

# CONCEPTOS BÁSICOS DE HIDRÁULICA

Biblioteca ATRIUM de Instalaciones de Agua

Grupo Editorial OCEANO

Entre las generalidades teóricas de la hidráulica básica que convendría recordar se hallan los conceptos fundamentales de: caudal, presión, velocidad, sección y pérdida de carga.

## CONCEPTOS GENERALES DE HIDRÁULICA

Conocido es de todos que para conseguir una circulación de un fluido, en este caso agua, por una tubería de sección circular, es necesaria la existencia de una cantidad de líquido, factor denominado *caudal*, una fuerza que lo impulse llamada *presión* y una tubería definida por su sección.

Al producirse este movimiento del agua a través de una tubería, se origina un nuevo fenómeno denominado *velocidad de circulación*. Se recuerdan a continuación todos estos conceptos.

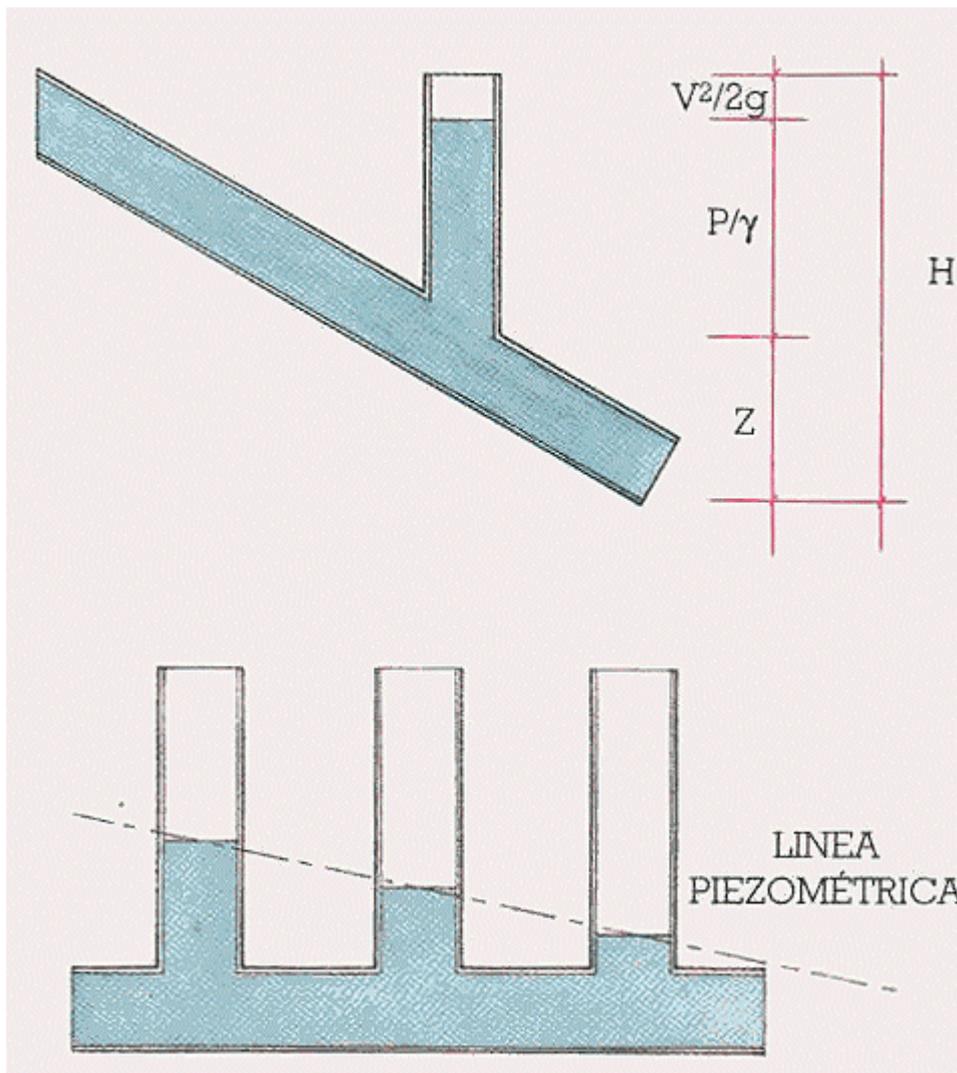
### **PRESIÓN**

El agua ejerce un empuje o presión sobre la pared del tubo o depósito que la contiene, y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado - atmósferas - metros por columna de agua.

En el seno de una corriente uniforme, el valor es el mismo para todos los puntos de una sección transversal.

### ***ALTURA O CARGA PIEZOMETRICA***

Si en un tubo por el que circula agua a presión se aplican a las paredes tubos piezométricos verticales, el agua se eleva en cada uno de ellos a una altura *piezométrica* en metros igual a  $P/\gamma$ , siendo P la presión en kilogramos por centímetro cuadrado en el interior de la tubería e  $\gamma$  el peso específico del agua ( $1\ 000\text{ kg/m}^3$ ).



*Fig 1*

### ***ALTURA CINÉTICA***

Se denomina a la expresión  $V^2/2g$ ; siendo V la velocidad de circulación del agua en metros por segundo y g la aceleración de la gravedad.

## ***ALTURA GEOMETRICA***

Designada por la letra  $Z$ , es la altura en metros del punto considerado en el agua, sobre un plano de comparación. (fig. 1)

## ***PERDIDA DE CARGA***

Los líquidos no son perfectos ya que son viscosos en mayor o menor grado y se desarrollan en ellos, al moverse, esfuerzos tangenciales que influyen notablemente en los caracteres del movimiento.

La carga  $H$  no se mantiene constante, sino que una parte de ella se emplea en vencer la resistencia que se opone al movimiento del líquido. A esta pérdida de  $H$  se le denomina *pérdida de carga*.

Debido a estas pérdidas de cargas o resistencias que se oponen al movimiento del líquido, la expresión general del teorema de Bernouilli se transforma en la siguiente:

$$Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + (R + EX)$$

$R$  - pérdidas de carga continuas que se producen por el movimiento del líquido y el rozamiento con las paredes del tubo.

$EX$  - suma de pérdidas de carga por resistencias aisladas, que se producen por la existencia de obstáculos en las tuberías, el diámetro del tubo y la velocidad del agua. Normalmente se expresan dichas pérdidas de carga aisladas en valores equivalentes de pérdida de carga continua  $R$ .

## ***FÓRMULAS PRÁCTICAS DE LA PÉRDIDA DE CARGA***

La pérdida de carga continua,  $R$ , se toma por unidad de longitud y se designa generalmente por la letra  $J$ .

En el movimiento uniforme a lo largo de una tubería de sección constante, los factores que interesan a la hora de formular son los siguientes:

D - diámetro

Q- caudal

S - rugosidad interior

V - velocidad

J - pérdida de carga

Las numerosas experiencias demuestran que en cualquier tipo de superficie interior, existe una pérdida de carga, y los valores reseñados cumplen una relación general:

$$J = f(V, D, S)$$

Por otro lado, entre caudal, velocidad y diámetro interior aparece la relación:

$$Q = V * (\pi D^2 / 4)$$

Como resultado de estas dos ecuaciones, que se han detallado anteriormente, aparece un sistema de cinco variables.

La práctica y los experimentos demuestran que el sistema se puede resolver matemáticamente:

$$J = 4 \lambda \left( \frac{4}{D} \right)^5 \frac{V^5}{15} \frac{1}{D^5}$$

$$Q = V * (\pi D^2 / 4)$$

Donde  $m$  es un coeficiente que viene en función de la rugosidad del material.

A esta fórmula de cálculo se la conoce como *fórmula de Flamant*.

Los valores del coeficiente  $m$  son:

Tubo de acero 0,00023

Tubo de plomo 0,00014

Tubo de fundición 0,00018

Aplicando estos valores aparecen los ábacos de cálculo que se estudiarán al final del tema, cada uno en función del tipo de tubería que deba utilizarse. Teniendo en cuenta que, hoy por hoy empiezan a colocarse muchas de otros materiales, cobre, PVC, Polietilenos, etc., debe identificarse para cada caso especial el nuevo coeficiente de rugosidad  $m$  aplicable, en función de la composición química del material.

### ***OTRAS FÓRMULAS DE CÁLCULO***

**Sonnier:**

$$J = 0,00214 \frac{Q^2}{D^{5,3}}$$

**Darcy:**

$$J = R \frac{L V^2}{D 2g}$$

**Manning:**

$$J = \frac{V^2}{K^2 \cdot R^{4/3}}$$

Donde K depende del tubo

**Scímeni :**

$$Q = 48,3 \cdot D^{2,68} \cdot J^{0,56}$$

**Flamant :**

$$J = K \frac{V^{7/4}}{D^{7/4}}$$

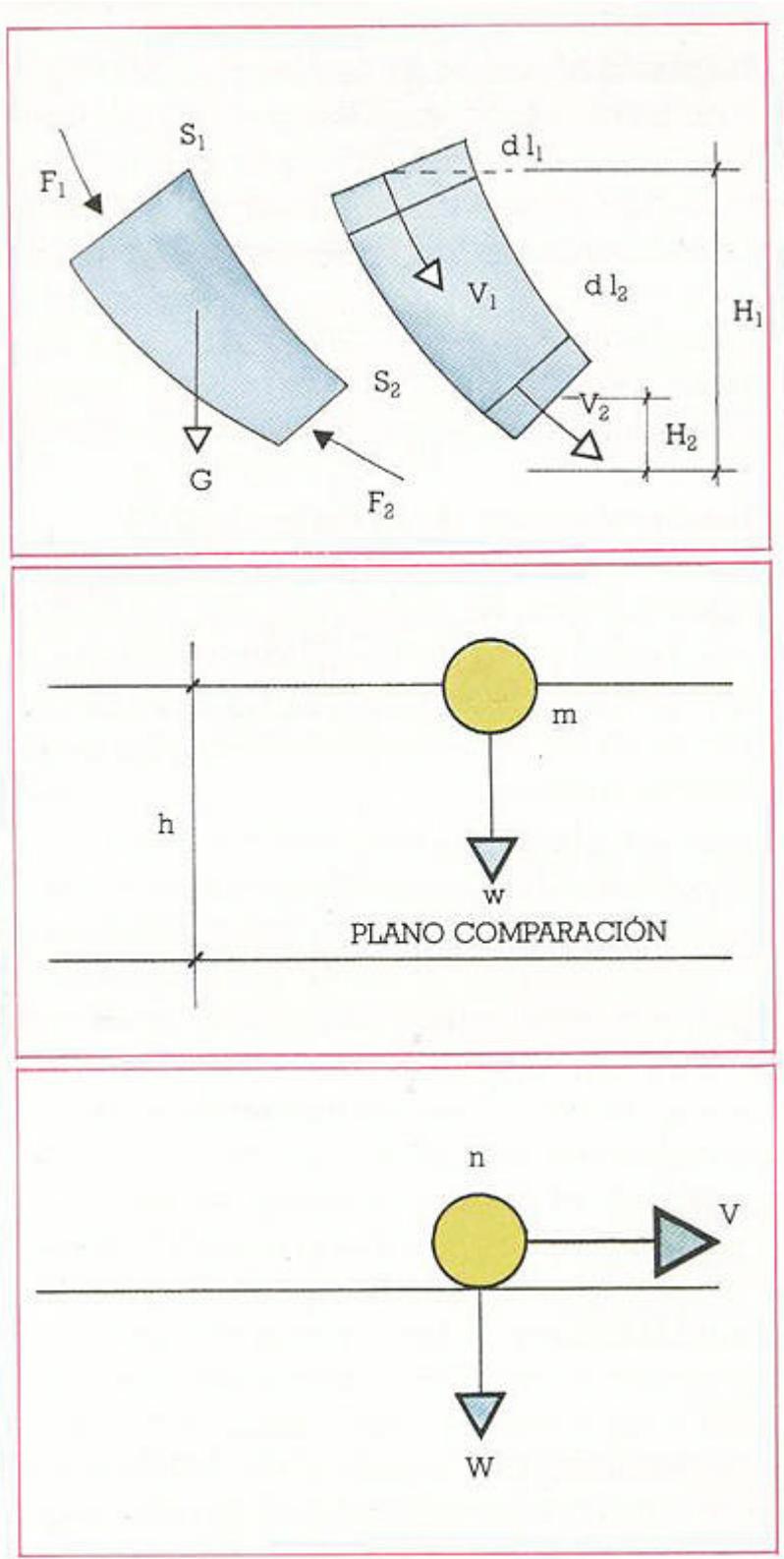


Fig 2,3,4

No obstante, para evitar tener que buscar cada coeficiente K en las diversas fórmulas, las pérdidas de carga aisladas se evalúan en longitud equivalente a la tubería del mismo diámetro en la que se encuentra instalada, con lo que las fórmulas quedarían:

$$X = K \frac{V^2}{2g} \approx \Delta \text{ longitud}$$

X - pérdida de carga aislada. (fig. 2)

### Teorema de Bernoulli:

$$H = \text{carga total} = Z + \frac{P}{X} + \frac{V^2}{2g} = \text{constante} \quad \left| \quad ZT = \frac{MV_2^2}{2} - \frac{MV_1^2}{2}$$

### Primer término de la fórmula

Si un cuerpo o fluido estudiado tiene una masa  $m$  y un peso  $W$ , este cuerpo puede desarrollar, sin duda alguna, un trabajo para descender al plano de comparación, lo que conlleva decir que existirá una determinada energía potencial. (fig. 3)

$$E_p = W \cdot h \text{ como } W = l \cdot g$$

$$E_p = h$$

### Segundo término de la fórmula $V^2/2g$

Si se considera la masa de 1 kg de agua sin rozamiento, por el principio de la inercia, si ninguna fuerza interviene, implica un movimiento indefinido. (fig. 4)

$$\text{energía cinética} = m \frac{V^2}{2}$$

$$\text{masa} = W/g$$

$$\text{como } W = 1 \text{ kg, la energía cinética} = V^2/2g$$

### Tercer término de la fórmula P/Y

Imaginando un cuerpo de bomba horizontal provisto de émbolo (fig 5), la presión en A será  $p=FLS$ , lo que quiere decir que el líquido dará cierta cantidad de trabajo o lo que es lo mismo, el líquido es portador de energía cinética.

Energía potencial = F L

$F = p s$

Energía potencial = p s L, como

$$s.L = \text{Volumen} = \frac{W}{X} = \frac{lg}{X} = \frac{l}{X}$$

energía potencial = P/Y

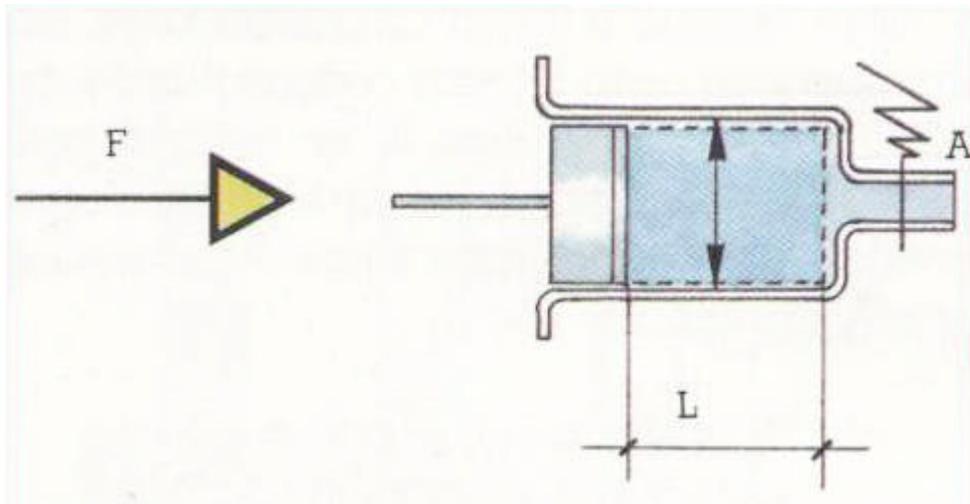


Fig.5

### CAUDAL

Fijar un caudal en una red de distribución, tanto urbana como privada, es un factor bastante indefinido debido al elevado número de condicionantes que le afectan.

Existen tablas de aproximación al cálculo del caudal según el tipo de tramo.

Las fórmulas más conocidas para cálculo de caudales son:

caudal instantáneo máximo de un determinado núcleo de población en el que se considera un crecimiento demográfico de valor constante:

$$q = \frac{K \cdot Q \cdot N}{86400} \text{ l/s}$$

q - caudal punta en litros por hora

Q - consumo en litros por hora día

N - número de habitantes

K - coeficiente punta

Caudal parcial en poblaciones de diferente densidad urbana:

$$q = \frac{Q \cdot S \cdot N}{86400} \text{ l/s}$$

S- superficie servida (Ha)

N - número de habitantes

Q - consumo medio litros por hora día

### ***VELOCIDAD***

Las velocidades de circulación del agua por el interior de una tubería se fijan entre valores límites ya que, aunque parece que por economía la velocidad de circulación rápida es rentable, por razones técnicas deben limitarse siempre los valores máximos y mínimos.

Los valores altos pueden producir fenómenos de golpes de ariete importantes, e incluso, aparición de ruidos y una gran erosión interior.

Las velocidades bajas posibilitan, debido a la gran cantidad de materias que en disolución transporta el agua y por los procesos de potabilización y depuración, sedimentaciones en el interior de las tuberías.

Como normas generales se estiman siempre los valores límites que aparecen a continuación especificados para las redes de distribución:

Velocidad mínima 0,5 m/s

Velocidad máxima 2 m/s

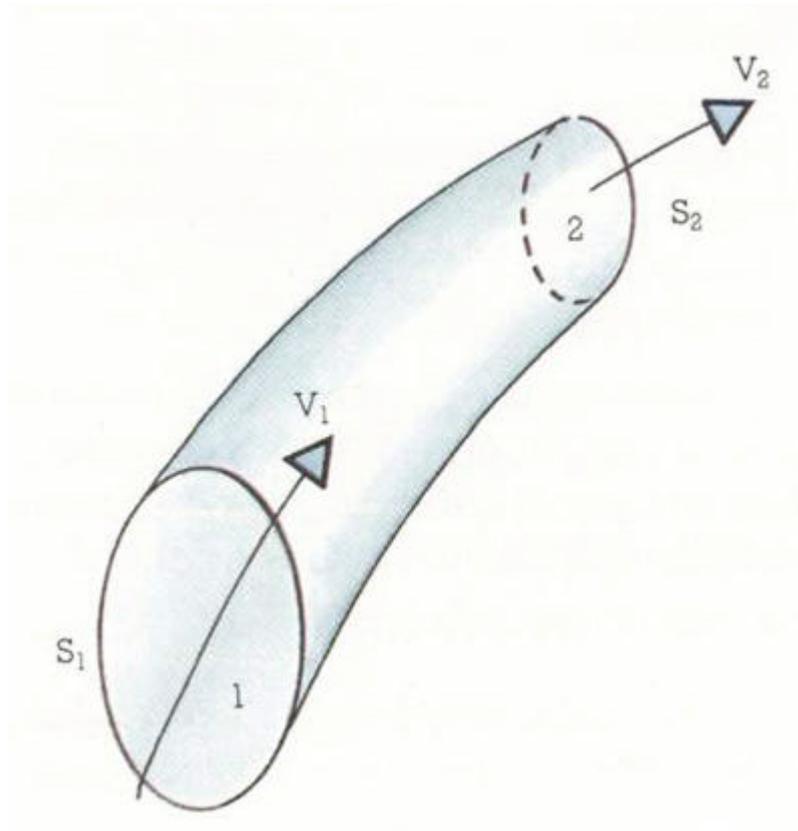
Para presiones entre 2 y 5 atmósferas, se puede determinar la velocidad por la fórmula de Mougny:

$$1,5 \sqrt{D + 0,05}$$

el método es aproximado D – diámetro

### **ECUACIÓN DE LA CONTINUIDAD DE UN LÍQUIDO**

La masa de un fluido incompresible que atraviesa cualquier sección de tubería en una unidad de tiempo constante. (Fig. 6)



**Fig. 6**

Cumple:

$$s_1 \cdot S_1 \cdot V_1 = s_2 S_2 V_2 = \text{cte} = K$$

$$g_1 S_1 V_1 = s_2 S_2 V_2 = K'$$

$$\text{como } g_1 = g_2 \text{ (agua); } S_1 V_1 = S_2 V_2 = K'' = Q$$

luego la ecuación de la continuidad será:

$$Q = V \cdot S$$

Q - caudal en litros por segundo

V - velocidad (decímetros por segundo)

S - sección (decímetros cuadrados)

## ***RELACIÓN ENTRE CAUDAL, VELOCIDAD Y SECCIÓN***

Como puede desprenderse de la ecuación de *continuidad* en un *fluido*, existe una implícita relación entre los valores: caudal, velocidad y sección ( $Q = V S$ ).

Ello determina que, manteniendo constante uno de los valores, el tercero variará proporcionalmente. Fenómeno que se apreciará en la velocidad de circulación del fluido a igualdad de caudal, ya que dependerá de la sección:

- mayor D, menor velocidad
- menor D, mayor velocidad

debido a lo cual se tendrán en cuenta siempre los valores mínimos y máximos admisibles (0,5/2 m/s). Debido a que en las fórmulas de cálculo se aplican variables de rugosidad que varían a medida que pasa el tiempo de utilización de la misma, se aplica en muchos casos el uso de constantes generales para todo tipo de materiales, por lo que aparecen los denominados ábacos universales de cálculo.

La elección de la velocidad media se fundamenta entre los valores de 0,5 y 2, pero también depende del tipo de tubería y de su localización en el edificio.

Para tuberías de pequeño diámetro, la velocidad deberá mantenerse entre los valores de 0,5 y 1,5 m/s. En particular, en las derivaciones interiores no conviene superar el valor de 1 m/s.

Un valor adecuado para acometidas, distribuidores y montantes es de 1,5 m/s.

Por tanto, lo anteriormente citado se puede estimar *a modo orientativo* y siguiendo las especificaciones dictadas a velocidad del agua, unas pérdidas de carga aproximadas de:

- conducciones que están enterradas: 0,10 a 0,35 m.c.a./ml
- conducciones exteriores de poco uso: 0,07 a 0,20 m.c.a./ml
- conducciones en las viviendas: 0,05 a 0,15 m.c.a./ml

Datos con los que se puede predimensionar la instalación.

En cuanto a las pérdidas de carga aisladas es mejor calcularlas independientemente con la fórmula anteriormente vista:

$$X = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

aunque es bastante complicado por la búsqueda de los coeficientes K de cada material y tipo de pieza.

Esta fórmula se denomina *método cinético* ya que depende de la energía dinámica del fluido:

$$\frac{V^2}{2g}$$

### **COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD**

Una vez establecido el caudal previsible en un tramo cualquiera de una canalización, se debe hacer mención del coeficiente de simultaneidad de servicios.

En principio parece evidente que, según el número de aparatos a los que alimenta una canalización, es difícil que el caudal o gasto total sea la suma de los gastos de cada uno de los aparatos, porque no suelen funcionar todos a la vez.

Por ello, dependiendo directamente del número de aparatos en funcionamiento, del tipo de utilización, y del edificio (uso) aparecerá un coeficiente, que como valor máximo será 1, que aminorará el gasto total en el tramo considerado.

Mediante cálculo probabilístico se han diseñado diferentes tablas que determinan el coeficiente de simultaneidad aplicable.

Es necesario hacer hincapié en que, independientemente del tipo y número de aparatos, es importantísimo estudiar el tipo de edificio objeto de cálculo, ya que en un hotel, por ejemplo, es probable que en una llegada de viajeros simultánea funcionen muchos aparatos a la vez, del mismo modo que en un vestuario deportivo después de un partido todas las duchas probablemente funcionen al mismo tiempo. En cambio en un edificio de viviendas no parece probable que ocurra. Debido a estos factores aparecen innumerables curvas para el coeficiente de simultaneidad.

La norma francesa N.P. 41 204 indica que el coeficiente de simultaneidad se puede aproximar en función al número de grifos, obtenidos por la fórmula (fig. 7):

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

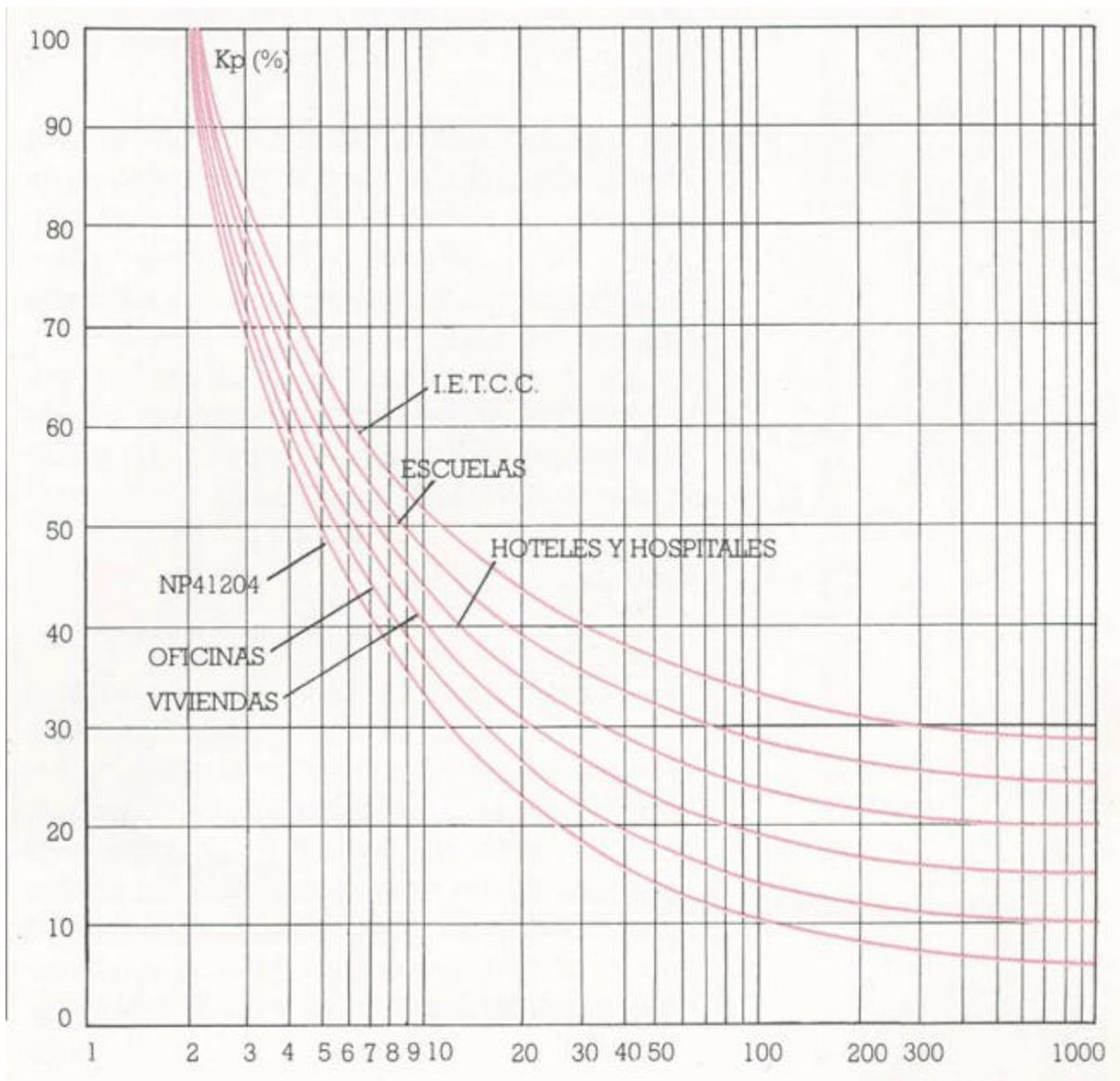
Como punto final para tener en cuenta la obtención del coeficiente de simultaneidad, existen autores que cuestionan estas curvas debido a que no todos los aparatos tienen el mismo caudal de utilización, por lo que en la mayoría de los casos y debido a las probables y conocidas simultaneidades existentes en la actualidad cotidiana, parece aconsejable aumentar entre un 10 y un 20% el coeficiente obtenido (solamente si se utiliza la curva inferior del ábaco).

Asimismo, aparecen unos nuevos coeficientes de simultaneidad para grupos iguales de viviendas o suministros que dependen de la fórmula:

$$K' = \frac{19 + N}{10(N + 1)}$$

siendo N- número de viviendas

También se diferencian con otras tablas el gasto en columnas y distribuidores para uso privado y uso publico.



**Fig.7**

## ***GOLPE DE ARIETE***

Golpe de ariete es un término usado para definir las fuerzas destructivas que se crean, y que son debidas a un aumento considerable e instantáneo de la presión en una tubería por la que circula un líquido a una cierta velocidad, cuando, en un momento dado, se cierra rápidamente el paso del líquido.

Estas enormes fuerzas que se crean en el punto de corte pueden compararse, en algunos casos, con el efecto de una explosión.

Cuando se produce el golpe de ariete se crea una onda de presión de gran intensidad que se desplaza en sentido contrario al de la corriente, hasta alcanzar un punto de alivio en el circuito, como puede ser una tubería principal o de gran diámetro. Parcialmente amortiguada, esta onda reflejada hace el recorrido inverso hasta alcanzar la válvula o grifo cuyo cierre la ha producido. Así sucesivamente hasta que toda su energía queda disipada en energía de deformación del material de la tubería.

Si esta energía de deformación no sobrepasa el límite elástico del material, la tubería no quedará deformada, limitándose a vibrar entre los distintos puntos de fijación.

En este caso, si bien la tubería no sufre ningún deterioro, puede generalmente producir ruidos molestos. No sucederá lo mismo con los soportes, que deberán resistir el esfuerzo suplementario que se crea por la vibración.

Si se sobrepasa el límite de deformación del material de la tubería, caso muy posible en tuberías de materiales plásticos, plomo, cobre, etc., esta deformación permanente y periódica (cada vez que se cierra el grifo) puede llegar a destruir la tubería.

Esta onda se supone que es debida a una vibración de las moléculas del líquido que, aun considerándose éste incompresible, acepta siempre una reducción de volumen con el consecuente aumento de presión.

La causa de este fenómeno es el cierre rápido de una válvula o grifo cuyo accionamiento es eléctrico, neumático o manual. La velocidad de cierre de la válvula especialmente la correspondiente al 15 % final de la carrera del cierre, es proporcional a

la intensidad de la presión máxima creada. El cierre rápido de válvula puede considerarse cuando el tiempo es igual o inferior a  $2L/a$  segundos. El aumento de la presión tiene un valor que según la fórmula de Joukowsky vale:

$$\Delta \text{ presión} = \frac{\gamma \cdot a \cdot V}{10 \cdot g}$$

L - longitud válvula - punto alivio

p - incremento de presión (kg/cm<sup>2</sup>)

g - peso específico del líquido

a - velocidad propagación onda (promedio agua 1200 m/s)

v - velocidad líquido (metros por segundo)

g- 9,81 m/s<sup>2</sup>

Este fenómeno puede producir un aumento de presión de hasta 20 veces el valor de la velocidad.

Para las velocidades generalmente empleadas de 1 a 2 m/s se puede llegar a producir incrementos de presión de 20 a 40 kg/cm<sup>2</sup>. (*fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13,14, 15, 16, 17, 18, 19,y 20*)

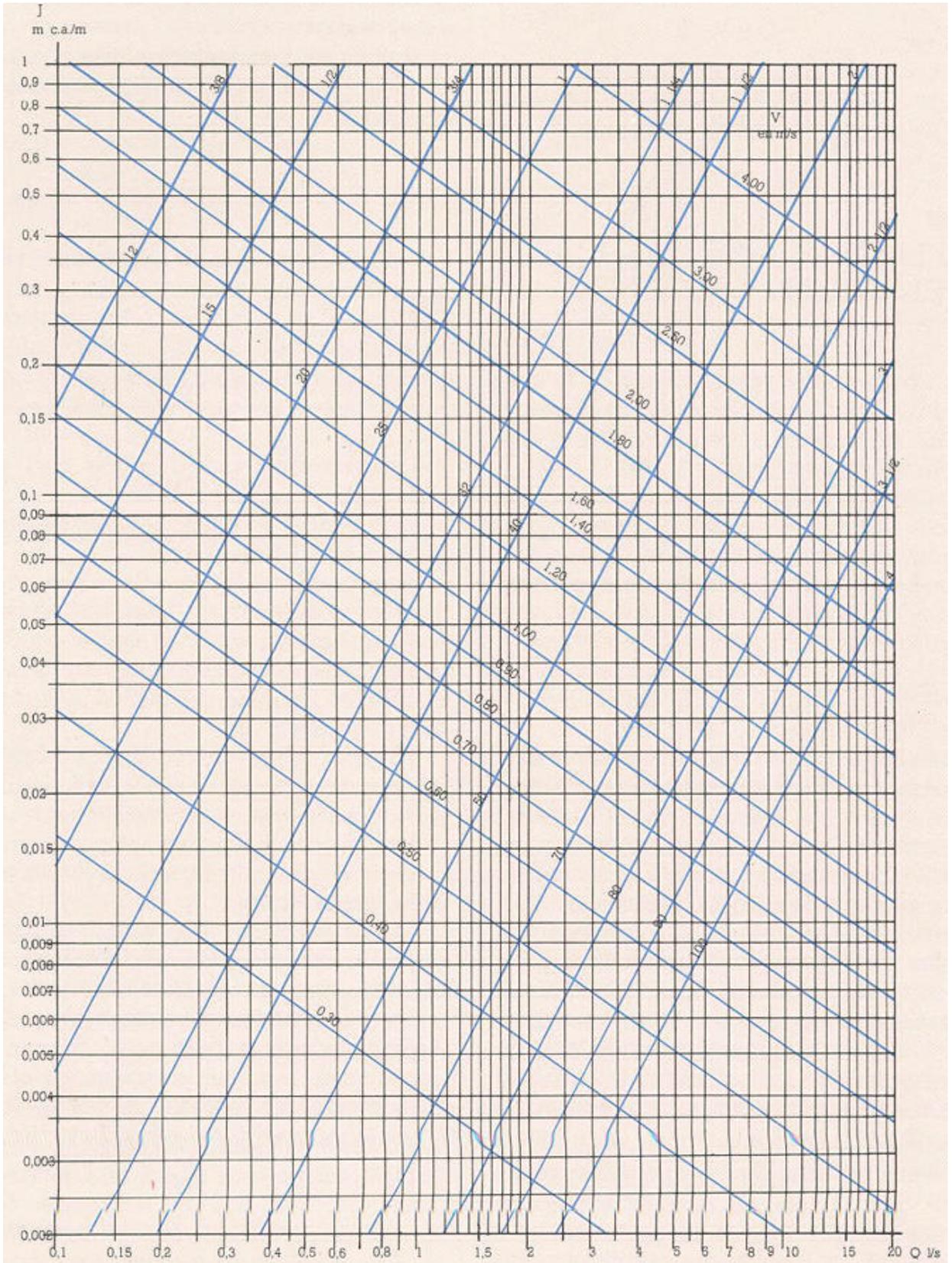


Fig. 8: Ábaco universal para tuberías de agua.

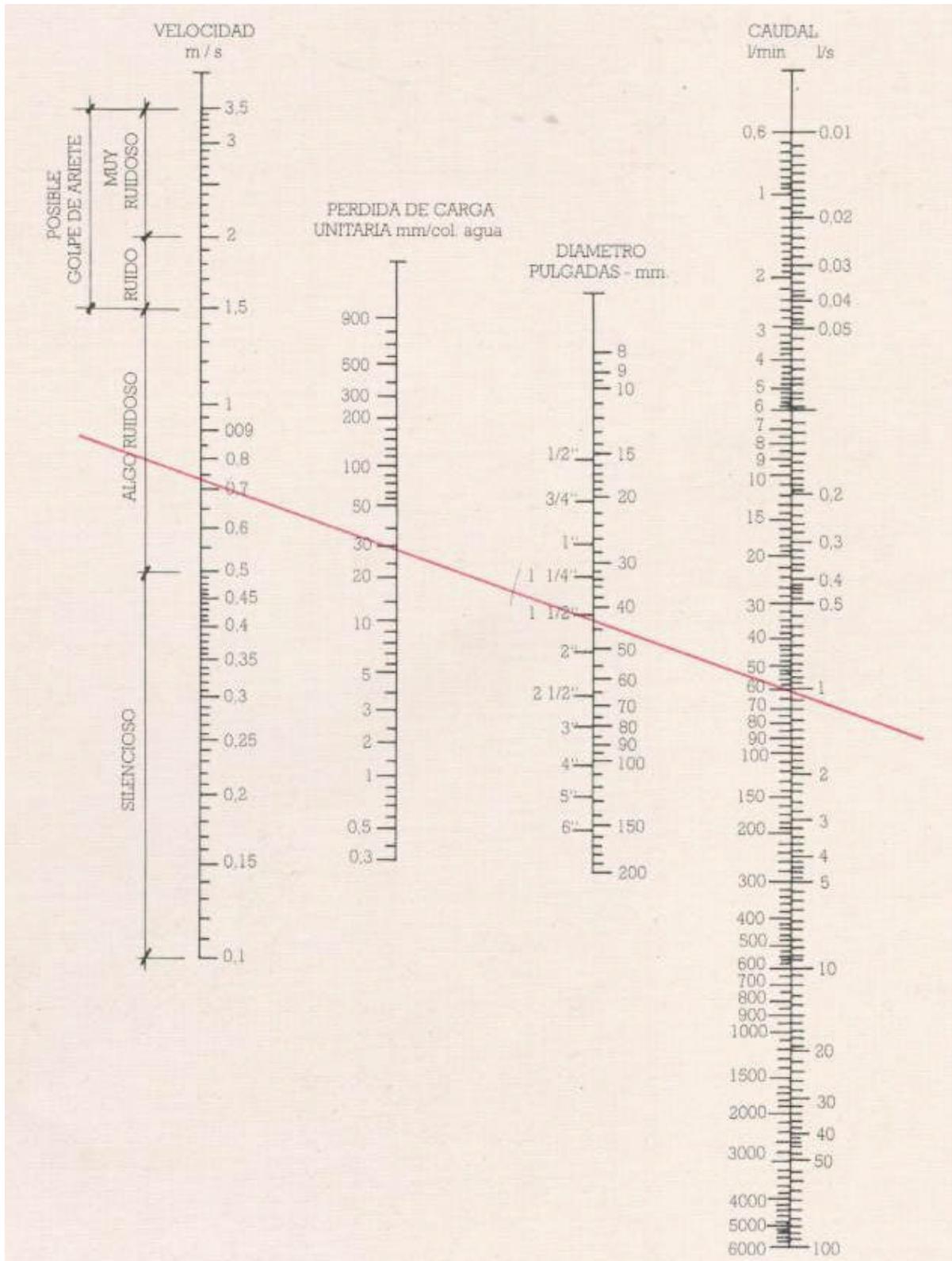


Fig. 9: Ábaco de cálculo para tuberías de acero negro.

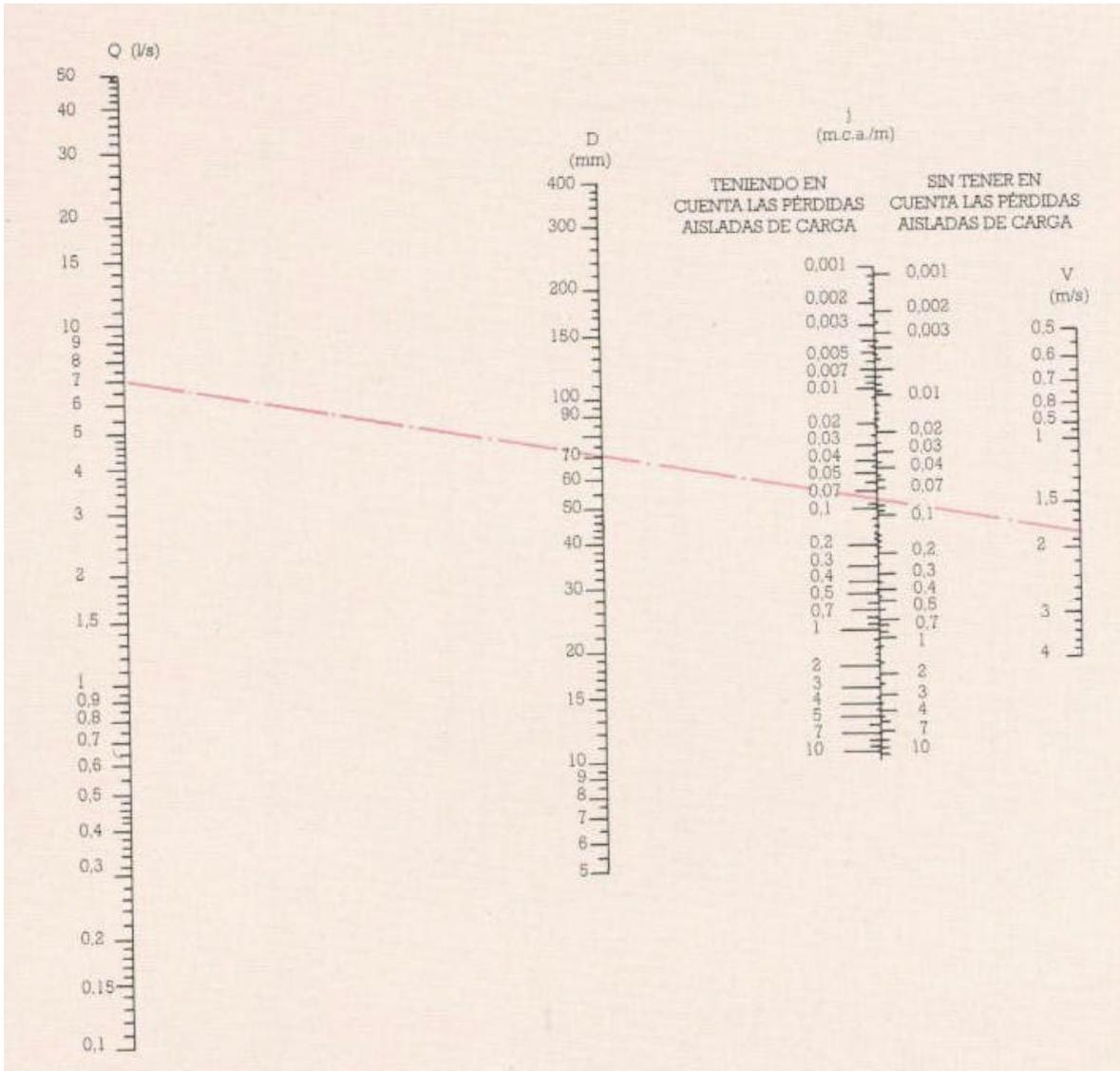


Fig. 10: Ábaco de cálculo para tuberías de acero.

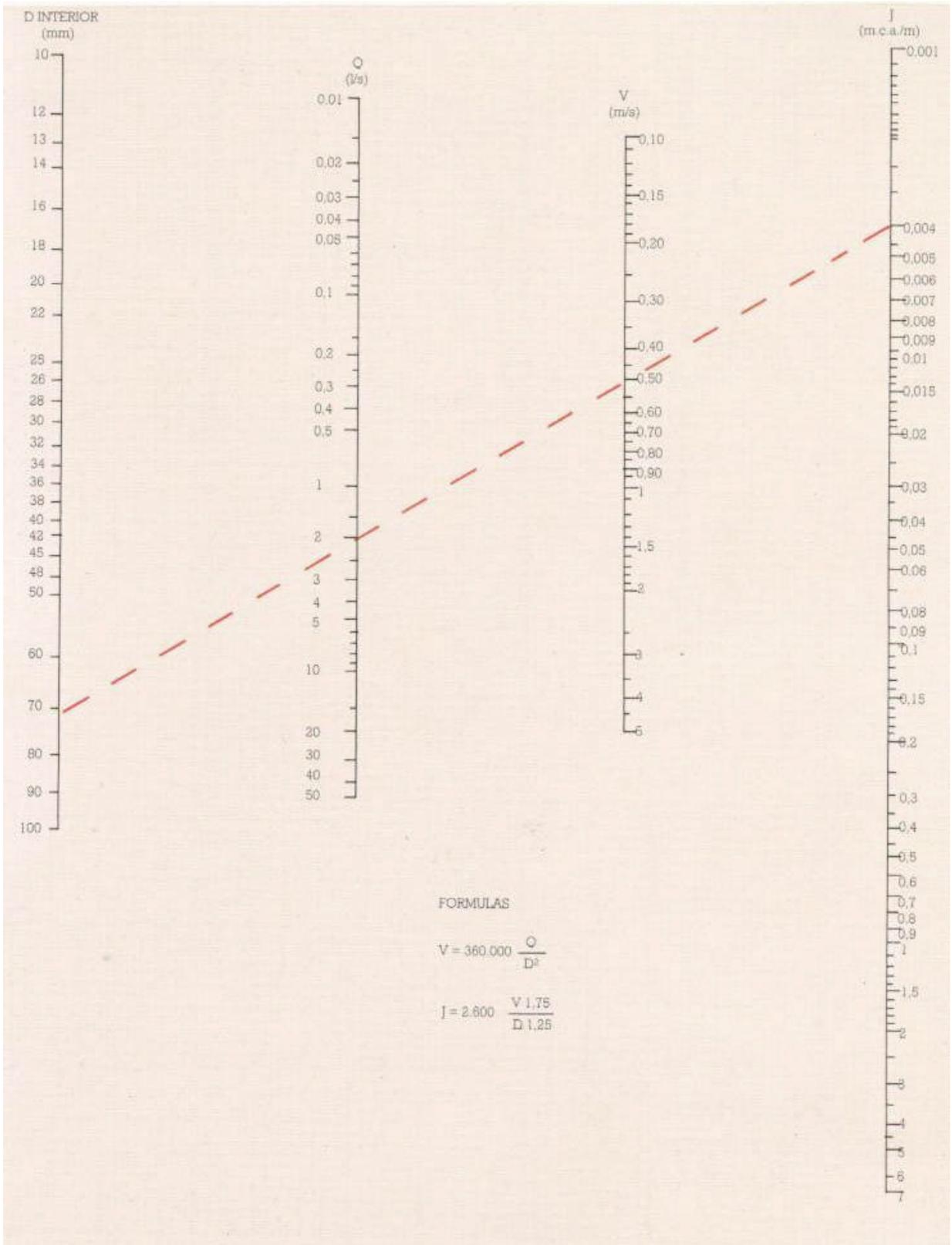
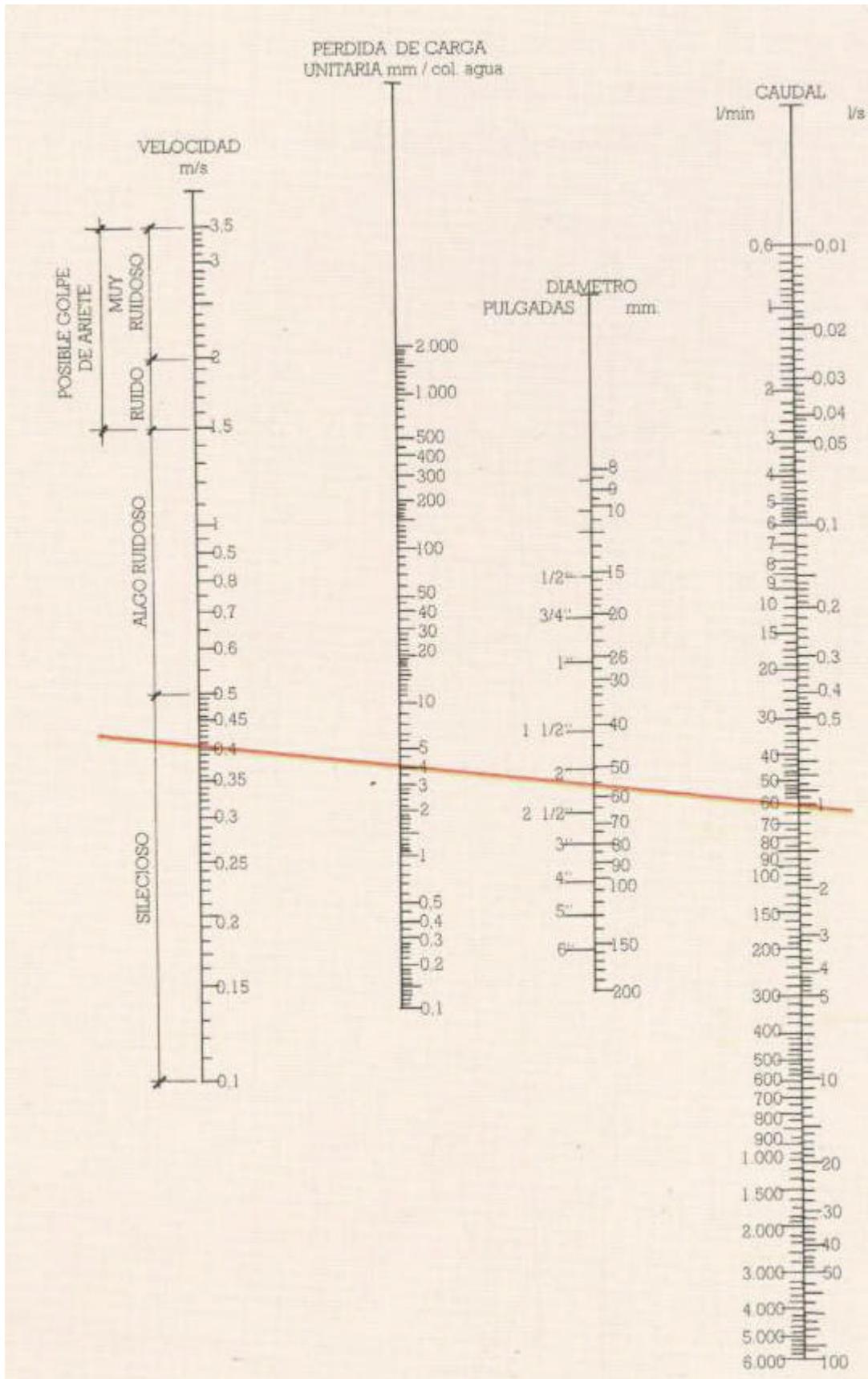


Fig. 11: Ábaco de Cálculo para tuberías de cobre para agua fría.







Fíg 14: Ábaco para calculo de tuberías de cobre.

LONGITUDES EQUIVALENTES (M) DE LAS PÉRDIDAS LOCALIZADAS DE CARGA CORRESPONDIENTE A DISTINTOS ELEMENTOS SINGULARES DE LAS REDES HIDRÁULICAS													
Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (") (mm)	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	4,00	5,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	1,45	1,63
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,42
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99
	te de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00	3,30
	te arqueada o de curvas (pantalones)	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60
	te confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20
	te derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	7,70	8,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20 1,33	0,30 1,70	0,55 2,32	0,75 2,85	1,15 3,72	1,50 4,67	1,90 5,75	2,65 6,91	3,40 8,40	4,85 11,1	6,60 12,8	8,30 15,4
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0	42,0	51,0
	válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	1,44	1,70
	válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80	10,8	13,1
	válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0	39,0	47,5
	válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,90	2,55	2,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1	21,2	25,5
	válvula de asiento de paso recto	-	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	-	-	-	-	-
	intercambiador	-	-	-	2,10	5,00	12,5	13,2	14,2	25,0	-	-	-
	radiador	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,0
	radiador con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,1	11,4	12,7	14,0	15,0
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,0
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,0	11,0	12,0
	contador general				4,5 m.c.d.a.								
	contador individual o divisionario				10 m.c.d.a.								

Para tuberías lisas ( $k \approx 0,05$  mm) multiplicar los valores del cuadro por 1,40.

Figura 15

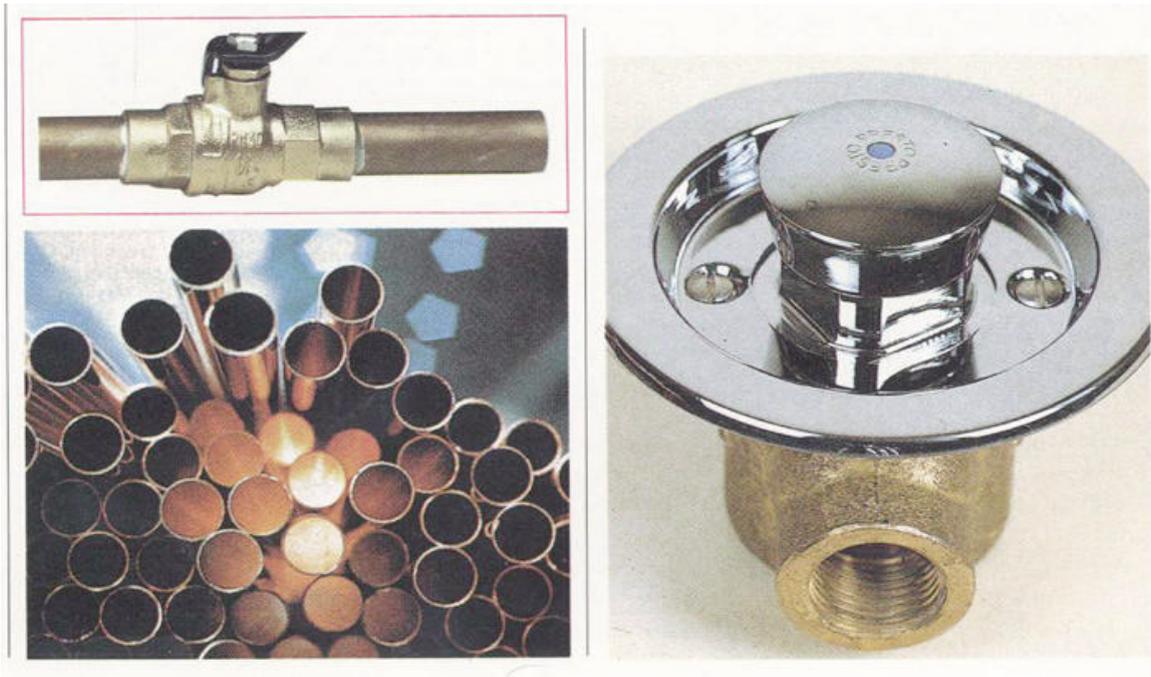


Figura 16: Los tubos de cobre son la máxima garantía en materia de conducción de fluidos

ACCESORIOS ACERO INOXIDABLE																		
Diámetro exterior	Temperatura agua (°C)	Te igual			Te reducida en centro			Te reducida en extremo			Codo	Curva 90°	Curva 180°	Reducción $\frac{D1}{D2} = 2$ $\frac{D1}{D2} = 3$		Válvula de escuadra	Válvula de compuerta	Orifo de retención
		←	↑	→	↑	←	→	↑	←	→								
10	15,5	0,023	0,34	0,28	0,36	0,23	0,026	0,21	0,18	0,27	0,13	0,16	0,072	0,069	1,1	0,12	2,2	
	65	0,030	0,42	0,37	0,45	0,30	0,032	0,26	0,24	0,33	0,16	0,20	0,091	0,083	1,4	0,15	2,7	
	115	0,032	0,46	0,41	0,50	0,33	0,037	0,28	0,27	0,37	0,17	0,22	0,096	0,091	1,5	0,17	2,9	
12	15,5	0,030	0,44	0,37	0,48	0,30	0,034	0,27	0,24	0,35	0,16	0,21	0,092	0,085	1,5	0,16	2,8	
	65	0,039	0,56	0,49	0,59	0,39	0,042	0,32	0,31	0,42	0,20	0,25	0,11	0,10	1,8	0,20	3,6	
	115	0,041	0,59	0,52	0,65	0,42	0,047	0,36	0,35	0,48	0,22	0,28	0,12	0,11	1,9	0,22	3,8	
15	15,5	0,043	0,59	0,53	0,65	0,43	0,046	0,39	0,33	0,45	0,23	0,28	0,11	0,12	2,0	0,22	3,7	
	65	0,050	0,68	0,62	0,75	0,50	0,056	0,43	0,41	0,56	0,28	0,35	0,12	0,14	2,3	0,26	4,6	
	115	0,054	0,78	0,68	0,85	0,56	0,062	0,47	0,47	0,63	0,29	0,37	0,13	0,15	2,6	0,28	5,0	
18	15,5	0,052	0,74	0,64	0,80	0,54	0,057	0,46	0,44	0,59	0,28	0,33	0,16	0,15	2,5	0,28	4,8	
	65	0,063	0,89	0,77	0,97	0,65	0,073	0,55	0,52	0,70	0,32	0,40	0,19	0,18	3,0	0,34	5,8	
	115	0,067	0,95	0,84	1,1	0,70	0,076	0,58	0,58	0,76	0,34	0,42	0,19	0,18	3,2	0,36	6,1	
22	15,5	0,068	1,0	0,83	1,0	0,69	0,071	0,59	0,57	0,74	0,34	0,42	0,21	0,20	3,2	0,37	6,1	
	65	0,085	1,1	1,0	1,2	0,84	0,090	0,71	0,69	0,90	0,41	0,50	0,24	0,23	3,9	0,44	7,4	
	115	0,089	1,3	1,1	1,5	0,94	0,10	0,78	0,79	1,0	0,48	0,55	0,26	0,24	4,2	0,49	8,1	
28	15,5	0,10	1,4	1,2	1,5	0,97	0,10	0,81	0,81	1,0	0,48	0,58	0,29	0,27	4,5	0,52	8,6	
	65	0,12	1,6	1,4	1,7	1,2	0,12	0,98	0,98	1,2	0,58	0,67	0,34	0,31	5,5	0,61	10	
	115	0,13	1,7	1,5	2,1	1,3	0,13	1,1	1,1	1,4	0,63	0,73	0,35	0,31	5,7	0,68	11	
35	15,5	0,13	1,8	1,5	1,9	1,3	0,13	1,0	1,1	1,3	0,60	0,69	0,38	0,35	6,0	0,69	11	
	65	0,15	2,0	1,7	2,2	1,5	0,15	1,2	1,2	1,5	0,71	0,80	0,45	0,42	6,8	0,77	13	
	115	0,16	2,3	2,0	2,5	1,7	0,17	1,4	1,4	1,7	0,80	0,85	0,48	0,44	7,6	0,87	14	

Figura 17

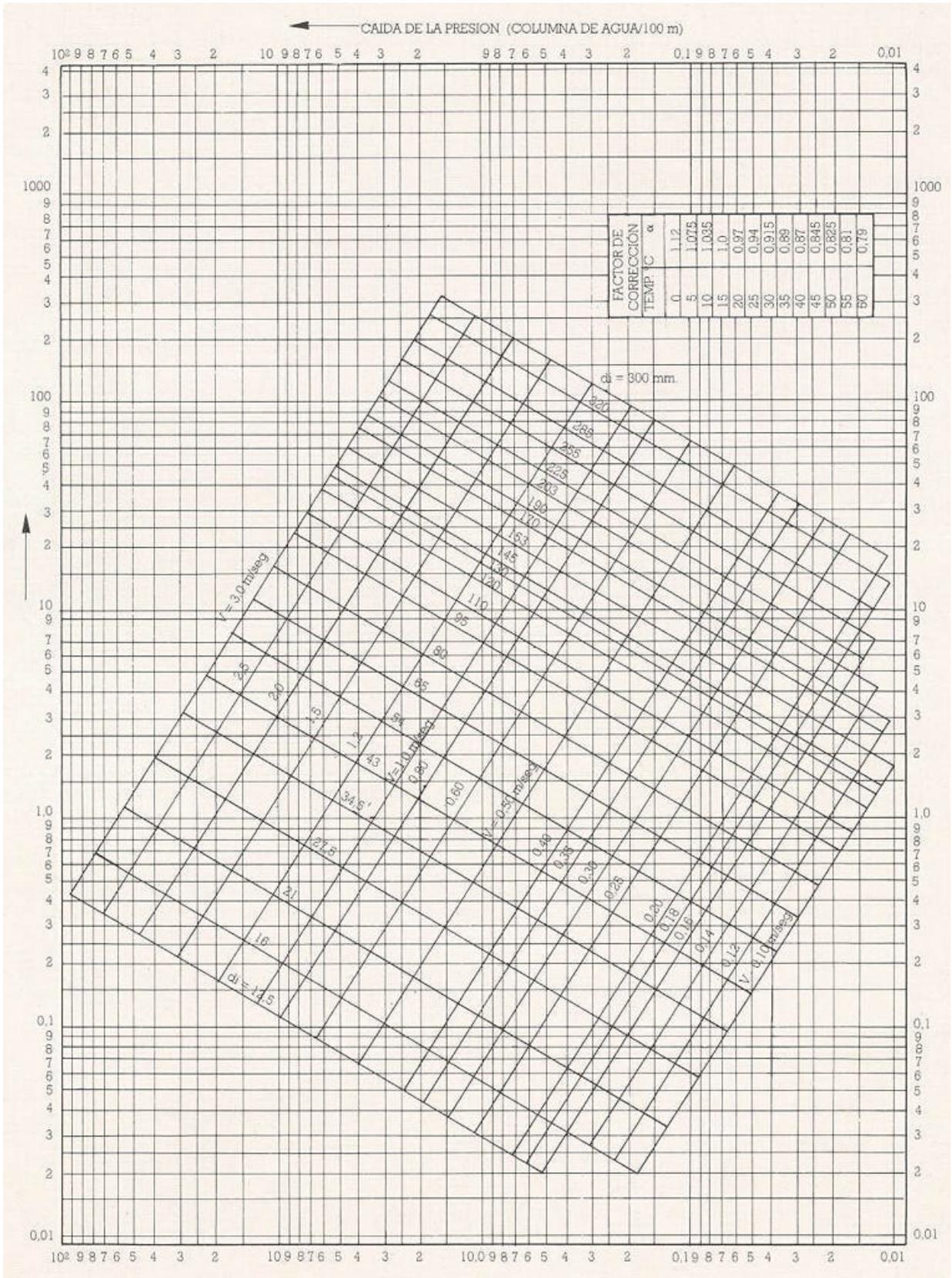


Fig. 18: Ábaco para el cálculo de las tuberías de polietileno de alta y baja densidad

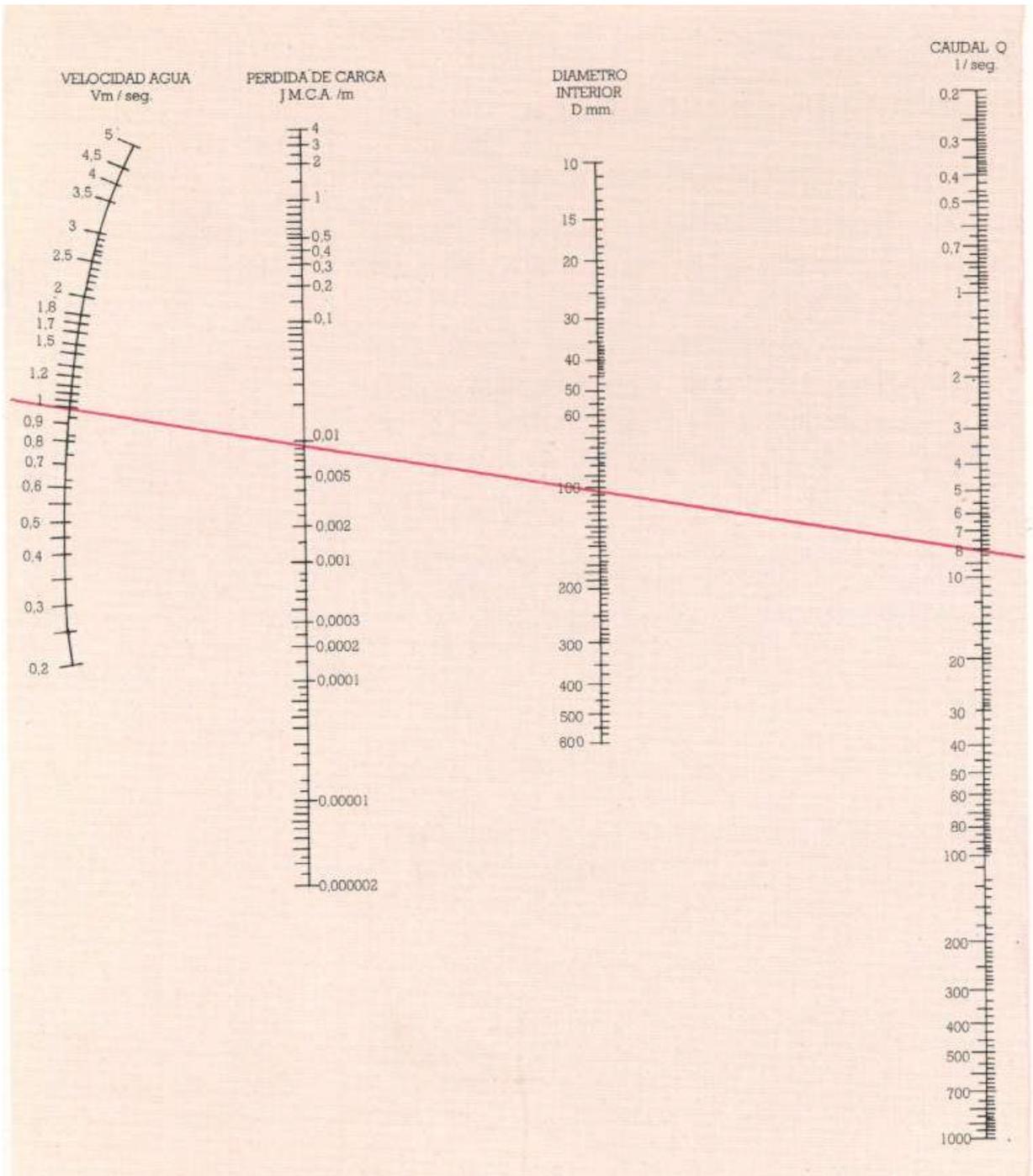


Fig 19: Ábaco para el cálculo de las tuberías de PVC.

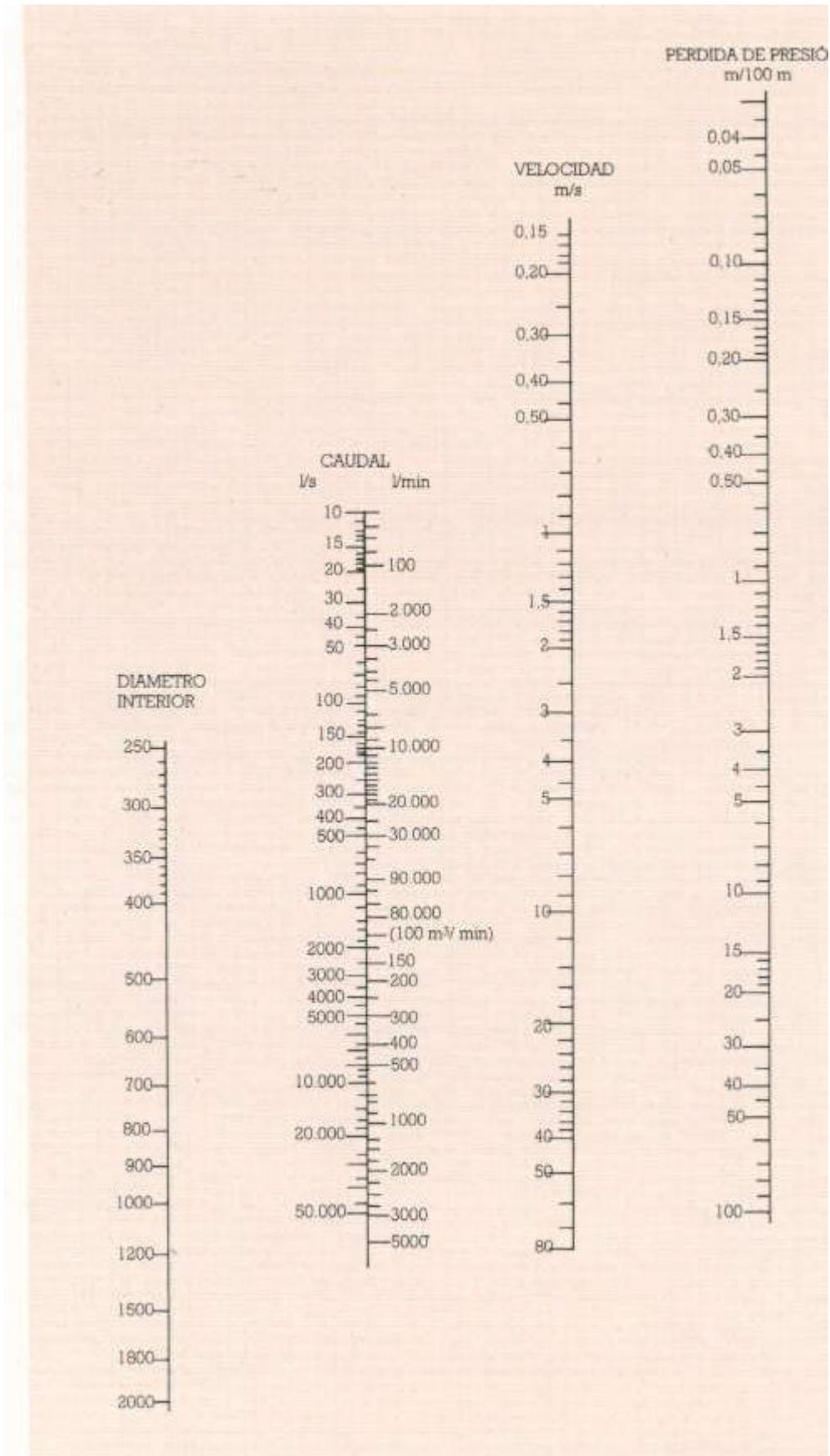


Fig. 20: Ábaco para el cálculo de tuberías de polietileno.