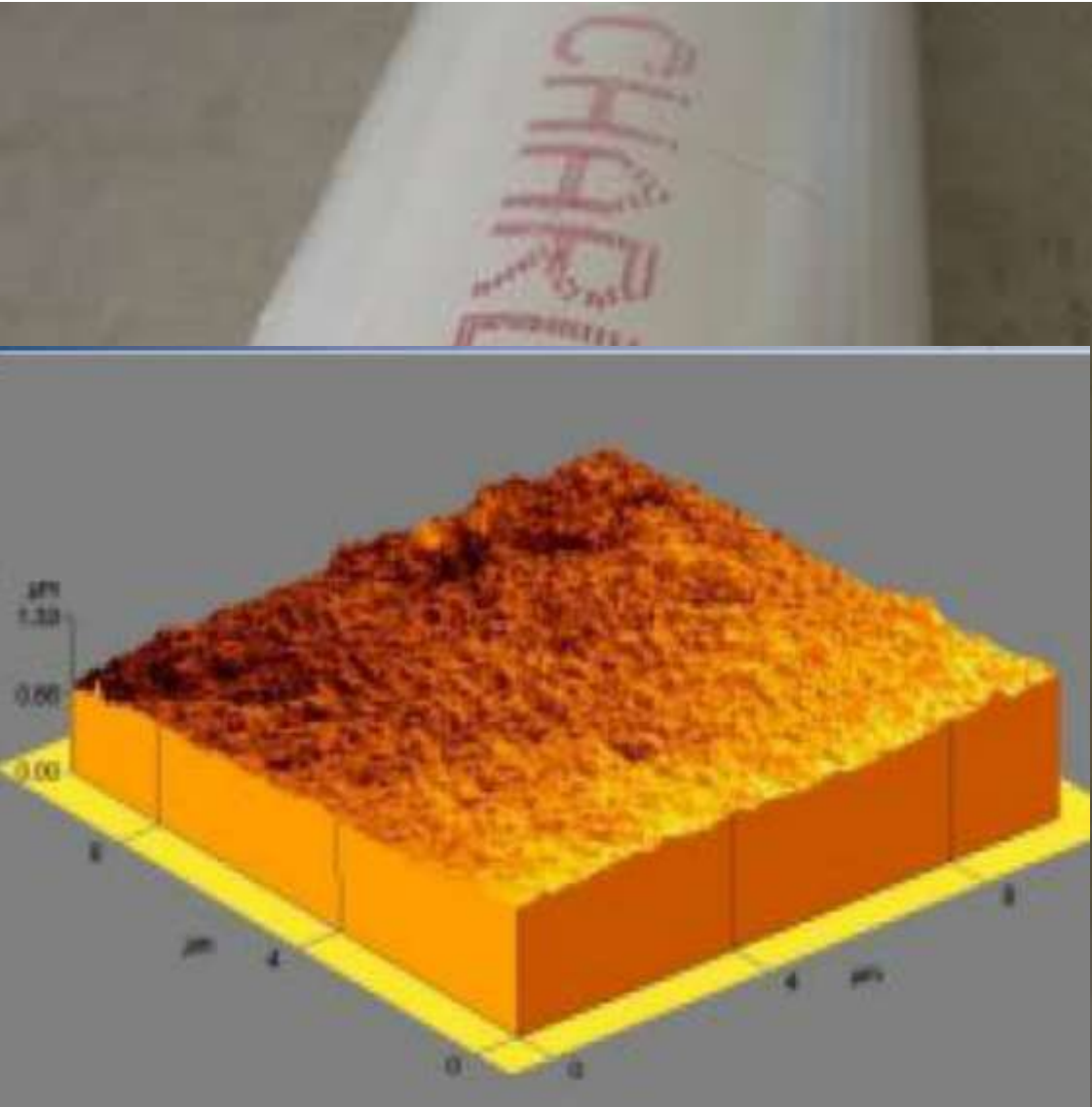


Hidráulica

- Temario:
 - Tuberías
 - Hidrostática
 - Hidrodinámica
 - Flujo laminar intermedio turbulento
 - Energía
 - Bernoulli Torricelli
 - Ec. Gral del gasto
 - Perdidas de Carga
 - Software para diseño
 - Información en la Web

Tuberías: Características



- Diámetro exterior (D)
- Diámetro interior (d)
- Espesor de pared (e)
- Sección (S)
- Rugosidad (E): f del material
- Longitud (L)
- Clase (K): Presión de trabajo en atm

Acero galvanizado



Aluminio



PVC



PVC

REXOLIT PVC 12454-B

REXOLIT PVC 12454-B 160 mm C-7 9/M 0.7 Mpa 7 Yr

REXOLIT PVC 12454-B 160 mm C-7 9/M 0.7 Mpa 7 Yr

R # PVC10 DIAM: 50 X 0.6MPA 00:58 III/2

Tubos linea liviana -PN 4,0 Kg/ cm²

Producto

Diámetro

Longitud (m)



40 mm

6

50 mm

6

63 mm

6

75 mm

6

90 mm

6

110 mm

6

125 mm

6

160 mm

6

200 mm

6

Polietileno alta densidad



Polietileno baja densidad



23 ENDA MP, LINE 53 121-82

90 11 070

PIPE

MASA DE 22 025 23 ENDA MP, LINE 53 121-82

2023



Aluminio y PVC



Hidráulica

- Estudia el comportamiento de fluidos en:
 - reposo (hidrostática)
 - movimiento (hidrodinámica) en tubos o conductos abiertos.
- Sirve para:
 - Diseñar canales
 - Diseñar sistemas de riego presurizado (aspersión y goteo)
 - Hidrometría
 - Selección de equipos de bombeo

Hidrostática

- Presión manométrica (o efectiva): actúa normalmente a la superficie de contorno en el interior de una masa líquida.

- Se mide con manómetros y no incluye la presión atmosférica.

- Se usa en sistemas presurizados y salida de bombas.

- Unidades

$$1atm \cong 1 \frac{Kg}{cm^2} \cong 10,33m.c.a$$

Hidrodinámica

Estudia las relaciones entre:

las dimensiones de un conducto

el caudal de agua que circula

la velocidad de su flujo y

la dinámica de la energía en esos sistemas

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = \frac{\text{Volumen}(m^3)}{\text{tiempo}(s)}$$

$$\text{caudal} = \text{descarga} = \text{gasto} = \left(\frac{m^3}{h}\right) \text{ o } \left(\frac{m^3}{s}\right) \text{ o } \left(\frac{1}{s}\right)$$

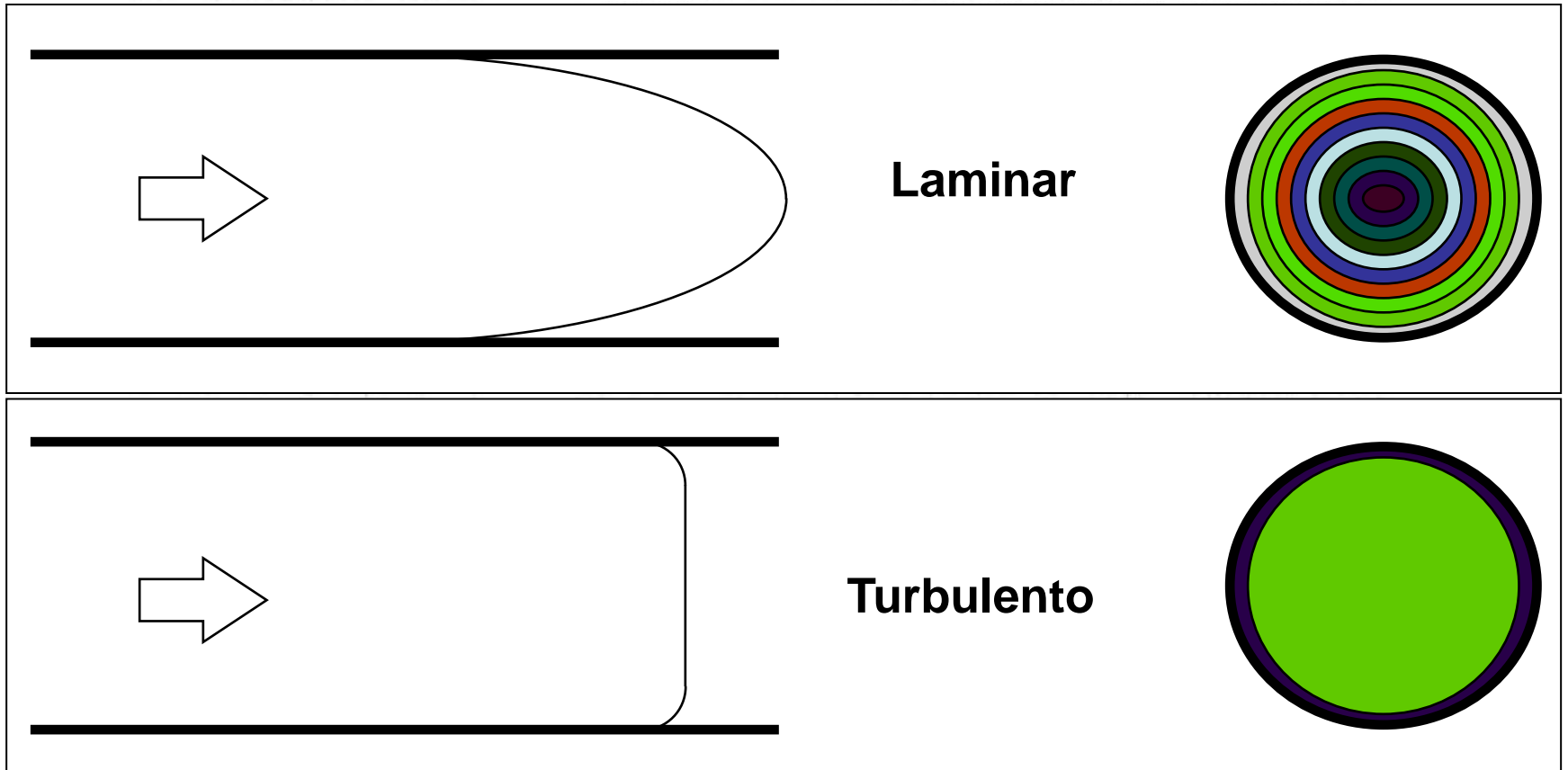
Fórmulas básicas

$$Velocidad = \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{Longitud(m)}{tiempo(s)}$$

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = \frac{Seccion(m^2) * Longitud(m)}{tiempo(s)}$$

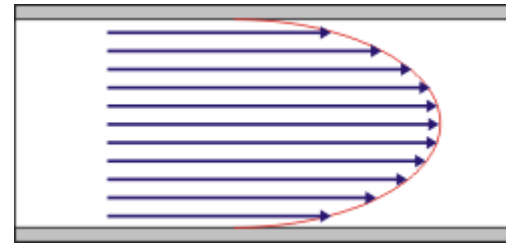
$$V (m^3) = S (m^2) * L(m) \text{ siendo } S (m^2) = \text{superficie} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Clasificación del flujo de fluidos según su viscosidad

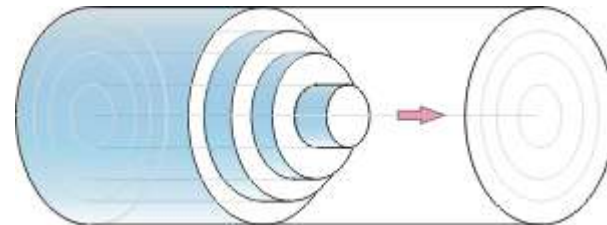


Flujo Laminar

- El avance de agua se produce en forma de delgadas laminas.



- En tubos es concéntrico, f de la viscosidad, con velocidades crecientes desde las paredes hasta el centro.



Flujo Turbulento

- Al aumentar la velocidad las laminas mezclan y esta es la condición común en la hidráulica aplicada a conductos.

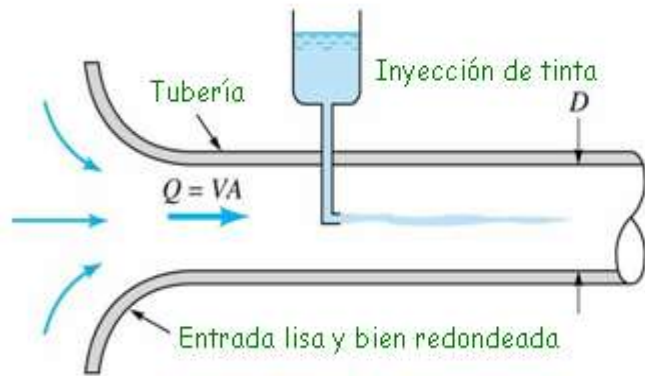


- La velocidad y dirección de los filetes es inestable.
- Influye la superficie interna del conducto.
- A mayor rugosidad, mayor volumen del líquido afectado por las protuberancias y menor velocidad.

Régimen de flujo a través de tuberías

Experimento de Osborne Reynolds:

Tres regímenes de flujo → Laminar, transición y turbulento



Laminar



Transición



Turbulento



Laminar



Transición



Turbulento

Rugosidad

$$Rugosidad\ relativa = \frac{E(mm)}{d(mm)}$$

- Se divide la rugosidad de una tubería por su diámetro interior expresado en mm

RUGOSIDAD DE LAS TUBERIAS:	Rugosidad en mm:	Rugosidad en mm:
Material:	Valor máximo	Valor mínimo
Plásticos:	0,03	0,003
Tuberías por extrusión:	0,015	
Hierro revestido con asfalto:	0,0024	
Acero comercial	0,03	0,09
Hierro galvanizado:	0,2	0,06
Hierro colocado:	0,25	
Acero Forjado:	0,,3	0,09
Hierro fundido	0,1	0,6
Aluminio:	0,1	0,3
Tuberías de Hormigón:	3,0	0,3
Acero remachado:	9,0	0,9

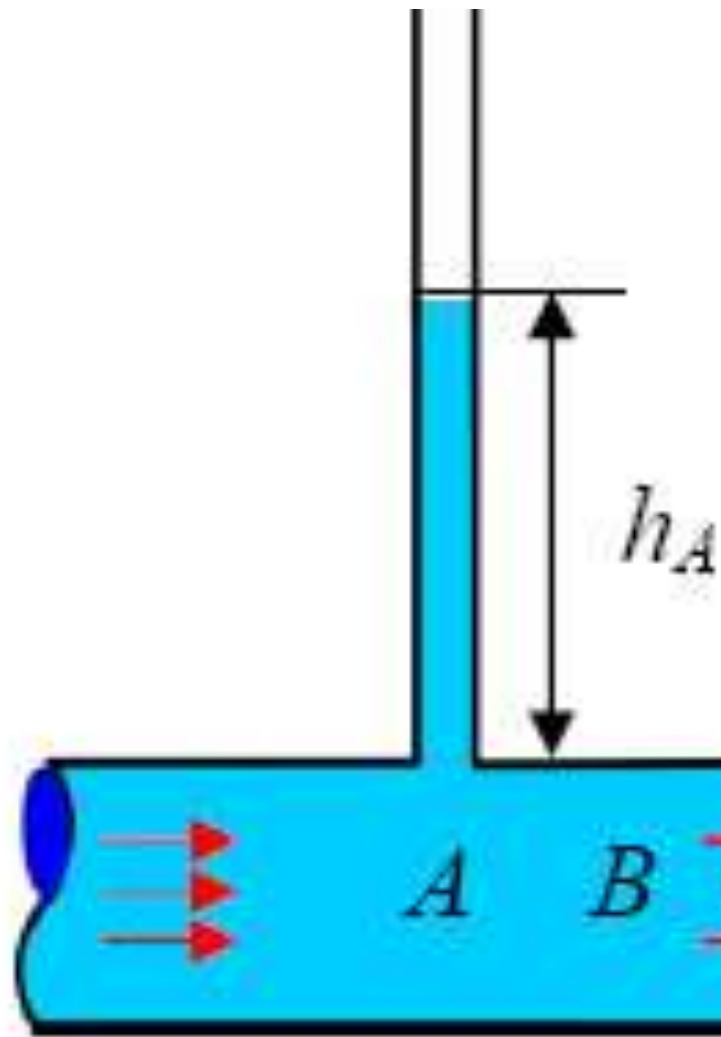
Energía

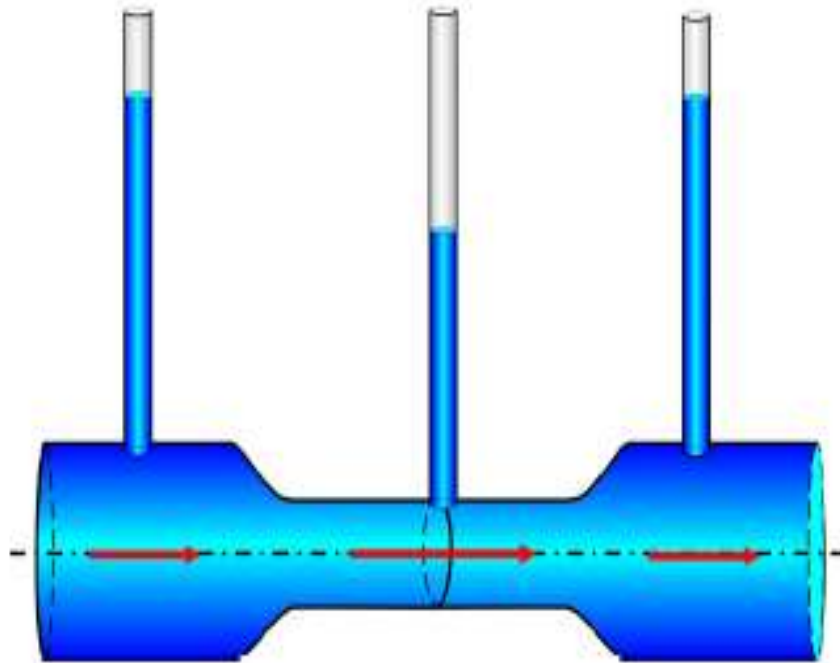
Energía total = E potencial + E cinética + E presión

$$Et(km) = p(k) * h(m) + \frac{p(k) * v^2 (m^2 s^{-2})}{2g(ms^{-2})} + \frac{p(k) * P(km^{-2})}{Pe(km^{-3})}$$

•Dividiendo por peso (p), obtenemos la energía por unidad de peso de agua, conocida como CARGA= H (m.c.a.)

$$H_{total} = \frac{Et}{p} = h + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{Pe}$$





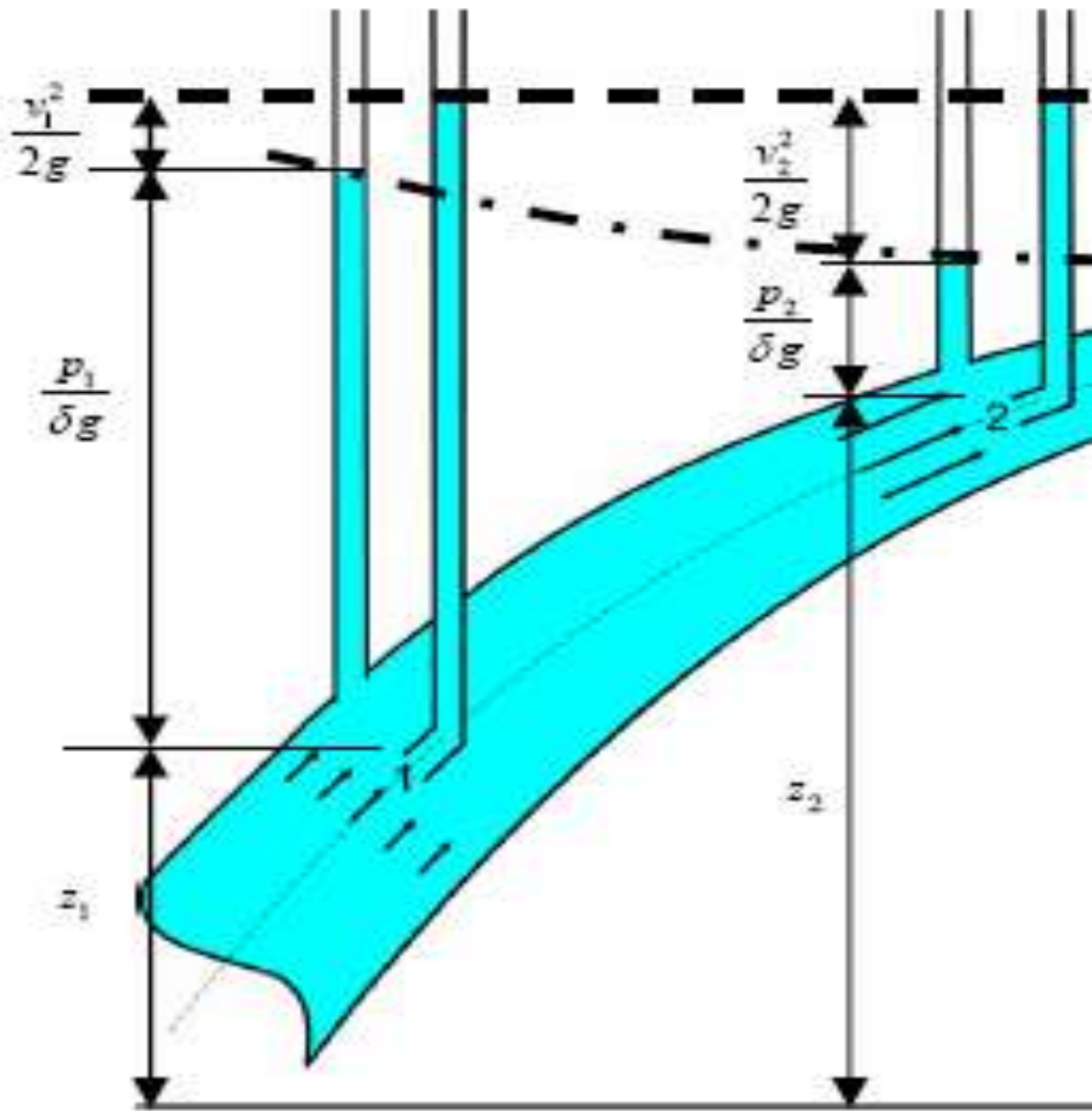
Teorema de Bernoulli

- La Energía total (E_t) de un líquido ideal (sin fricción) en un punto, es = E_t en otro punto, variando los componentes de E_t
- Para conductos cerrados

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_n + \frac{P_n}{\rho g} + \frac{v_n^2}{2g}$$

- Para abiertos

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_n + \frac{v_n^2}{2g}$$



Energía: Situación real

- La energía no es constante....
 - En el flujo las partículas del agua se friccionan entre si y las paredes del conducto.
 - La energía se disipa como calor, y la E_t del liquido disminuye en el sentido de flujo.

Teorema de Torricelli

$$Ht_1 = z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$Ht_2 = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Como no hay
velocidad ni altura

Como no hay presión
ni altura

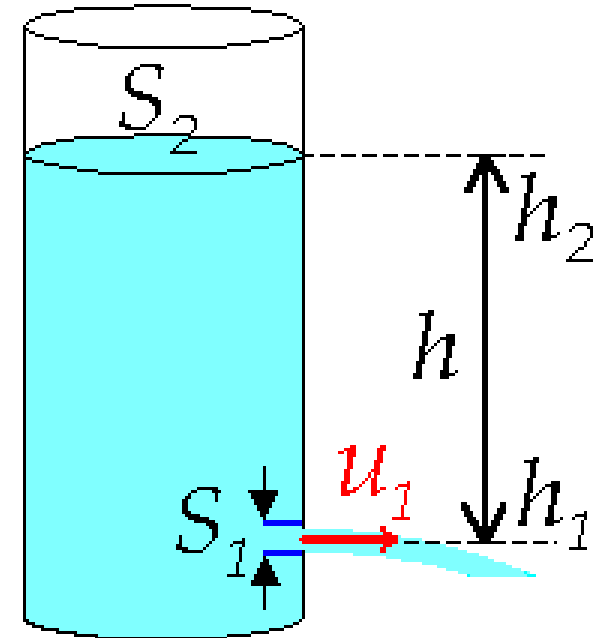
$$Ht_1 = \frac{P_1}{\rho g}$$

$$Ht_2 = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$Ht_1 = Ht_2$$

$$\frac{P}{\rho g} = \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gP}{\rho g}}$$



$$v = \sqrt{2g * h}$$

$$Q = S * v$$

$$Q = S * \sqrt{2g * h}$$

Ecuación general del gasto de orificios

$$Q = c * S * \sqrt{2g * h}$$

Q caudal (m³/s) ;

c coeficiente de gasto (adimensional);

S sección del orificio (m²);

h carga del orificio (m)

Pérdidas de carga

- Pérdidas longitudinales h_f , son las que se presentan en tuberías rectas
- Pérdidas locales h_l : cuando el líquido cambia de dirección o de velocidad debido a alguna particularidad

Pérdidas de carga por fricción: hf (tuberías)

- Fórmula de Darcy Weisbach

$$H_f(m.c.a.) = f \frac{\textit{Longitud}(m) * \textit{Velocidad}^2 (m/s)^2}{\textit{diámetro}(m) * 2 * g(m/s^2)}$$

- f o factor de rugosidad varía según flujo:
 - **Laminar** = $64 / RE$
 - **turbulento liso** = $0,0032 + 0,21 * RE^{-0.237}$
 - **turbulento intermedio**: f del RE y Rug Rel
 - **turbulento rugoso**: f de Rug Rel

Número de Reynolds

- Es adimensional y caracteriza el movimiento de fluidos
- Es un cociente entre los términos convectivos y los términos viscosos de las ecuaciones de Navier-Stokes, básicas en el movimiento de fluidos.
- Proporciona una indicación de la pérdida de carga causada por efectos viscosos.

Número de Reynolds

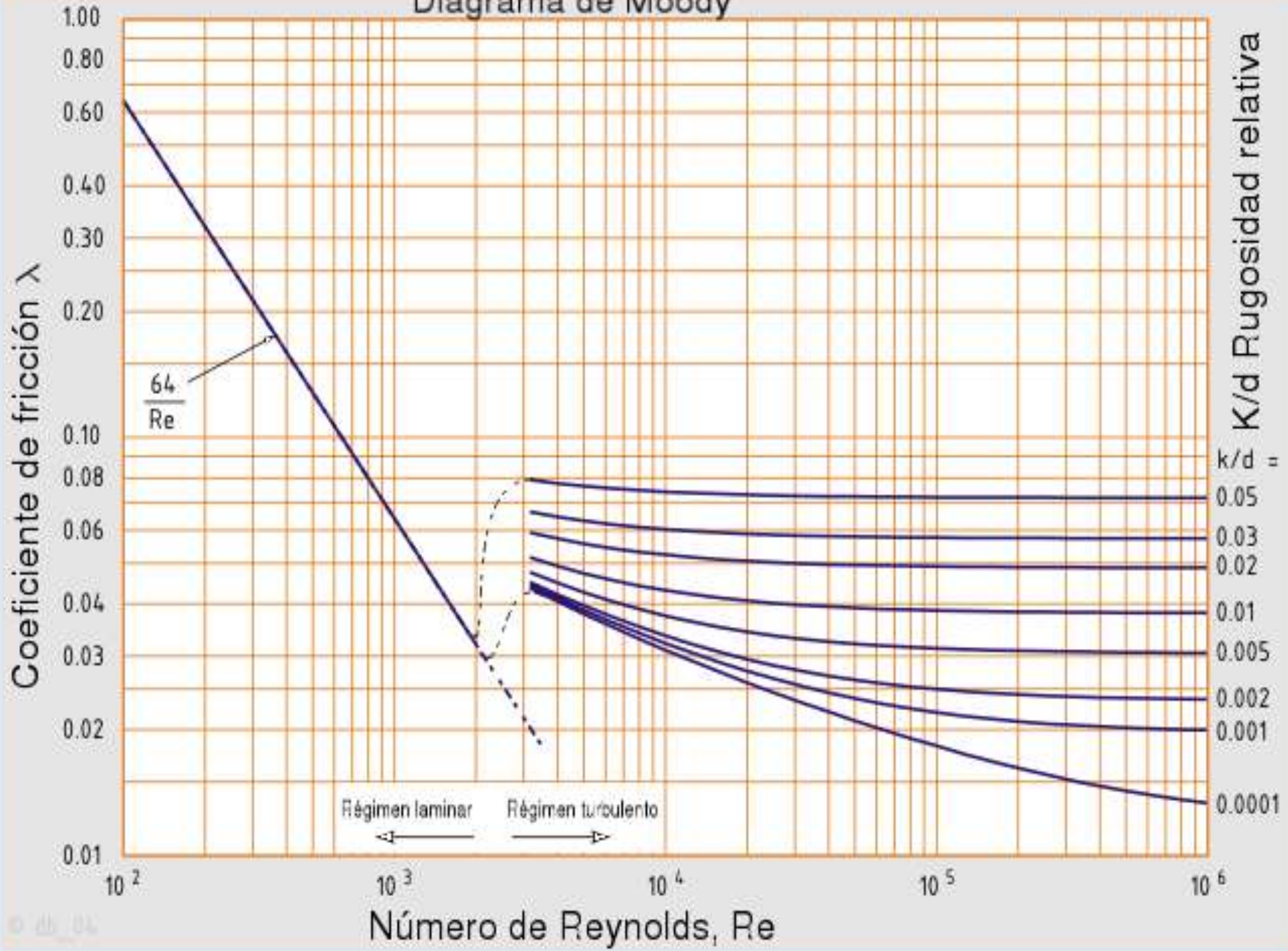
$$Re = 352,64 \frac{q}{d}$$

- En m²/seg, para agua a 20°C con una viscosidad cinemática de 1,003x10⁻⁶
 - q en l/h
 - d en mm

Clasificación de regímenes hidráulicos

- | | |
|-------------|---------------------------------------|
| • Re | Régimen |
| • < 2000 | laminar |
| • 2000-4000 | crítico o inestable |
| • > 4000 | turbulento: liso, intermedio y rugoso |

Diagrama de Moody



Fórmulas empíricas para el cálculo de hf

ASAE

Régimen turbulento liso (RE entre 10^5 y 10^7)

$$H_f(m.c.a.) = \frac{0,00098 * L(m) * Q\left(\frac{m^3}{s}\right)^{1,828}}{d(m)^{4,828}}$$

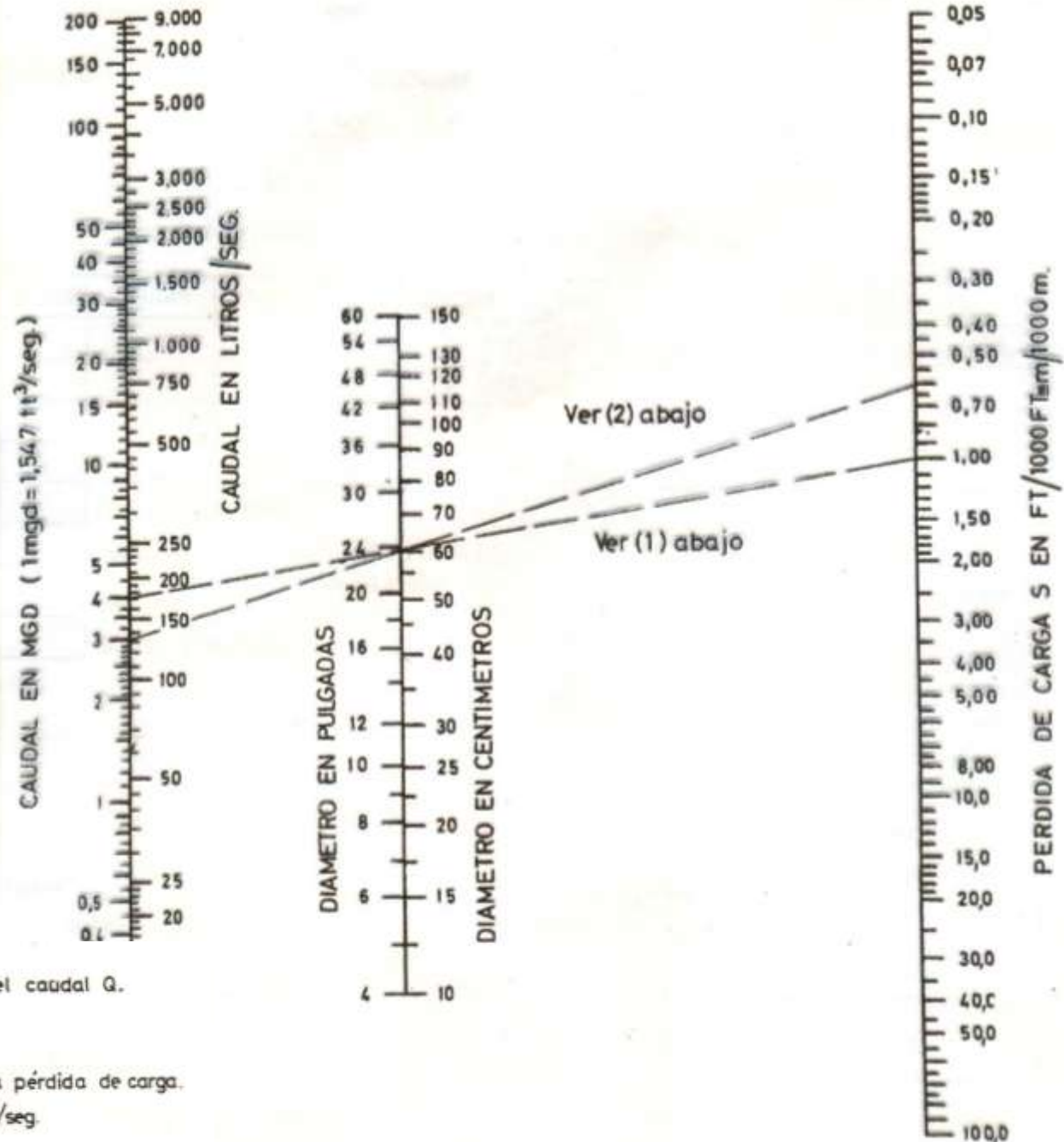
Hazen – Willams

Régimen turbulento intermedio (localizado)

$$H_f(m.c.a.) = \frac{10,376 * L(m) * Q\left(\frac{m^3}{h}\right)^{1,852}}{c^{1,852} * d(mm)^{4,871}}$$

Material de la Tubería	Coeficiente c
PVC	150
Polietileno	140
Aluminio	140
Aluminio con Acoples	130
Acero Nuevo	110
Hormigón	95
Acero de 5 años	80

FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS, $C_1 = 100$



UTILIZACION DEL MONOGRAMA

- (1) Dado $D=60\text{cm.}$, $S=1,0\text{m}/1000\text{m}$, $C_1=120$; determinar el caudal Q .
 El nomograma dá $Q_{100}=170\text{ l./seg.}$
 Para $C_1=120$, $Q = (120/100) 170 = 204\text{ l./seg.}$
- (2) Dado $Q=156\text{ l./seg.}$, $D=60\text{cm.}$, $C_1=120$; determinar la pérdida de carga.
 Cambiando Q_{120} a Q_{100} : $Q_{100} = (100/120) 156 = 130\text{ l./seg.}$
 El nomograma dá $S=0,60\text{m.}/1000\text{m.}$

Fórmulas empíricas para el cálculo de hf

Scobey (turbulento)

- Usada en aspersion

$$Hf (m. c. a.) = \frac{E * k * L * Qx^{1,9}}{dx^{4,9}}$$

- E constante: 0,0041
- Hf d y L en metros
- Q en m³/s
- k coeficiente de rugosidad de Scobey.

Material de tubería	k
Plástico y Fibrocemento	0,32
Tubos de aluminio con acoples	0,40
Tubos de acero galvanizado con acoples	0,42

Fórmulas empíricas para el cálculo de hf

- Para Canales (Régimen turbulento rugoso)

$$H_f(m.c.a.) = \frac{10,3 * n * L(m) * Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{Diametro(m)^{5,33}}$$

Pérdidas de carga locales: Factor K

La fórmula deriva de la de Darcy-Weisbach

$$H_f = f * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g}$$








Se sustituyen $f * L/d$ por K , característico de cada accesorio (determinación experimental)

$$H_l = K * \frac{v^2}{2g}$$

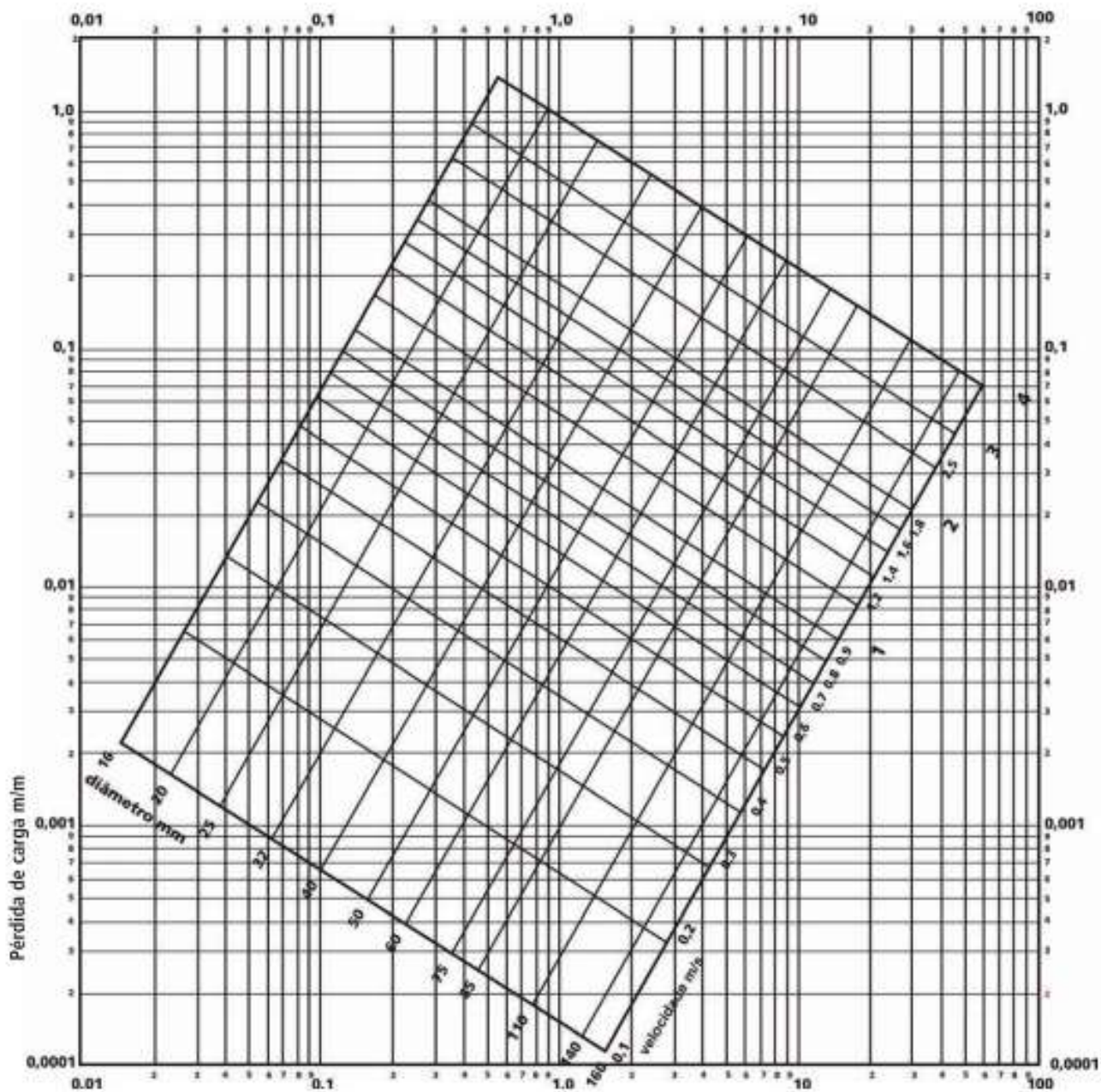
TIPO	3"	4"	5"	6"	8"	10"
Globo, rosca	6,0	5,7				
Globo, brida	7,0	6,3	6,0	5,8	5,6	5,5
Compuerta, Rosca	0,14	0,12	0,13	0,11	0,075	0,06
Compuerta, Brida	0,21	0,16	2,0	2,0	2,0	2,0
Angulo, rosca	1,3	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Angulo, brida	2,2	2,1	0,8	0,8	0,8	0,8
De retención	2,1	2,0				
	2,0	2,0				
	0,8	0,8				

Pérdidas de carga locales

longitud equivalente

Diámetros de las tuberías	Pulgadas	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
	Milímetros	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Manguito de unión	0	0	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,2	0,25
	Cono de reducción	0,2	0,3	0,5	0,65	0,85	1	1,3	2	2,3	3	4	5
	Codo o curva de 45°	0,2	0,34	0,43	0,47	0,56	0,7	0,83	1	1,18	1,25	1,45	1,63
	Curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,6	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,43
	Codo de 90°	0,38	0,5	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	0,9	0,96	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3
	"Te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,5	1,68	1,8	1,92	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,6

Ábaco para cálculo de pérdida de carga en Tubos de PVC Rígido



Tubos de PVC Rígido para Riego

PN 80 DN 2"			PN 80 DN 3"			PN 80 DN 4"			PN 80 DN 4"		
CAUDAL (l/s)	VELOCID. (m/s)	PERDIDA DE CARGA (m/100m)	CAUDAL (l/s)	VELOCID. (m/s)	PERDIDA DE CARGA (m/100m)	CAUDAL (l/s)	VELOCID. (m/s)	PERDIDA DE CARGA (m/100m)	CAUDAL (l/s)	VELOCID. (m/s)	PERDIDA DE CARGA (m/100m)
0.19	0.11	0.051	1.40	0.36	0.248	1.00	0.14	0.033	9.20	1.31	1.902
0.20	0.12	0.056	1.50	0.39	0.281	1.10	0.16	0.039	9.40	1.34	1.981
0.22	0.13	0.066	1.60	0.41	0.316	1.20	0.17	0.045	9.60	1.37	2.061
0.24	0.14	0.077	1.70	0.44	0.353	1.30	0.19	0.052	9.80	1.40	2.143
0.26	0.15	0.089	1.80	0.46	0.392	1.40	0.20	0.060	10.00	1.43	2.227
0.28	0.16	0.101	1.90	0.49	0.432	1.50	0.21	0.067	10.50	1.50	2.444
0.30	0.17	0.114	2.00	0.51	0.475	1.60	0.23	0.076	11.00	1.57	2.670
0.32	0.19	0.128	2.10	0.54	0.519	1.70	0.24	0.084	11.50	1.64	2.906
0.34	0.20	0.142	2.20	0.57	0.566	1.80	0.26	0.094	12.00	1.71	3.151
0.36	0.21	0.157	2.30	0.59	0.614	1.90	0.27	0.103	12.50	1.79	3.407
0.38	0.22	0.173	2.40	0.62	0.664	2.00	0.29	0.113	13.00	1.86	3.672
0.40	0.23	0.190	2.50	0.64	0.716	2.10	0.30	0.124	13.50	1.93	3.947
0.45	0.26	0.234	2.60	0.67	0.770	2.20	0.31	0.134	14.00	2.00	4.232
0.50	0.29	0.283	2.70	0.69	0.826	2.30	0.33	0.146	14.50	2.07	4.527
0.55	0.32	0.335	2.80	0.72	0.884	2.40	0.34	0.157	15.00	2.14	4.831
0.60	0.35	0.392	2.90	0.75	0.943	2.50	0.36	0.169	15.50	2.21	5.145
0.65	0.38	0.454	3.00	0.77	1.004	2.60	0.37	0.182	16.00	2.29	5.469
0.70	0.41	0.519	3.20	0.82	1.133	2.70	0.39	0.195	16.50	2.36	5.803
0.75	0.44	0.588	3.40	0.87	1.268	2.80	0.40	0.208	17.00	2.43	6.147
0.80	0.47	0.661	3.60	0.92	1.411	2.90	0.41	0.222	17.50	2.50	6.500
0.85	0.49	0.739	3.80	0.98	1.562	3.00	0.43	0.236	18.00	2.57	6.863
0.90	0.52	0.820	4.00	1.03	1.719	3.20	0.46	0.266	18.50	2.64	7.235
0.95	0.55	0.906	4.20	1.08	1.884	3.40	0.49	0.297			
1.00	0.58	0.995	4.40	1.13	2.057	3.60	0.51	0.330			
1.10	0.64	1.186	4.60	1.18	2.237	3.80	0.54	0.365			
1.20	0.70	1.393	4.80	1.23	2.424	4.00	0.57	0.401			
1.30	0.76	1.615	5.00	1.28	2.618	4.20	0.60	0.439			

Velocidad económica

V aspiración = < 1,5 m/s (máximo 2 m/s)

V elevación = < 2,5 m/s (máximo 3 m/s)

$$Q = S * v = \frac{\pi * d^2}{4} * v$$

$$d.asp = \sqrt{\frac{4Q}{\pi * v.asp}}$$

$$d.elev = \sqrt{\frac{4Q}{\pi * v.elev}}$$

d.asp: Diám de la tubería de aspiración (m)

d.elev: Diám de la tubería de elevación (m)

Q Caudal (m³/s)

v: velocidad económica (m/s)

