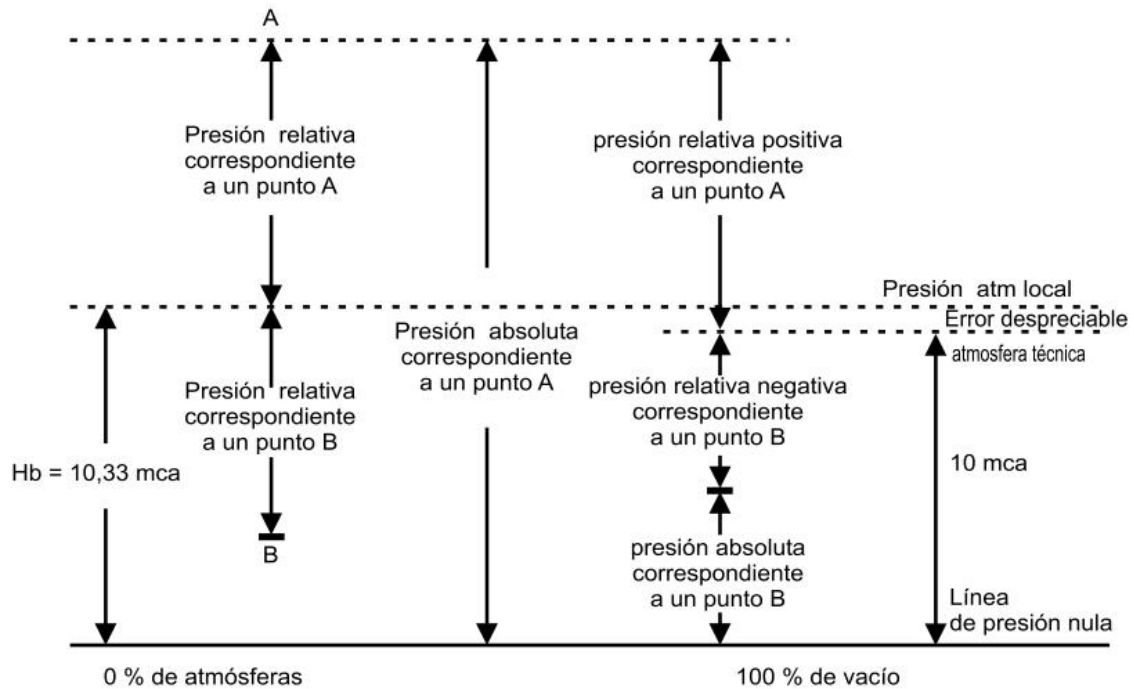
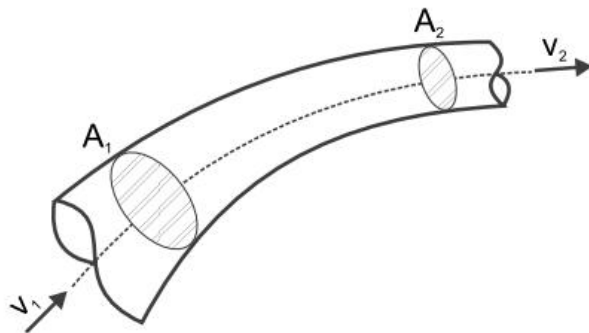


ESCALAS DE REFERENCIA PARA MEDIDAS DE PRESIÓN



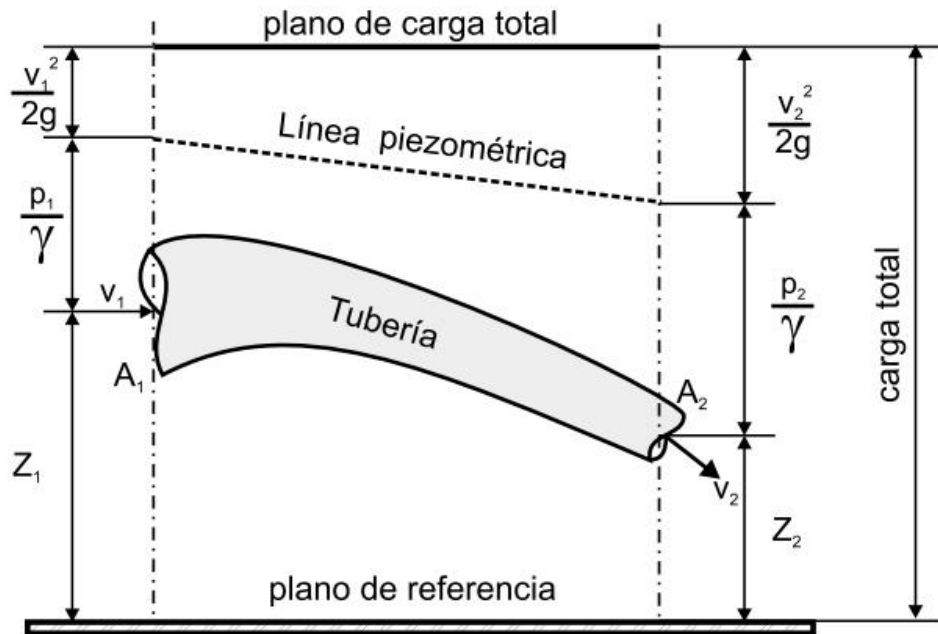
ECUACIÓN DE CONTINUIDAD



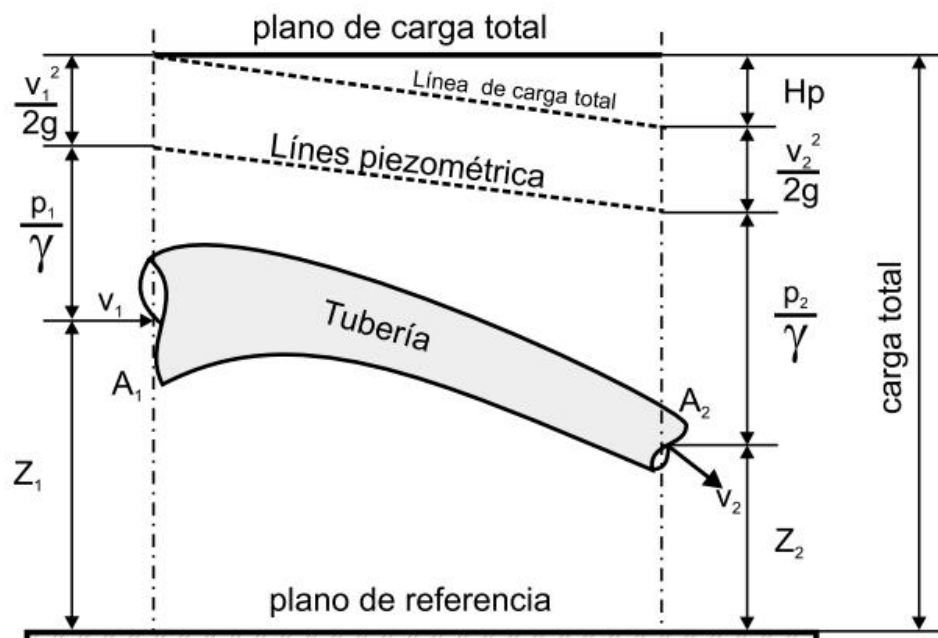
- $A_1 \rightarrow$ área de la sección 1
- $A_2 \rightarrow$ área de la sección 2
- $v_1 \rightarrow$ velocidad en la sección 1
- $v_2 \rightarrow$ velocidad en la sección 2

$$Q_1 = v_1 \cdot A_1 = Q_2 = v_2 \cdot A_2$$

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA






















$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$



$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + H_p$$

Largos equivalentes para pérdidas de carga localizadas. (Expresado en metros de tubería recta)*

DIAMETRO D		CODO 90° CURVA LARGA	CODO 90° CURVA MEDIA	CODO 90° CURVA CORTA	CODO 45°	CURVA 90° R / D - 1 1/2	CURVA 90° R / D - 1	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA EXTENDIDA	VÁLVULA DE CORTE ABIERTA	VÁLVULA DE GLOBO ABIERTA	VÁLVULA DE GLOBO EN ÁNGULO ABIERTA	TEE CON PASAJE DIRECTO	TEE CON SALIDA LATERAL	TEE CON SALIDA BILATERAL	VÁLVULA DE PIE Y FILTRO	SALIDA CANALIZACIÓN	VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO BOLA	VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO CHAPAleta
mm	pulg																			
13	½	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	¾	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 ¼	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 ½	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 ½	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,3	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

Los valores indicados para válvulas de globo, también se aplican a grifos, válvulas de duchas y válvulas de descarga.

Apéndice C-2a Longitud equivalente representativa en diámetros de tubo (L/D) de varias válvulas y accesorios (Crome Co.)

Descripción	Longitud equivalente en diámetros de tubo (L/D)
Válvulas de globo	
Convencional	
Sin obstrucción con asiento plano, biselado o de obturador —totalmente abierta	340
Con disco accionado con vástagos o mariposa —totalmente abierta	450
Modelo en Y	
(Sin obstrucción en asiento plano, biselado o de obturador)	
Con vástago de 60° desde la corrida de tubería —totalmente abierta	175
Con vástago de 45° desde la corrida de tubería —totalmente abierta	145
Válvulas de ángulo	
Convencional	
Sin obstrucción en el asiento plano, biselado o de obturador —totalmente abierta	145
Con disco accionado con vástagos o mariposa —totalmente abierta	200
Válvulas de compuerta	
Convencional de disco de cuña, disco doble o disco obturador	
Totalmente abierta	13
Abierta a tres cuartos	35
Abierta a la mitad	160
Abierta a un cuarto	900
Válvula para pastas o pulpas	
Totalmente abierta	17
Abierta a tres cuartos	50
Abierta a la mitad	260
Abierta a un cuarto	1200
Tubería de cañería —totalmente abierta	3 ^a
Válvulas de retención	
Oscilación convencional 0.5° —totalmente abierta	135
Oscilación de paso libre 0.5° —totalmente abierta	50
globo ascendente o paro —2.0° —totalmente abierta	Igual que de globo
Angulo ascendente o paro —2.0° —totalmente abierta	Igual que de ángulo
Bola en línea —2.5 vertical y 0.25 horizontal ^b —totalmente abierta	150
Válvulas de pie con filtro	
Con válvula de disco de tipo ascendente —0.3° —totalmente abierta	420
Con disco con articulación de piel —0.4° —totalmente abierta	75
Válvulas de mariposa (6 plg y mayores) —totalmente abierta	20
Grifos	
Flujo transversal recto	
Area rectangular del puerto del obturador igual al 100% del área del tubo —totalmente abierta	18
Tres vías	
Area rectangular del puerto del obturador igual al 80% del área del tubo (totalmente abierta)	44
Flujo transversal recto	
Flujo transversal ramificado	140
	Longitud equivalente en diámetros de tubo (L/D)
Accesorios	
Codo convencional de 90°	30
Codo convencional de 45°	16
Codo de radio largo de 90°	20
Codo recto de 90°	50
Codo recto de 45°	26
Codo de esquina cuadrada	57
T Convencional	
Para el flujo transversal recto	20
Para el flujo transversal ramificado	60
Curva de retorno de patrón cerrado	50

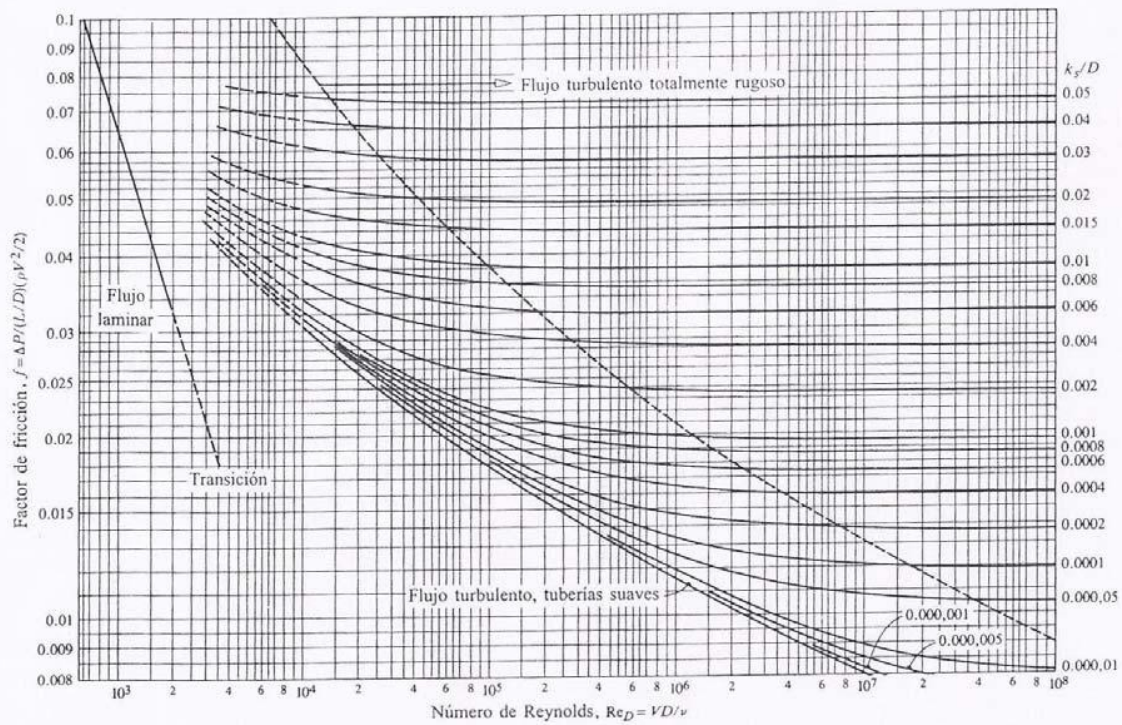


Figura 4.49 Factor de fricción para tuberías comerciales (diagrama de Moody). El parámetro k_s es la rugosidad del grano de arena equivalente: una tubería comercial de rugosidad equivalente k_s tendrá el mismo valor de f en el régimen totalmente rugoso que una tubería recubierta con granos de arena compacta de diámetro medio k_s [45]. (Adaptado con autorización.)

Factor de fricción para tuberías rugosas

$$f = \left\{ -2.0 \cdot \log \left(\frac{2 \cdot k_s / D}{7.4} - \frac{5.02}{Re_D} \cdot \log \left(\frac{2 \cdot k_s / D}{7.4} + \frac{13}{Re_D} \right) \right) \right\}^{-2}$$

Tabla 4.8 Rugosidad de grano de arena equivalente k_s para diversas superficies [47,48].

Patrón de rugosidad	D mm	p mm	h mm	k_s mm
1. Esferas-distribución alternada	4.1	10	4.1	0.492
	4.1	20	4.1	1.68
	4.1	10	4.1	9.96
	4.1	6	4.1	10.6
	4.1	Densidad máxima	4.1	1.55
	2.1	10	2.1	0.903
	2.1	5	2.1	5.19
2. Segmentos esféricos-distribución alternada	8.0	40	2.6	0.0468
	8.0	30	2.6	0.0884
	8.0	20	2.6	0.723
	8.0	Densidad máxima	2.6	2.48
3. Conos-distribución alternada	8.0	40	3.75	0.173
	8.0	30	3.75	0.458
	8.0	20	3.75	1.77
4. Acero soldado				
Nuevo				
Uniformemente oxidado				0.04–0.10
Limpado después de un uso prolongado				0.13–0.41
				0.10–0.20
5. Tubos comerciales				
Vidrio				0.00031
Tubería estirada				0.0015
Acero o hierro forjado				0.05
Hierro de fundición asfaltado				0.12
Acero galvanizado				0.1–0.3
Hierro de fundición				0.26
Hormigón				0.3–3
Acero remachado				0.9
6. Nervaduras cuadradas transversales				
				$2 < p/h < 6.3:$
				$k_s = h \exp[3.4 - 3.7(p/h)^{-0.73}]$
				$6.3 < p/h < 20:$
				$k_s = h \exp[3.4 - 0.42(p/h)^{0.46}]$

Tabla 1. Presión de vapor del agua líquida entre 0 °C y 373 °C

<i>T</i> /°C	<i>P</i> /mmHg	<i>P</i> /hPa	<i>T</i> /°C	<i>P</i> /mmHg	<i>P</i> /hPa	<i>T</i> /°C	<i>P</i> /mmHg	<i>P</i> /hPa
0	4.5840	6.1115	47	79.709	106.27	95	634.61	846.08
0.01	4.58780	6.11657	48	83.834	111.77	96	658.34	877.71
1	4.9286	6.5709	49	88.147	117.52	97	682.78	910.30
2	5.2954	7.0599	50	92.648	123.52	98	707.98	943.90
3	5.6861	7.5808	51	97.343	129.78	99	733.95	978.52
4	6.1021	8.1355	52	102.24	136.31	100	760.00	1013.3
5	6.5449	8.7258	53	107.35	143.12	101	787.57	1050.0
6	7.0158	9.3536	54	112.67	150.22	102	815.86	1087.7
7	7.5164	10.021	55	118.23	157.62	103	845.12	1126.7
8	8.0482	10.730	56	124.01	165.33	104	875.06	1166.7
9	8.6130	11.483	57	130.03	173.36	105	906.07	1208.0
10	9.2123	12.282	58	136.29	181.71	106	937.92	1250.5
11	9.8483	13.130	59	142.82	190.41	107	970.60	1294.0
12	10.522	14.028	60	149.61	199.46	108	1004.42	1339.12
13	11.237	14.981	61	156.67	208.88	109	1038.92	1385.11
14	11.993	15.990	62	164.02	218.67	110	1074.56	1432.63
15	12.795	17.058	63	171.65	228.85	111	1111.20	1481.48
16	13.642	18.188	64	179.59	239.43	112	1148.74	1531.53
17	14.539	19.384	65	187.83	250.42	113	1187.42	1583.10
18	15.487	20.647	66	196.39	261.83	114	1227.25	1636.20
19	16.489	21.983	67	205.28	273.68	115	1267.98	1690.50
20	17.546	23.393	68	214.51	285.99	120	1489.14	1985.36
21	18.663	24.882	69	224.09	298.76	125	1740.93	2321.05
22	19.841	26.453	70	234.03	312.01	130	2026.10	2701.24
23	21.085	28.111	71	244.33	325.75	135	2347.26	3129.42
24	22.395	29.858	72	255.02	340.00	140	2710.92	3614.26
25	23.776	31.699	73	266.11	354.78	145	3116.76	4155.34
26	25.231	33.639	74	277.59	370.09	150	3570.48	4760.25
27	26.763	35.681	75	289.49	385.95	175	6694.08	8924.71
28	28.376	37.831	76	301.82	402.39	200	11 659.16	15 544.27
29	30.071	40.092	77	314.58	419.41	225	19 123.12	25 495.40
30	31.855	42.470	78	327.80	437.03	250	29 817.84	39 753.85
31	33.730	44.969	79	341.48	455.27	275	44 580.84	59 436.23
32	35.700	47.596	80	355.63	474.14	300	64 432.8	85 903.3
33	37.769	50.354	81	370.28	493.67	325	90 447.6	120 587
34	39.942	53.251	82	385.43	513.87	350	124 001.6	165 321.9
35	42.221	56.290	83	401.10	534.76	360	139 893.2	186 508.9