

<b>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo</b>	
<b>Carrera de posgrado: Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental</b>	
<b>Actividad Curricular: Mecánica de los fluidos</b>	
<b>Módulo: 1º</b>	<b>TABLAS DE PARÁMETROS FÍSICOS DE FLUIDOS</b>

**PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA ESTÁNDAR AL NIVEL DEL MAR. FRANZINI & FINNEMORE (1999)**

Temperatura (°C)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu \cdot 10^{-3}$ (Ns/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	$E_a \cdot 10^6$ (kN/m <sup>2</sup> )
0	9,805	999,8	1,781	1,785	2,02
5	9,807	1000,0	1,518	1,519	2,06
10	9,804	99,7	1,307	1,306	2,1
15	9,798	999,1	1,139	1,139	2,14
20	9,789	998,2	1,002	1,003	2,18
25	9,777	997,0	0,890	0,893	2,22
30	9,764	995,7	0,798	0,800	2,25
40	9,730	992,2	0,653	0,658	2,28
50	9,689	988,0	0,547	0,553	2,29
60	9,642	983,2	0,466	0,474	2,28
70	9,589	977,8	0,404	0,413	2,25
80	9,530	971,8	0,354	0,364	2,2
90	9,466	965,3	0,315	0,326	2,14
100	9,399	958,4	0,282	0,294	2,07

**DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO DE ALGUNOS FLUIDOS. ROUSE (1960) <sup>(1)</sup> a presión atmosférica y 15,5°C.  
FRANZINI & FINNEMORE (1999) <sup>(2)</sup> a presión atmosférica y 20°C.**

Fluido	$\delta^{(1)}$ (kgf.s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )	$\gamma^{(1)}$ (kgf/m <sup>3</sup> )	$\delta^{(2)}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma^{(2)}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\mu \cdot 10^{-6}$ (N s/m <sup>2</sup> ) <sup>(2)</sup>
Agua	101,94	1000,00	---	9,81	1002
Agua dulce	102,44	996,60	998	---	1000
Salmuera (20%ClNa)	117,30	1146,90	---	---	---
Agua del mar	104,67	1025,20	1023	10,05	1070
Glicerina	128,87	1262,30	1258	12,30	1,494
Aceite de motor	86,79-89,42	849-881	---	8,50	---
Tetracloruro de carbono	162,53	1593,90	1588	15,6	970
Alcohol etílico	80,48	789,70	---	7,76	---
Gasolina	67,32-70,48	658,30-689,70	680	6,60	290
Queroseno	79,42-83,63	784,90-817,00	808	7,90	1920
Mercurio	1383,38	13568,90	13550	---	1560
Hidrógeno	0,00866	0,085	0,0839	---	9,000
Metano	0,0693	0,680	0,668	---	13,4
Oxígeno	0,1377	1,351	1,33	---	20,0
Aire	0,1246	1,222	1,205	---	18,0
Acetileno	0,113	1,109	---	---	---
Amoníaco	0,0742	0,728	---	---	---
Dióxido de Carbono	0,1908	1,872	1,840	---	14,8
Helio	0,0173	0,170	0,166	---	19,7
Metano (natural)	0,0693	0,680	---	---	---
Nitrógeno	0,1205	1,182	1,16	---	17,6
Anhídrido Sulfuroso	0,2823	2,769	---	---	---
Monóxido de Carbono	---	---	1,160	---	18,2
Vapor de agua	---	---	0,747	---	10,1

**PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE A PRESIÓN ATMOSFÉRICA ESTÁNDAR AL NIVEL DEL MAR. FRANZINI & FINNEMORE (1999)**

Temperatura (°C)	$\gamma$ (N/m <sup>3</sup> )	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu \cdot 10^{-6}$ (Ns/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)
-40	14,86	1,515	14,9	9,8
-20	13,68	1,395	16,1	11,5
0	12,68	1,293	17,1	13,2
10	12,24	1,248	17,6	14,1
20	11,82	1,205	18,1	15,0
30	11,43	1,165	18,6	16,0
40	11,06	1,128	19,0	16,8
60	10,40	1,060	20,0	18,7
80	9,81	1,000	20,9	20,9
100	9,28	0,946	21,8	23,1
200	7,33	0,747	25,8	34,5

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LÍQUIDOS A PRESIÓN ATMOSFÉRICA ESTÁNDAR AL NIVEL DEL MAR. FRANZINI & FINNEMORE (1999)**

LÍQUIDO	Temperatura (°C)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Relativa	$\mu \cdot 10^{-3}$ (Ns/m <sup>2</sup> )
Benceno	20	876,00	0,880	0,650
Tetracloruro de carbono	20	1588,00	1,594	0,970
Petróleo	20	856,00	0,860	7,200
Gasolina	20	680,00	0,680	0,290
Glicerina	20	1258,00	1,260	1494
Hidrógeno	-257	73,70	0,074	0,021
Queroseno	20	808,00	0,810	1,920
Mercurio	20	13550,00	13,560	1,560
Oxígeno	-195	1206,00	1,210	0,278
Aceite SAE10	20	918,00	0,920	82,000
Aceite SAE30	20	918,00	0,920	440,000
Agua dulce	20	998,00	0,999	1,000
Agua de mar	20	1023,00	1,024	1,070

**PROPIEDADES DEL AIRE SECO A 1 ATM DE PRESIÓN. MATAIX (1986)**

Temperatura (°C)	$\mu \cdot 10^{-6}$ (Ns/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)
0	17,16	13,28
10	17,68	14,18
20	18,19	15,10
30	18,67	16,03
40	19,15	16,98
50	19,62	17,94
60	20,08	18,92
80	20,98	20,92
100	21,85	23,04
200	25,87	34,65
300	29,60	48,00
400	33,00	62,90
500	36,20	79,20

**PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNOS GASES. GILES (1969)**

Gas	Peso específico $w$ a 20° C, 1 Atm. kg/m <sup>3</sup>	Constante $R$ del gas m <sup>2</sup> /°K	Exponente adiabático $k$	Viscosidad cinemática $\nu$ a 20° C, 1 Atm. m <sup>2</sup> /seg
Aire	1,2047	29,3	1,40	$1,488 \times 10^{-5}$
Amoniaco	0,7177	49,2	1,32	1,535
Anhidrido carbónico	1,8359	19,2	1,30	0,846
Metano	0,6664	53,0	1,32	1,795
Nitrógeno	1,1631	30,3	1,40	1,590
Oxígeno	1,3297	26,6	1,40	1,590
Anhidrido sulfuroso	2,7154	13,0	1,26	0,521

**PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE A PRESIÓN ATMOSFÉRICA. GILES (1969)**

Temperatura °C	Densidad $\rho$ UTM/m <sup>3</sup>	Peso específico $w$ kg/m <sup>3</sup>	Viscosidad cinemática $\nu$ m <sup>2</sup> /seg	Viscosidad dinámica $\mu$ kg seg/m <sup>2</sup>
-20	0,1424	1,3955	$1,188 \times 10^{-5}$	$16,917 \times 10^{-7}$
-10	0,1370	1,3426	1,233	16,892
0	0,1319	1,2926	1,320	17,411
10	0,1273	1,2475	1,415	18,013
20	0,1229	1,2047	1,488	18,288
30	0,1188	1,1642	1,600	19,008
40	0,1150	1,1270	1,688	19,412
50	0,1115	1,0927	$1,769 \times 10^{-5}$	$19,724 \times 10^{-7}$

**PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA. GILES (1969)**

Temp. °C	Densidad UTM/m <sup>3</sup>	Peso específico kg/m <sup>3</sup>	Viscosidad dinámica kg seg/m <sup>2</sup>	Tensión superficial kg/m	Presión de vapor kg/cm <sup>2</sup> (ab)	Módulo de elasticidad volumétrico kg/cm <sup>2</sup>
0	101,96	999,87	$18,27 \times 10^{-5}$	0,00771	0,0056	20200
5	101,97	999,99	15,50	0,00764	0,0088	20900
10	101,95	999,73	13,34	0,00756	0,0120	21500
15	101,88	999,12	11,63	0,00751	0,0176	22000
20	101,79	998,23	10,25	0,00738	0,0239	22400
25	101,67	997,07	9,12	0,00735	0,0327	22800
30	101,53	995,68	8,17	0,00728	0,0439	23100
35	101,37	994,11	7,37	0,00718	0,0401	23200
40	101,18	992,25	6,69	0,00711	0,0780	23300
50	100,76	988,07	$5,60 \times 10^{-5}$	0,00693	0,1249	23400

**DENSIDAD RELATIVA Y VISCOSIDAD CINEMÁTICA ( $\times 10^{-6}$ ) DE ALGUNOS LÍQUIDOS. GILES (1969)**

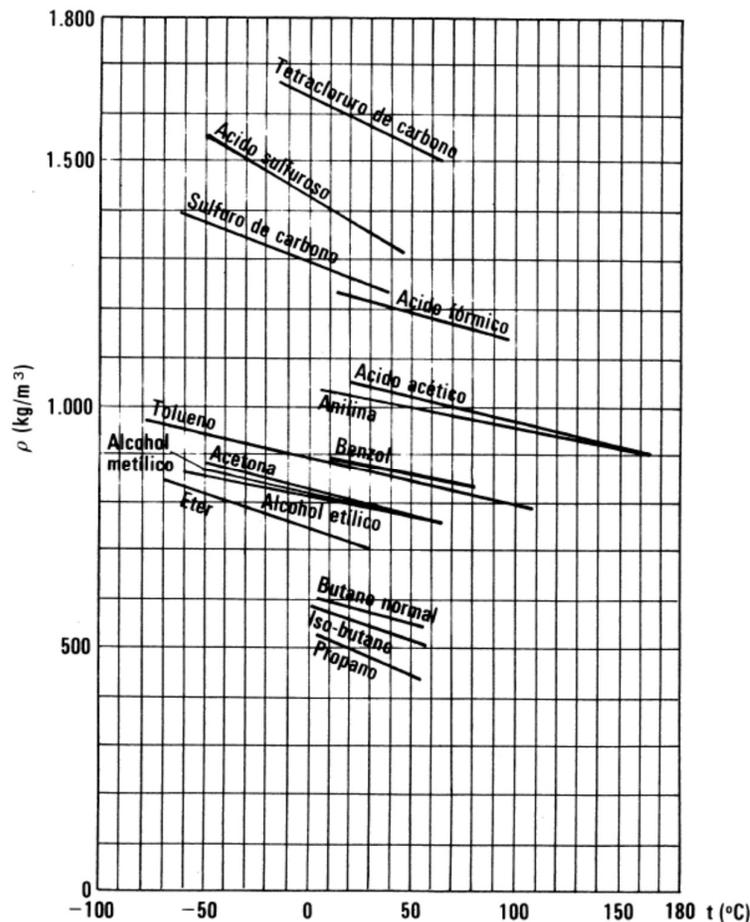
Temp. °C	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. m <sup>2</sup> /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m <sup>2</sup> /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m <sup>2</sup> /seg	Densid. relat.	Viscos. cinem. m <sup>2</sup> /seg
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

**DENSIDAD RELATIVA Y VISCOSIDAD CINEMÁTICA ( $\times 10^{-6}$ ) DE ALGUNOS LÍQUIDOS. GILES (1969)**

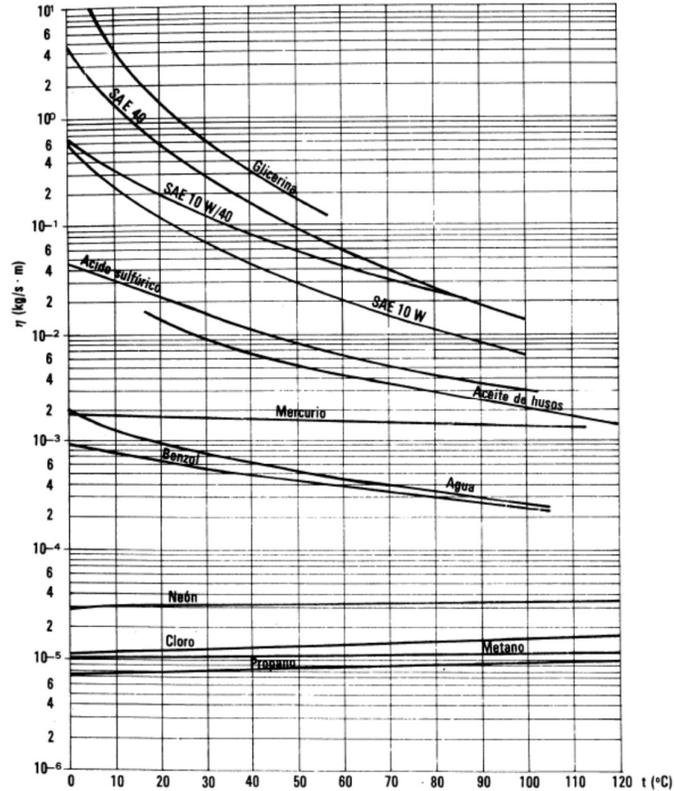
Temp. °C	Aceite a prueba de polvo*		Fuel-oil medio*		Fuel-oil pesado*		Gasolina*	
	Densid. relat.	Visc. cinem. $m^2/seg$	Densid. relat.	Visc. cinem. $m^2/seg$	Densid. relat.	Visc. cinem. $m^2/seg$	Densid. relat.	Visc. cinem. $m^2/seg$
5	0,917	72,9	0,865	6,01	0,918	400	0,737	0,749
10	0,913	52,4	0,861	5,16	0,915	290	0,733	0,710
15	0,910	39,0	0,857	4,47	0,912	201	0,729	0,683
20	0,906	29,7	0,855	3,94	0,909	156	0,725	0,648
25	0,903	23,1	0,852	3,44	0,906	118	0,721	0,625
30	0,900	18,5	0,849	3,11	0,904	89	0,717	0,595
35	0,897	15,2	0,846	2,77	0,901	67,9	0,713	0,570
40	0,893	12,9	0,842	2,39	0,898	52,8	0,709	0,545

Líquido y temperatura	Densid. relat.	Visc. cinem. $m^2/seg$
Turpentina a 20° C	0,862	1,73
Aceite de linaza a 30° C	0,925	35,9
Alcohol etílico a 20° C	0,789	1,54
Benceno a 20° C	0,879	0,745
Glicerina a 20° C	1,262	662
Aceite de castor a 20° C	0,960	1030
Aceite ligero de máq. a 16,5° C	0,907	137

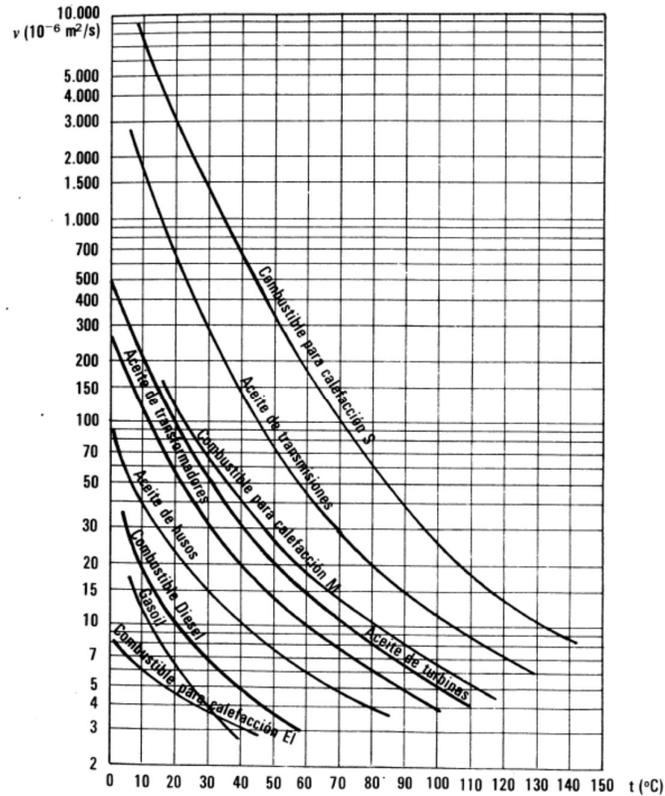
**DENSIDAD ( $kg/m^3$ ) DE ALGUNOS LÍQUIDOS EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA (°C). MATAIX (1986)**



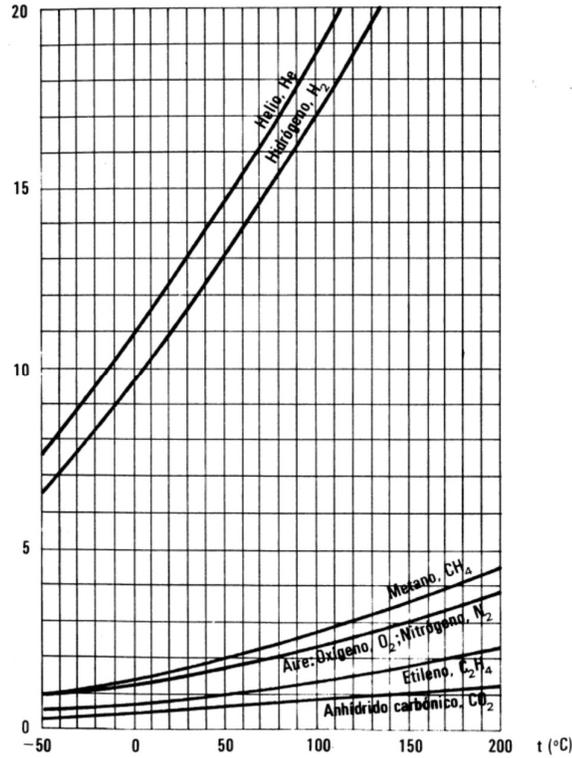
**VISCOSIDAD DINÁMICA (Pa. s) EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA (°C) PARA GASES Y LÍQUIDOS A 1 atm DE PRESIÓN. MATAIX (1986)**



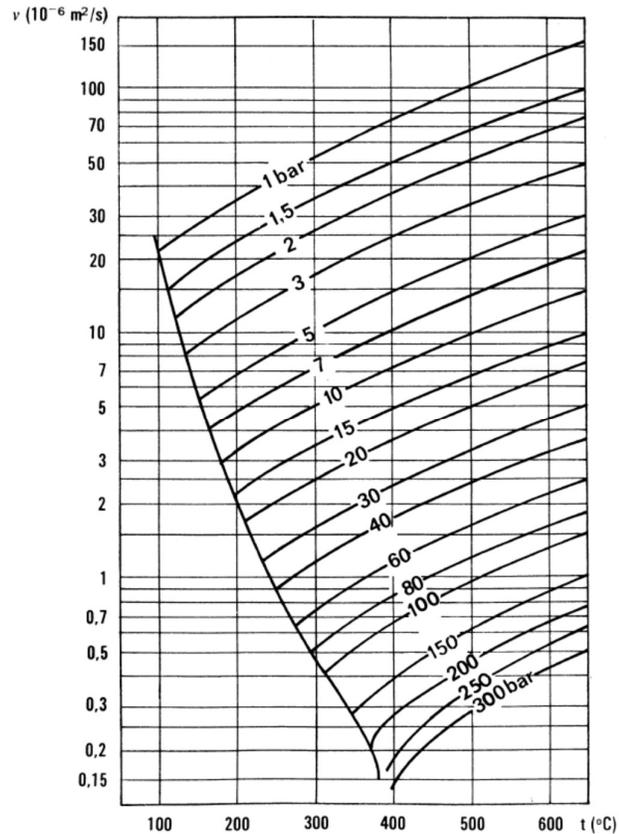
**VISCOSIDAD CINEMÁTICA ( $m^2/s$ ) EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA (°C) PARA LÍQUIDOS A 1 atm DE PRESIÓN. MATAIX (1986)**



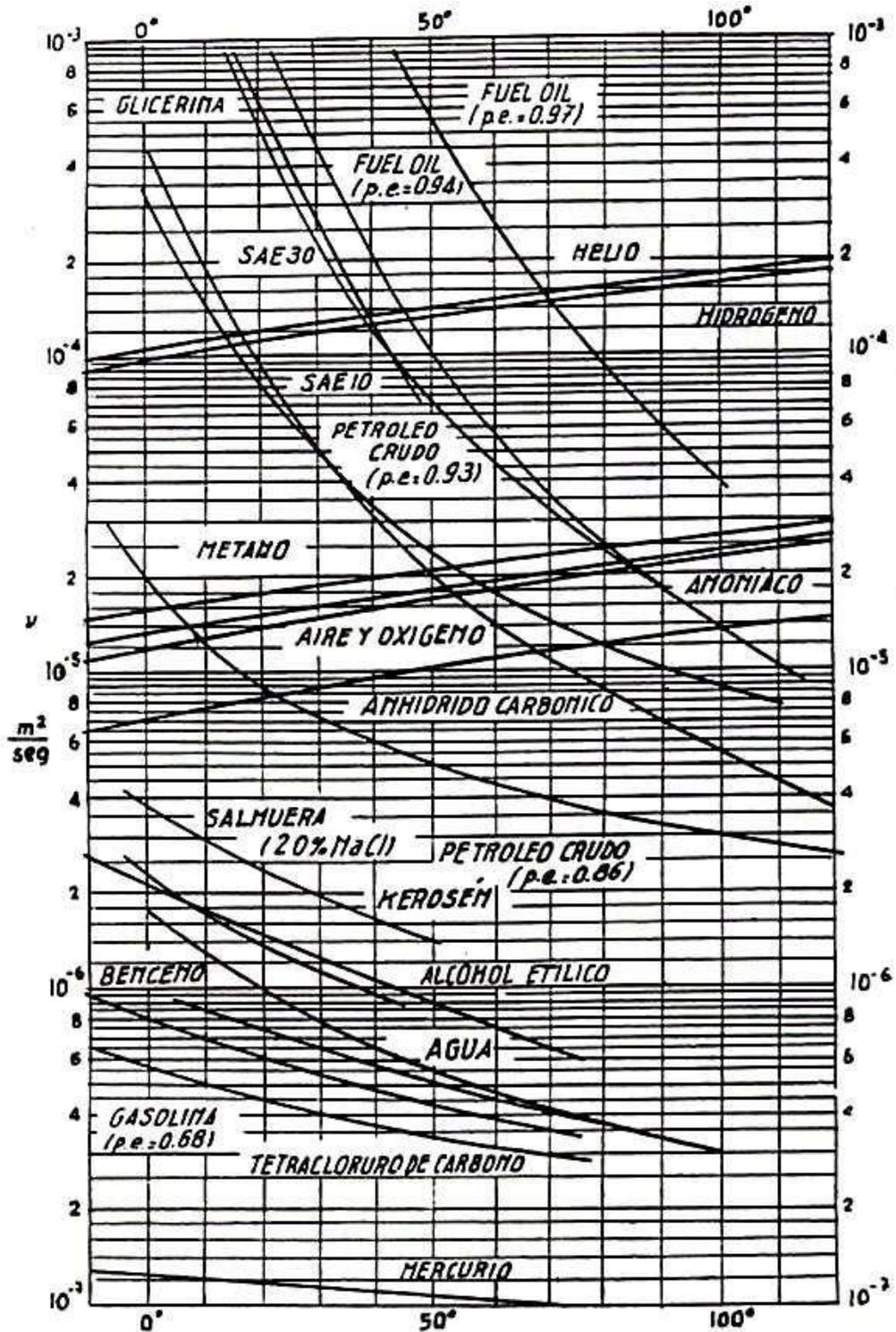
**VISCOSIDAD CINEMÁTICA  $\times 10^{-6}$  ( $m^2/s$ ) EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA ( $^{\circ}C$ ) PARA GASES A 1 atm DE PRESIÓN. MATAIX (1986)**



**VISCOSIDAD CINEMÁTICA  $\times 10^{-6}$  ( $m^2/s$ ) EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA ( $^{\circ}C$ ) PARA VAPOR DE AGUA. MATAIX (1986)**



**VISCOSIDAD CINEMÁTICA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA PARA FLUIDOS CORRIENTES A 1 atm. DE PRESIÓN**



**PESO MOLECULAR, DENSIDAD NORMAL Y RELACIÓN DE DENSIDAD DE ALGUNOS GASES Y VAPORES**

Fluidos		Peso molecular M	Densidad normal $\rho_n$ - kg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	Densidad relativa a 0 °C y 760 Torr
Aire		28,97	1,293	1
Oxígeno	O <sub>2</sub>	32,00	1,429	1,105
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	28,02	1,251	0,967
Monóxido de carbono	CO	28,01	1,251	0,967
Anhidrido carbónico	CO <sub>2</sub>	44,01	1,977	1,529
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	2,02	0,0899	0,0695
Metano	CH <sub>4</sub>	16,04	0,718	0,555
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,04	1,172	0,906
Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,05	1,261	0,975
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,07	1,357	1,049
Propileno	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,08	1,916	1,482
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,09	2,004	1,550
Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S	34,08	1,539	1,191
Vapor de agua	H <sub>2</sub> O	18,02	0,804	0,622

mismas condiciones de estado, se le designa como «densidad relativa» a la cual se la nombra con el símbolo  $\rho_r$ . Referidas ambas densidades al estado normal, con la densidad normal para el aire de 1,293 kg/m<sup>3</sup><sub>n</sub> resulta:

$$\rho_r = \frac{\rho_n}{1,293} \quad [7]$$

o la densidad normal del gas en kg/m<sup>3</sup><sub>n</sub>:

$$\rho_n = 1,293 \rho_r \quad [8]$$

Para la transformación del volumen V en estado 1 al estado 2 vale:

$$V_2 = V_1 \frac{\rho_1 T_2}{\rho_2 T_1} \quad [9]$$

**VISCOSIDAD DINÁMICA x 10<sup>-6</sup> (Pa.s) DEL VAPOR DE AGUA. VDI (1963)**

Temperatura del vapor °C	Presión del vapor en at												
	1	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
150	13,9												
200	16,0												
250	18,1	18,2											
300	20,1	20,3	20,7										
350	22,2	22,4	22,7	23,5	25,3								
400	24,2	24,4	24,7	25,4	26,2	28,1	31,9	45,1	56,6	62,7	65,9	68,2	
450	26,3	26,5	26,7	27,3	28,0	29,0	30,6	33,2	36,8	41,4	45,8	50,3	
500	28,4	28,4	28,7	29,2	29,8	30,7	31,8	33,2	34,8	36,8	39,1	41,5	
600	32,5	32,5	32,8	33,2	33,6	34,3	35,1	36,1	37,2	38,2	39,3	40,5	
700	36,5	36,6	36,8	37,1	37,6	38,2	38,8	39,5	40,4	41,3	42,4	43,5	
800	40,6	40,7	40,8	41,0	41,4	41,9	42,5	43,1	43,9	44,6	45,5	46,5	

**VISCOSIDAD CINEMÁTICA DE ALGUNOS GASES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS**

Gas		Viscosidad dinámica 10 <sup>6</sup> η en kg/m s							Constante de Sutherland C
		-10°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	
Aire	-	16,68	17,07	18,15	19,13	20,01	20,90	21,78	112
Oxígeno	O <sub>2</sub>	18,54	19,23	20,31	21,39	22,46	23,45	24,43	125
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	16,17	16,58	17,66	18,54	19,33	20,21	20,99	102
Monóxido de carbono	CO	16,17	16,58	17,66	18,54	19,33	20,21	20,99	102
Anhidrido carbónico	CO <sub>2</sub>	13,34	13,83	14,81	15,79	16,78	17,76	18,64	273
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	8,14	8,44	8,73	9,22	9,61	10,01	10,30	72
Metano	CH <sub>4</sub>	10,00	10,20	10,99	11,58	12,26	12,85	13,34	164
Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	9,12	9,42	10,10	10,69	11,28	11,97	12,56	225
Propileno	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	7,46	7,75	8,34	8,93	9,52	10,10	10,59	322
Hidrocarburos pesados.	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	8,83	9,12	9,81	10,40	10,99	11,67	12,26	245
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	8,93	9,32	10,10	10,89	11,67	12,46	12,85	503
Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S	11,28	11,67	12,56	13,44	14,32	15,21	15,89	331
Cloro	Cl <sub>2</sub>	11,77	12,26	13,24	14,22	15,11	15,99	16,78	350

**DENSIDAD (kg/cm<sup>3</sup>) DEL VAPOR DE AGUA A DIFERENTES PRESIONES Y TEMPERATURAS. VDI (1963)**

a) Vapor sobrecalentado

at	150°	200°	250°	300°	350°	400°	450°	500°
1	0,506	0,451	0,408	0,372	0,342	0,316	0,294	0,275
5	-	2,31	2,07	1,88	1,72	1,59	1,48	1,38
10	-	4,75	4,21	3,80	3,47	3,20	2,97	2,77
15	-	7,38	6,44	5,78	5,26	4,83	4,48	4,17
20	-	-	8,78	7,81	7,08	6,49	6,00	5,59
25	-	-	11,23	9,90	8,94	8,17	7,54	7,01
30	-	-	13,83	12,06	10,83	9,87	9,10	8,45
35	-	-	16,62	14,29	12,76	11,60	10,67	9,89
40	-	-	19,64	16,61	14,74	13,35	12,26	11,35
45	-	-	-	19,02	16,76	15,14	13,86	12,83
50	-	-	-	21,54	18,83	16,94	15,49	14,31
55	-	-	-	24,17	20,95	18,78	17,13	15,80
60	-	-	-	26,97	23,14	20,65	18,80	17,31
65	-	-	-	29,91	25,37	22,55	20,47	18,83
70	-	-	-	33,07	27,69	24,49	22,18	20,37
75	-	-	-	36,44	30,07	26,45	23,90	21,92
80	-	-	-	40,10	32,54	28,47	25,65	23,48
85	-	-	-	44,07	35,09	30,51	27,40	25,05
90	-	-	-	-	37,76	32,61	29,20	26,65
95	-	-	-	-	40,52	34,73	31,01	28,24
100	-	-	-	-	43,40	36,91	32,84	29,87
110	-	-	-	-	49,60	41,43	36,59	33,16
120	-	-	-	-	56,43	46,17	40,45	36,50
130	-	-	-	-	64,10	51,15	44,42	39,90
140	-	-	-	-	72,78	56,43	48,52	43,38
150	-	-	-	-	82,92	62,03	52,77	46,95
160	-	-	-	-	95,97	68,03	57,14	50,58
170	-	-	-	-	-	74,46	61,69	54,29
180	-	-	-	-	-	81,37	66,40	58,07
190	-	-	-	-	-	88,89	71,33	61,96
200	-	-	-	-	-	97,09	76,45	65,96

b) Vapor saturado

at	ts °C	kg/m <sup>3</sup>	at	ts °C	kg/m <sup>3</sup>	at	ts °C	kg/m <sup>3</sup>
1	99,09	0,580	55	268,68	27,53	110	316,50	60,90
5	151,11	2,621	60	274,29	30,26	120	323,15	68,17
10	179,04	5,051	65	279,53	33,01	130	329,30	76,05
15	197,36	7,446	70	284,48	35,86	140	335,09	84,53
20	211,38	9,843	75	289,17	38,73	150	340,56	93,81
25	222,90	12,26	80	293,62	41,68	160	345,74	103,95
30	232,76	14,71	85	297,86	44,69	170	350,66	115,23
35	241,42	17,19	90	301,92	47,78	180	355,35	127,98
40	249,18	19,71	95	305,80	50,93	190	359,82	142,86
45	256,23	22,27	100	309,53	54,17	200	364,08	160,77
50	262,70	24,88						

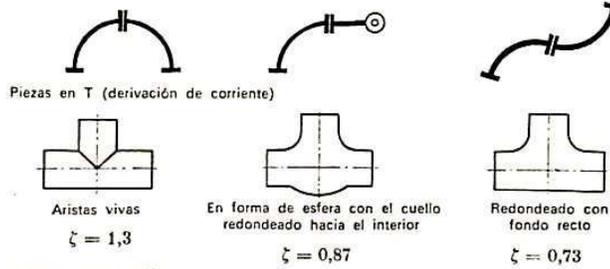
**PÉRDIDAS DE CARGA EN SINGULARIDADES (subíndice 1 aguas arriba, subíndice 2 aguas abajo). GILES (1969)**

Accesorio	Pérdida de carga media
1. De depósito a tubería – conexión a ras de la pared (pérdida a la entrada)	$0,50 \frac{V_2^3}{2g}$
– tubería entrante	$1,00 \frac{V_2^3}{2g}$
– conexión abocinada	$0,05 \frac{V_2^3}{2g}$
2. De tubería a depósito (pérdida a la salida)	$1,00 \frac{V_1^3}{2g}$
3. Ensanchamiento brusco	$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
4. Ensanchamiento gradual (véase Tabla 5)	$K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
5. Venturímetros, boquillas y orificios	$\left(\frac{1}{c_v^2} - 1\right) \frac{V_2^3}{2g}$
6. Contracción brusca (véase Tabla 5)	$K_c \frac{V_2^3}{2g}$
7. Codos, accesorios, válvulas*	$K \frac{V^3}{2g}$
Algunos valores corrientes de $K$ son:	
45°, codo .....	0,35 a 0,45
90°, codo .....	0,50 a 0,75
Tees .....	1,50 a 2,00
Válvulas de compuerta (abierta) .....	aprox. 0,25
Válvulas de control (abierta) .....	aprox. 3,0

Contracción brusca		Ensanchamiento gradual para un ángulo total del cono						
$d_1/d_2$	$K_c$	4°	10°	15°	20°	30°	50°	60°
1,2	0,08	0,02	0,04	0,09	0,16	0,25	0,35	0,37
1,4	0,17	0,03	0,06	0,12	0,23	0,36	0,50	0,53
1,6	0,26	0,03	0,07	0,14	0,26	0,42	0,57	0,61
1,8	0,34	0,04	0,07	0,15	0,28	0,44	0,61	0,65
2,0	0,37	0,04	0,07	0,16	0,29	0,46	0,63	0,68
2,5	0,41	0,04	0,08	0,16	0,30	0,48	0,65	0,70
3,0	0,43	0,04	0,08	0,16	0,31	0,48	0,66	0,71
4,0	0,45	0,04	0,08	0,16	0,31	0,49	0,67	0,72
5,0	0,46	0,04	0,08	0,16	0,31	0,50	0,67	0,72

**FACTORES DE RESISTENCIA DE SINGULARIDADES: CODOS, UNIONES, VÁLVULAS Y CLAVETAS (Manual KSB-Amag)**

Codos compuestos de  $2 \cdot 90^\circ$   
 Para todas las ejecuciones aproximadamente  $\zeta = 0,5$

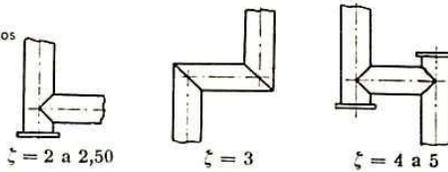


Uniones de derivación

$V_a/V$	Divergentes				concurrentes			
	$\zeta_a$	$\zeta_d$	$\zeta_a$	$\zeta_d$	$\zeta_a$	$\zeta_d$	$\zeta_a$	$\zeta_d$
0	0,95	0,04	0,90	0,04	-1,2	0,04	-0,92	0,04
0,2	0,88	-0,08	0,68	-0,06	-0,4	0,17	-0,38	0,17
0,4	0,89	-0,05	0,50	-0,04	0,08	0,30	0,00	0,19
0,6	0,95	0,07	0,38	0,07	0,47	0,41	0,22	0,09
0,8	1,10	0,21	0,35	0,20	0,72	0,51	0,37	-0,17
1,0	1,28	0,35	0,48	0,33	0,91	0,60	0,37	-0,54

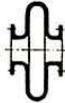
$V$  = caudal total;  $V_a$  = caudal de desagüe o de salida;  $\zeta_d$  = resistencia en el tubo principal;  $\zeta_a$  = resistencia en el tubo de derivación. El signo menos significa ganancia de presión

Tramos de tubería compuestos



Compensadores

Compensador de tubo ondulado  $\zeta = 0,2$



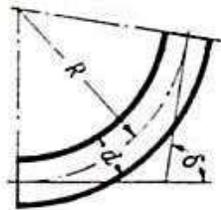
Lira de tubo liso curvado  $\zeta = 0,7$   
 Lira de tubo corrugado  $\zeta = 1,4$



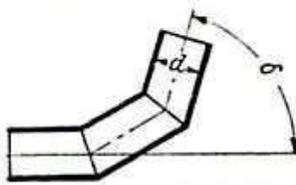
Diámetro nominal en mm	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
<b>Válvulas de compuerta</b>										
- De paso libre	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6
Construcción tipo BOA	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0
DIN	4,0	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	4,8	4,5	4,1	3,6
<b>Válvulas angulares</b>										
Construcción tipo BOA	1,6	1,6	1,7	1,9	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,3
DIN	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7	3,9	3,8	3,3	2,7	2,0
<b>Válvulas de retención</b>	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8

**FACTORES DE RESISTENCIA DE PIEZAS DE MONTAJE EN TUBERÍAS**

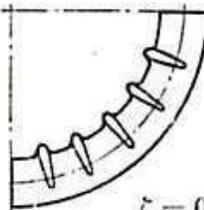
Codos curvados



Codo de segmentos soldados

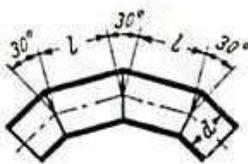
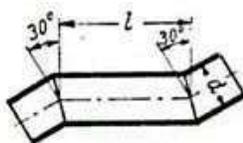
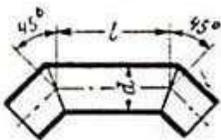


Codo corrugado de 90°



$\zeta = 0,4$

Piezas acodadas



$\delta =$	Liso				Rugoso	
	15°	22,5°	45°	60°	90°	90°
$R = d$	0,03	0,045	0,14	0,19	0,21	0,51
$= 2d$	0,03	0,045	0,09	0,12	0,14	0,30
$= 4d \quad \zeta =$	0,03	0,045	0,08	0,10	0,11	0,23
$= 6d$	0,03	0,045	0,075	0,09	0,09	0,18
$= 10d$	0,03	0,045	0,07	0,07	0,11	0,20

$\delta$	15°	22,5°	30°	45°	60°	90°
Número de costura	1	1	2	2	3	3
$\zeta$	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25

Codos de fundición 90°

NW	50	100	200	300	400	500
$\zeta$	1,3	1,5	1,8	2,1	2,2	2,2

$\delta$	22,5°	30°	45°	60°	90°
Liso $\zeta$	0,07	0,11	0,24	0,47	1,13
Rugoso $\zeta$	0,11	0,17	0,32	0,68	1,27

$l/d$	0,71	0,943	1,174	1,42	1,86	2,56	6,28
Liso $\zeta$	0,51	0,35	0,33	0,28	0,29	0,36	0,40
Rugoso $\zeta$	0,51	0,41	0,38	0,38	0,39	0,43	0,45

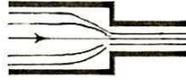
$l/d$	1,23	1,67	2,37	3,77
Liso $\zeta$	0,16	0,16	0,14	0,16
Rugoso $\zeta$	0,30	0,28	0,26	0,24

$l/d = 1,7 \text{ a } 6,0 \quad \zeta = 0,15 \text{ a } 0,2$   
 $\zeta = 0,3 \text{ a } 0,4$

FACTORES DE RESISTENCIA EN GENERAL (Manual Degremont)

A. Estrechamiento brusco.

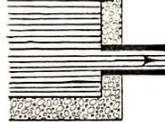
$$\Delta h = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{D_2^5}{D_1^5} \right) \frac{V^2}{2g}$$



$\Delta h$  = pérdida de carga, en metros de agua;  
 $V$  = velocidad media después del estrechamiento, en metros por segundo;  
 $g$  = aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>;  
 $D_1$  = diámetro de la tubería antes del estrechamiento, en metros;  
 $D_2$  = diámetro de la tubería después del estrechamiento, en metros.

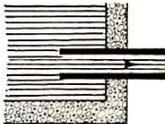
• Caso particular: tubería de salida de un depósito de gran capacidad

a) 
$$\Delta h = \frac{1}{2} \frac{V^2}{2g}$$



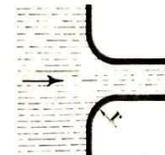
b) con saliente en el interior del depósito (saliente mayor que 1/2 diámetro):

$$\Delta h = \frac{V^2}{2g}$$



c) con unión de bordes redondeados:

(si  $\frac{r}{D} > 0,18$ ) 
$$\Delta h = 0,05 \frac{V^2}{2g}$$

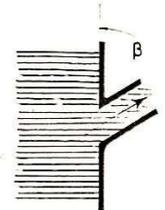


d) con unión cilíndrica oblicua:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

siendo:  $K = 0,5 + 0,3 \cos \beta + 0,2 \cos^2 \beta$

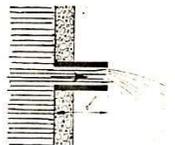
$\beta$	20°	30°	45°	60°	70°	80°	90°
K	0,96	0,91	0,81	0,70	0,63	0,56	0,50



e) con tobera que vierte a chorro abierto

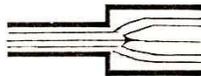
$$\Delta h = 1,5 \frac{V^2}{2g}$$

para  $2D < l < 5D$



B. Ensanchamiento brusco

$$\Delta h = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2g} \left( 1 - \frac{D_1^2}{D_2^2} \right)^2$$



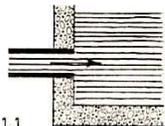
$V_1$  = velocidad media antes del ensanchamiento, en m por segundo.  
 $V_2$  = velocidad media después del ensanchamiento, en m por segundo.  
 $D_1$  = diámetro de la tubería antes del ensanchamiento, en m.  
 $D_2$  = diámetro de la tubería después del ensanchamiento, en m.

• Caso particular: llegada de una tubería a un depósito de gran dimensión:

$$\Delta h = \frac{V^2}{2g}$$

En general, se utiliza la fórmula:

$$\Delta h = \alpha \frac{V^2}{2g} \text{ siendo } 1,06 < \alpha < 1,1$$



C. Cono convergente

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2$$

a) Pérdida por rozamiento ( $\Delta h_r$ ):  
 Valorar la pérdida de carga  $\Delta h'$ , en una tubería cilíndrica de la misma longitud y sección igual a la sección mayor

$$\Delta h_r = \alpha \Delta h'$$

siendo  $x = \frac{n(n^4 - 1)}{4(n - 1)}$

en la que  $n = \frac{D}{d}$

$D$  = diámetro de entrada  
 $d$  = diámetro de salida.



b) Pérdida por separación ( $\Delta h_s$ ):

$$\Delta h_s = K \frac{V^2}{2g}$$

$V$  = velocidad calculada en la sección mayor, en metros por segundo.  
 Valores de K:

$n = \frac{D}{d}$	1,15	1,25	1,50	1,75	2	2,5
Angulo en el vértice						
6°	0,006	0,018	0,085	0,23	0,5	1,5
8°	0,009	0,028	0,138	0,373	0,791	2,42
10°	0,012	0,04	0,20	0,53	1,05	3,4
15°	0,022	0,07	0,344	0,934	1,98	6,07
20°	0,045	0,12	0,60	1,73	3,5	11
30°	0,280	0,25	1,25	3,4	7	-

D. Cono divergente.

Fórmula de Lorenz: 
$$\Delta h = \left( \frac{4}{3} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \frac{V_1^2}{2g}$$

siendo:  
 $\alpha$  = ángulo en el vértice;  
 $V_1$  = velocidad de la tubería antes de la divergencia.

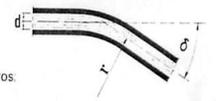


E. Codos

a) Codos redondeados:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

Valores de K:  
 $r$  = radio de curvatura del codo, en metros;  
 $d$  = diámetro del tubo, en metros.



$\frac{r}{d}$	1	1,5	2	3	4
$\delta = 22,5^\circ$	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08
$\delta = 45^\circ$	0,19	0,17	0,16	0,15	0,15
$\delta = 60^\circ$	0,25	0,22	0,21	0,20	0,19
$\delta = 90^\circ$	0,33	0,28	0,27	0,26	0,26
$\delta = 135^\circ$	0,41	0,36	0,35	0,35	0,35
$\delta = 180^\circ$	0,48	0,43	0,42	0,42	0,42

Codo que desemboca en un depósito lleno (K total)

$\delta = 90^\circ$	1,68	1,64	1,62	1,61	1,61
---------------------	------	------	------	------	------

Para una «curva 3 d»:

$$2r = 3d, \text{ es decir } \frac{r}{d} = 1,5$$



b) Codos en ángulo:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

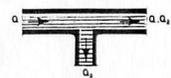
$\delta$	22,5°	30°	45°	60°	75°	90°
K	0,17	0,20	0,40	0,70	1,00	1,50

F. Piezas en T

Se supone que:  
 — las derivaciones tienen el mismo diámetro que la tubería principal;  
 — las uniones se efectúan según ángulos vivos.

a) Derivación de salida:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

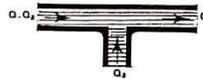


$Q$  = caudal total en m<sup>3</sup> por segundo;  
 $Q_d$  = caudal en la derivación de salida, en m<sup>3</sup> por segundo;  
 $V$  = velocidad de la corriente total, en m por segundo;  
 $K_b$  = coeficiente relativo en la derivación;  
 $K_r$  = coeficiente relativo en la parte rectilínea.

$\frac{Q_d}{Q}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$K_b$	(1,0)	1,0	1,01	1,03	1,05	1,09	1,15	1,22	1,32	1,38	1,45
$K_r$	0	0,004	0,02	0,04	0,06	0,10	0,15	0,20	0,26	0,32	(0,40)

**b) Derivación de llegada:**

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$



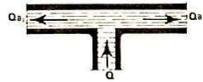
Q = caudal total en metros cúbicos por segundo;  
Qa = caudal en la derivación de llegada en metros cúbicos por segundo

$\frac{Qa}{Q}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
K	0.60	0.27	0.18	0.13	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0
Kr	0	0.16	0.27	0.38	0.46	0.53	0.57	0.59	0.60	0.59	0.55

**c) T simétrica, separación de corrientes: (T de acero soldado)**

$$Kr_1 = 1 + 0.3 \left( \frac{Qa_1}{Q} \right)^2$$

$$Kr_2 = 1 + 0.3 \left( \frac{Qa_2}{Q} \right)^2$$



**d) T simétrica, reunión de corrientes:**

$$Kr_1 = 2 + 3 \left[ \left( \frac{Qa_1}{Q} \right)^2 - \frac{Qa_2}{Q} \right]$$

$$Kr_2 = 2 + 3 \left[ \left( \frac{Qa_2}{Q} \right)^2 - \frac{Qa_1}{Q} \right]$$



**G. Válvulas y grifos**

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

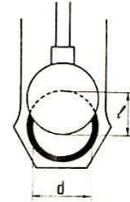
**a) Válvulas giratorias o de mariposa**

El coeficiente de pérdida de carga según el grado de apertura de la válvula depende del perfil hidrodinámico de la mariposa: en la tabla siguiente se dan, a título orientativo, algunos valores usuales, pero, para una mayor precisión, conviene tener en cuenta las tablas de los fabricantes.



$\beta$	0°-5°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°
K	0.25 a 0.30	0.52	1.54	3.91	10.8	18.7	32.6	118	751

**b) Válvulas de compuerta plana:**



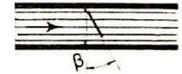
Valor de la disminución de la abertura $\frac{l}{d}$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$
K	0.12	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17	98

**c) Grifos de macho:**



$\beta$	10°	20°	30°	40°	45°	50°	55°
K	0.31	1.84	6.15	20.7	41	95.3	275

**d) Obturador basculante:**



$\beta$	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	60°	70°
K	90	62	42	30	20	14	9.5	6.6	3.2	1.7

**H. Válvulas abiertas y conexiones:**

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$