>30°</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>45°</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>60°</td><td>0,30</td></tr> </tbody> </table>	a	5	10°	0,06	20°	0,10	30°	0,13	45°	0,20	60°	0,30																
R/a	5																																																																				
0,5	1,0																																																																				
0,75	0,5																																																																				
1,0	0,25																																																																				
1,5	0,15																																																																				
2,0	0,1																																																																				
d/D	5																																																																				
0,1	2,5																																																																				
0,2	2,5																																																																				
0,4	2,5																																																																				
0,6	2,3																																																																				
0,8	1,9																																																																				
0,9	1,5																																																																				
S <sub>2</sub> /S <sub>1</sub>	5																																																																				
0,1	0,6																																																																				
0,2	0,45																																																																				
0,4	0,3																																																																				
0,6	0,2																																																																				
0,8	0,1																																																																				
a	5																																																																				
10°	0,06																																																																				
20°	0,10																																																																				
30°	0,13																																																																				
45°	0,20																																																																				
60°	0,30																																																																				



P. Carga accidentales



### 3.5.- Conductos de Aire (XV)

#### Cálculo de la pérdida de carga en los conductos (III)

- **Por variación de velocidad:** en los estrechamientos aumenta la velocidad y por tanto se pierde presión, en los ensanchamientos se reduce la velocidad y por tanto se recupera presión

Si  $V_{\text{ventilador (fan)}} < V_{\text{conducto (duct)}}$ :

$$\text{Pérdidas} = 1,1 * \left[ \left( \frac{V_d}{242,4} \right)^2 - \left( \frac{V_f}{242,4} \right)^2 \right]$$

Si  $V_{\text{ventilador (fan)}} > V_{\text{conducto (duct)}}$

$$\text{Ganancia} = 0,75 * \left[ \left( \frac{V_f}{242,4} \right)^2 - \left( \frac{V_d}{242,4} \right)^2 \right]$$

### 3.5.- Conductos de Aire (XVI)

#### Métodos de Cálculo de Conductos (I)

- Reducción de velocidad
- Pérdida de carga constante
- Igual pérdida de carga en cada rama
- Recuperación estática
- Optimización, T

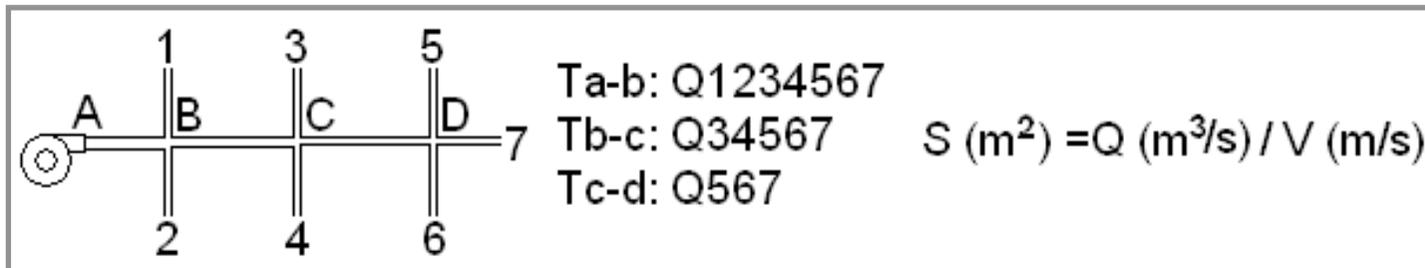
Utilización	Conductos Impulsión		Conductos Retorno	
	C. Principal	C. Derivado	C. Principal	C. Derivado
Residencia	5	3	4	3
Auditorios	6.5	5	5.5	4
Dormitorios	7.5	6	6.5	5
Oficinas	9	7	7	6

### 3.5.- Conductos de Aire (XVII)

#### Métodos de Cálculo de Conductos (II)

- **Reducción de velocidad:** (empleado para sistemas sencillos)

1. Conocidos los caudales de cada tramo se realiza el trazado de los conductos
2. Se elige la velocidad del conducto principal, *tablas*, y con el gráfico se dimensiona el conducto y se obtiene la pérdida de carga unitaria
3. Para los siguientes tramos se va reduciendo la velocidad, *tablas*, y con los caudales y la velocidad se va repitiendo el proceso para el primer tramo
4. El ventilador debe poseer la presión suficiente para suministrar la necesitada en el conducto más desfavorable
5. Para que el sistema esté equilibrado se deberá de cumplir que las presión al final de todos los conductos sea la misma; **hay que equilibrar los conductos** añadiendo en alguno de ellos pérdidas de carga adicionales



### 3.5.- Conductos de Aire (XVIII)

#### Métodos de Cálculo de Conductos (III)

- **Pérdida de carga cte** (+ / – 0,1 mm.c.a/m)

1. Con el caudal y la pérdida de carga se obtienen en el gráfico la velocidad del conducto principal y la sección del conducto circular equivalente
2. Se dimensiona el conducto principal rectangular equivalente al circular
3. Finalmente se selecciona el ventilador; hay que equilibrar los conductos
4. Cuando se realiza una derivación el área que debe tener cada uno de los dos conductos derivados se expresa como porcentaje del conducto del que derivan, tablas
5. Se **requiere equilibrar los conductos**, ofrece mejores resultados que el método anterior

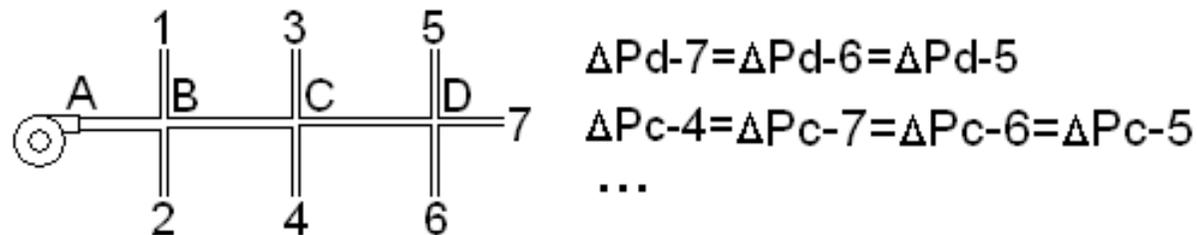
% Caudal	% Area Conducto
1	2
5	9
10	16,5

% Caudal	% Area Conducto
35	43
40	48
45	53

### 3.5.- Conductos de Aire (XIX)

#### Métodos de Cálculo de Conductos (IV)

- **Igualdad de pérdida de carga en cada rama:** la misma presión en cada boca
  1. Se fija la pérdida de carga lineal en la rama más larga (long eq.), se resuelve como en el caso anterior y se selecciona el ventilador
  2. Se coge la siguiente rama más larga y se calcula la pérdida por metro lineal en "el resto" del conducto, y se dimensiona como en el caso anterior
  3. Resultan conductos equilibrados, pero las velocidades pueden ser excesivas, lo que puede obligar a recalcular la red

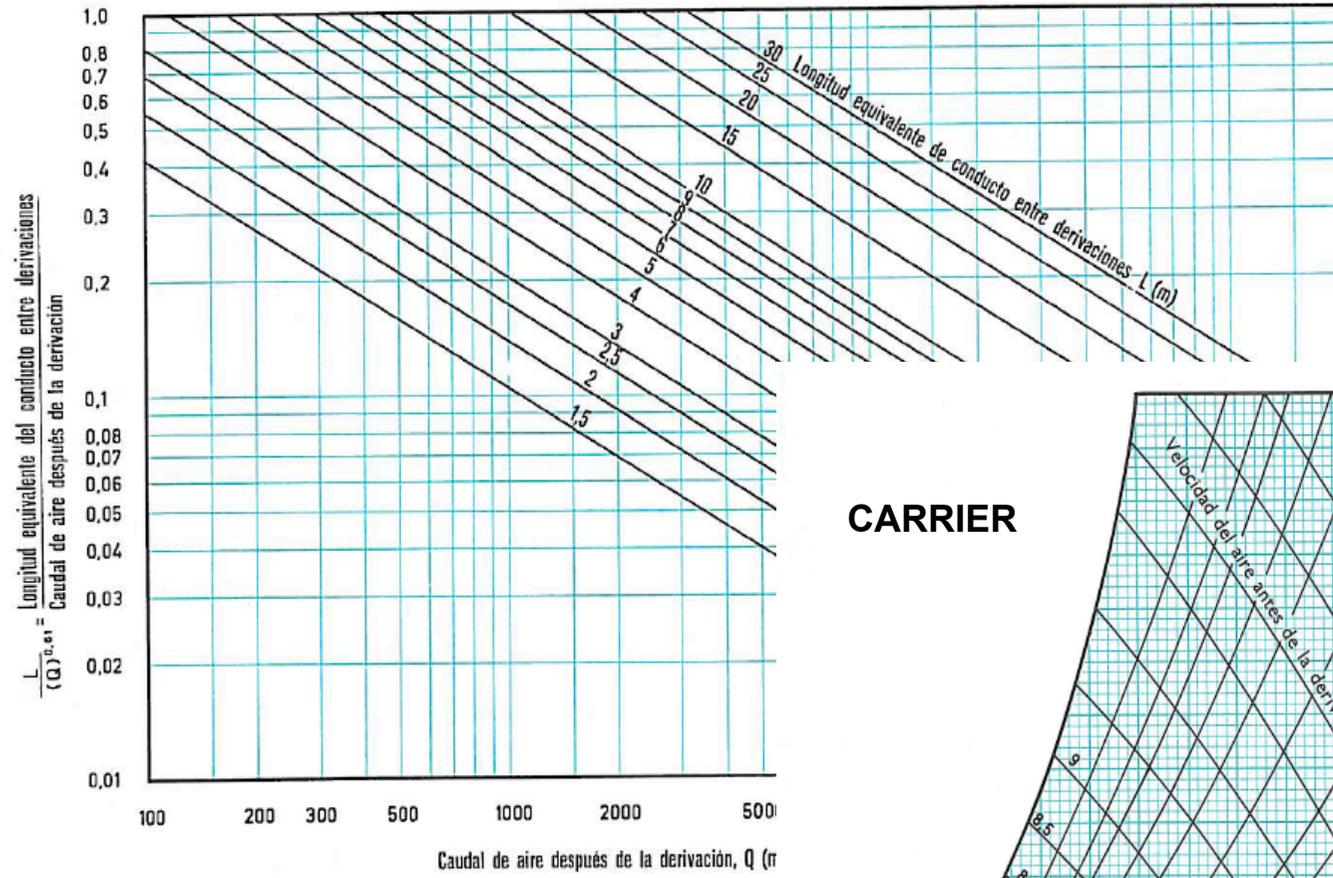
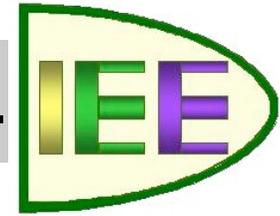


### 3.5.- Conductos de Aire (XX)

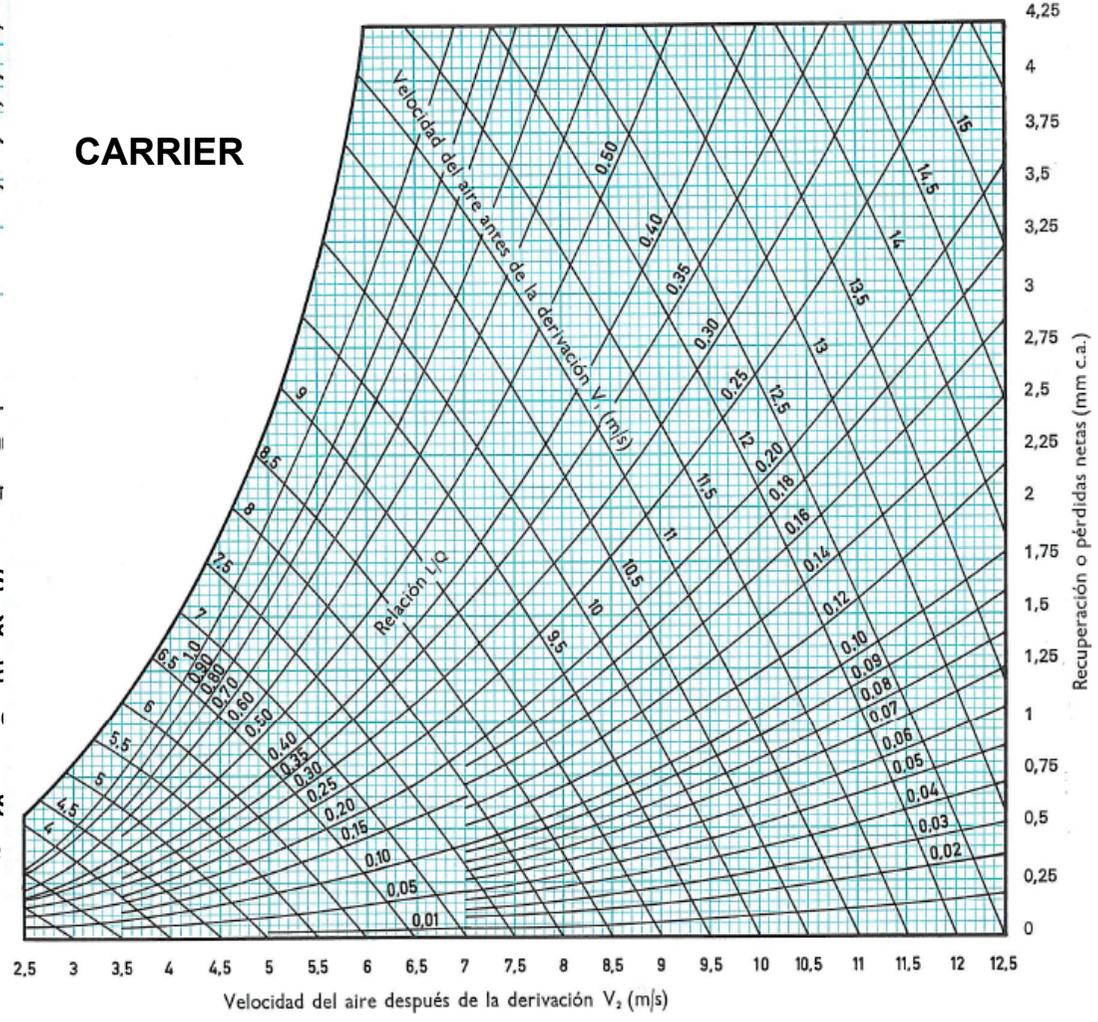
#### Métodos de Cálculo de Conductos (V)

- **Recuperación estática:** la misma presión en cada boca; compensa la pérdida continua con recuperación por pérdida de velocidad
  1. Conocido el caudal de aire, se selecciona la velocidad del conducto principal o la pérdida de carga lineal, y se dimensiona con el gráfico hasta la primera derivación.
  2. Se dimensionan todas las derivaciones para que la recuperación estática sea igual a la pérdida de carga por lo que en la práctica se realiza apoyándose en gráficas
    - a) Existe un gráfico para con el caudal de aire obtener la relación  $L/Q$
    - b) En un segundo gráfico con la relación  $L/Q$  y la velocidad antes de la derivación,  $V_1$ , se obtiene la velocidad después de la derivación,  $V_2$
    - c) Con  $V_2$  y el  $Q$  se determina la sección circular del conducto equivalente y con esta se dimensiona el conducto rectangular
    - d) El ventilador se selecciona por el conducto más desfavorable
  3. Resultan conductos equilibrados y; de mayores dimensiones  $\Rightarrow$  ventilador menor (mayor coste de instalación, menor coste de explotación)

de A.A.



### CARRIER



- b) En un segundo gráfico con  $V_2$  se obtiene la velocidad después de la derivación.
  - c) Con  $V_2$  y el  $Q$  se determina el diámetro del conducto recto.
  - d) El ventilador se selecciona por el caudal y la pérdida de carga.
3. Resultan conductos equilibrados (mayor coste de instalación, me

### 3.5.- Conductos de Aire (XXI)

#### Métodos de Cálculo de Conductos (VI)

- **Optimizado, T:** dimensiona simultáneamente los conductos y el ventilador con una función de coste; requiere software específico
  1. Hay que obtener una función de coste de instalación y funcionamiento (difícil)
  2. Se reduce la red a un conducto “equivalente”, cuyas dimensiones se optimizan; finalmente se “rehace” la red
  3. Método de buenos resultados pero cálculos muy complejos
  4. Puede ser preciso iterar si las velocidades resultantes son elevadas
  5. Resultan conductos equilibrados

Como **resumen final** del cálculo de conductos:

- **Reducción de velocidad** sólo para **conductos de retorno con una única rama**
- **Pérdida de carga cte** es muy empleado por su **sencillez**, (no equilibrado)
- **Igual pérdida de carga**, hay que tener **cuidado con la velocidad**
- **Recuperación estática**, conduce a **conductos equilibrados y mayores**, es aconsejable en alta velocidad
- El **método T** requiere de un **programa informático**

### 3.5.- Conductos de Aire (XXII)

El RITE marca el nivel mínimo de aislamiento de los conductos

Pérdidas < 4% de la Potencia máxima que transporta

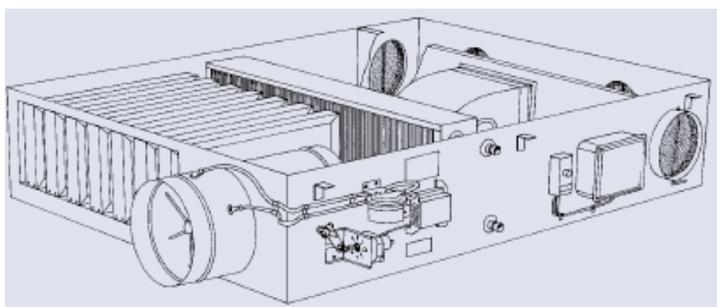
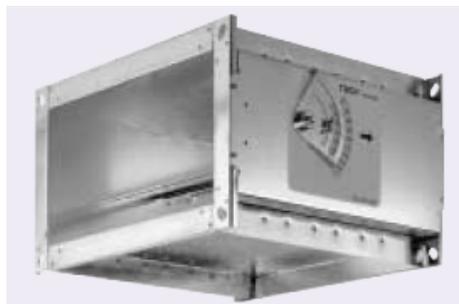
Ha de ser suficiente para evitar condensaciones

Para  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  a  $10^\circ\text{C}$

Espesor (mm)	En interior	En exterior
Aire caliente	20	30
Aire frío	30	50

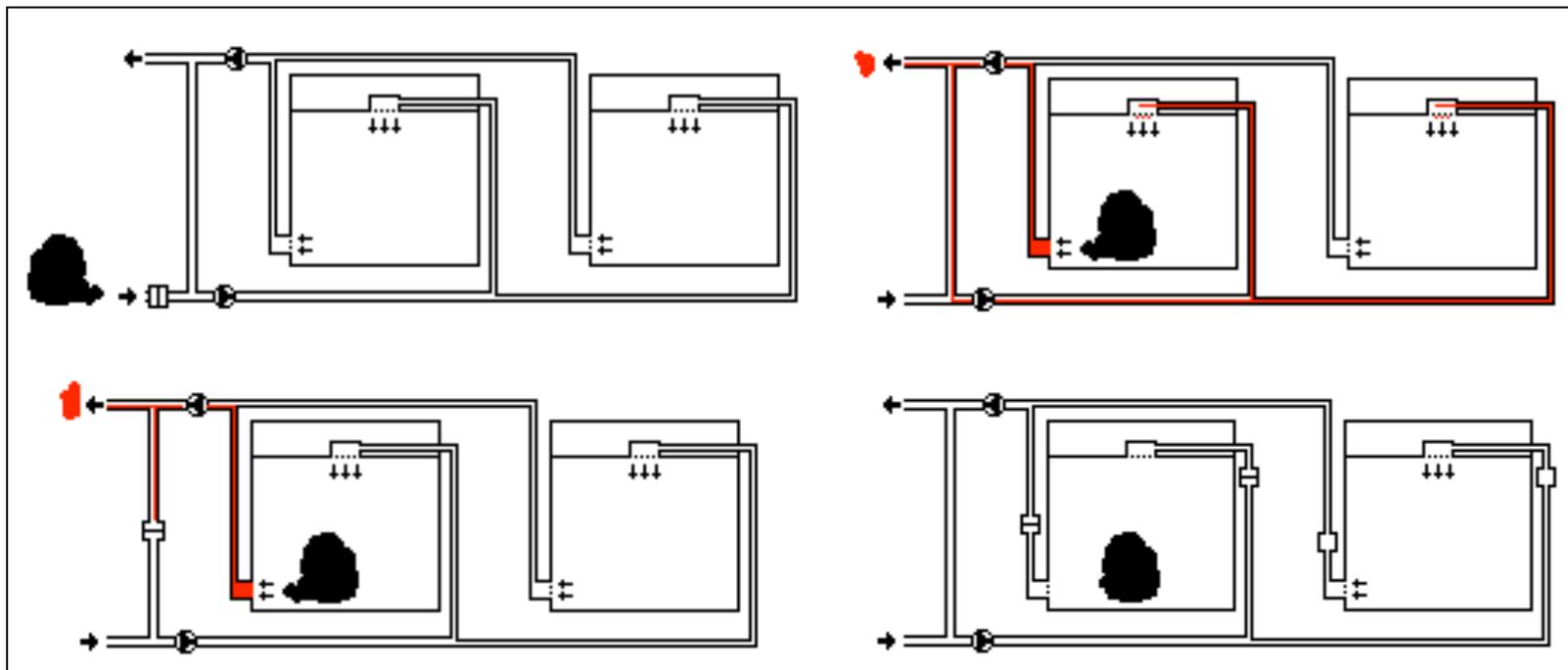
### 3.6.- Elementos Auxiliares (I)

- Filtros de aire
- Silenciadores o atenuadores acústicos
- Compuertas antiretorno
- Compuertas de regulación
- Cajas de caudal variable
- Compuertas cortafuegos ...



### 3.6.- Elementos Auxiliares (II)

- Filtros de aire
- Silenciadores o atenuadores acústicos
- Compuertas antiretorno
- Compuertas de regulación
- Cajas de caudal variable
- Compuertas cortafuegos ...



### 3.6.- Elementos Auxiliares (III)

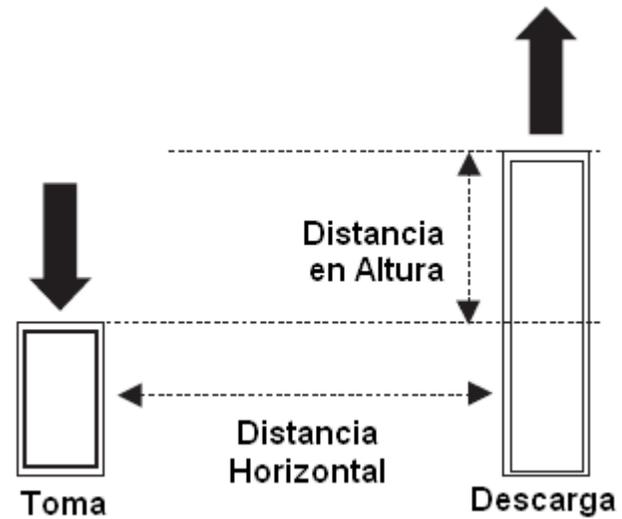
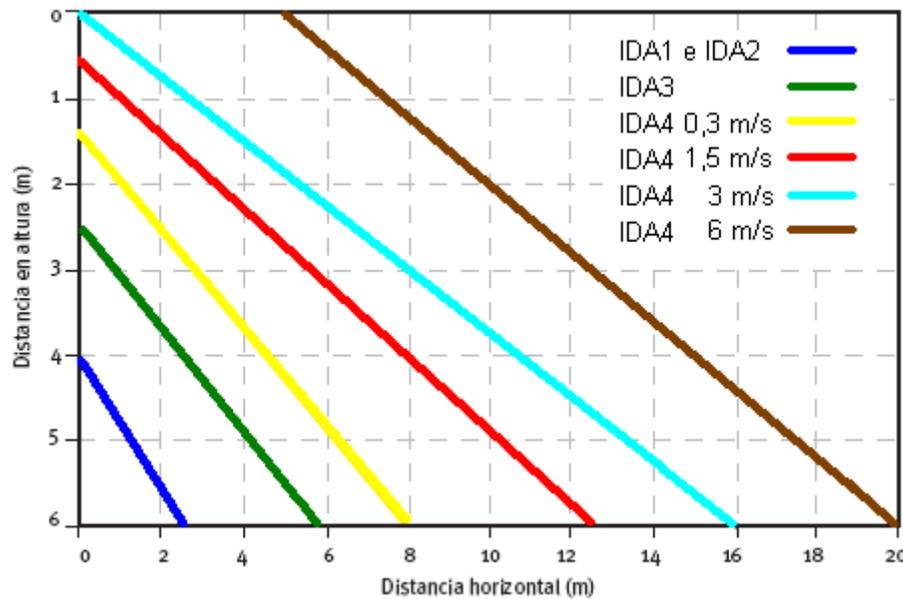
El RITE marca la máxima pérdida de carga en componentes

Baterías de calentamiento	40 Pa
Baterías de refrigeración en seco	60 Pa
Baterías de refrigeración y deshumectación	120 Pa
Recuperadores de calor	80 - 120 Pa
Atenuadores acústicos	60 Pa
Unidades terminales de aire	40 Pa
Elementos de difusión de aire	40 - 200 Pa
Rejillas de retorno de aire	20 Pa
Secciones de filtración	Menor que la admitida por el fabricante

3.6.- Elementos Auxiliares (IV)

Tomas y descargas de aire exterior (I):

- Descarga por encima

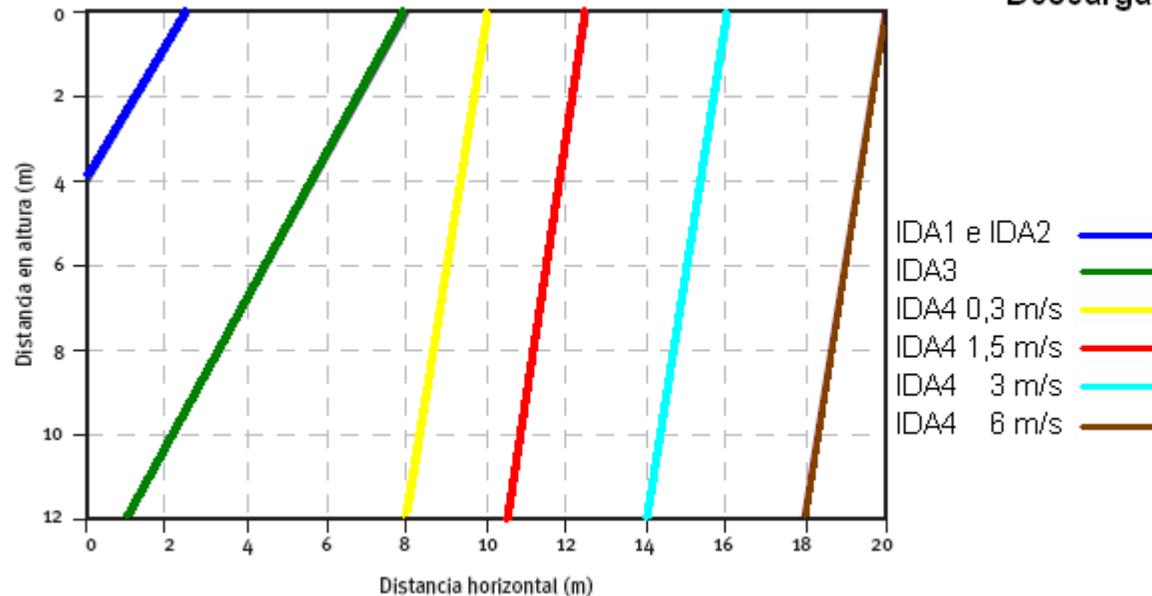
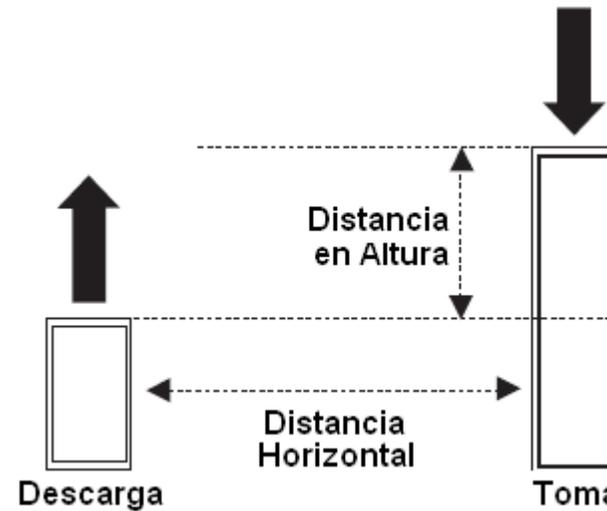




**3.6.- Elementos Auxiliares (V)**

Tomas y descargas de aire exterior (II):

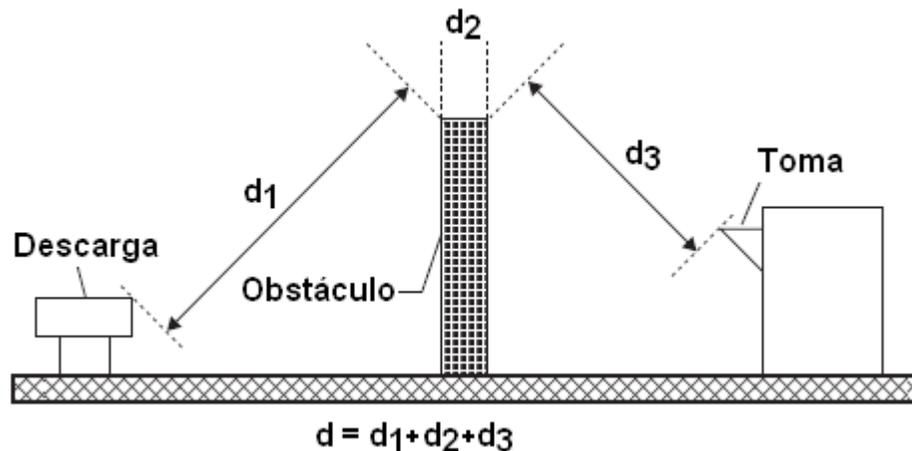
- Toma por encima de la descarga



### 3.6.- Elementos Auxiliares (VI)

#### Tomas y descargas de aire exterior (III):

- Con obstáculos entre tomas o ventanas y descarga de: torres de refrigeración o condensadores evaporativos, así como de chimeneas



Si descarga más baja que la toma no hay que considerar la dist. vert.

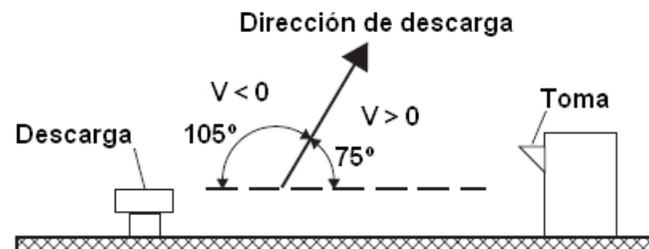
$$d_{\min} = 0,04 \sqrt{C} \left[ \sqrt{50} \pm \frac{V}{2} \right]$$

C caudal de expulsión (L/s)

V velocidad de expulsión (m/s)

Válido de 75 a 1.500 L/s

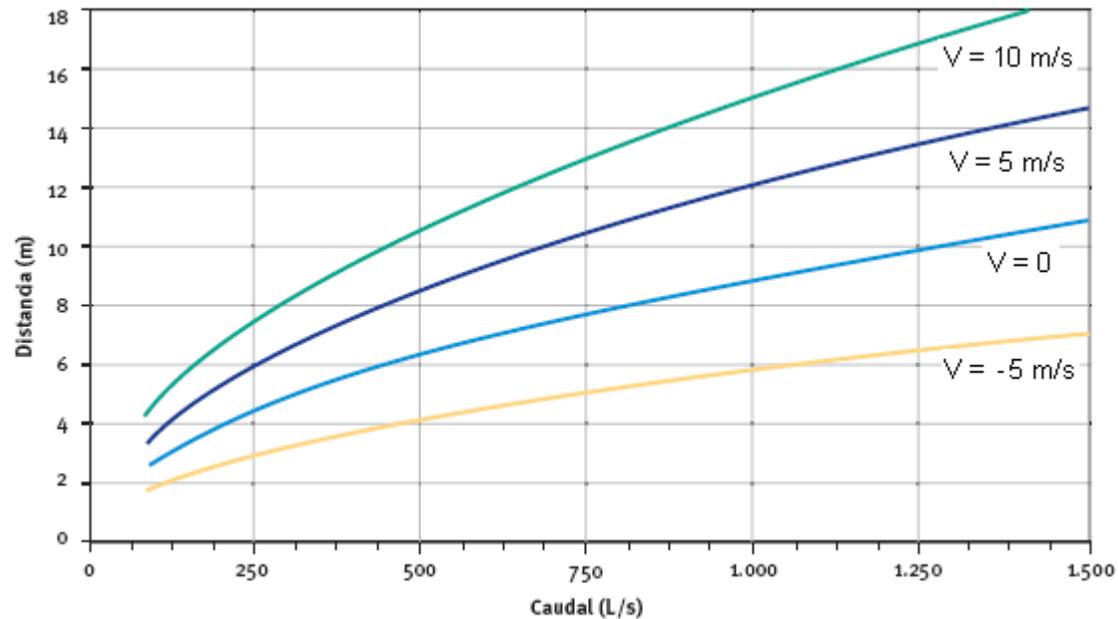
Signo (fig)



### 3.6.- Elementos Auxiliares (VII)

Tomas y descargas de aire exterior (III):

- Con obstáculos entre tomas o ventanas y descarga de: torres de refrigeración o condensadores evaporativos, así como de chimeneas



3.7.- Programas Informáticos (I)

**Saunier Duval**

Tipo de conducto

**Materiales**

Conducto  
ALUMINIO  
CHAPA  
CIRCULAR  
FIBRA + ALUMINIO  
FIBRA DE VIDRIO

Material: ALUMINIO

Espesor: 1 mm

Factor de fricción: 0,9

Solapa: 0 mm

% Desperdicio: 9

Circular

Diámetros: 0

**Zonas**      Tramos      Cálculo

Inserción de Zonas  
 Manual  
 Automática

Grupo General  
Grupo General  
DIA

Verano  
 Invierno  
 Superficie

Actualizar Zonas

NOMBRE	RATIO	CAUDAL
D 1	925	107
D 2	1.106	129
D 3	1.106	129
D 4	2.228	259
SALON COMEDOR	4.531	527

Zonas y caudales

Zona  
 Todo

Eliminar

**3.7.- Programas Informáticos (II)**

Zonas **Tramos** Cálculo

INICIO	FINAL	LONGITUD	CONDUCTO	CURVAS	ZONA SALIDA	ANCHO	ALTO
1	2	0,5	FIBRA + ALUMINIO	0,0		450	150
2	3	1,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	ALON COMEDOR	250	150
2	4	3,5	FIBRA + ALUMINIO	0,0		300	150
4	5	2,0	FIBRA + ALUMINIO	2,0	D 4	150	150
4	10	2,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0		200	150
10	6	1,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	D 3	150	100
10	9	1,0	FIBRA + ALUMINIO	0,0		150	150
9	7	1,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	D 2	150	100
9	8	3,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	D 1	150	100

Resultados

Caudal: 1.151 m<sup>3</sup>/h  
 V: 5,4 m/s  
 P: 0,0716 mmca  
 D: 274 mm  
 Le: 0,50 m  
 Sup: 0,8 m<sup>2</sup>

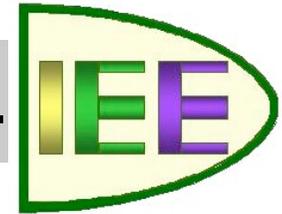
Definición de conductos

Zonas Tramos **Cálculo**

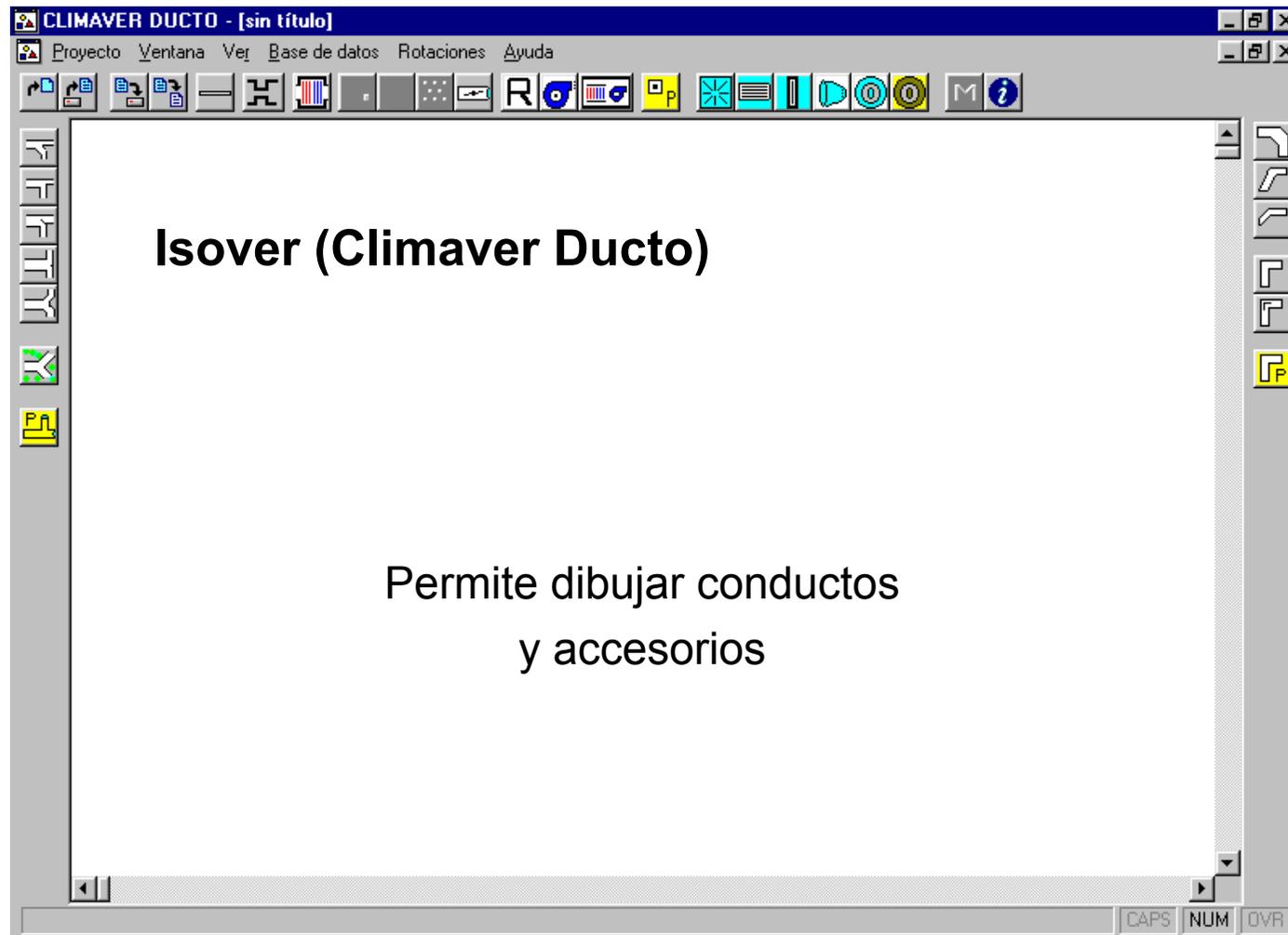
Resultados

MATERIALES			MÁXIMA PÉRDIDA					
MATERIAL	Sup/Long (m)	Diametros (mm)	Tramo	Pérdida	Pérdida/m	Vi (m/s)	Vf (m/s)	Le (m)
FIBRA + ALUMINIO	15,50		9 - 8	1,19	0,0938	5,4	2,1	12,68

Conducto más desfavorable para seleccionar ventilador



3.7.- Programas Informáticos (III)



**Bibliografía del Apartado 3 (I)**

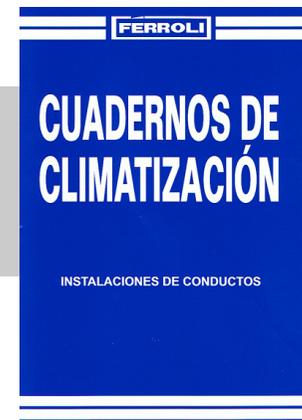


**Manual de Ventilación  
S&P**

**Comentarios al RITE 2007  
IDAE**



**Cuadernos de Climatización:  
Instalaciones de Conductos  
FERROLI**



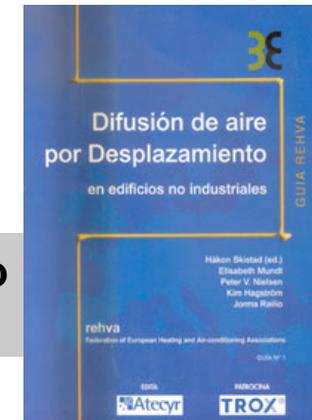
**DTIE 5.01 Cálculo de Conductos  
J.M. Pinazo**

**Bibliografía del Aparatado 3 (II)**



**Manual de Aplicación de Vigas Frías**  
**REHVA**

**Difusión de aire por Desplazamiento**  
**REHVA**



**Manual de Montaje**  
**CLIMAVER**

**Manual para la Construcción de Conductos**  
**PRODUCTAL**



**Bibliografía del Aparatado 3 (III)**



**AirFlowControl  
TROX**

**Guía Técnica: Selección de Equipos de Transporte de Fluidos; IDAE**



**Revistas nacionales:**

- El Instalador
- Montajes e Instalaciones



<http://www.sodeca.com/>  
<http://www.soler-palau.com/>

<http://www.isover.net>

<http://www.salvadorescoda.com/>

<http://www.airflow.es/>  
<http://www.airtechnics.com/>  
<http://www.madel.com/>  
<http://www.trox.es/es/>