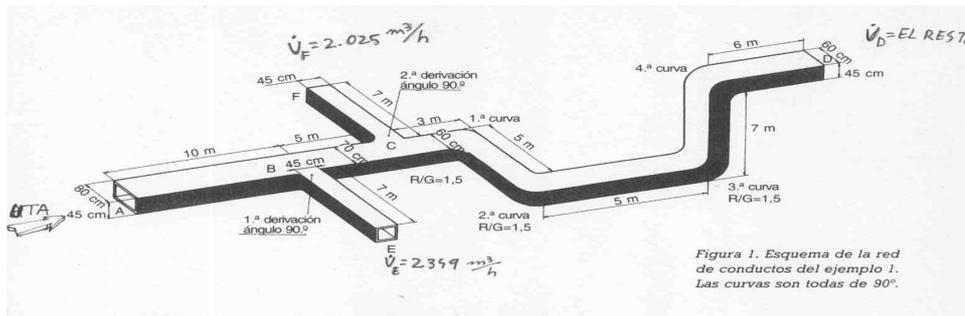


Cálculo de conductos. Método "recuperación estática" simplificado.

Distribución interior de la climatización / ventilación.



A medida que hacemos derivaciones va cambiando la sección del conducto principal.

En cada derivación hay un reparto de caudal, baja la velocidad y (Bernoulli) hay un aumento de presión: "recuperación estática".

$C =$  Velocidad  $\frac{m}{s}$

$\dot{V} =$  Caudal  $\frac{m^3}{h}$

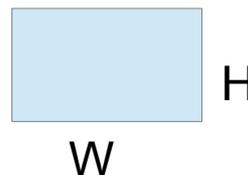
Se calculan los tramos entre derivaciones, los puntos de derivación y los difusores de los locales.

Tipos de conducto según la sección:

La forma más eficaz es el conducto cilíndrico, pero muchos conductos son cuadrados o rectangulares.

Un dato de cálculo es el "diámetro equivalente" ( $D_E$ ) que transforma la sección cuadrada o rectangular a su equivalente cilíndrica.:

- Sección cuadrada/rectangular:



Sección cuadrada:

$D_E = 1,093 * H$  (o  $W$ , porque  $W = H$  al ser cuadrada).

Sección rectangular:

$$D_E = 1,3 * \frac{(W * H)^{0,625}}{(W + H)^{0,25}}$$

La [tabla 3](#) tiene valores de  $D_E$  para algunas medidas de ancho ( $W$ ) y alto ( $H$ ).

El cálculo puede variar en función de los datos conocidos.

Con la formula:  $\dot{V} = C * S$  : Sí conozco la velocidad podré sacar la sección:  $S = \frac{\dot{V}}{C}$

Sí conozco la sección podré sacar la velocidad:  $C = \frac{\dot{V}}{S}$

Empezamos calculando las necesidades de cada local y de la suma total.  
Tendremos un caudal calculado y un caudal real en función de la máquina seleccionada.

Los conductos se calcularán según el caudal real de la máquina; siempre un modelo ligeramente más capaz de lo calculado...

$$\dot{V} = \frac{Q_{SE}}{0,33 * (1 - f) * (t^a_{INTERIOR} - t^a_{ROCIO})} \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

Sabiendo  $\dot{V}$  :

$$\dot{V} = C * S$$

$$C = \frac{\dot{V}}{S}$$

$\dot{V}$  = caudal  $\frac{m^3}{h}$

C = velocidad  $\frac{m}{s}$

S = sección  $m^2$

Para pasar la velocidad a metros/segundo:  $C = \frac{\dot{V}}{3600 * S}$

EJEMPLO de cálculo:

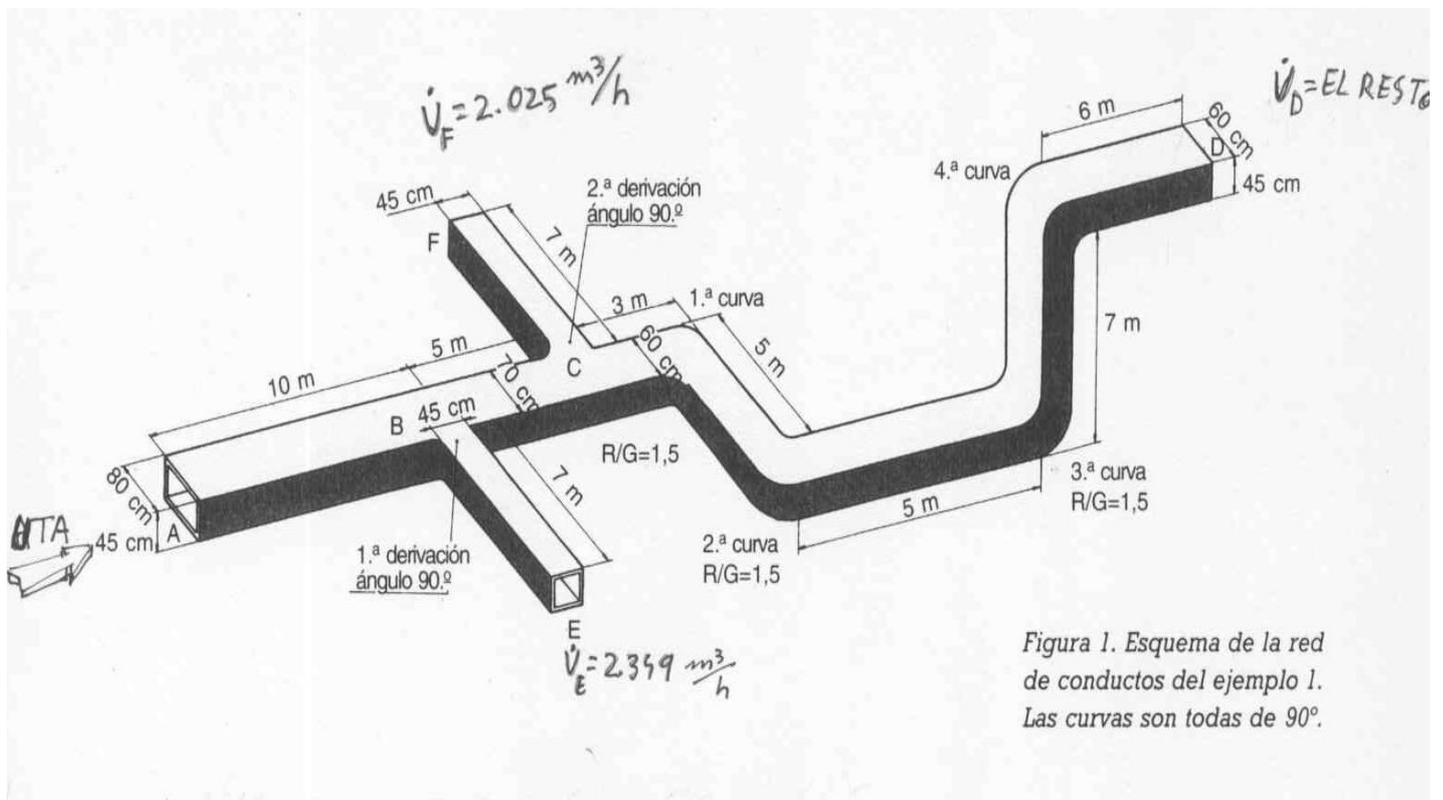


Figura 1. Esquema de la red de conductos del ejemplo 1. Las curvas son todas de 90°.

Enunciado:

Datos conocidos:

Dimensiones en el punto A (salida de la máquina):

$$W \text{ (ancho)} = 0.8 \text{ m.}$$

$$H \text{ (alto)} = 0,45 \text{ m.}$$



Sección en el punto A:  $S = 0,8 \times 0,45 = 0,36 \text{ m}^2$

$$\text{Caudal } \dot{V} = 9.720 \text{ m}^3/\text{h}$$

Perdida de carga ( $\Delta p$ ) en las rejillas (difusores) = 1,5 mm.c.a.

$$\text{Caudal total } \dot{V}_{TOTAL} = 9.720 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal en el punto E } \dot{V}_E = 2.349 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal en el punto F } \dot{V}_F = 2.025 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal en el punto D: Es el punto final, el caudal será el resto, después de todas las derivaciones:

$$\dot{V}_D = \dot{V}_{TOTAL} - (\dot{V}_E + \dot{V}_F) = 5.346 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con estos datos (y el dibujo) podemos **conocer las secciones de cada tramo:**

Tramo:	W (m)	H (m)	Sección: (m <sup>2</sup> )
<b>A-B</b>	<b>0,8</b>	<b>0,45</b>	<b>0,360</b>
<b>B-C</b>	<b>0,7</b>	<b>0,45</b>	<b>0,315</b>
<b>C-D</b>	<b>0,6</b>	<b>0,45</b>	<b>0,270</b>
<b>B-E</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,202</b>
<b>C-F</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,202</b>

Con las secciones y los caudales podemos **conocer las velocidades C<sub>x</sub> de los tramos principales:**

$$C_{AB} = \frac{\dot{V}_{AB}}{S_{AB} * 3600} = \frac{9.720 \text{ m}^3/\text{h}}{0,36 \text{ m}^2 * 3.600} = 7,5 \text{ m/s}$$

$$C_{BC} = \frac{\dot{V}_{BC}}{S_{BC} * 3600} = \frac{(9.720 - 2.349) \text{ m}^3/\text{h}}{0,315 \text{ m}^2 * 3.600} = 6,5 \text{ m/s}$$

$$C_{CD} = \frac{\dot{V}_{CD}}{S_{CD} * 3600} = \frac{9.720 - (2.349 + 2.025) \text{ m}^3/\text{h}}{0,27 \text{ m}^2 * 3.600} = 5,5 \text{ m/s}$$

$\dot{V}$  = caudal  $\text{m}^3/\text{h}$   
 $C$  = velocidad  $\text{m/s}$   
 $S$  = sección  $\text{m}^2$

Y las **velocidades de las derivaciones:**

$$C_{BE} = \frac{\dot{V}_{BE}}{S_{BE} * 3600} = \frac{2.349 \text{ m}^3/\text{h}}{0,45^2 \text{ m}^2 * 3.600} = 3,22 \text{ m/s}$$

$$C_{CF} = \frac{\dot{V}_{CF}}{S_{CF} * 3600} = \frac{2.025 \text{ m}^3/\text{h}}{0,45^2 \text{ m}^2 * 3.600} = 2,77 \text{ m/s}$$

Ahora **calculamos el Diámetro equivalente ( $D_E$ ):**

Para los tramos del conducto principal usaremos las formulas vistas al principio de este texto. Pero para las derivaciones usaremos el [ábaco](#) .

(Porque el  $D_E$  de las derivaciones calculado con formulas sale muy distinto y, de esta manera, vemos los dos métodos)

**$D_E$  del tramo principal:** (Con formulas)

Es un tramo de sección rectangular luego la formula es:

$$D_E = 1,3 * \frac{(W * H)^{0,625}}{(W + H)^{0,25}}$$

( W y H en milímetros... )

Tramo AB:

$$D_{EAB} = 1,3 * \frac{(W * H)^{0,625}}{(W + H)^{0,25}} = 1,3 * \frac{(800 * 450)^{0,625}}{(800 + 450)^{0,25}} = 649 \text{ mm}$$

Tramo BC:

$$D_{EBC} = 1,3 * \frac{(W * H)^{0,625}}{(W + H)^{0,25}} = 1,3 * \frac{(700 * 450)^{0,625}}{(700 + 450)^{0,25}} = 610 \text{ mm}$$

Tramo CD:

$$D_{ECD} = 1,3 * \frac{(W * H)^{0,625}}{(W + H)^{0,25}} = 1,3 * \frac{(600 * 450)^{0,625}}{(600 + 450)^{0,25}} = 567 \text{ mm}$$

$D_E$  de las derivaciones:

Los sacaremos del ábaco cuando tengamos el diferencial de presión por metro  $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)$ .

(Con el caudal del tramo  $\dot{V}_x$  y  $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)$  podemos sacar [del ábaco](#) el  $D_E$  del tramo)

Ahora **calculamos**  $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)$  :

Entramos al ábaco con estos datos:

$$\text{Caudal total: } \dot{V}_{AB} = 9.720 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{[ NOTA: El caudal en el tramo AB es el caudal total... } \dot{V}_{AB} = \dot{V}_{TOTAL} = 9.720 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ]}$$

$$\text{Diámetro equivalente: } D_{EAB} = 649 \text{ mm}$$

En el ábaco vemos la intersección de los dos datos: ( [ver Ábaco](#) )

$$\text{La línea horizontal marca el caudal: } \dot{V}_{AB} = \dot{V}_{TOTAL} = 9.720 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{La línea diagonal marca el Diámetro equivalente: } D_{EAB} = 649 \text{ mm}$$

$$\text{La Línea discontinua vertical indica la } \frac{\Delta p}{L} \text{ para todos los tramos principales: } \frac{\Delta p}{L} = 0,1 \frac{\text{mm.c.a.}}{\text{m}}$$

**Esta  $\frac{\Delta p}{L}$  es constante en todo el recorrido principal; tramos AB, BC y CD.**

Ahora **calculamos la longitud equivalente:**

Es la longitud real de cada tramo más un 50%.

$$L_{EQ} = l + (l * 0,5)$$

$$\text{Tramo AB: } L_{EQAB} = l + (l * 0,5) = 10 + (10 * 0,5) = 15 \text{ m}$$

$$\text{Tramo BC: } L_{EQBC} = l + (l * 0,5) = 5 + (5 * 0,5) = 7,5 \text{ m}$$

$$\text{Tramo CD: } L_{EQCD} = l + (l * 0,5) = 26 + (26 * 0,5) = 39 \text{ m}$$

Ahora **calculamos la pérdida de carga por tramo  $\Delta p$  :**

$$\text{Tramo AB: } \Delta p_{AB} = L_{EQ} * \frac{\Delta p}{L} = 15 \text{ m} * 0,1 \frac{\text{mm.c.a.}}{\text{m}} = 1,5 \text{ mm.c.a.}$$

$$\text{Tramo BC: } \Delta p_{BC} = L_{EQ} * \frac{\Delta p}{L} = 7,5 \text{ m} * 0,1 \frac{\text{mm.c.a.}}{\text{m}} = 0,75 \text{ mm.c.a.}$$

$$\text{Tramo CD: } \Delta p_{CD} = L_{EQ} * \frac{\Delta p}{L} = 39 \text{ m} * 0,1 \frac{\text{mm.c.a.}}{\text{m}} = 3,9 \text{ mm.c.a.}$$

Ahora **calculamos la Recuperación Estática:** (Para los puntos de derivación B y C)

$$\text{Para el Punto B: } \Delta p_{\text{RecEst}B} = \frac{(C_{AB}^2 - C_{BC}^2)}{16} = \frac{(7,5^2 - 6,5^2)}{16} = 0,875 \text{ mm.c.a.}$$

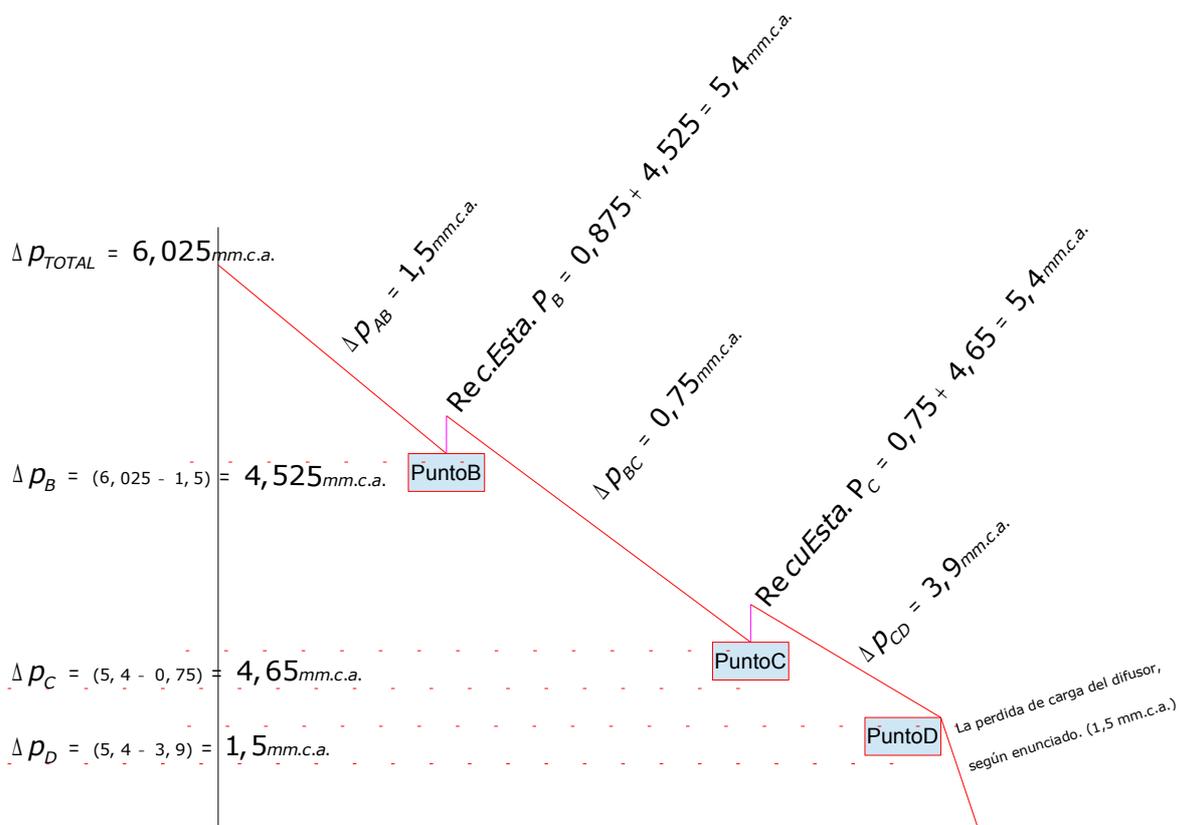
$$\text{Para el Punto C: } \Delta p_{\text{RecEst}C} = \frac{(C_{BC}^2 - C_{CD}^2)}{16} = \frac{(6,5^2 - 5,5^2)}{16} = 0,75 \text{ mm.c.a.}$$

La Recuperación Estática total sera:

$$\Delta p_{\text{RecEst}TOTAL} = \Delta p_{\text{RecEst}B} + \Delta p_{\text{RecEst}C} = 0,875 + 0,75 = 1,625 \text{ mm.c.a.}$$

**Y la Pérdida de carga total será:** (Para los tramos principales AB, BC y CD)

$$\Delta p_{\text{TOTAL}} = \Delta p_{AB} + \Delta p_{BC} + \Delta p_{CD} + \Delta p_{\text{DIFUSOR}D} - \Delta p_{\text{RecEst}A} = 1,5 + 0,75 + 3,9 + 1,5 - 1,625 = 6,025 \text{ mm.c.a.}$$



Con este gráfico conseguimos la presión en  $P_B$  y  $P_C$ .

Para poder calcular los tramos de derivación BE y CF:

( **NOTA:** se usan las  $\Delta p$  en el punto  $P_B$  y  $P_C$ ; no los valores de Recuperación Estática en esos puntos)

Tramo BE:

$$\Delta p_B = 4,25 \text{ mm.c.a.}$$

$$\Delta p_E = 1,50 \text{ mm.c.a. (dato del enunciado).}$$

$$\text{Longitud: } 7 \text{ metros.}$$

$$\text{Longitud Equivalente: } L_{EQ} = L + (L * 0,5) = 7 + (7 * 0,5) = 10,5m.$$

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{\Delta p_B - \Delta p_E(\text{difusor})}{L_{EQ}} = \frac{4,25 - 1,5 \text{ mm.c.a.}}{10,5m} = 0,26 \frac{\text{mm.c.a.}}{m}$$

Con el caudal del tramo y la perdida de carga por metro, podemos ir [al ábaco](#), para buscar el  $D_E$  del tramo:

$$\dot{V}_{BE} = 2.349 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\frac{\Delta p}{L} = 0,26 \frac{\text{mm.c.a.}}{m} \text{ (para el tramo BE)}$$

$D_E$  del tramo BE= 325 mm.

Tramo CF:

$$\Delta p_C = 4,65 \text{ mm.c.a.}$$

$$\Delta p_F = 1,50 \text{ mm.c.a. (dato del enunciado).}$$

$$\text{Longitud: } 7 \text{ metros.}$$

$$\text{Longitud Equivalente: } \text{(igual que antes, en el tramo BE: } L_{EQ}=10,5m.)$$

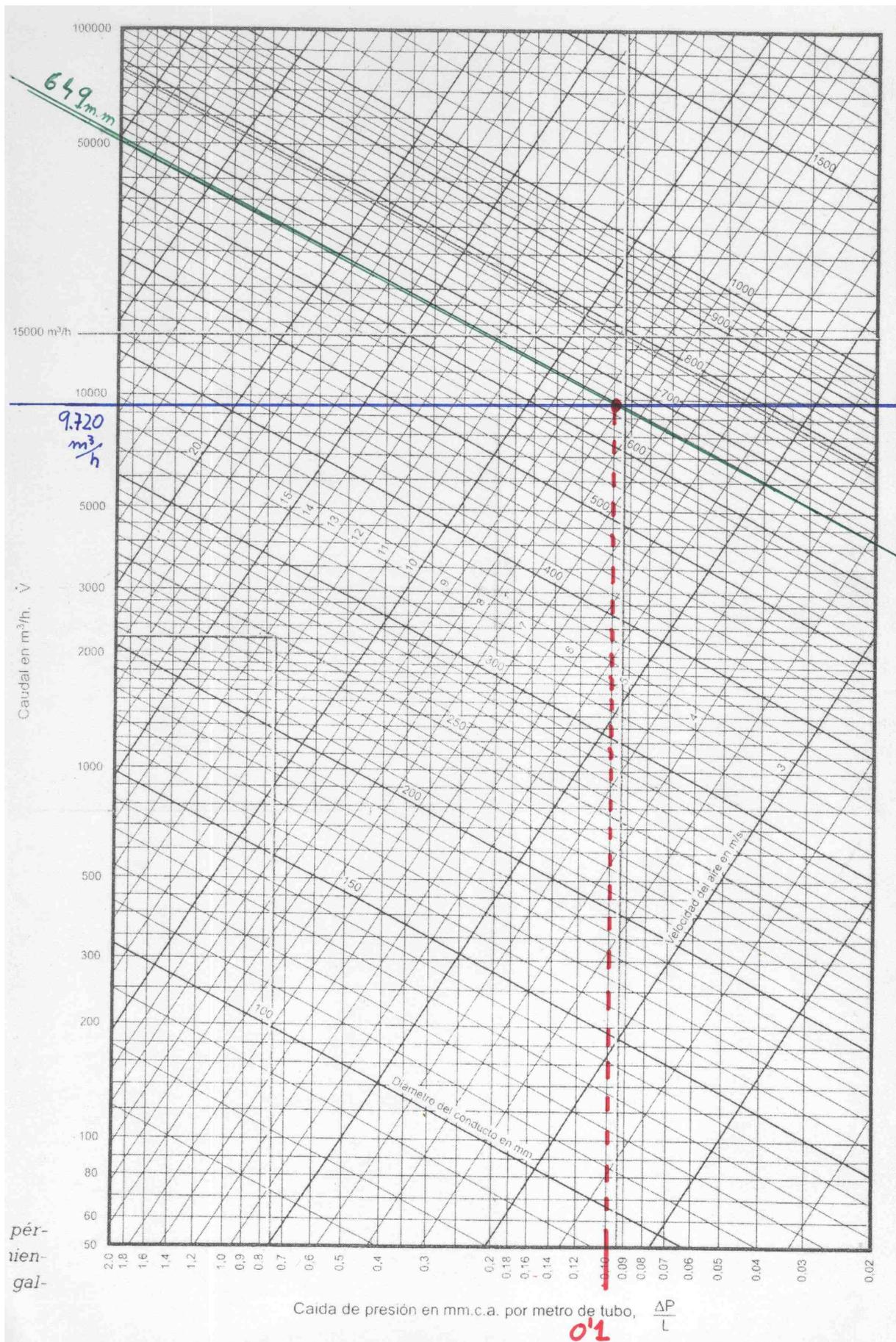
Para ir al ábaco:

$$\dot{V}_{CF} = 2,025 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{\Delta p_C - \Delta p_F(\text{difusor})}{L_{EQ}} = \frac{4,65 - 1,5 \text{ mm.c.a.}}{10,5m} = 0,3 \frac{\text{mm.c.a.}}{m}$$

Luego la  $D_E$  del tramo CF= 295 mm.

Ábaco 2:



Ábaco que relaciona caudal,  $D_E$ , Velocidad y  $\frac{\Delta P}{L}$

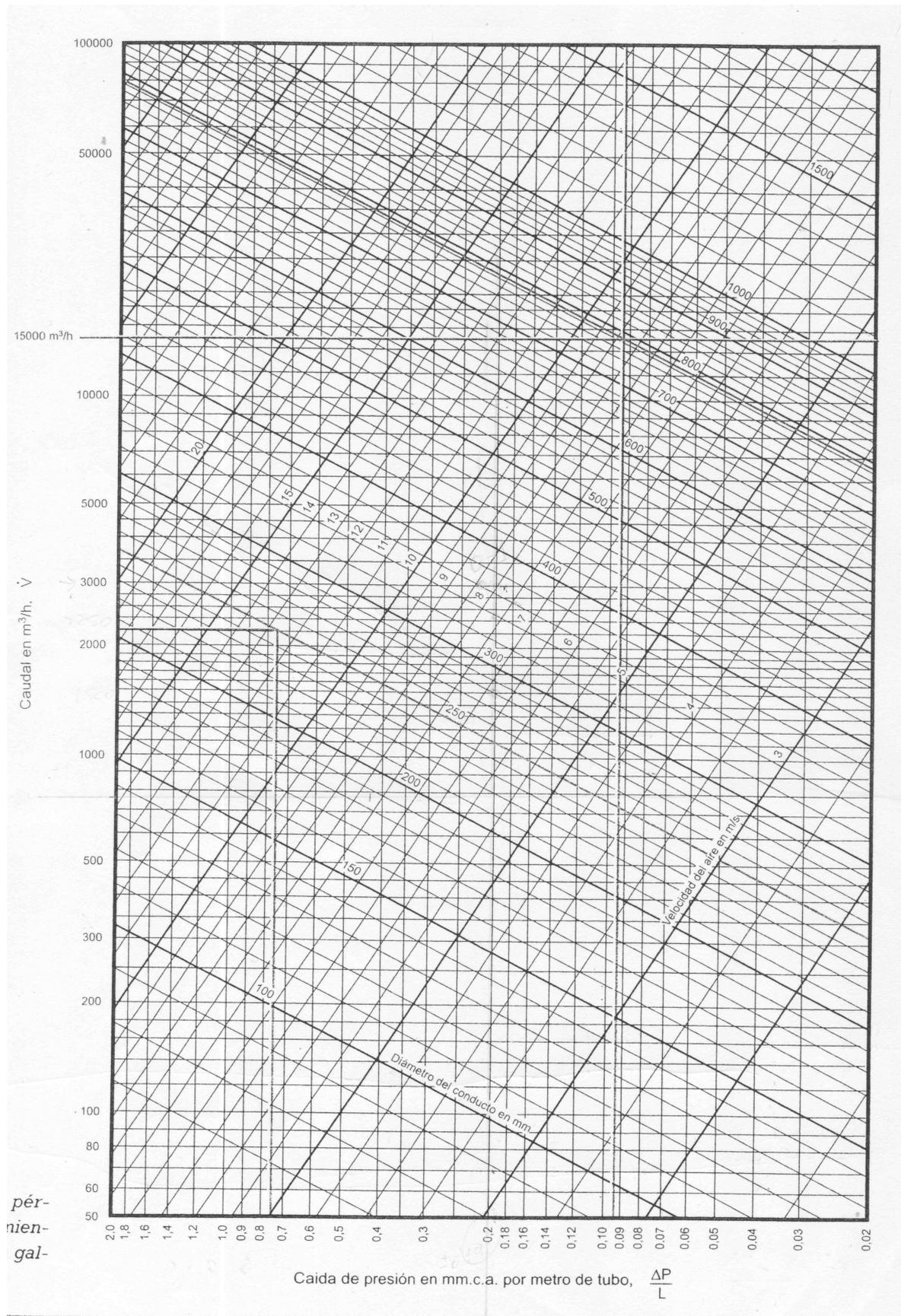


TABLA 3. Diámetros equivalentes ( $D_e$ ).

Longitud lado $H$ mm.	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Longitud lado $W$ mm.	$D_e$ mm								
250	210	244	273						
300	228	266	299	328					
350	215	286	322	354	362				
400	260	304	343	371	408	437			
450	274	321	363	399	433	463	491		
500	287	337	381	426	455	488	518	546	
550	299	351	397	439	476	511	543	573	601
600	310	365	413	457	496	533	566	598	628
650	321	378	428	474	515	553	588	622	658
700	331	390	443	490	533	573	610	644	688
750	340	402	456	505	550	591	630	666	700
800	350	413	469	520	566	610	649	686	721
850	359	424	482	534	582	626	667	706	743
900	367	434	494	548	583	643	685	725	763
950	375	444	505	560	611	658	702	744	783
1000	383	454	517	573	625	674	719	761	802
1050	391	463	527	586	639	689	735	778	820
1100	398	472	538	597	652	703	755	795	838
1150	406	481	548	609	665	717	765	811	855
1200	413	490	558	620	677	730	780	827	871
1250		498	568	631	689	743	794	842	887
1300		498	577	641	701	756	808	857	904
1350		514	586	652	712	769	822	872	919
1400		521	595	662	724	781	835	880	934
1450		531	604	672	734	793	848	900	955
1500		536	612	681	745	804	860	913	963
1550		543	620	690	755	816	872	926	979
1600		550	628	700	765	827	884	940	991
1700			644	717	785	848	908	964	1020
1800			659	734	804	869	936	988	1040
1900			674	751	822	889	949	1010	1070
2000			688	767	837	908	973	1030	1090
2100				782	857	927	993	1050	1110
2200				797	873	945	1010	1070	1130
2300				812	890	962	1030	1090	1160
2400				826	905	979	1050	1110	1180
2500					920	996	1070	1130	1200
2600					935	1010	1080	1150	1220
2700					950	1030	1100	1170	1240
2800					960	1040	1120	1190	1260
2900						1060	1130	1200	1280
3000						1070	1150	1220	1290
3100						1080	1160	1240	1310
3200						1100	1180	1250	1330
3300							1190	1270	1340
3400							1210	1290	1360
3500							1200	1300	1380
3600							1240	1320	1390

TABLA 7. Velocidad en el primer tramo para diversos tipos de edificios.

<i>Tipo de edificio</i>	<i>Velocidad en el primer tramo del conducto principal (m/s)</i>
Edificio residencial	≈ 6,5
Edificio público	≈ 6,5
Cines y teatros	≈ 7
Escuelas	≈ 7 a 8
Supermercados	≈ 8 a 10
Edificios industriales	≈ 8 a 12