



# CAPITULO 5

## Cálculos y aplicación práctica para una correcta circulación de aire por conductos.



## ÍNDICE

5.1. Pérdida de carga	3
5.2. Cálculo de pérdida de carga	6
5.3. Ejemplo de aplicación	13



## 5. CIRCULACIÓN DE AIRE POR CONDUCTOS

Para ventilar un espacio, un recinto o una máquina, ya sea impulsando aire o bien extrayéndolo, es muy corriente tener que conectar el ventilador/ extractor por medio de un conducto, una tubería, de mayor o menor longitud y de una u otra forma o sección.

El fluir del aire por tal conducto absorbe energía del ventilador que lo impulsa/ extrae debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso.

La rentabilidad de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida.

Como el consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión total  $P_t$  a que trabaja, podemos constatar que, de no cuidar el diseño de una canalización, puede darse el caso de gastar mucha más energía de la necesaria.

### 5.1 PÉRDIDA DE CARGA

A la presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto, que es la que determina el gasto de energía del ventilador, se le llama **pérdida de carga**. Se calcula a base de la longitud de la conducción, el llamado diámetro hidráulico, la velocidad y densidad del aire y el coeficiente de frotamiento, de la rugosidad de las paredes, de las dimensiones y la disposición del mismo.

#### > Tramos Rectos

La forma práctica de hacerlo es recurriendo a nomogramas confeccionados en base a todo el bagaje técnico necesario y son válidos para conducciones con la rugosidad corriente en materia les habitualmente usados.

El nomograma de la **Fig. 5.1** muestra uno de ellos para secciones circulares y un coeficiente de fricción  $\lambda = 0'02$  (plancha de hierro galvanizada).

#### > Conductos rectangulares

Si la sección del conducto no es circular, caso frecuente en instalaciones de ventilación en donde se presentan formas rectangulares o cuadradas, es necesario determinar antes la sección circular equivalente, éste es, aquella que presenta la misma pérdida de carga que la rectangular considerada.

El diámetro equivalente puede determinarse de forma práctica por medio de la gráfica de la **Fig. 5.2**.



## CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE

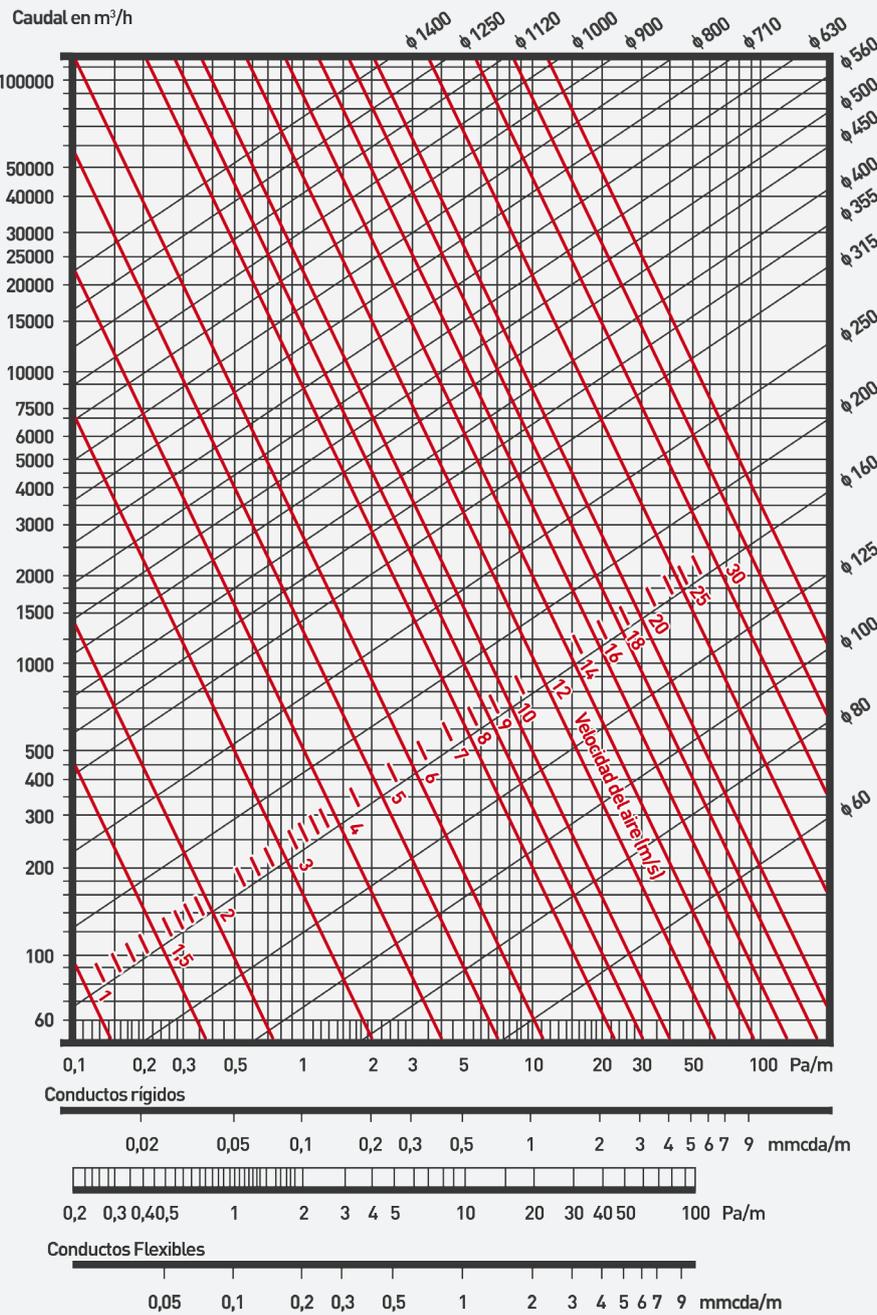
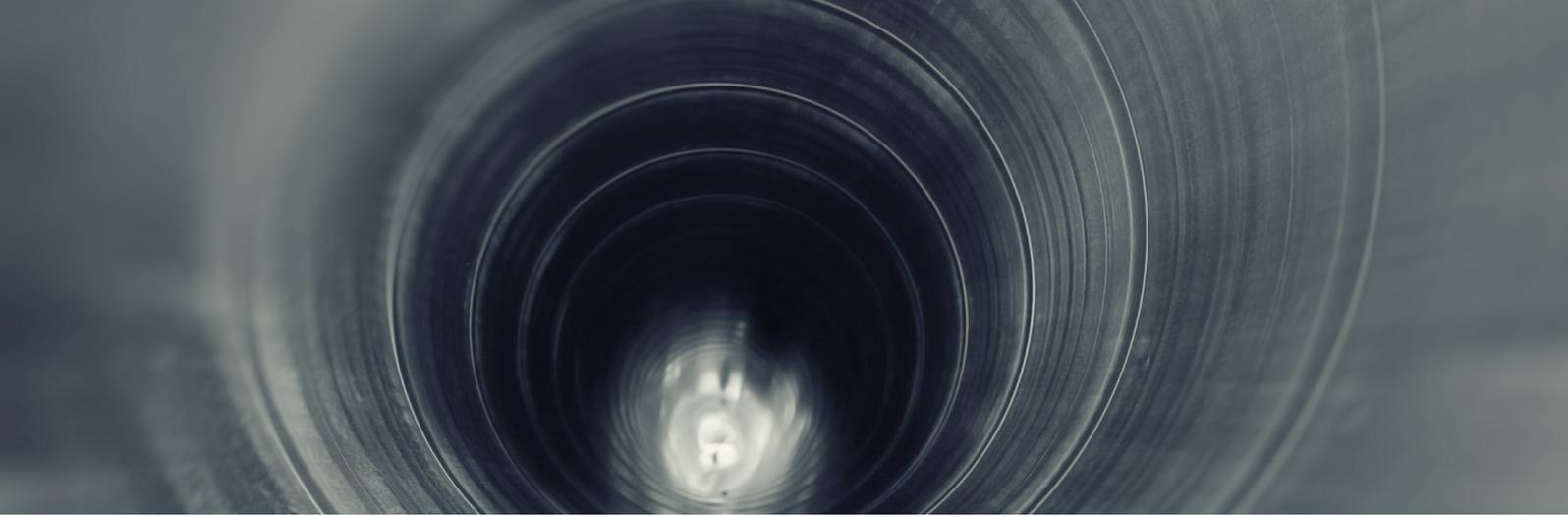


Fig. 5.1



## DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR CON IGUAL PÉRDIDA DE CARGA

Lado del conducto rectangular (cm)

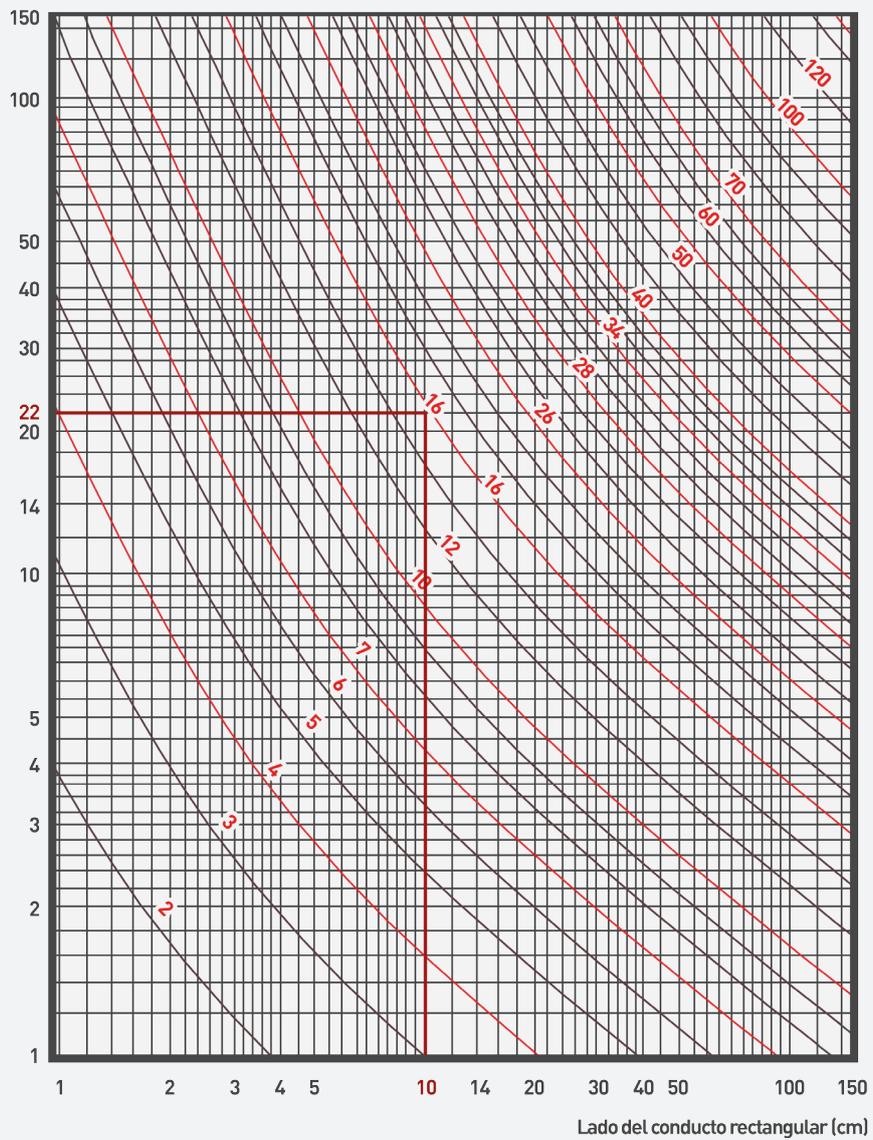


Fig. 5.2

### > Accidentes en la conducción

Las canalizaciones de aire no siempre se componen de tramos rectilíneos sino que a menudo se presentan accidentes en su trayectoria que obligan al uso de codos, desviaciones, entradas, salidas, obstáculos, etc., los cuales provocan una pérdida de carga adicional.

En consecuencia, será necesario calcular las pérdidas de cada uno de tales accidentes y sumarlas a las de los tramos rectos.

Existen diversos métodos para calcular la pérdida de carga debida a los accidentes de una canalización, siendo el más usado en los manuales especializados (con muchos datos experimentales que permiten, con unas sencillas operaciones, determinar su valor).

## 5.2 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA

### MÉTODO DEL COEFICIENTE «N»

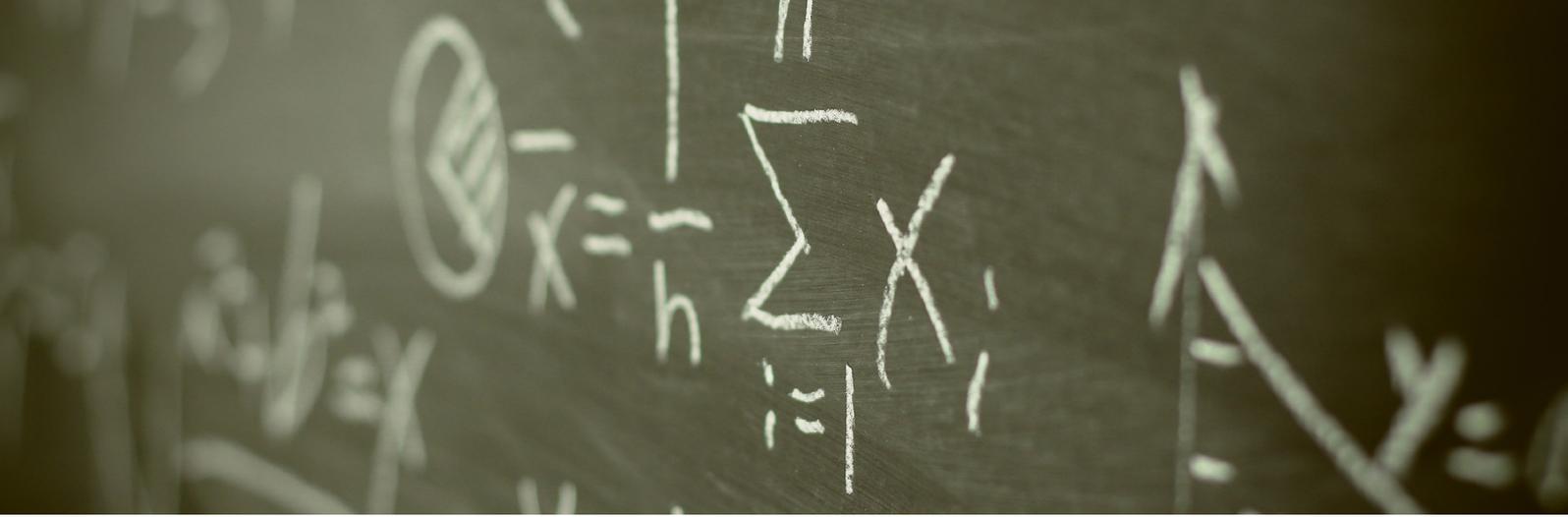
Este método se basa en calcular la pérdida de carga de un elemento de la conducción en función de la presión dinámica  $P_d$  del aire que circula y de unos coeficientes «n» de proporcionalidad, determinados experimentalmente, para cada uno según su forma y dimensiones. La fórmula usada es:

$$\Delta P = n \times P_d \text{ (mm c.d.a.)}$$

De esta forma calcularemos uno a uno los accidentes de la conducción que, sumados a los de los tramos rectos, nos proporcionarán la pérdida de carga total del sistema de conducción.

La presión dinámica  $P_d$  que aparece en la fórmula puede hallarse fácilmente del siguiente modo. A partir del caudal de aire que circula  $Q$  ( $m^3/h$ ) y el diámetro del conducto  $d$  (m), en la gráfica de la **figura 5.1** determinaremos la velocidad  $v$  (m/s) del aire. Con este dato, y por la gráfica de la **fig. 5.3** encontraremos la presión dinámica  $p_d$  (mm c.d.a.) que necesitamos para aplicar la fórmula de la pérdida de carga.

En las figuras siguientes se proporcionan los coeficientes «n» de pérdida de carga de diversos accidentes en la circulación de aire por conductos, desde su captación hasta la descarga.



## PRESIÓN DINÁMICA, CAUDAL Y DIÁMETRO

Conducciones  
circulares

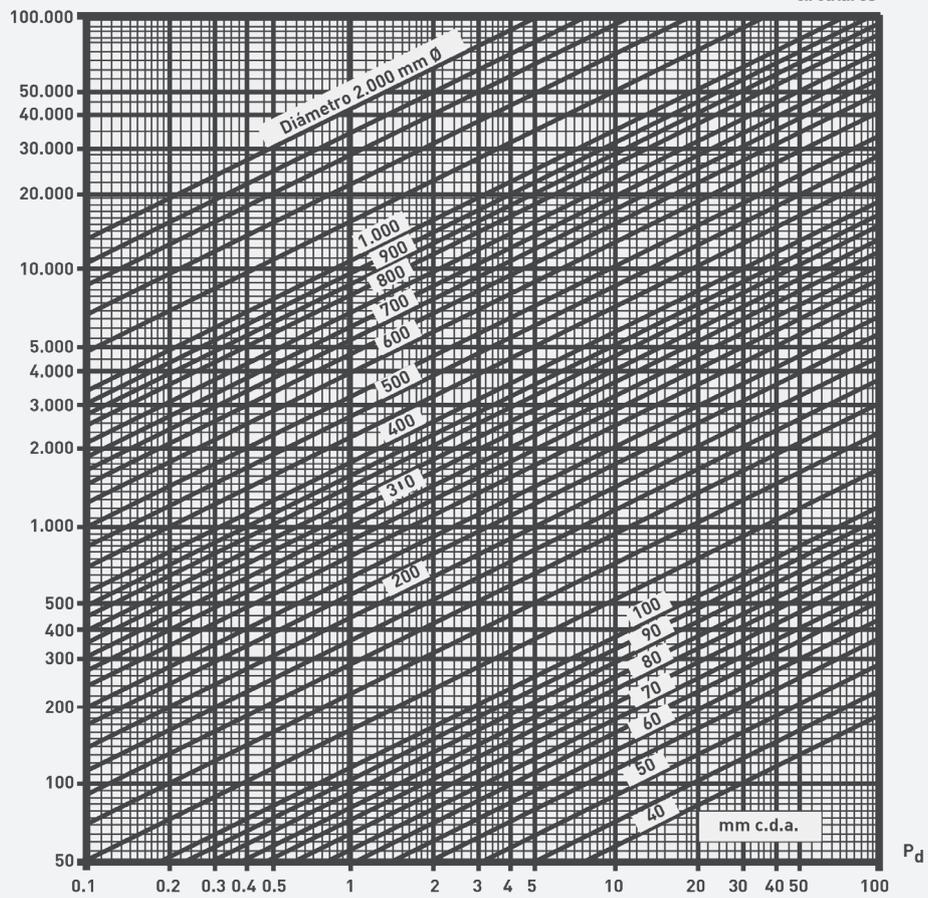
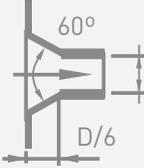
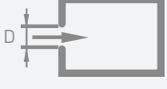
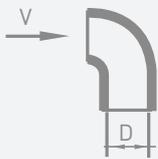


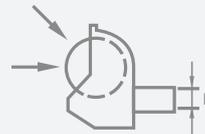
Fig. 5.3

## ENTRADAS VARIAS

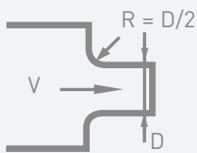
Figura				
<b>Conducto</b>	Coeficiente n			
<b>Circular</b>	0,87	0,49	0,2	1,8
<b>Rectangular</b>	1,25	0,7		



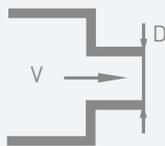
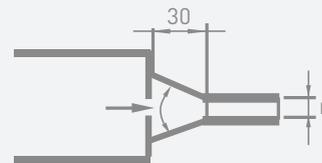
$n = 1,6$



$n = 0,65$



$n = 0,6 \text{ a } 0,1$



Conducto:  
Circular  $n = 0,5$   
Rectangular  $n = 0,7$

$\alpha$	Coeficiente n	
	Circular	Rectangular
15°	0,15	0,25
30°	0,08	0,16
45°	0,06	0,15
60°	0,08	0,17
90°	0,15	0,25
120°	0,26	0,35
150°	0,40	0,48



$n = 1,78 P_{d1} + 0,5 P_{d2}$   
 $P_{d1}$  y  $P_{d2}$  corresponden a  $V_1$  y  $V_2$

Fig. 5.4

## ENTRADAS A CONDUCTOS

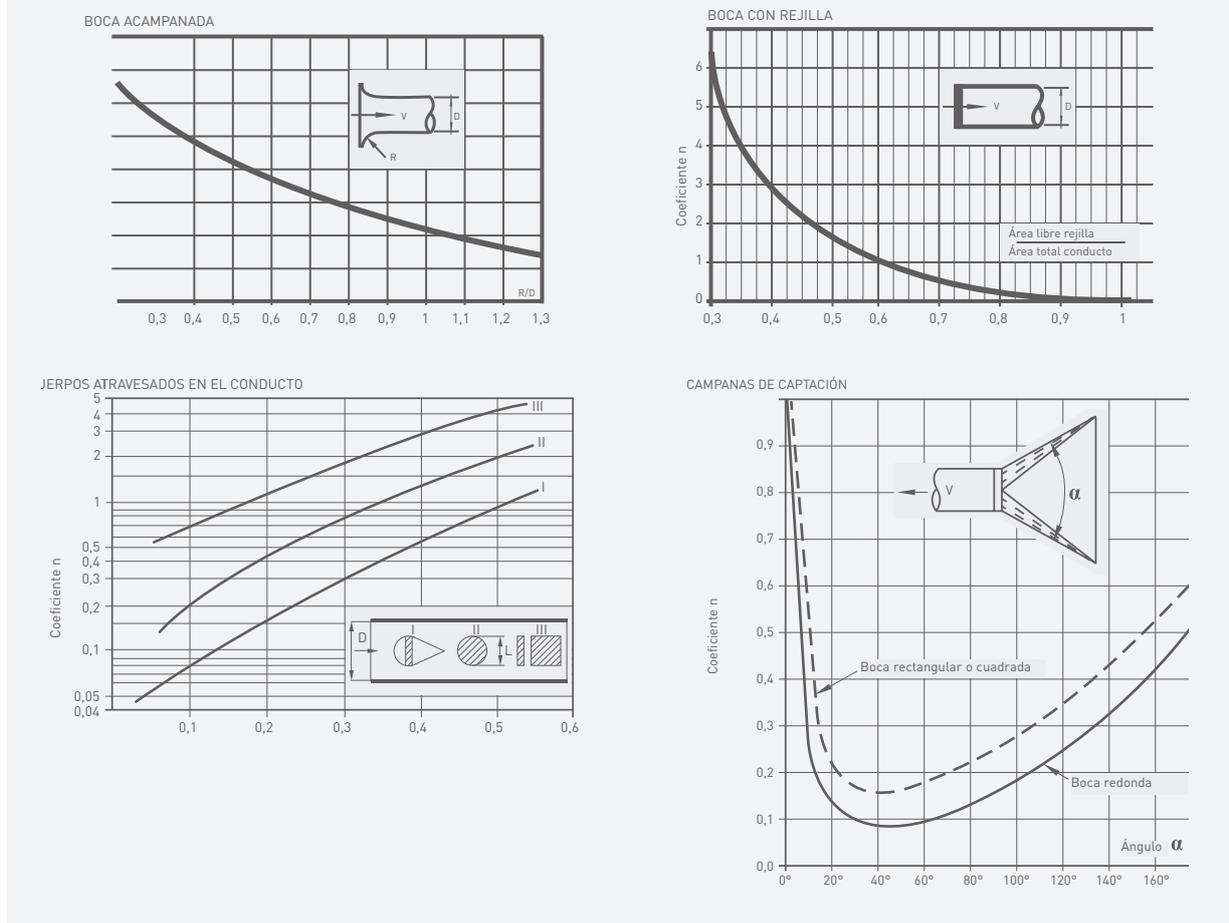


Fig. 5.5

Deben evitarse los obstáculos que atraviesen una conducción de aire y en especial en los codos y bifurcaciones del flujo. Nos referimos a cuerpos extraños a la canalización y no cuando se trate de ventilar los mismos, como es el caso de baterías intercambiadoras de calor en las que, por otra parte, se diseñan ya con las aletas orientadas de forma que obstruyan lo menos posible.

Si no hay forma de evitarlos deben cubrirse con protecciones de silueta aerodinámica para no provocar pérdidas elevadas de carga. Los obstáculos con frentes superiores a cinco centímetros deben carenarse con perfiles redondeados o, mejor, con siluetas de ala de avión, procurando que los soportes o apoyos sean paralelos a la vena de aire. Si la obstrucción es superior al 20% de la sección debe bifurcarse la canalización y hacerla confluir una vez superado el obstáculo.

Todas las velocidades consideradas en este capítulo para el cálculo del coeficiente  $n$  están referidas a velocidades en el conducto  $V_c$ , la del diámetro  $D$  indicado, aunque se trate de calcular pérdida de carga a la entrada.

En las campanas de captación, sean verticales u horizontales, la sección de la boca debe ser como mínimo el doble de la del conducto.

En campanas rectangulares, «  $\alpha$  » se refiere al ángulo mayor.

## COEFICIENTES <<n>> DE PÉRDIDAS DE CARGA CODOS

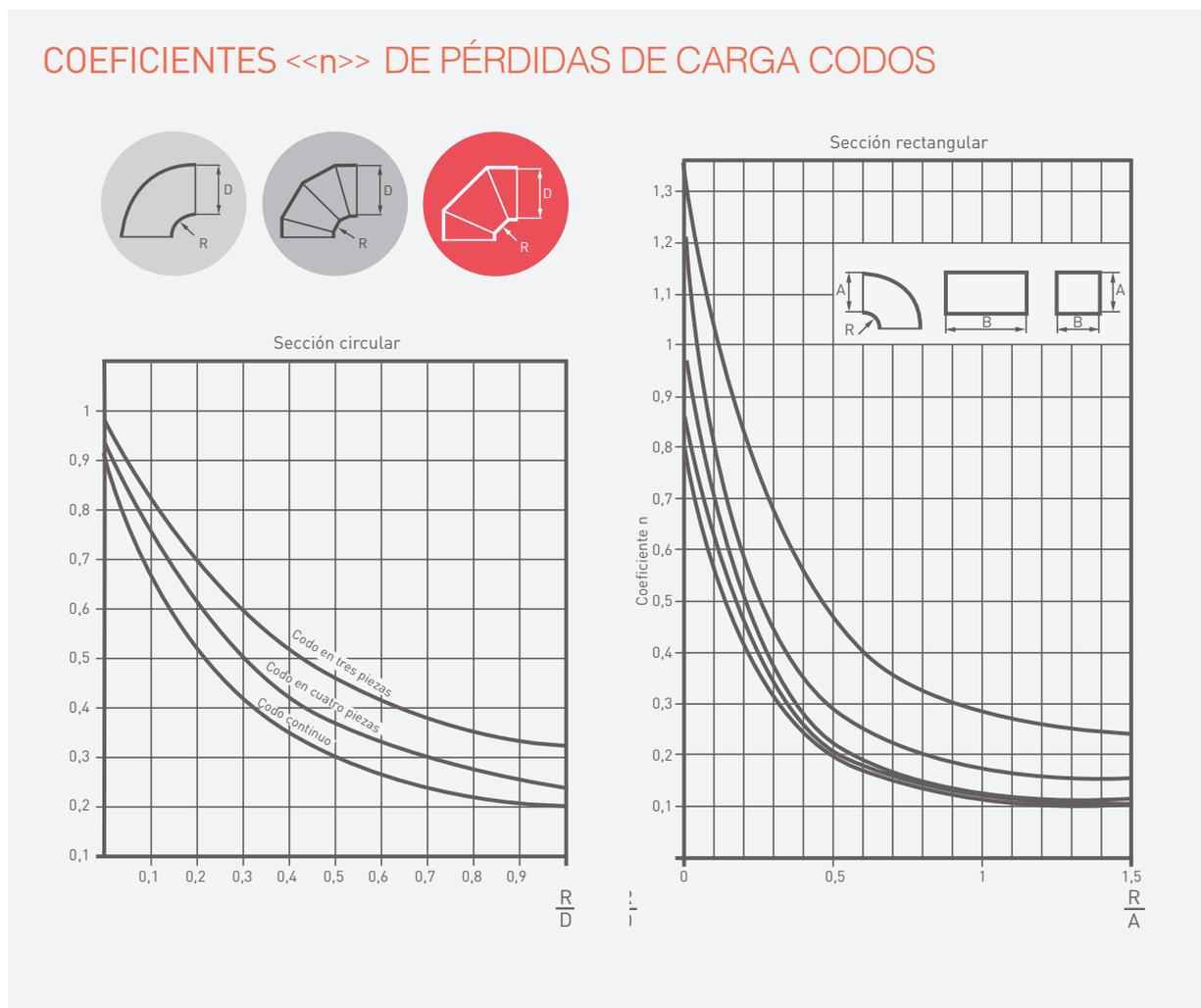


Fig. 5.6 - 1

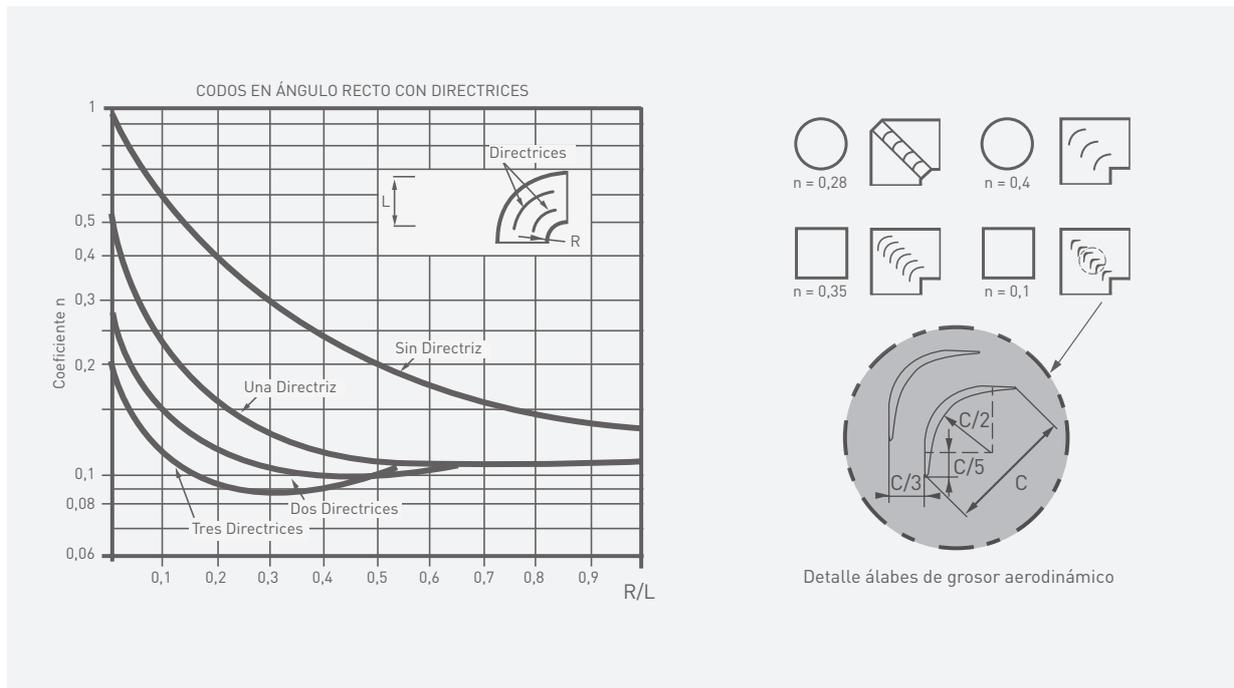
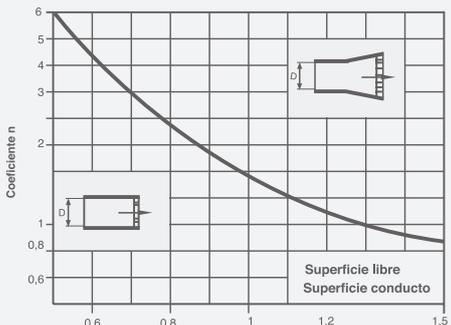
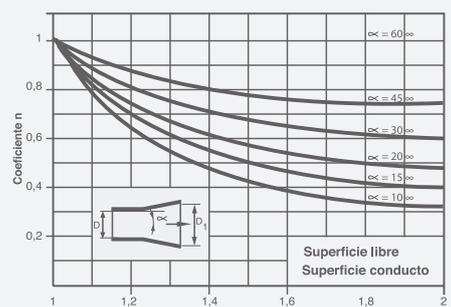
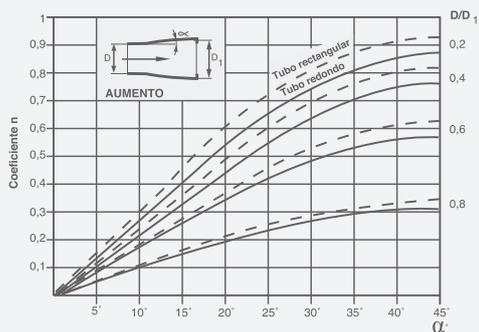
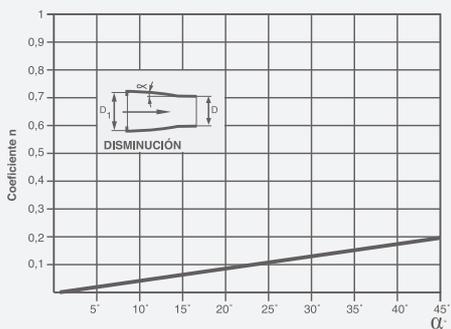


Fig. 5.6 - 2

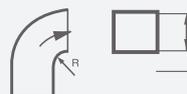
### CAMBIOS GRADUALES DE SECCIÓN



### SALIDAS DE CONDUCTOS



$D/D_1$	0,25	0,5	0,75	1
$n$	2,5	1,9	1,5	1



$R/L$	0	0,25	0,5	0,75	1
$n$	3	1,9	1,6	1,5	1,4

### SALIDA POR EL TEJADO

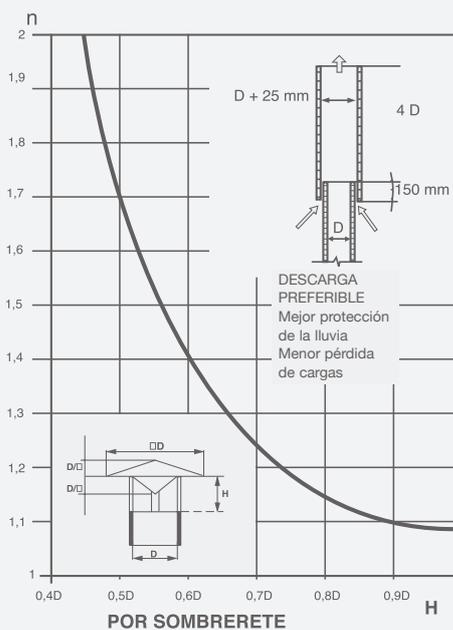


Fig. 5.7



### 5.3 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Imaginemos que debemos proceder a la evacuación de los vapores no tóxicos que se desprenden de un tanque por medio de una campana suspendida encima del mismo y que está cerrada por tres costados. La descarga debe efectuarse a nivel del tejado y el conducto debe recorrer un tramo horizontal y otro vertical, con codos en ángulo recto, hasta alcanzar el sombrerete de salida. La **Fig. 5.8** ilustra el conjunto de la instalación.

La campana en cuestión deberá absorber un caudal de:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 3.600 \text{ LHV} = 3.600 \times 2 \times 0,85 \times 1 \text{ m/s} = 6.100$$

(Considerando que la velocidad de captación de los vapores es suficiente con 1 m/s.)

La velocidad de aire en el conducto la decidiremos de  $V_c = 10 \text{ m/s}$  con lo que podemos determinar por medio de la gráfica de la **Fig. 2.2** que la presión dinámica en el mismo será:

$$P_d = 6 \text{ mm c.d.a.}$$

El diámetro del conducto circular deberá ser, de acuerdo con los  $6.100 \text{ m}^3\text{/h}$  y la velocidad de  $10 \text{ m/s}$ , leído en la gráfica de la Fig. 3.1,  $d = 0,45 \text{ m}$ , redondeando su valor a una medida comercial. A estos valores corresponde una pérdida de carga de  $0,2 \text{ mm c.d.a.}$ , también sacada de la misma gráfica, para los tramos rectos del conducto.

> Los coeficientes «n» de pérdida de carga son:

- Campana:  $0,25$ , según **Fig. 5.5**.
- Codos:  $n = 0,2$ , si el radio interior es igual al diámetro. **Fig. 5.6**.
- Sombrerete:  $n = 1,08$  para  $H = D$ , según **Fig. 5.7**.



La pérdida de carga para los tramos rectos es:  
 $\Delta P_{t1} = \text{Long. conducto} \times \text{Perd. por m} = (1 + 10 + 20) 0'2 = 6'2 \text{ mm c.d.a.}$

La pérdida por la campana, codos y sombrerete:  
 $P_{t2} = (0'25 + 0'2 + 1'08) 6 = 10'4 \text{ mm c.d.a.}$

La pérdida de carga total de la instalación resulta ser:  
 $\Delta P_{Pt} = P_{t1} + P_{t2} = 6'2 + 10'4 = 16'6 \text{ mm c.d.a.}$

Así pues, el extractor de aire a escoger debe ser capaz de vehicular  $6.100 \text{ m}^3/\text{h}$  a través de un sistema que presenta unas pérdidas de  $16'6 \text{ mm c.d.a.}$

Un tipo axial, tubular, del mismo diámetro que el de la campana resultaría ser el más idóneo.

Al hablar de la curva característica señalaremos el llamado punto de trabajo que nos remitirá de nuevo a este ejemplo.

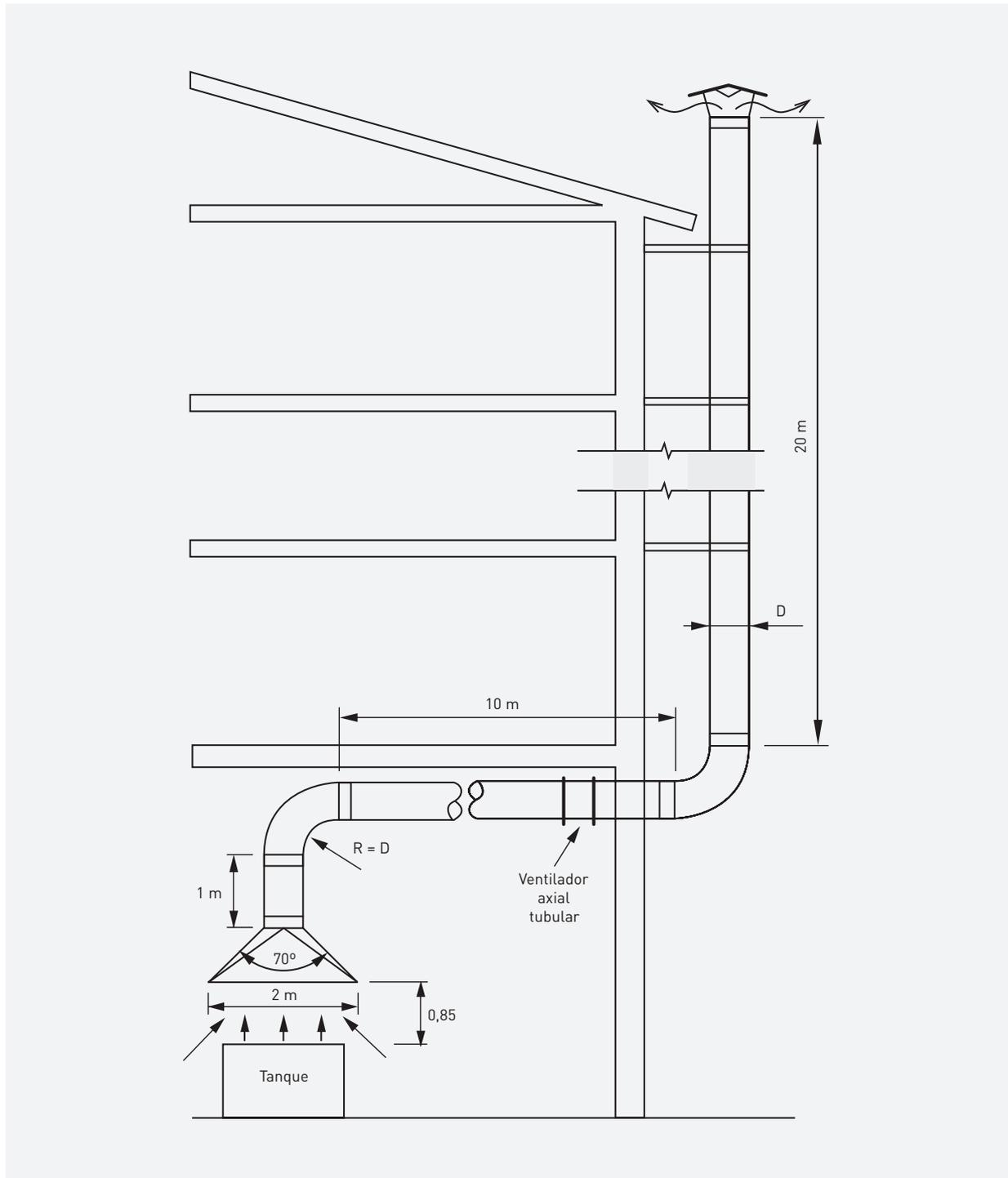


Fig. 5.8

