

ANEXO 3

TABLAS Y GRÁFICOS CORRESPONDIENTES A LAS CONDUCCIONES FORZADAS

1. Tablas y gráficos del capítulo 4.

- 1.1. *Tubos usados (intervalos de confianza del 95%).*
- 1.2. *Tubos usados (tipificación de la variable caudal).*
- 1.3. *Tubos nuevos (intervalos de confianza del 95%).*
- 1.4. *Tubos nuevos (tipificación de la variable caudal).*
- 1.5. *Velocidades en una tubería de $D = 1000$ mm según los diferentes grados de rugosidad k .*
- 1.6. *Caudales en una tubería de $D = 1000$ mm según los diferentes grados de rugosidad k .*
- 1.7. *Parámetros corregidos de la formulación simplificada de Darcy para las diferentes categorías de rugosidad.*
- 1.8. *Coeficientes de rozamiento para tuberías con gran desgaste.*
- 1.9. *Coeficientes de rozamiento para tuberías con desgaste normal.*
- 1.10. *Valores del parámetro n en función de D y k .*

2. Tablas y gráficos del capítulo 6.

- 2.1. *Características de las tuberías.*
- 2.2. *Tuberías de hierro.*
- 2.3. *Tuberías de acero.*
- 2.4. *Tuberías de hormigón armado.*
- 2.5. *Tuberías de fibrocemento.*
- 2.6. *Tuberías de plástico.*
- 2.7. *Valor aconsejable de t_u para tuberías*
 - 2.7.1. *Tuberías de plástico*
 - 2.7.2. *Tuberías de fibrocemento*
 - 2.7.3. *Tuberías de acero soldado*
 - 2.7.4. *Tuberías de hierro*
 - 2.7.5. *Tuberías de hormigón*
 - 2.7.6. *Tuberías de cerámica*

3. Tablas y gráficos del capítulo 8.

- 3.1. *Velocidad máxima. Ajustes mínimo-cuadráticos.*
- 3.2. *Factor de fricción explícito en la ecuación de Colebrook-White.*
- 3.3. *Viscosidad dinámica del agua según su temperatura.*

1. Tablas y gráficos del capítulo 4

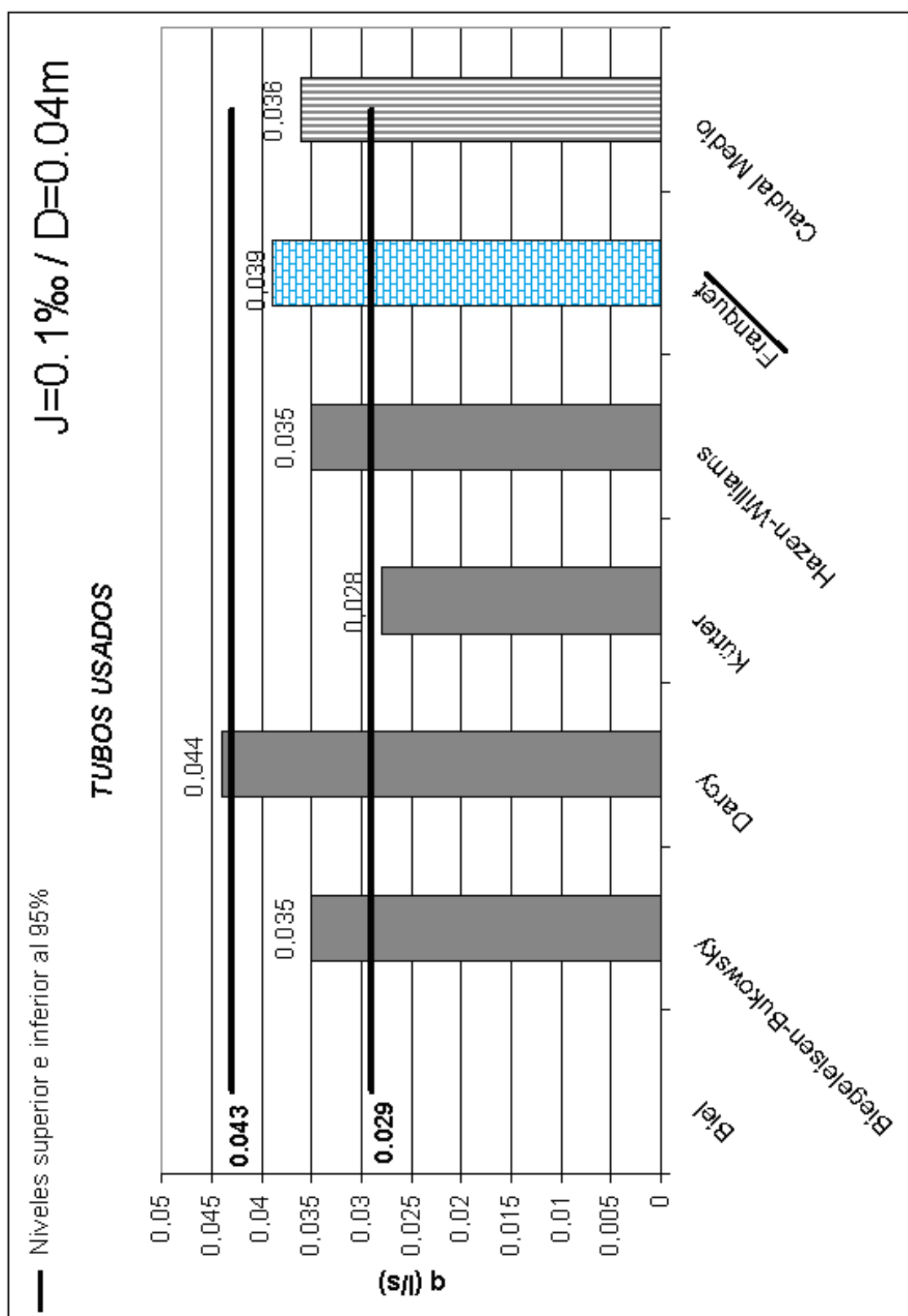
1.1. TUBOS USADOS

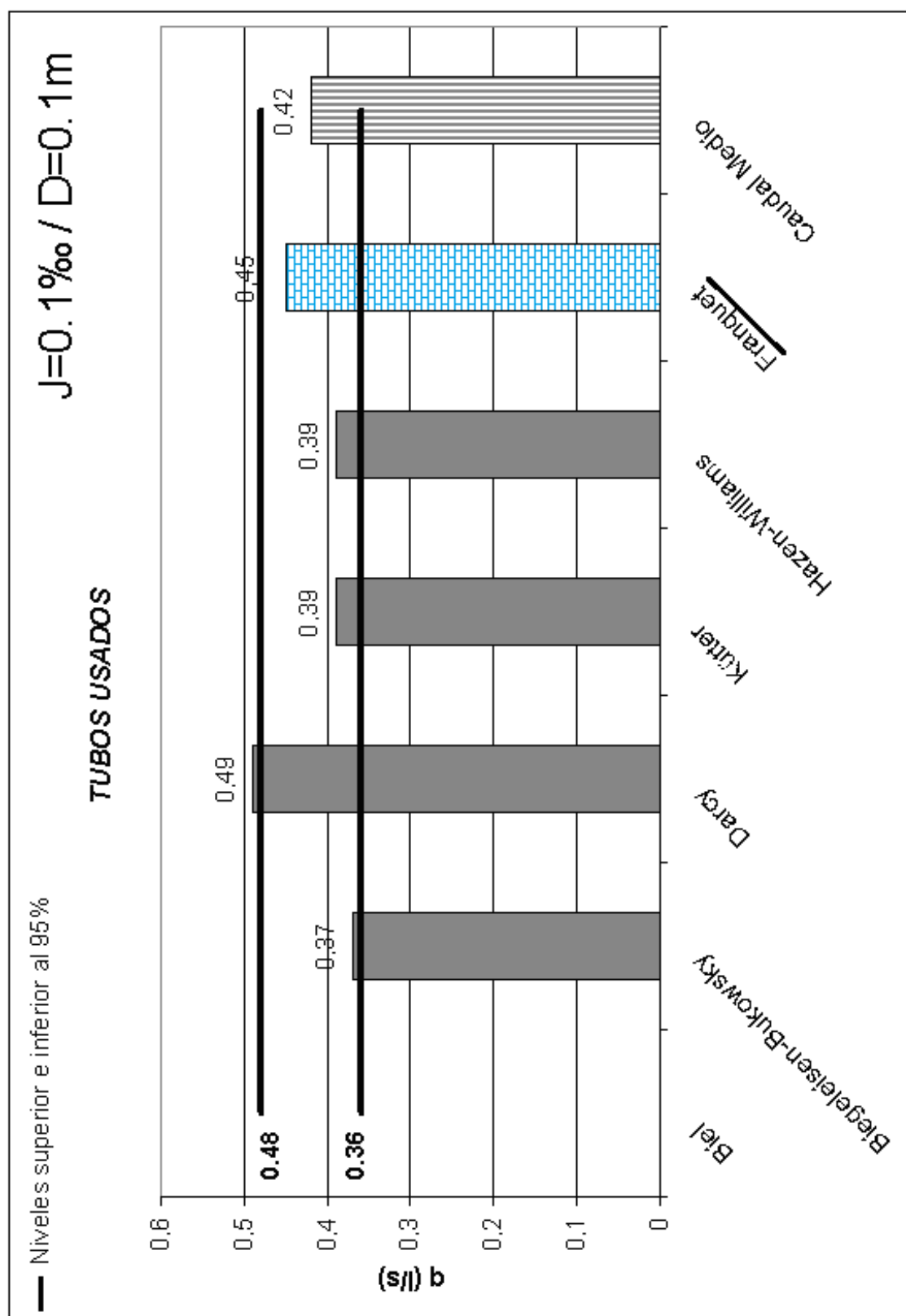
(intervalos de confianza del 95%)

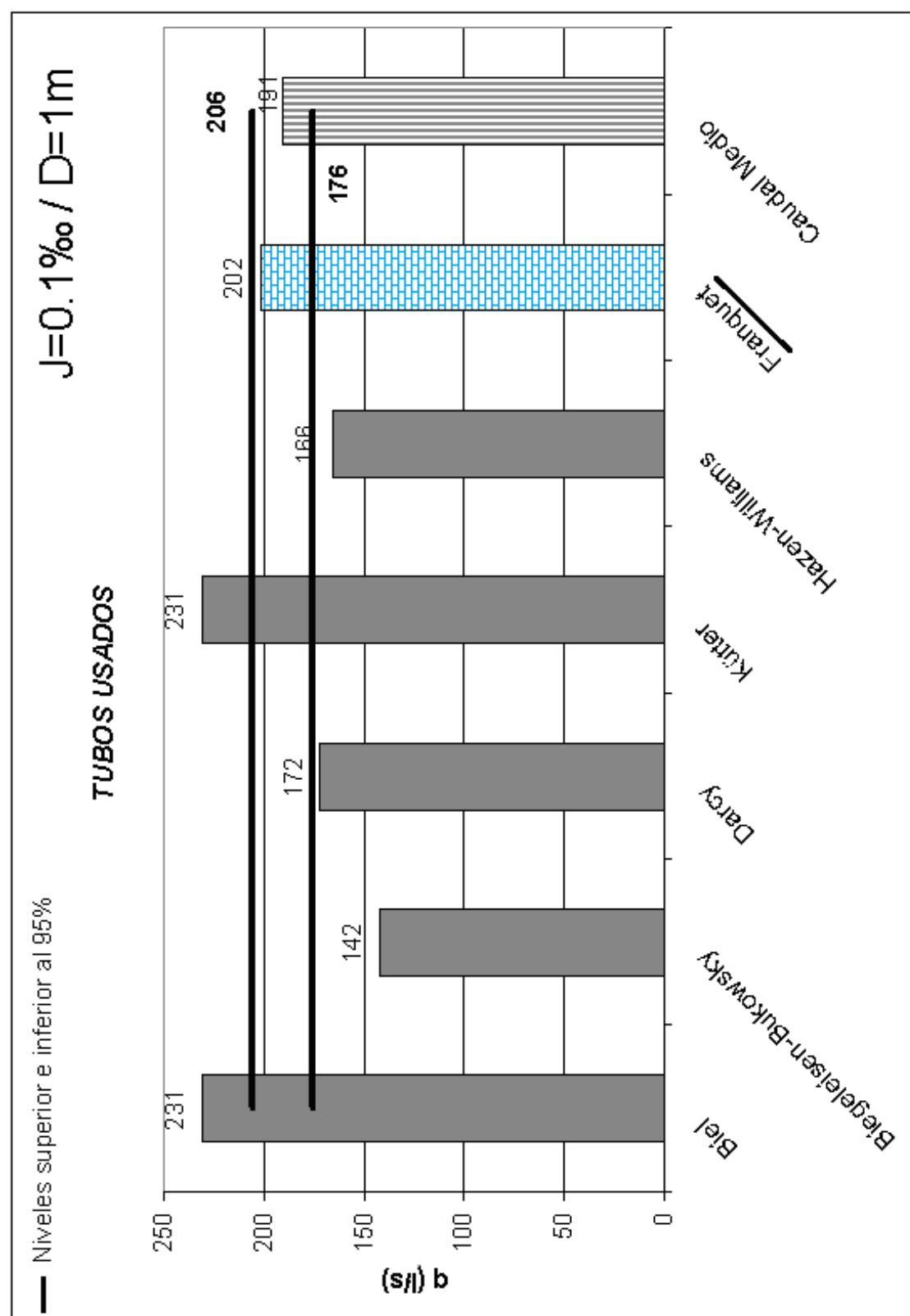
La tabla-resumen resultante de la aplicación de las seis formulaciones estudiadas a las doce tuberías usadas, es la siguiente:

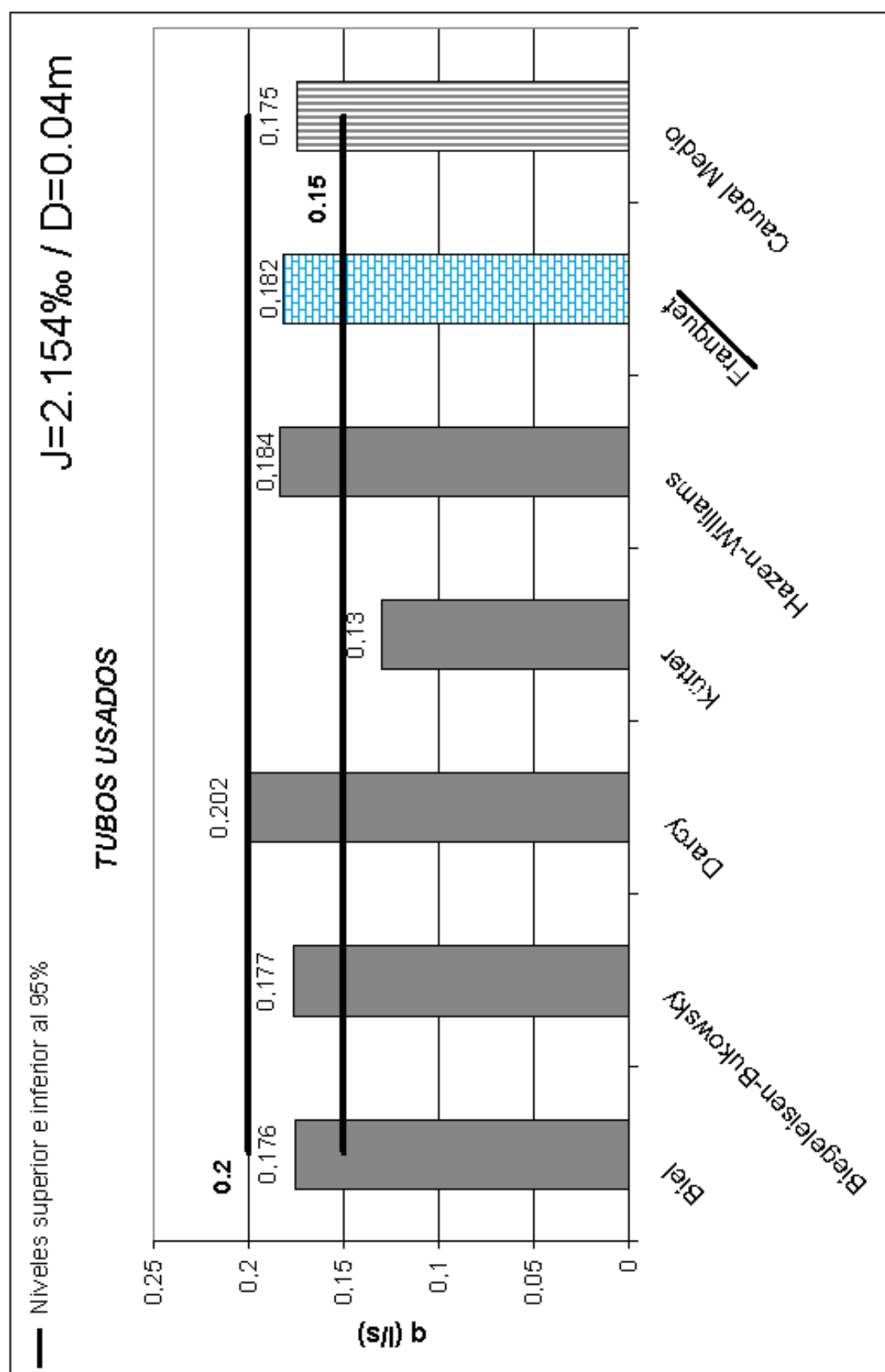
TUBOS USADOS

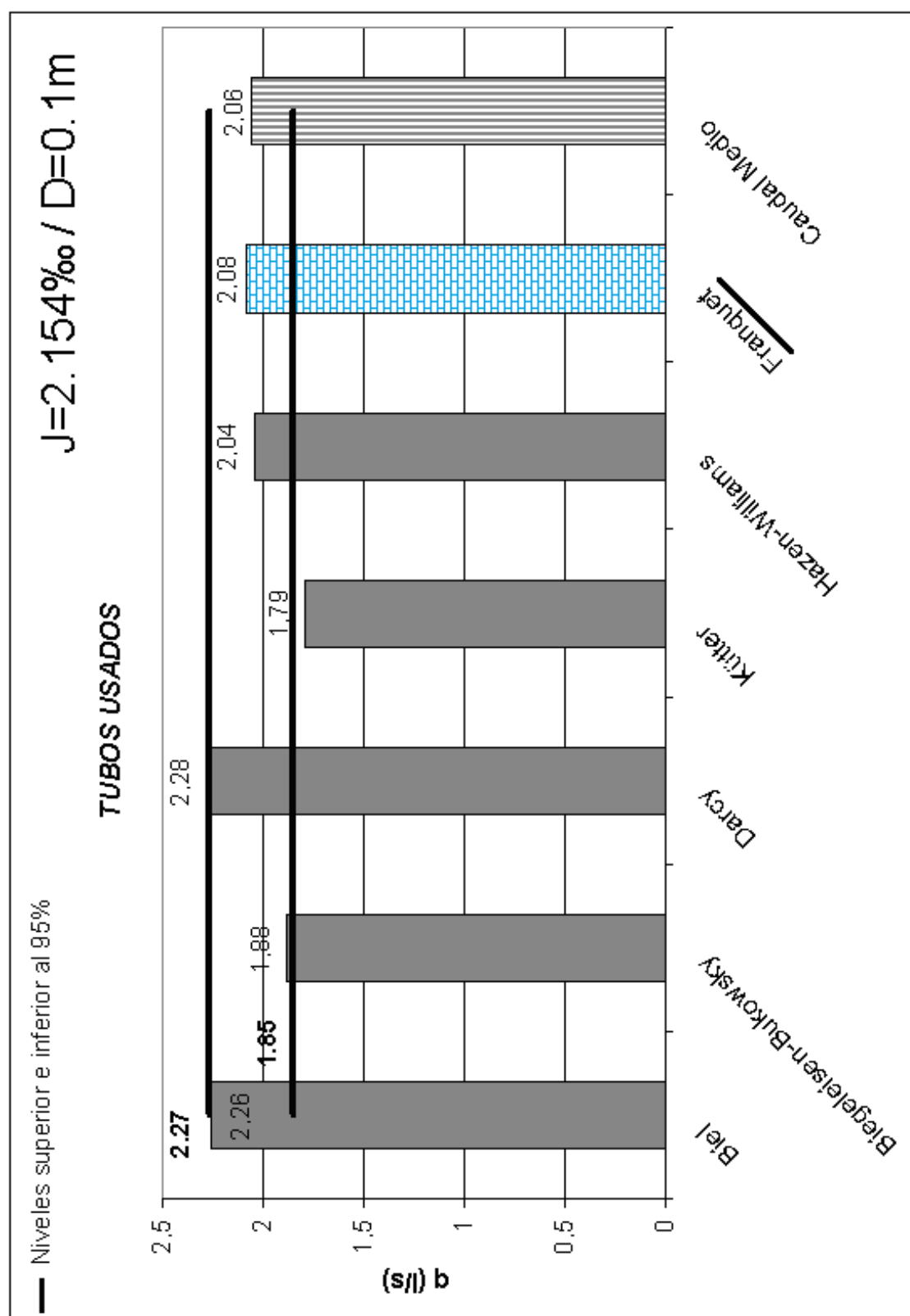
J=1:1000/D(m)	FÓRMULAS DIVERSAS						INTERVALO DE ADMISIBILIDAD (l./seg.)		
	Biel	Biegeleisen-Bukowsky	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet	Caudal Medio	Qmin	Qmax
0,1/0,04	-	0,035	0,044	0,028	0,035	0,039	0,036	0,029	0,043
0,1/0,1	-	0,37	0,49	0,39	0,39	0,45	0,42	0,36	0,48
0,1/1	231	142	172	231	166	202	191	176	206
2,154/0,04	0,176	0,177	0,202	0,13	0,184	0,182	0,175	0,15	0,2
2,154/0,1	2,26	1,88	2,28	1,79	2,04	2,08	2,06	1,85	2,27
2,154/1	1,110	716	799	1,070	872	939	918	757	1,079
46,42/0,04	0,91	0,89	0,94	0,6	0,96	0,85	0,86	0,72	1
46,42/0,1	11	9,5	10,6	8,3	10,7	9,6	9,9	8,8	11
46,42/1	5,200	3,604	2,950	4,980	4,579	4,359	4,279	3,381	5,177
1,000/0,04	4,31	4,5	4,36	2,79	5,06	3,92	4,16	3,36	4,96
1,000/0,1	50,7	47,8	49,2	38,6	56,3	44,7	47,9	41,7	54,1
1,000/1	24,200	18,100	13,700	23,100	24,030	20,230	20,560	16,233	24,887

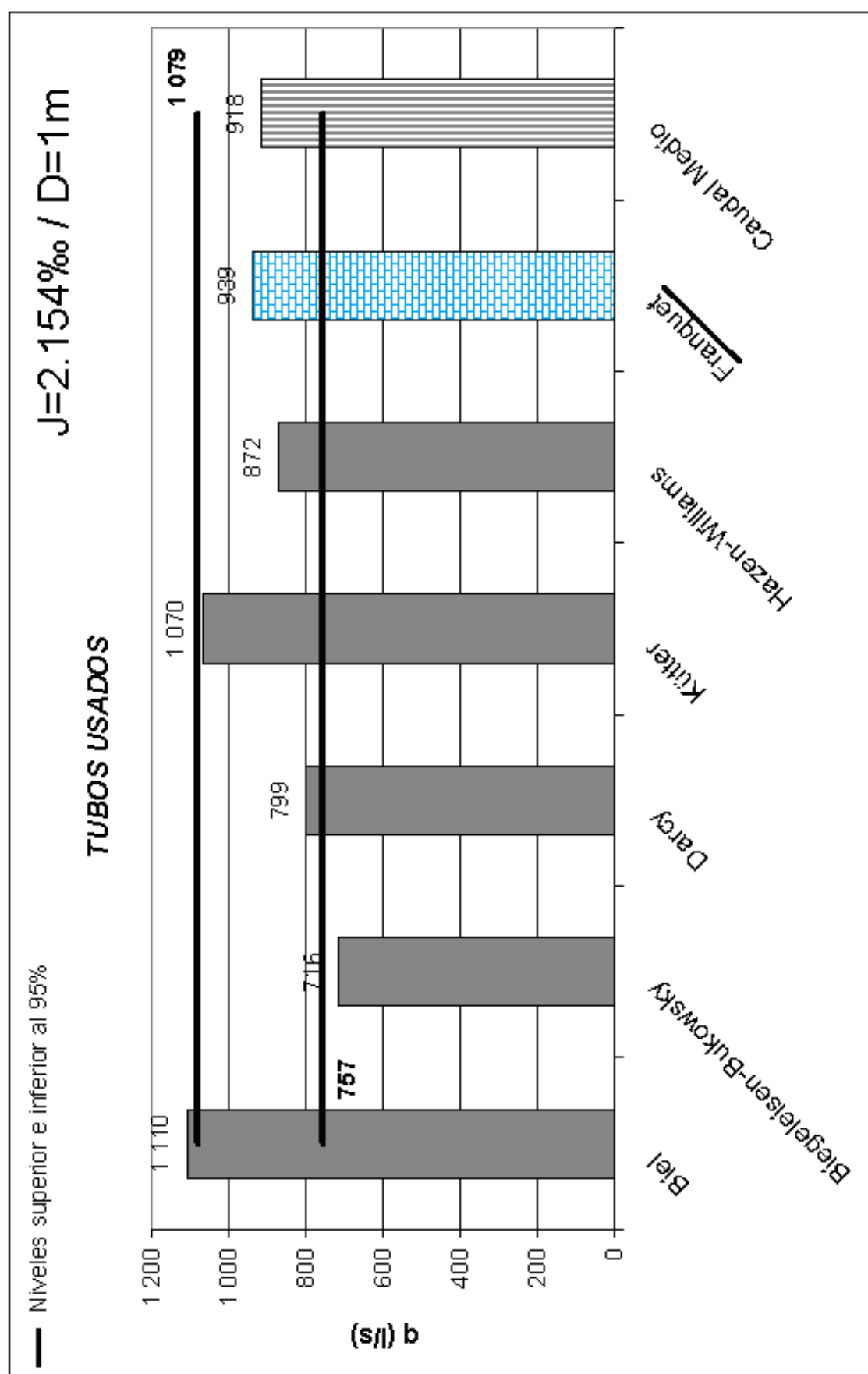


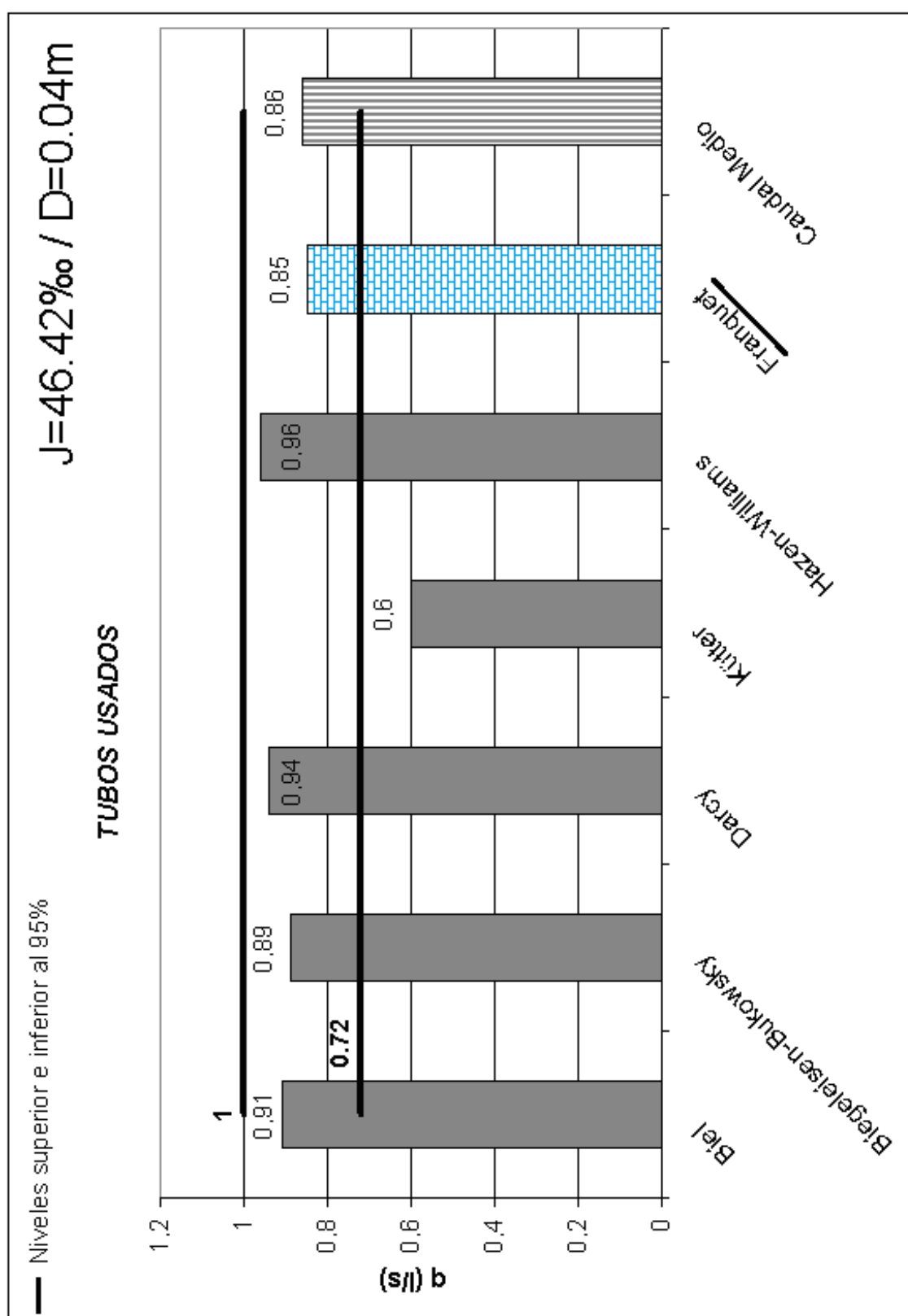


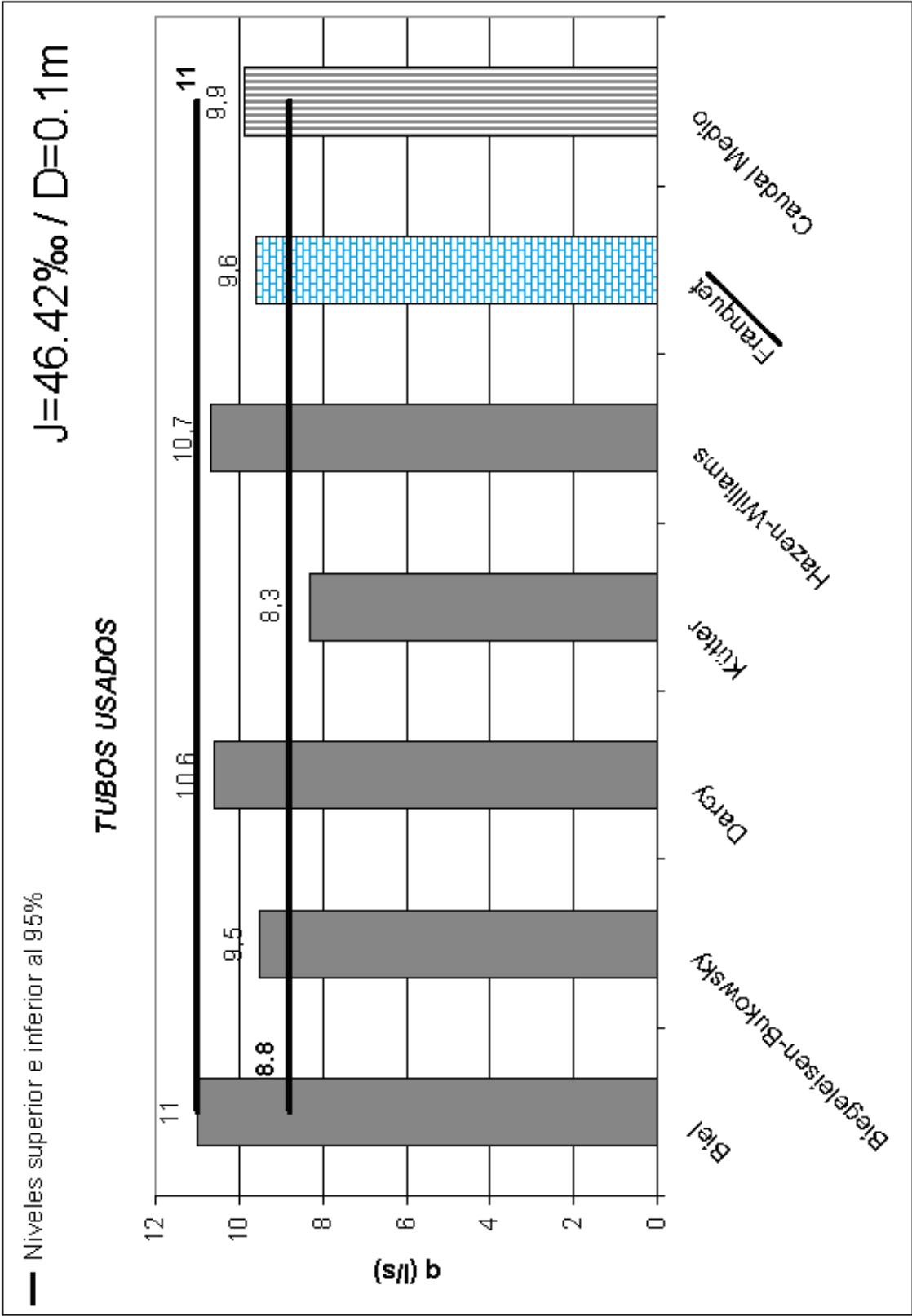


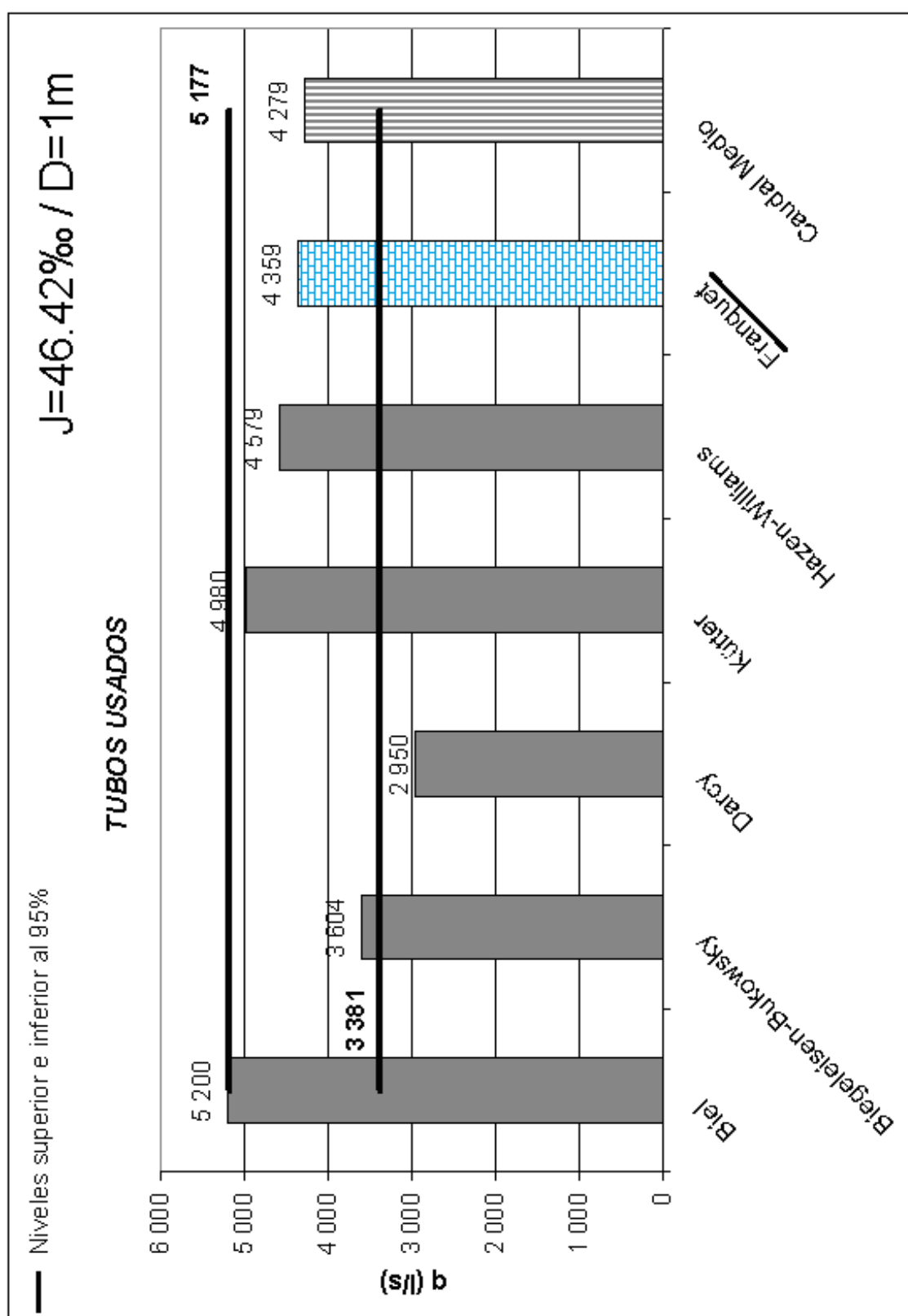


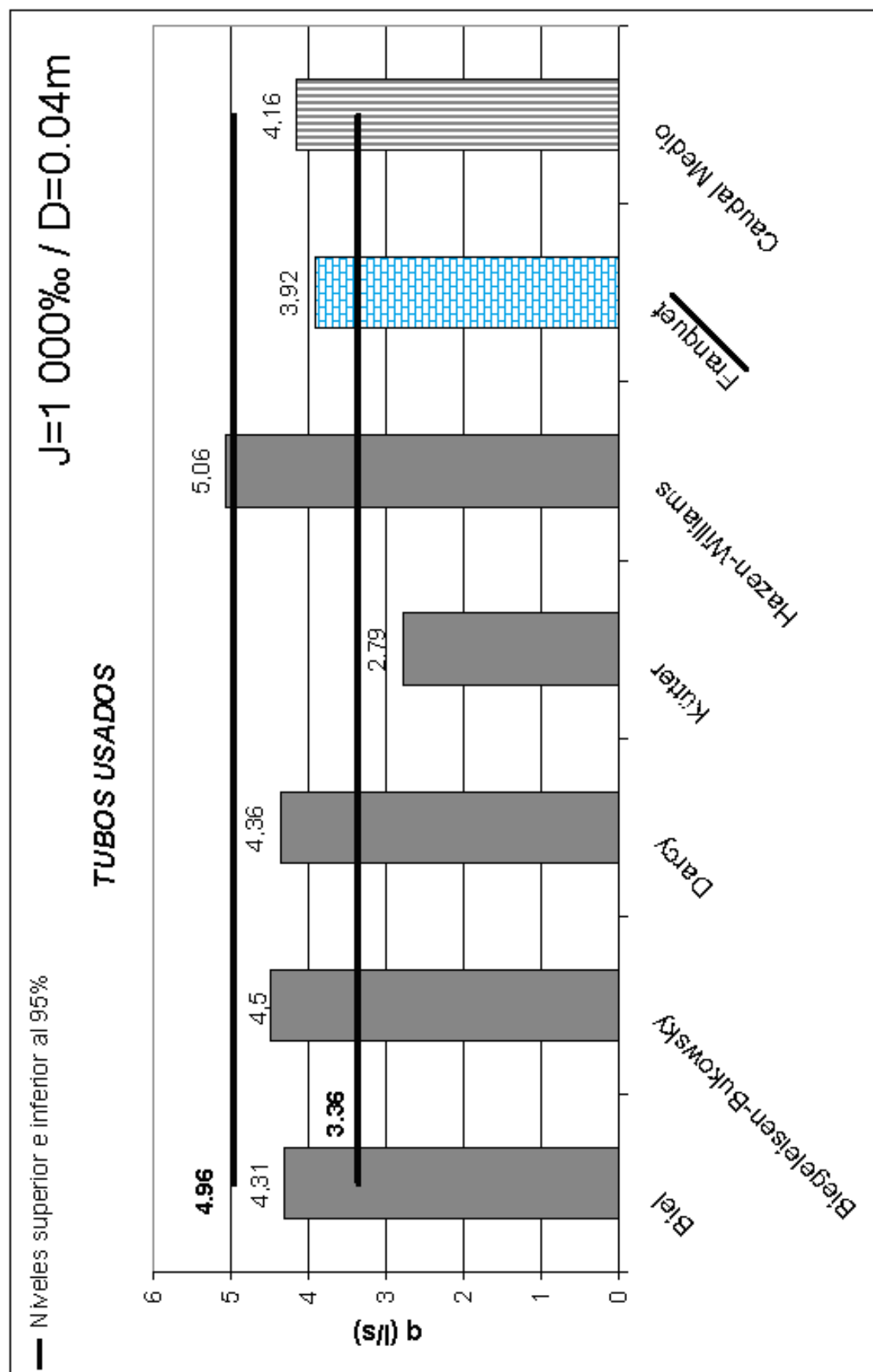


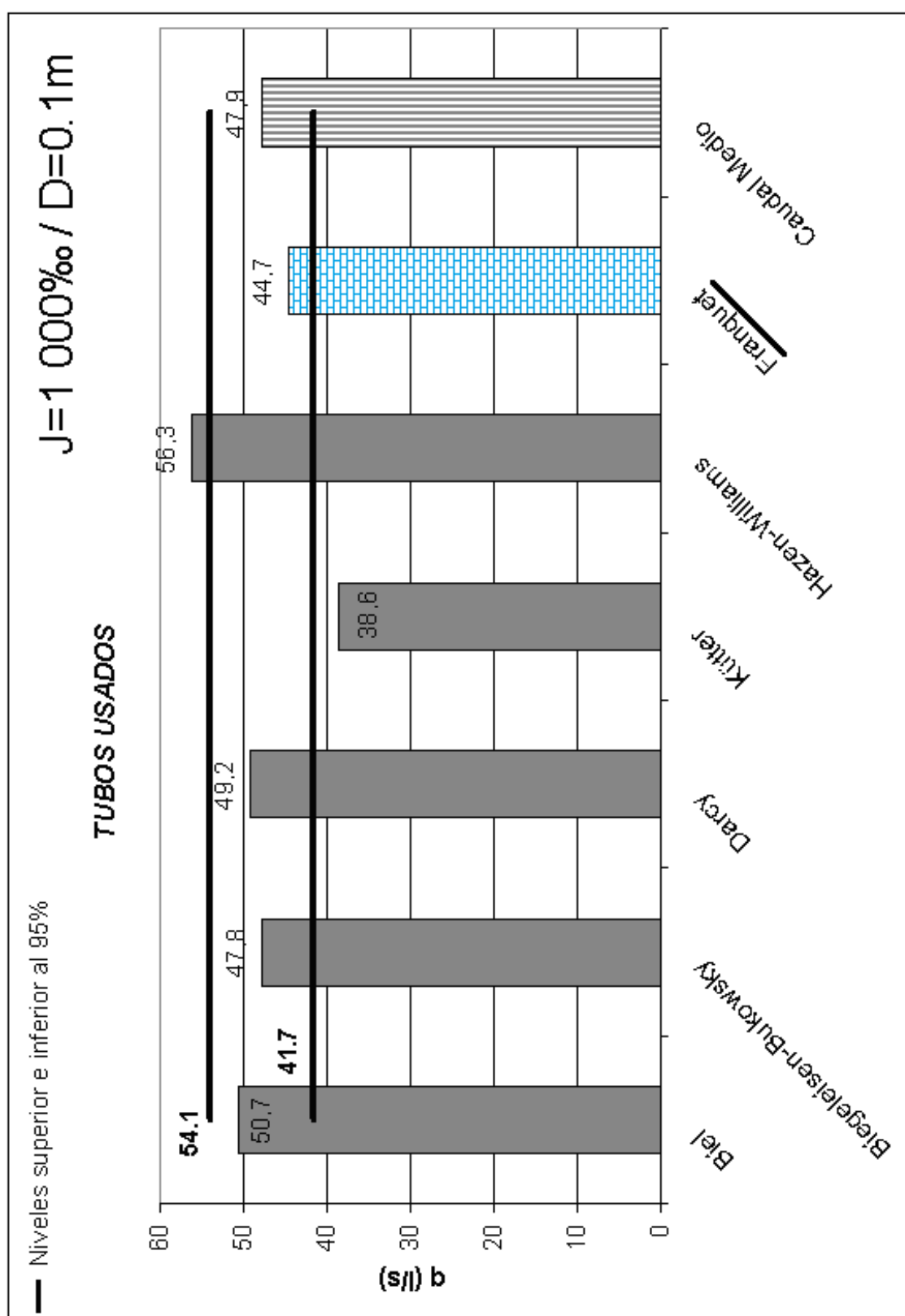


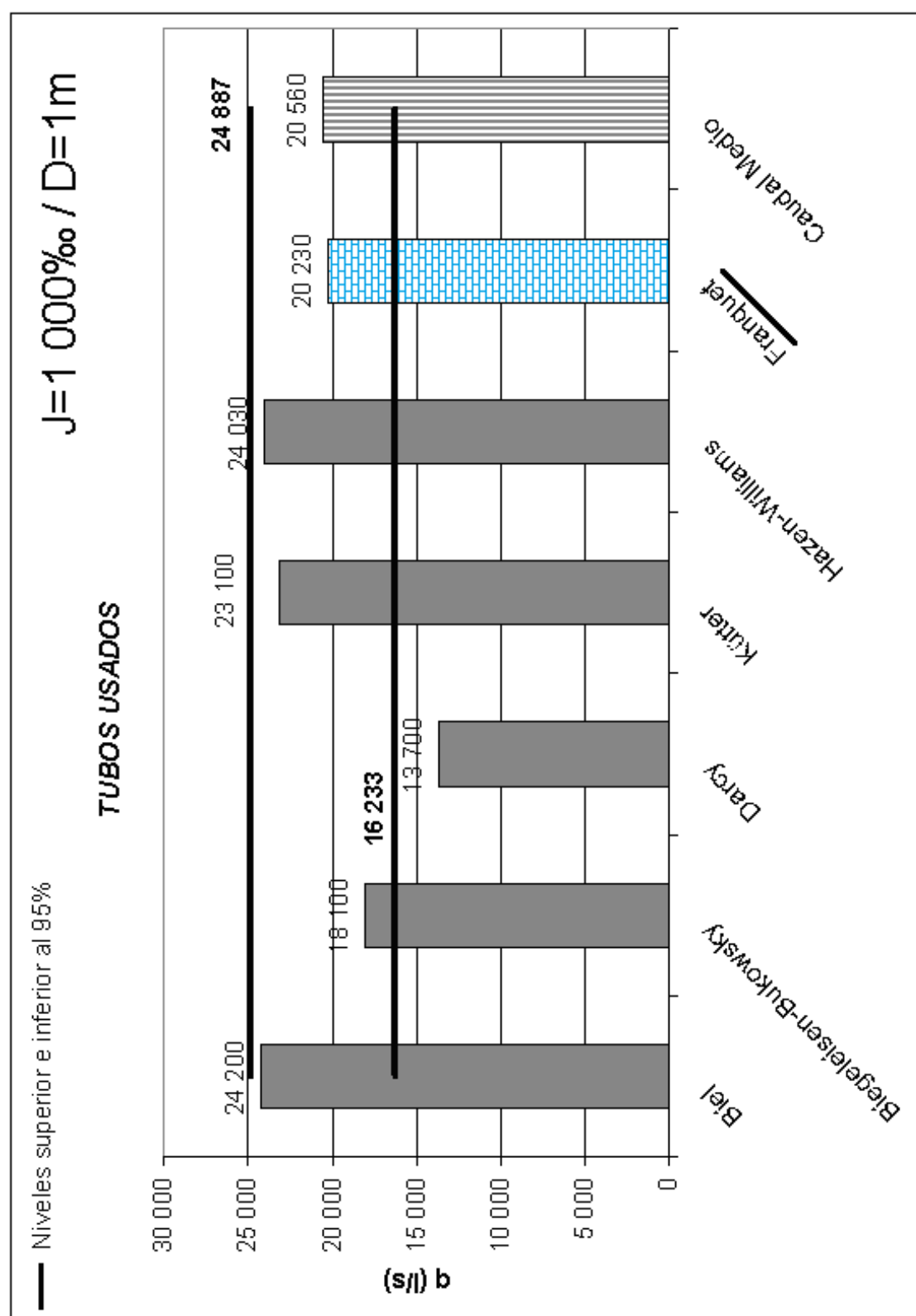












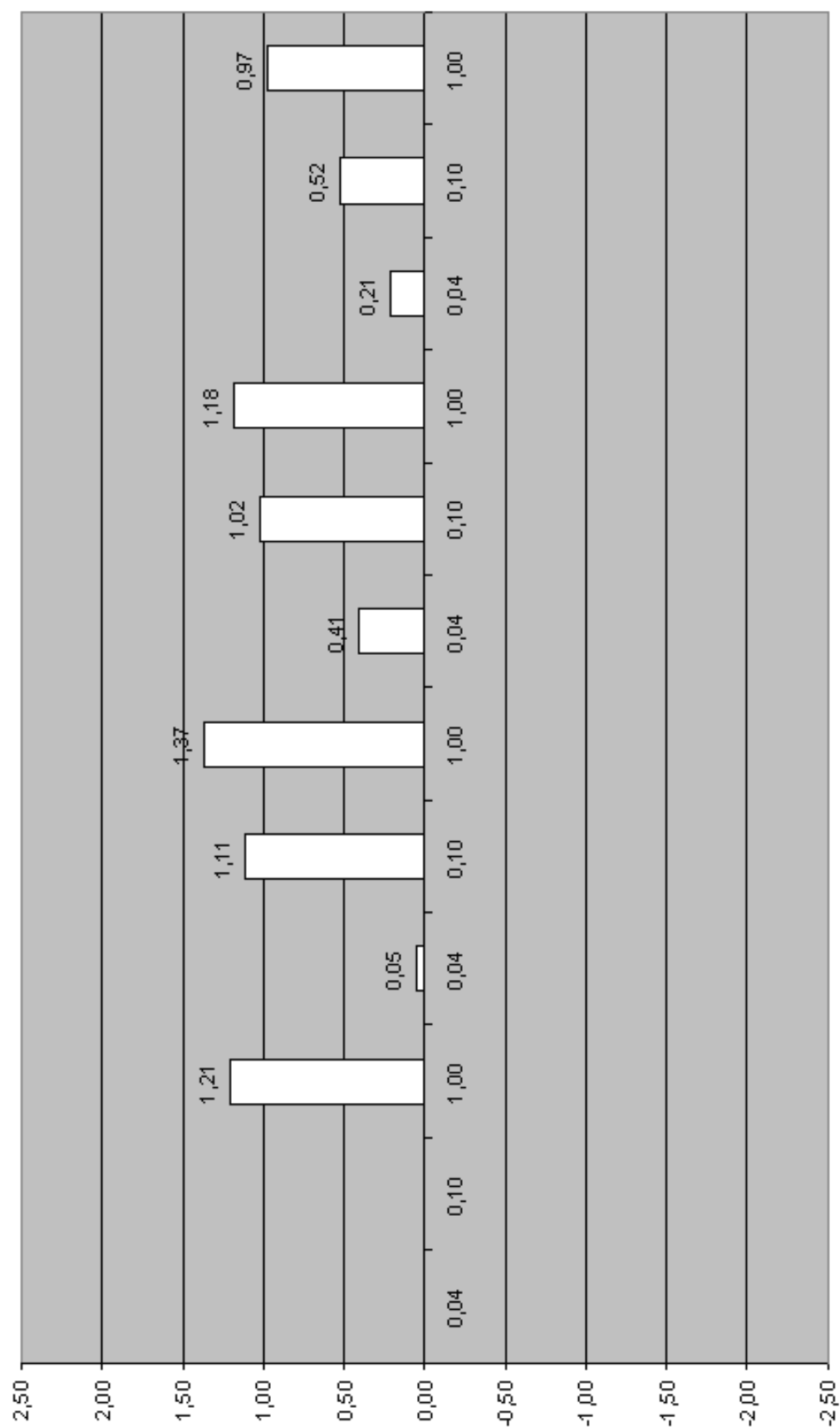
1.2. TUBOS USADOS

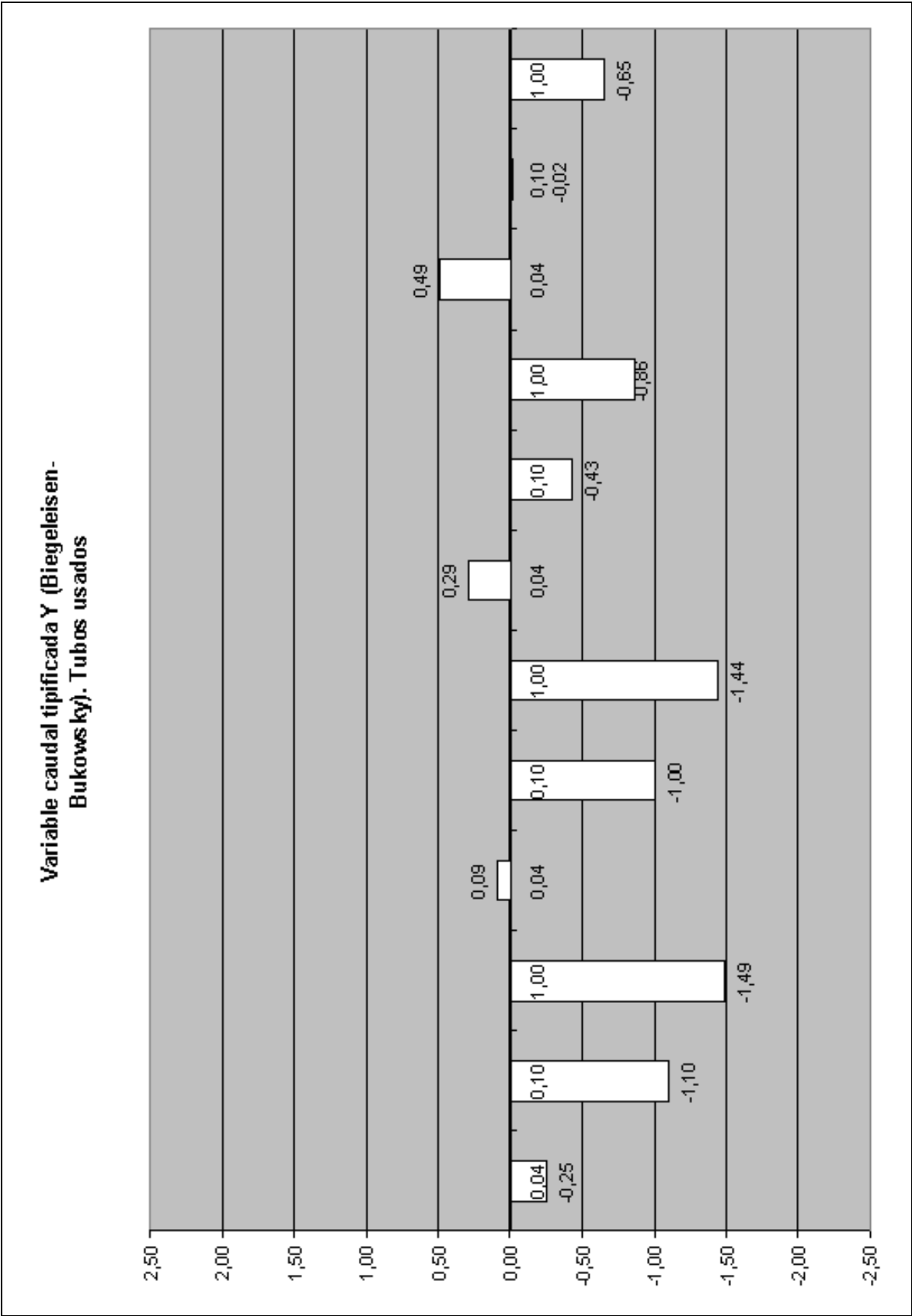
(tipificación de la variable caudal)

La tabla-resumen resultante de la aplicación de las seis formulaciones estudiadas a las doce tuberías usadas, es la siguiente (ver también las tablas 4.13 y 4.14 del capítulo 4):

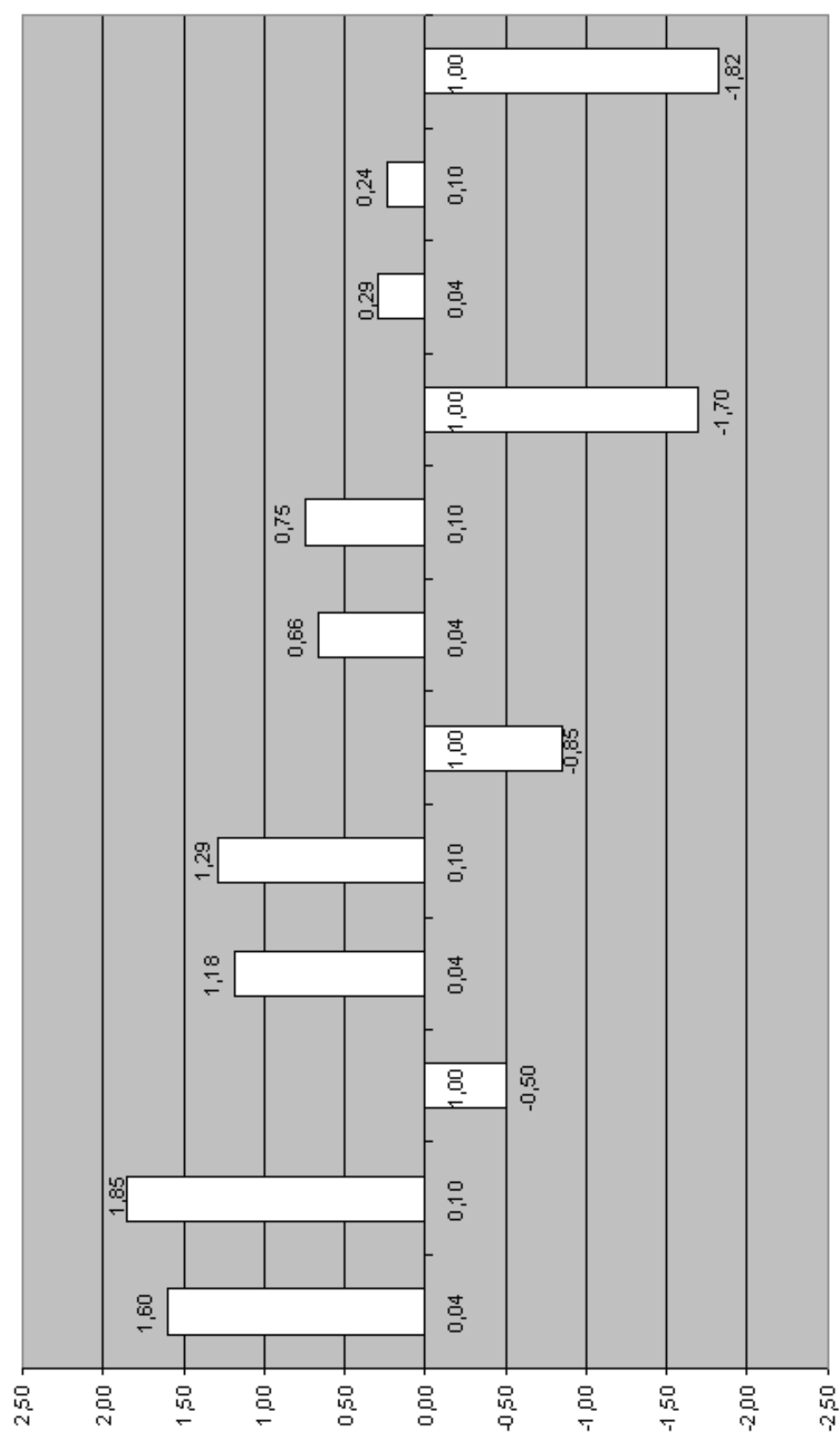
Variables de TUBOS USADOS							
J (°/100)	D (m.)	Biel	Biegeleisen-Bukowsky	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet
0,10	0,04		-0,25	1,60	-1,60	-0,25	0,50
0,10	0,10		-1,10	1,85	-0,75	-0,75	0,75
0,10	1,00	1,21	-1,49	-0,50	1,21	-0,76	0,33
2,15	0,04	0,05	0,09	1,18	-2,05	0,41	0,32
2,15	0,10	1,11	-1,00	1,29	-1,40	-0,11	0,11
2,15	1,00	1,37	-1,44	-0,85	1,10	-0,33	0,15
46,42	0,04	0,41	0,29	0,66	-2,15	0,83	-0,04
46,42	0,10	1,02	-0,43	0,75	-1,72	0,70	-0,32
46,42	1,00	1,18	-0,86	-1,70	0,90	0,38	0,10
1.000,00	0,04	0,21	0,49	0,29	-1,94	1,29	-0,34
1.000,00	0,10	0,52	-0,02	0,24	-1,71	1,55	-0,58
1.000,00	1,00	0,97	-0,65	-1,82	0,67	0,92	-0,09

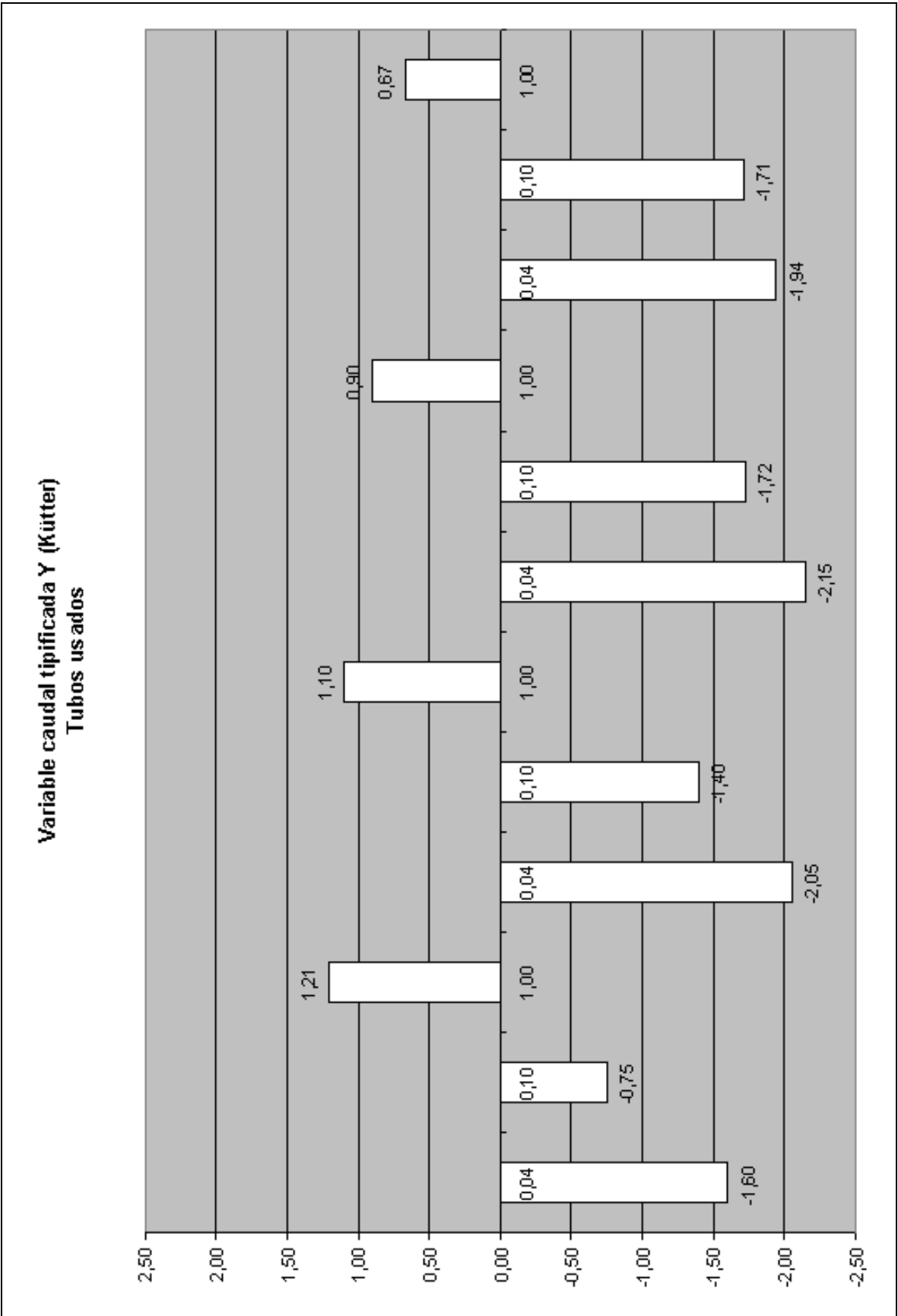
Variable caudal tipificada Y (Biel)
Tubos usados



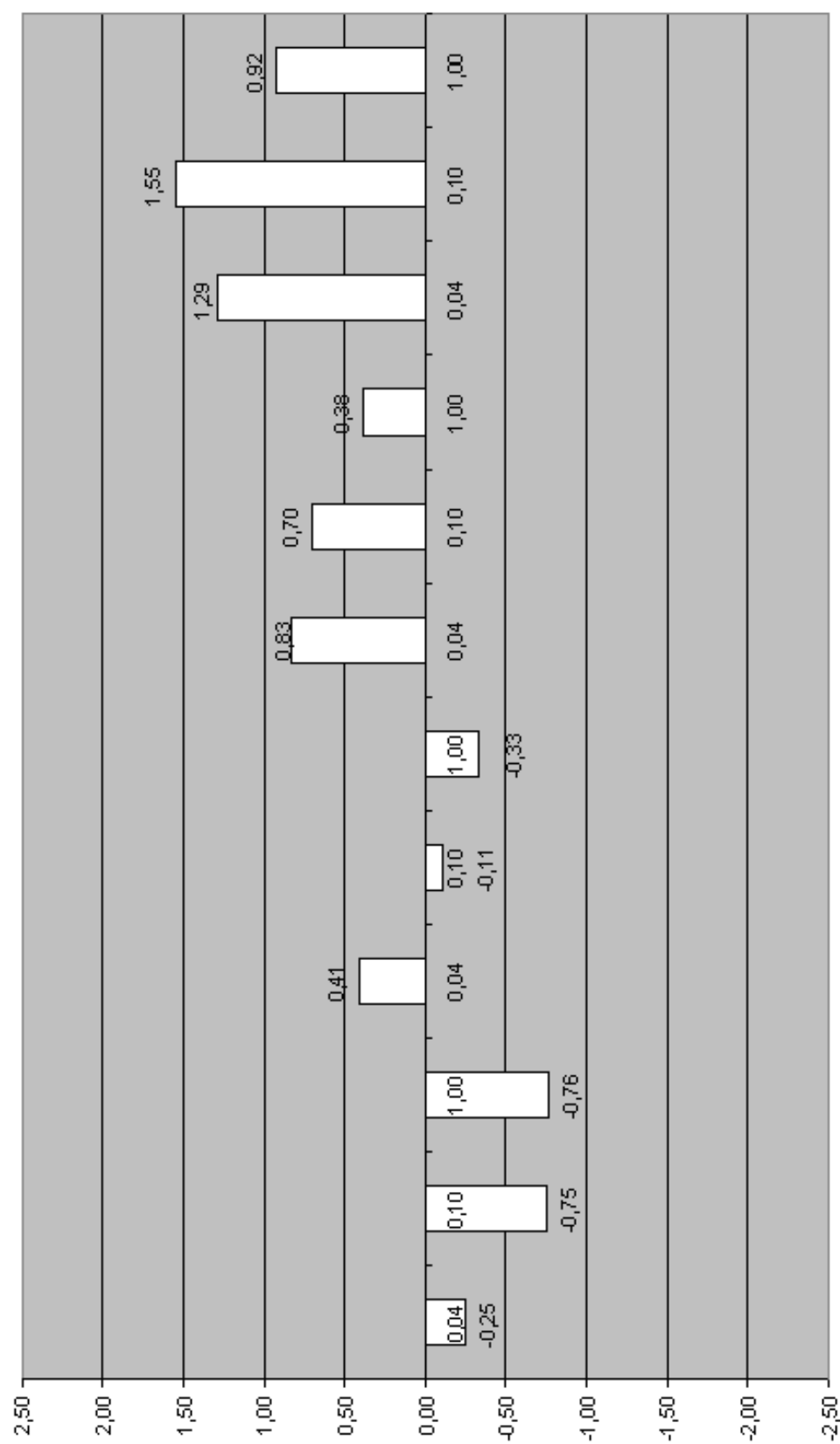


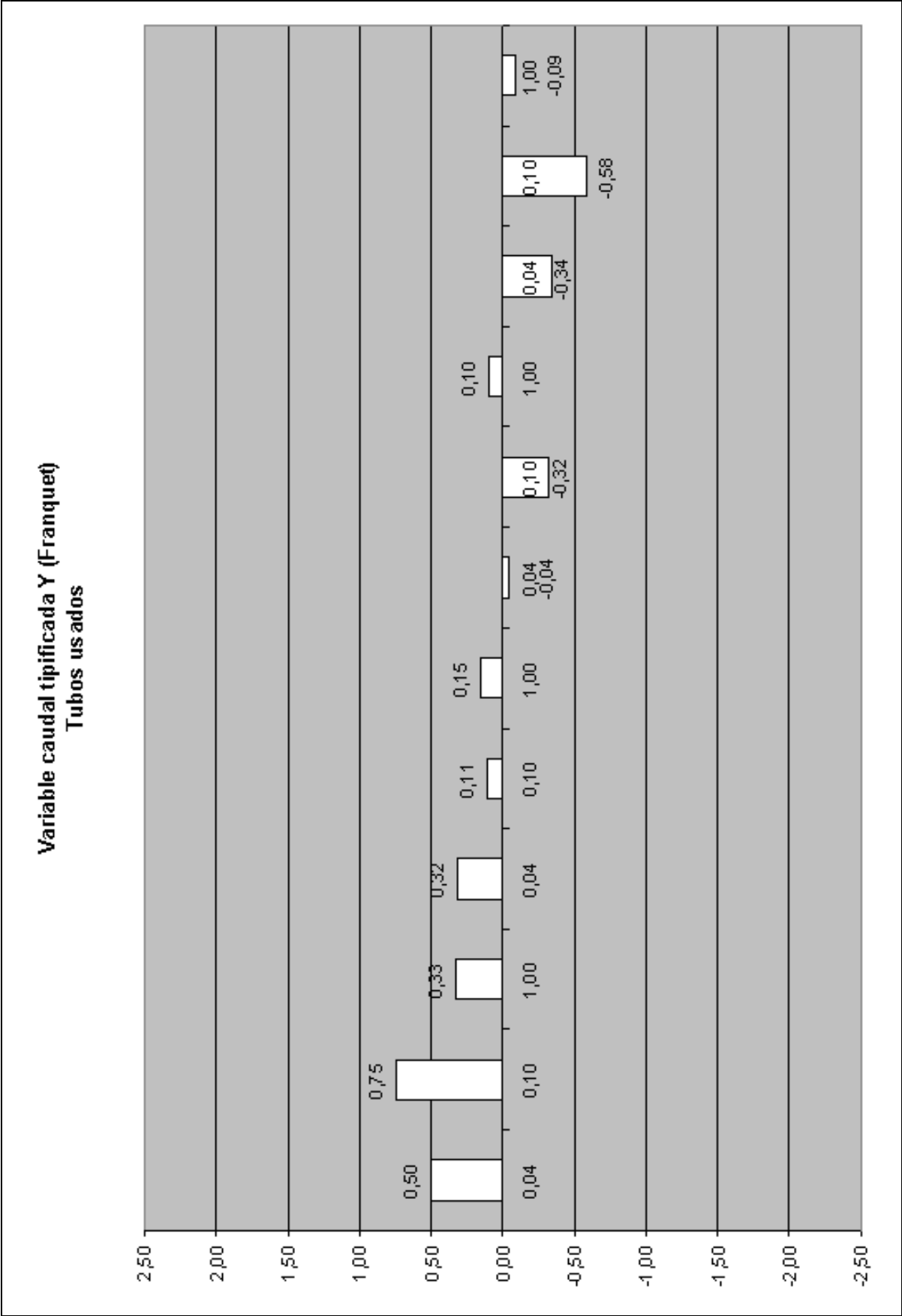
Variable caudal tipificada Y (Darcy)
Tubos usados





Variable caudal tipificada Y (Hazen-Williams)
Tubos usados



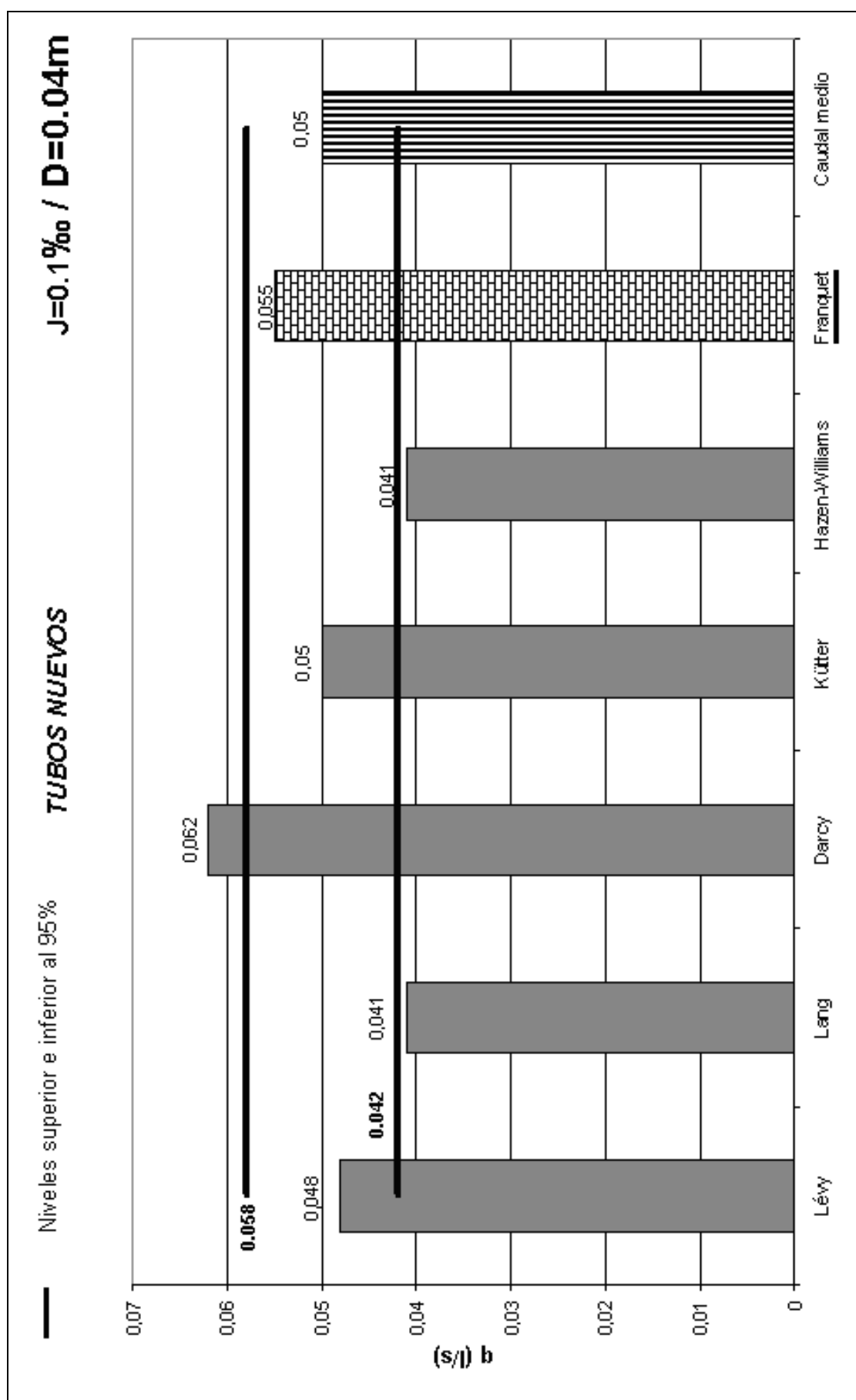


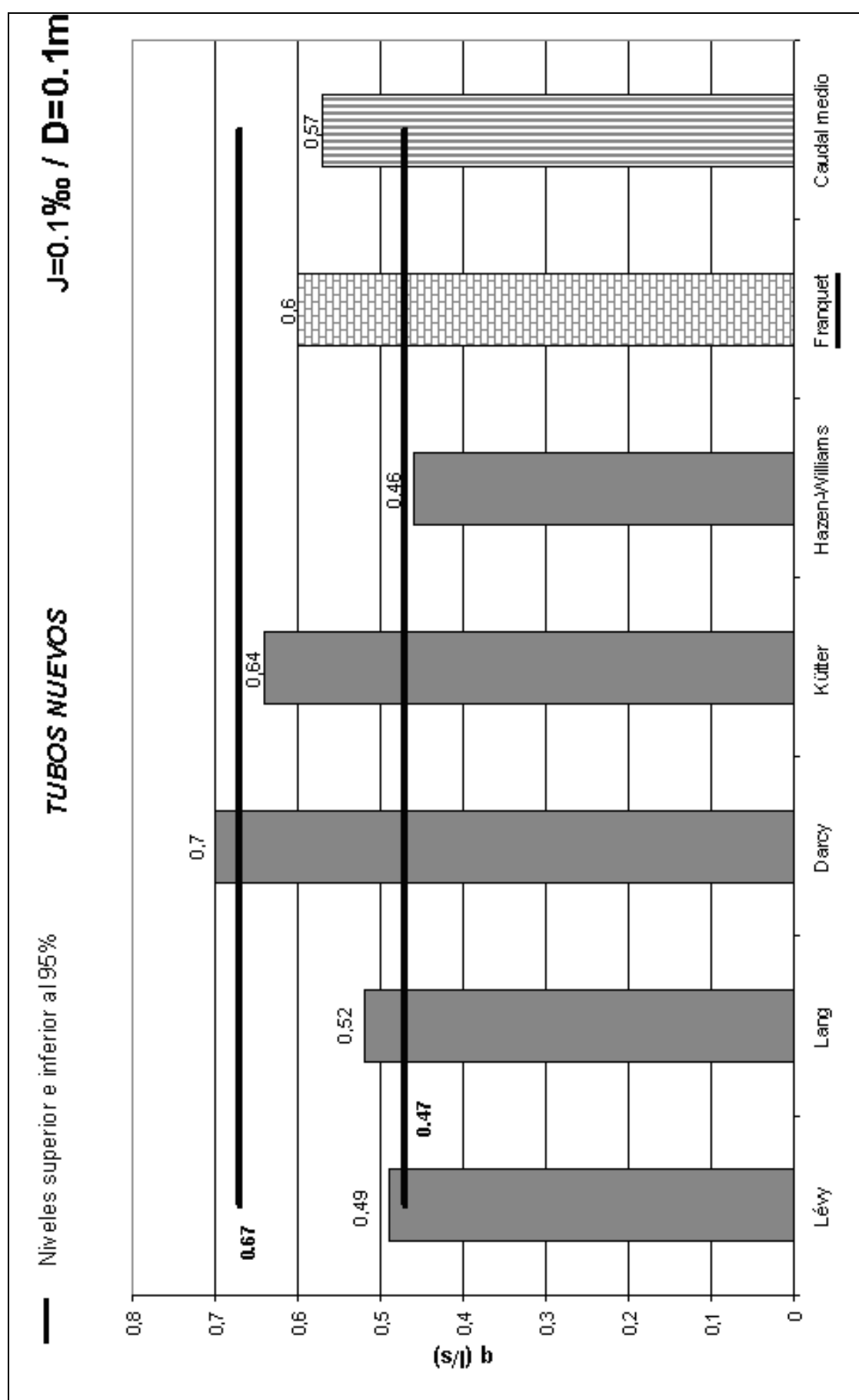
1.3. TUBOS NUEVOS

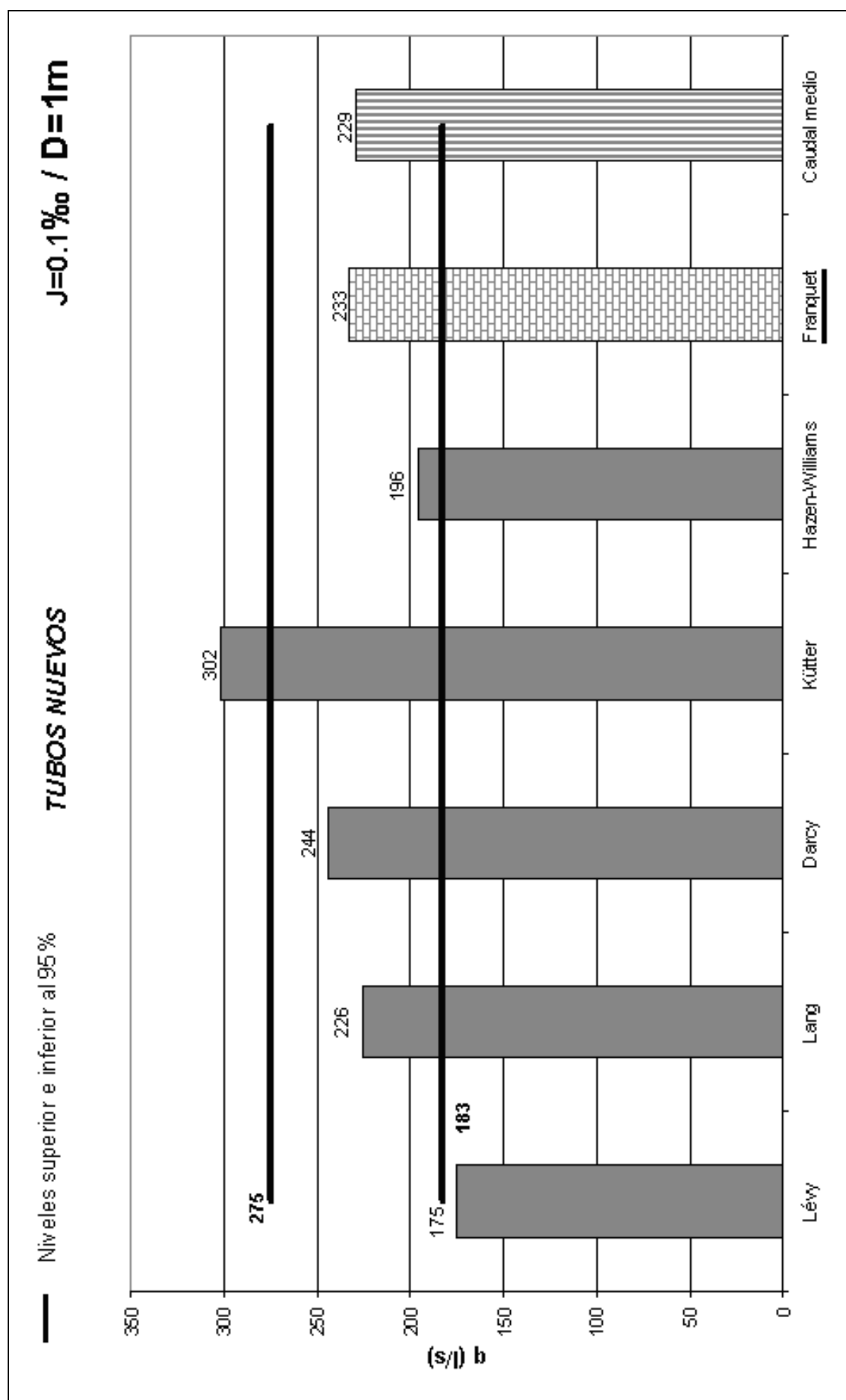
(intervalos de confianza del 95%)

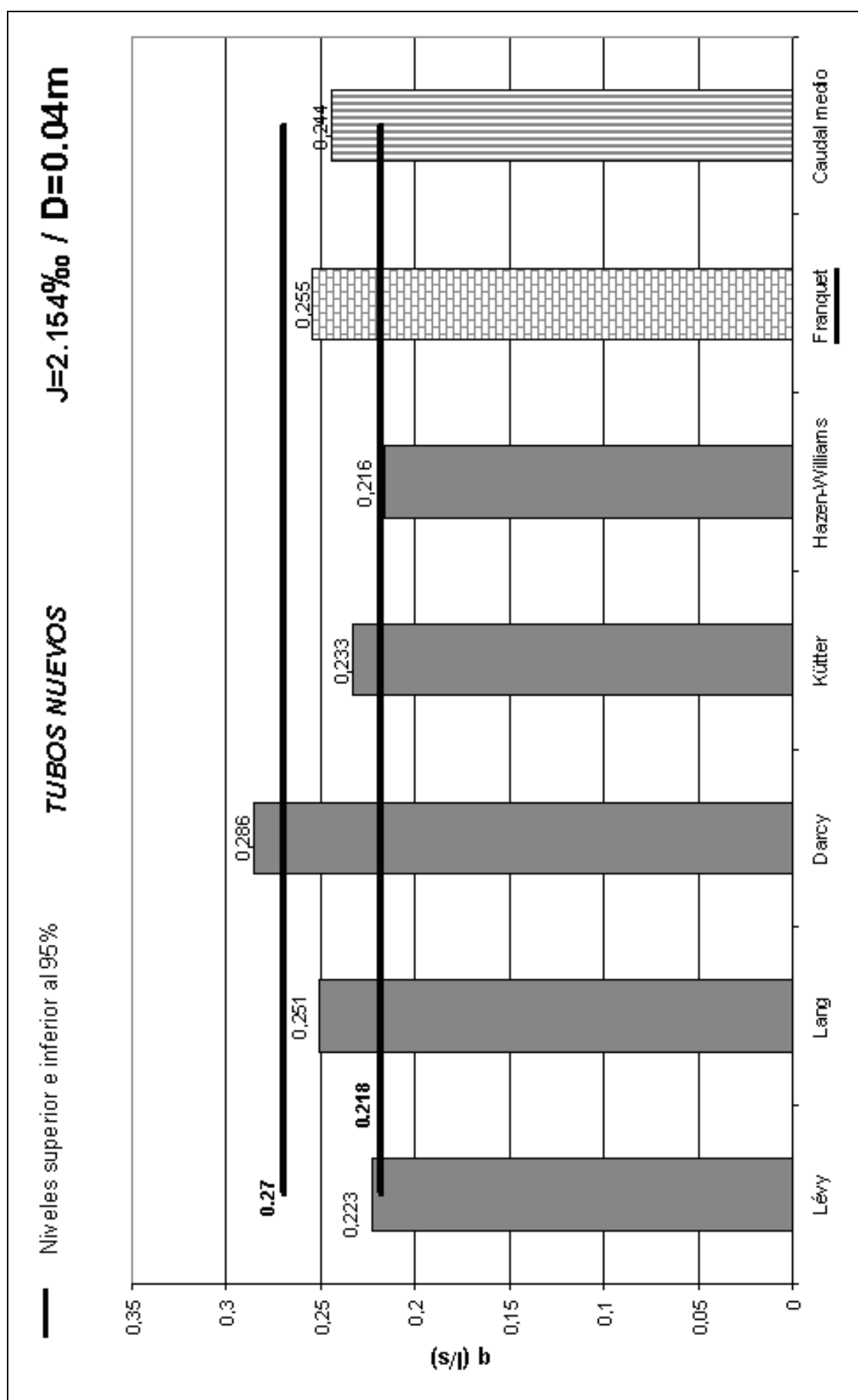
La tabla-resumen resultante de la aplicación de las seis formulaciones estudiadas a las doce tuberías nuevas, es la siguiente:

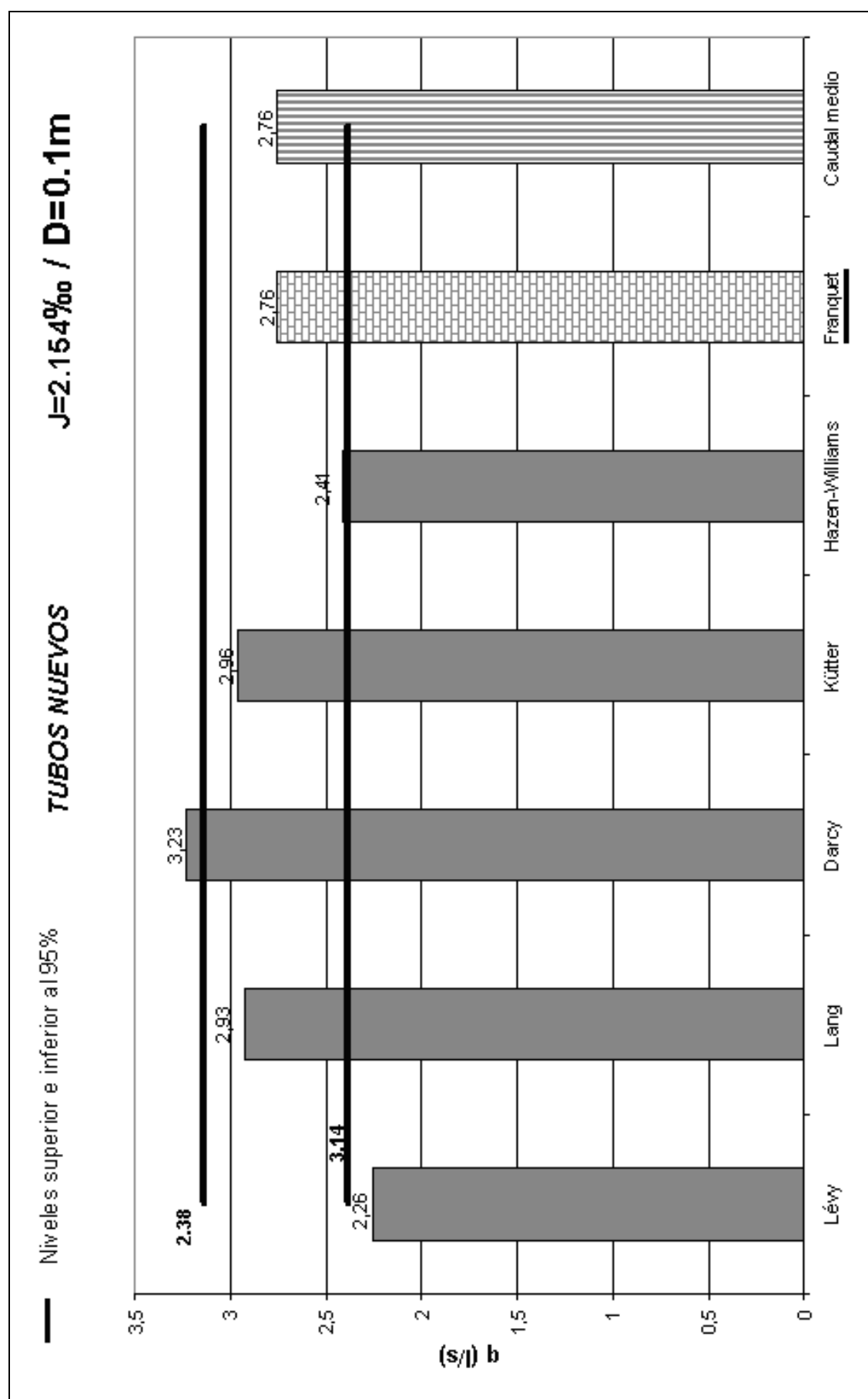
TUBOS NUEVOS											
J=1:1000/D(m)	FÓRMULAS DIVERSAS						INTERVALO DE ADMISIBILIDAD (l./seg.)				
	Lévy	Lang	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet	Caudal medio	Qmin	Qmax		
0,1/0,04	0,048	0,041	0,062	0,05	0,041	0,055	0,05	0,042	0,058		
0,1/0,1	0,49	0,52	0,7	0,64	0,46	0,6	0,57	0,47	0,67		
0,1/1	175	226	244	302	196	233	229	183	275		
2,154/0,04	0,223	0,251	0,286	0,233	0,216	0,255	0,244	0,218	0,27		
2,154/0,1	2,26	2,93	3,23	2,96	2,41	2,76	2,76	2,38	3,14		
2,154/1	813	1.100	1.130	1.400	1.026	1.084	1.092	893	1.291		
46,42/0,04	1,03	1,39	1,33	1,08	1,13	1,19	1,19	1,04	1,34		
46,42/0,1	10,5	15,1	15	13,7	12,6	12,7	13,3	11,5	15,1		
46,42/1	3.772	5.200	5.250	6.510	5.387	5.030	5.192	4.274	6.110		
1.000/0,04	4,8	7,16	6,17	5,03	5,95	5,49	5,77	4,87	6,67		
1.000/0,1	48,6	74,1	69,6	63,7	66,3	59,2	63,6	54,3	72,9		
1.000/1	17.507	24.400	24.000	30.200	28.271	23.342	24.620	19.994	29.246		

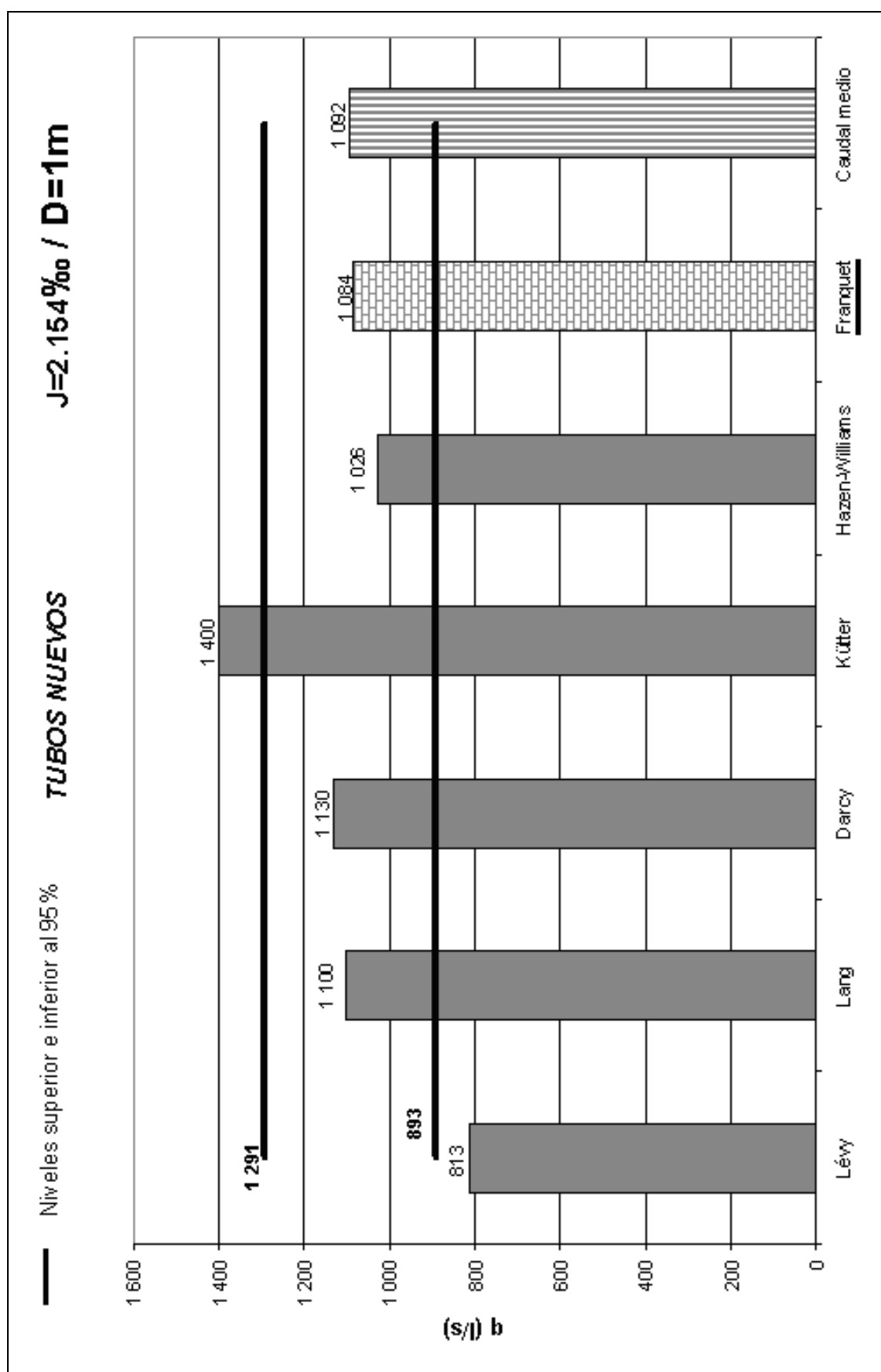


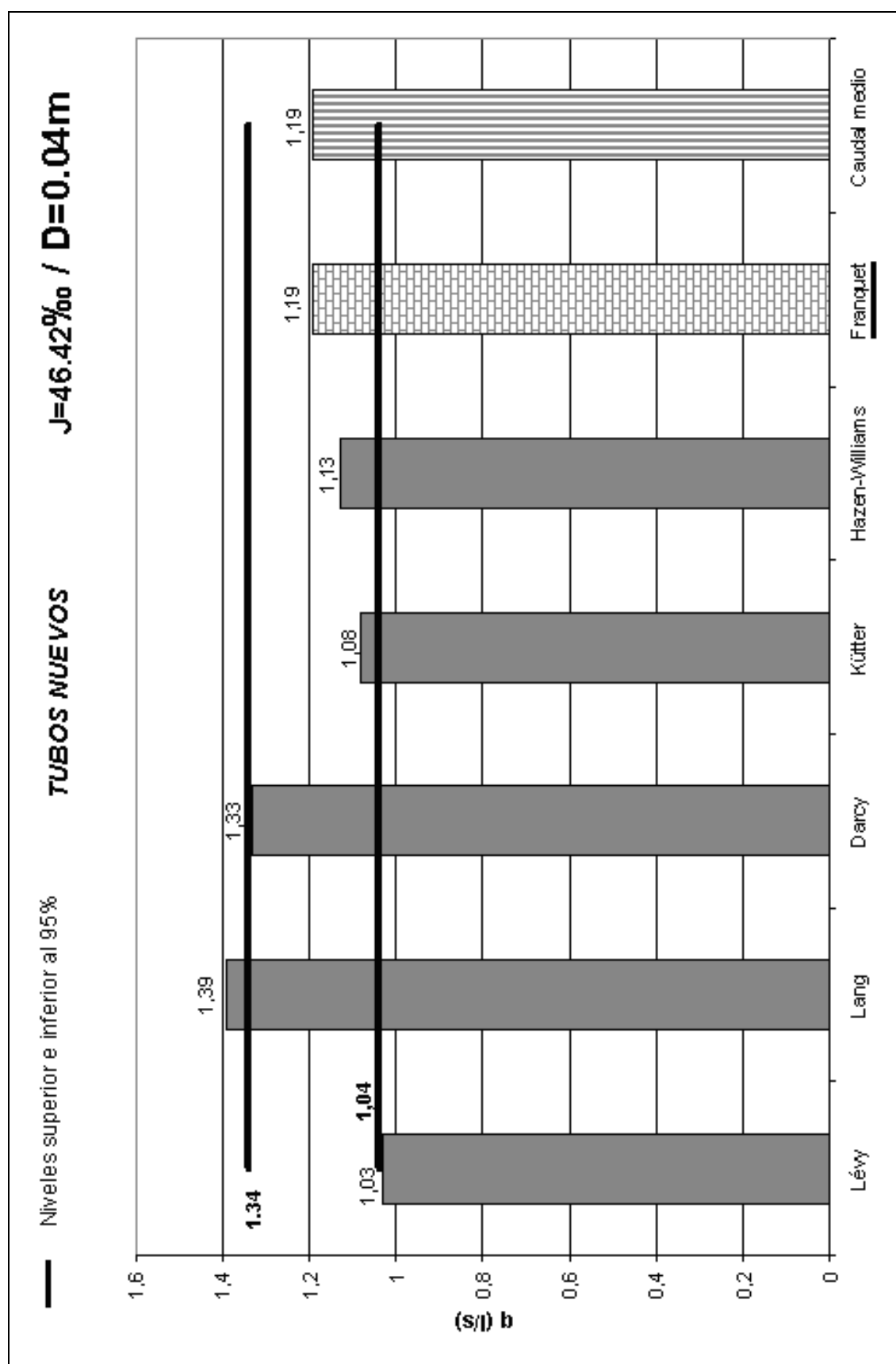


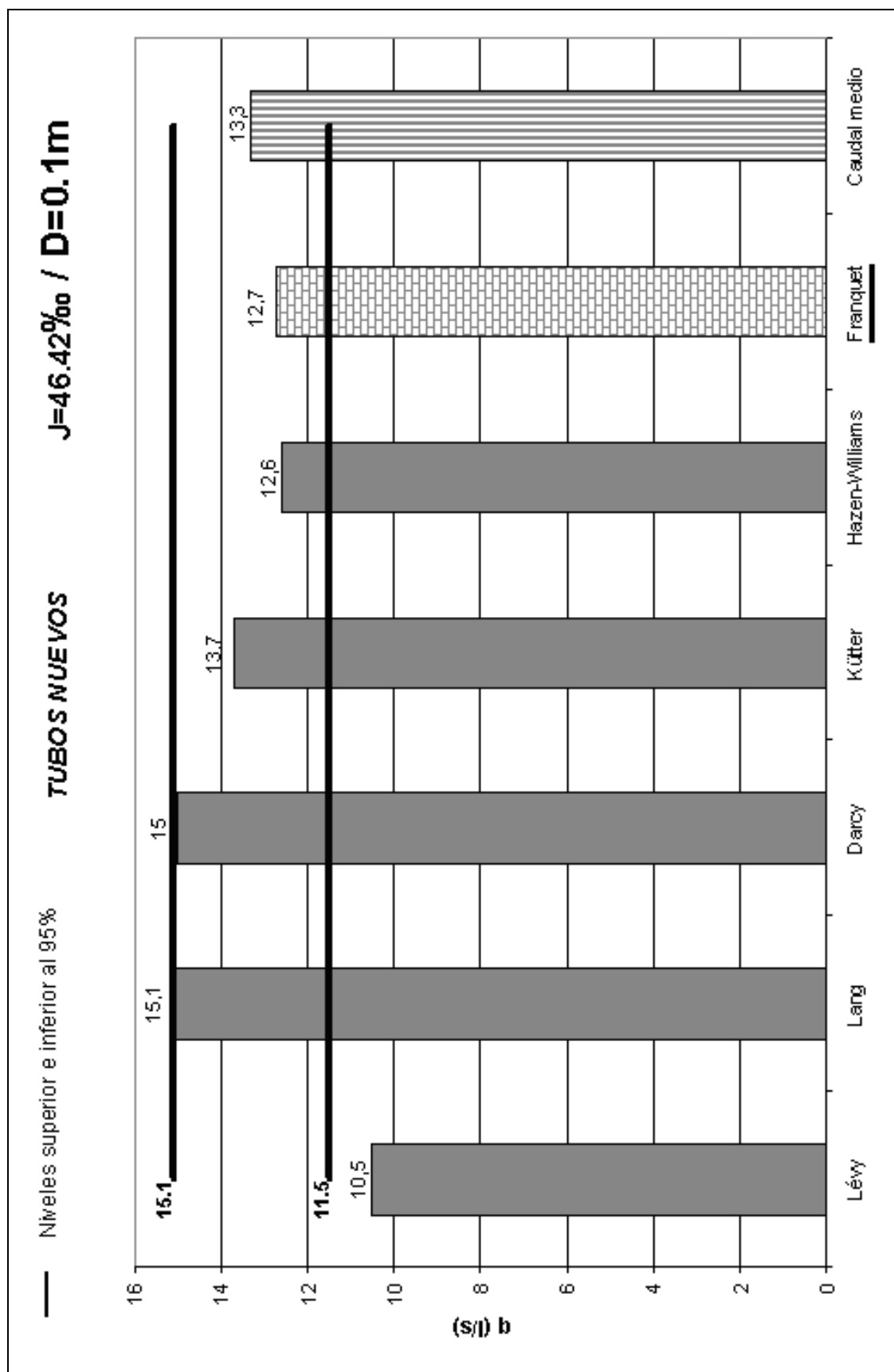


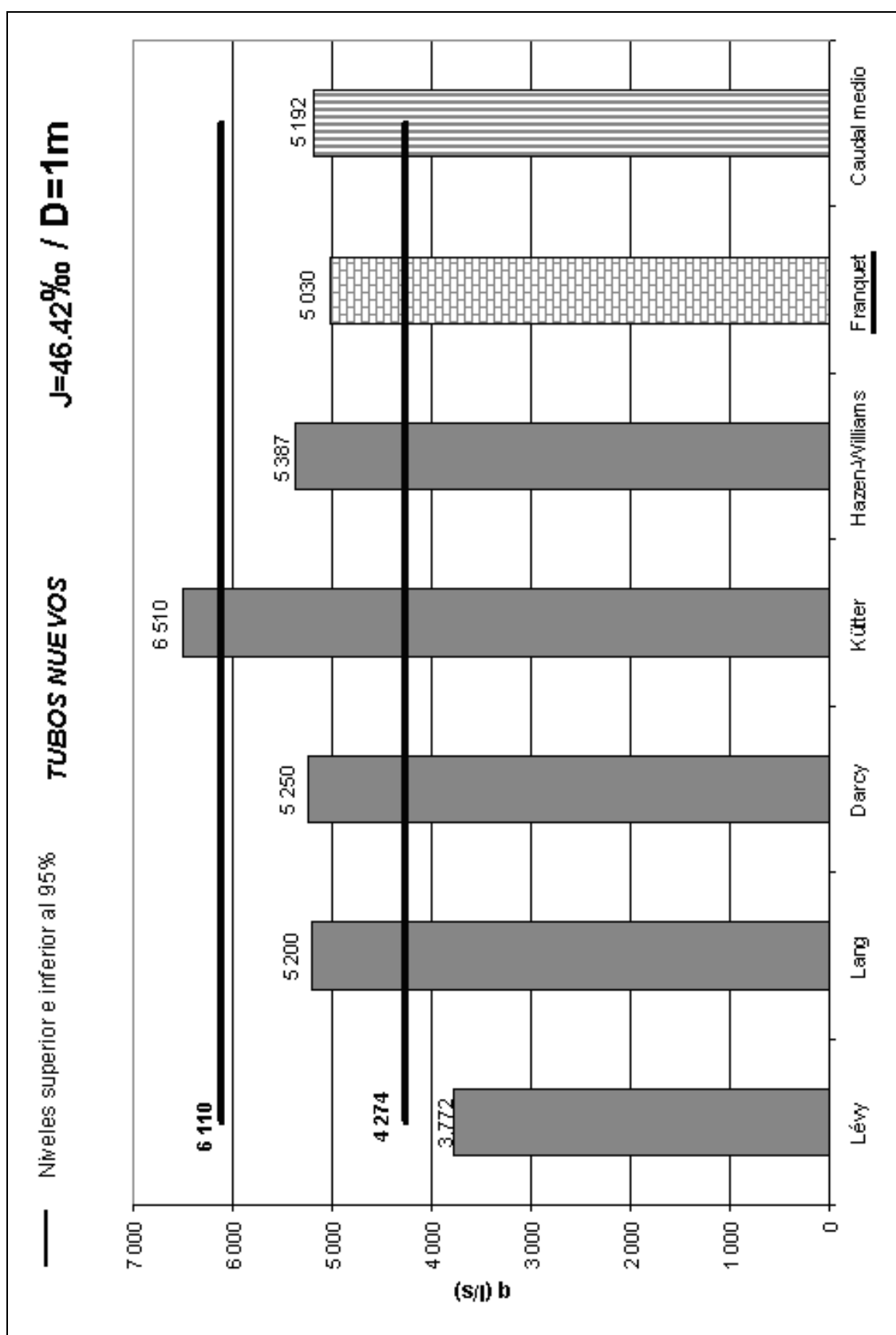


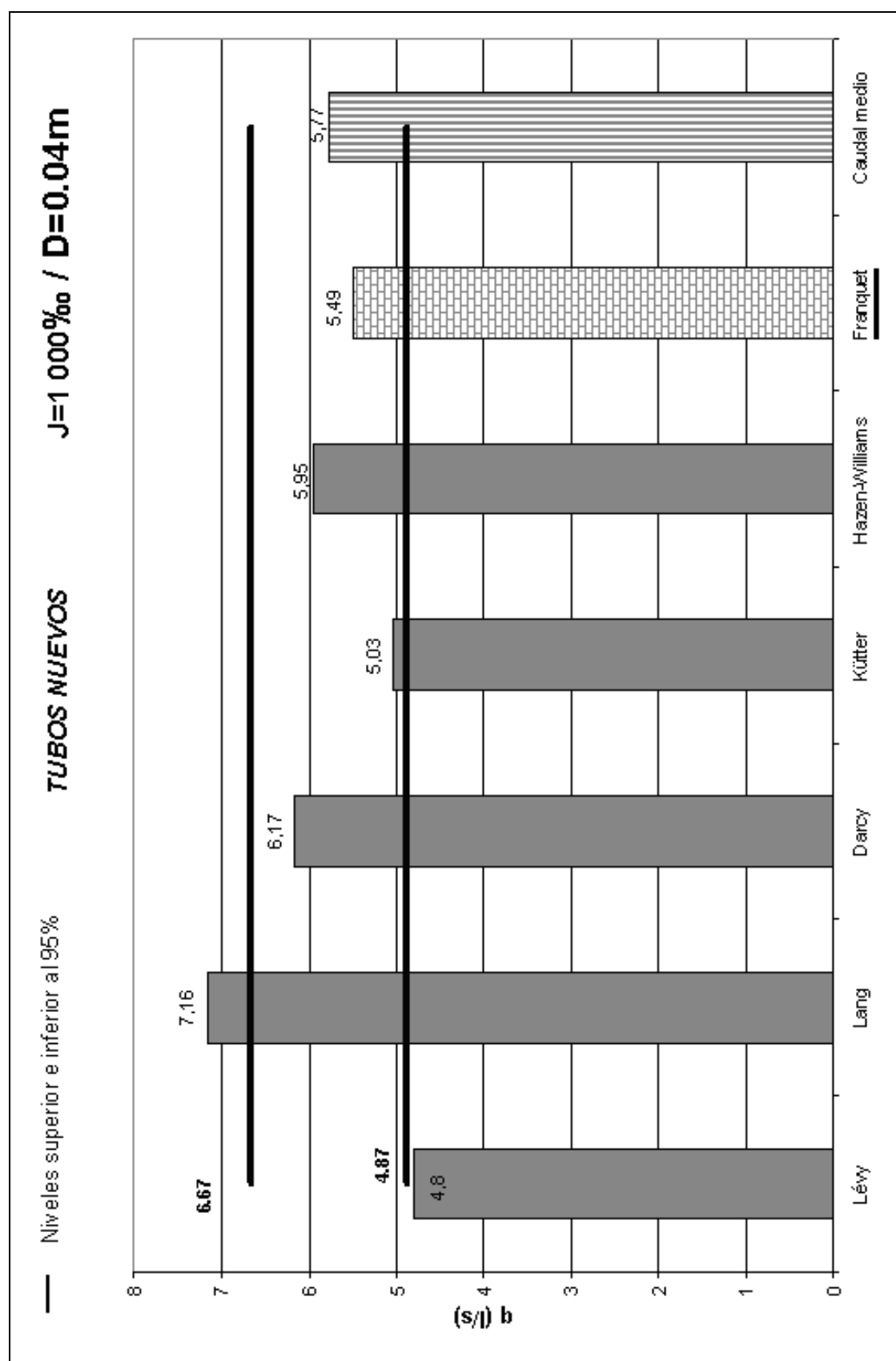


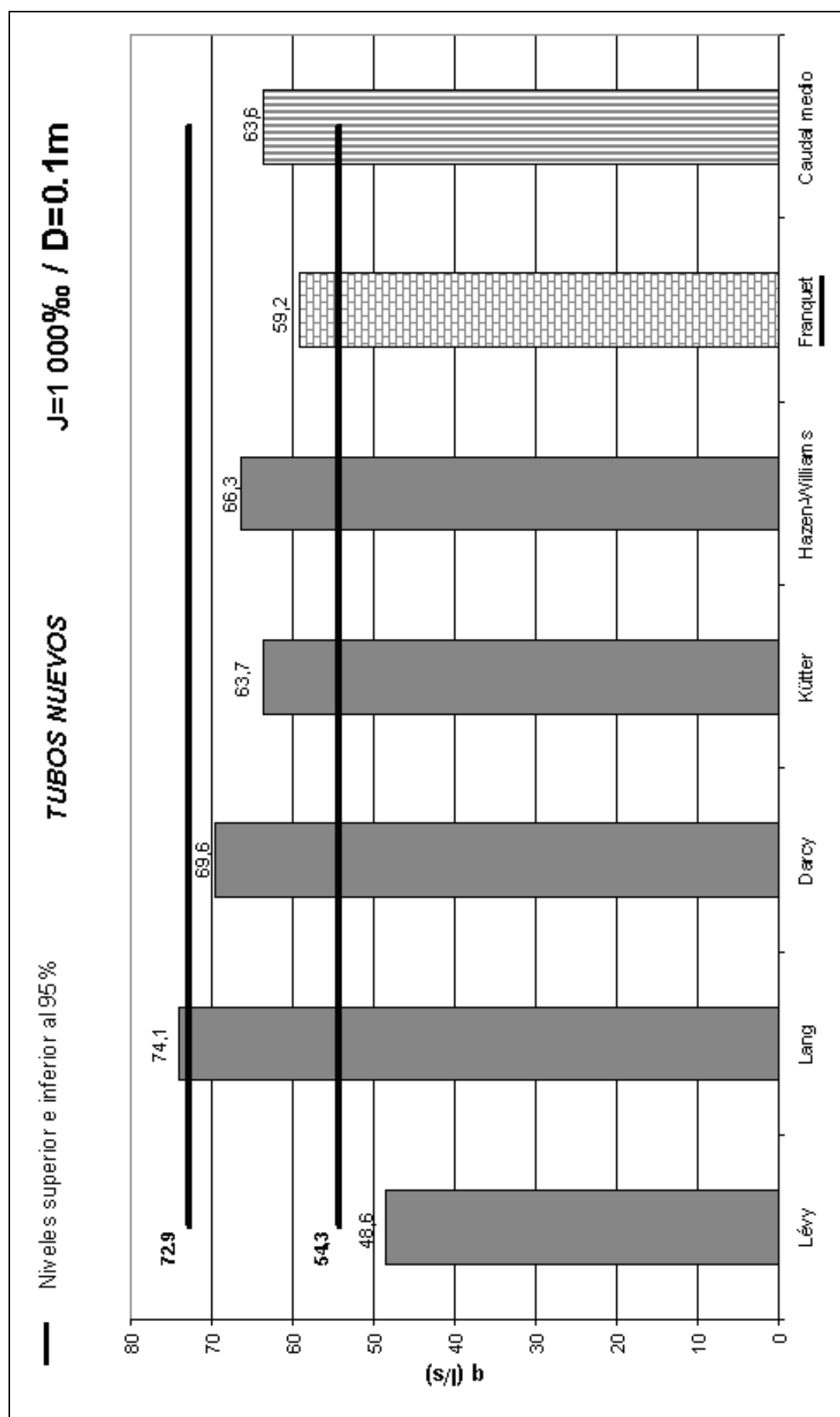


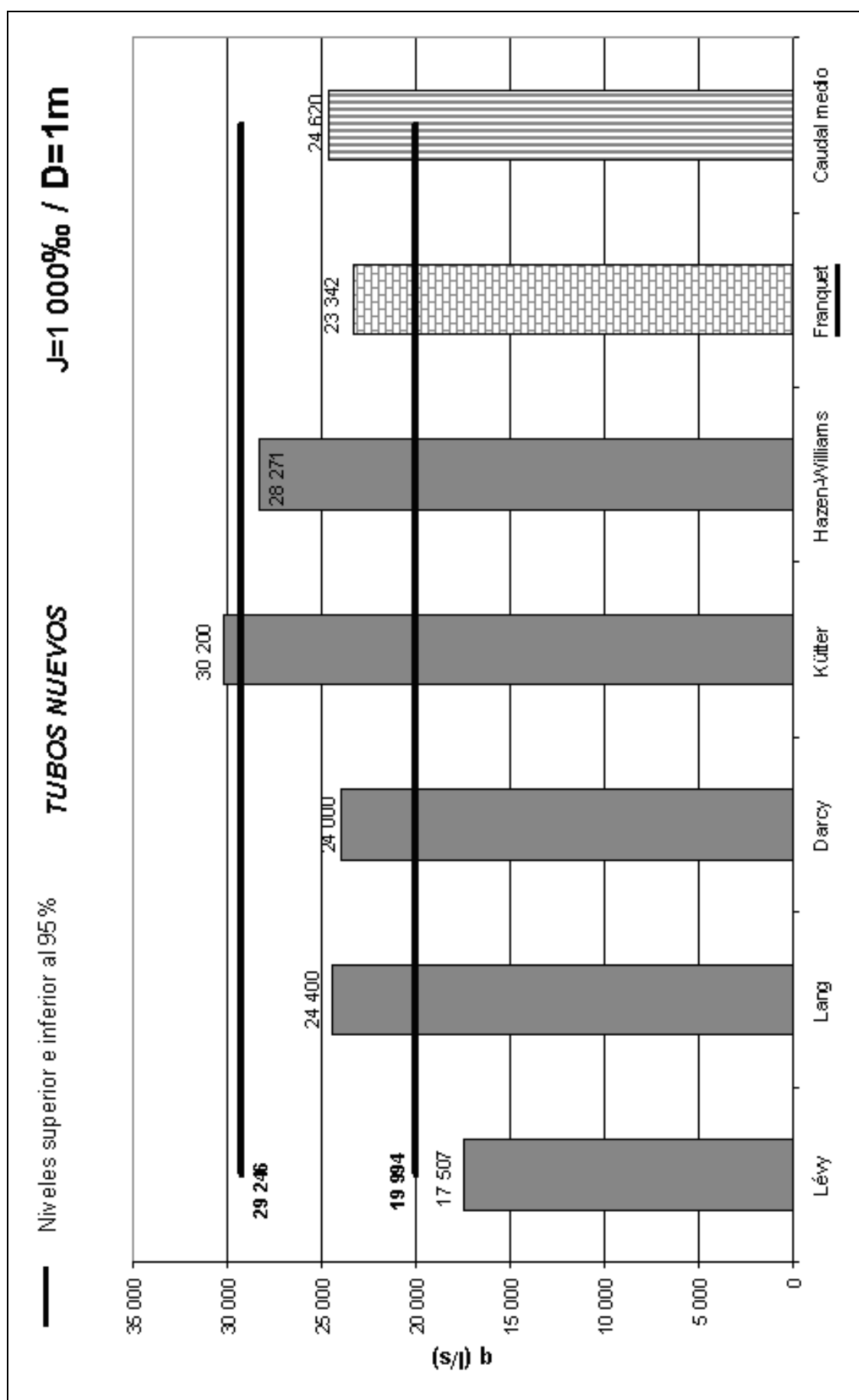










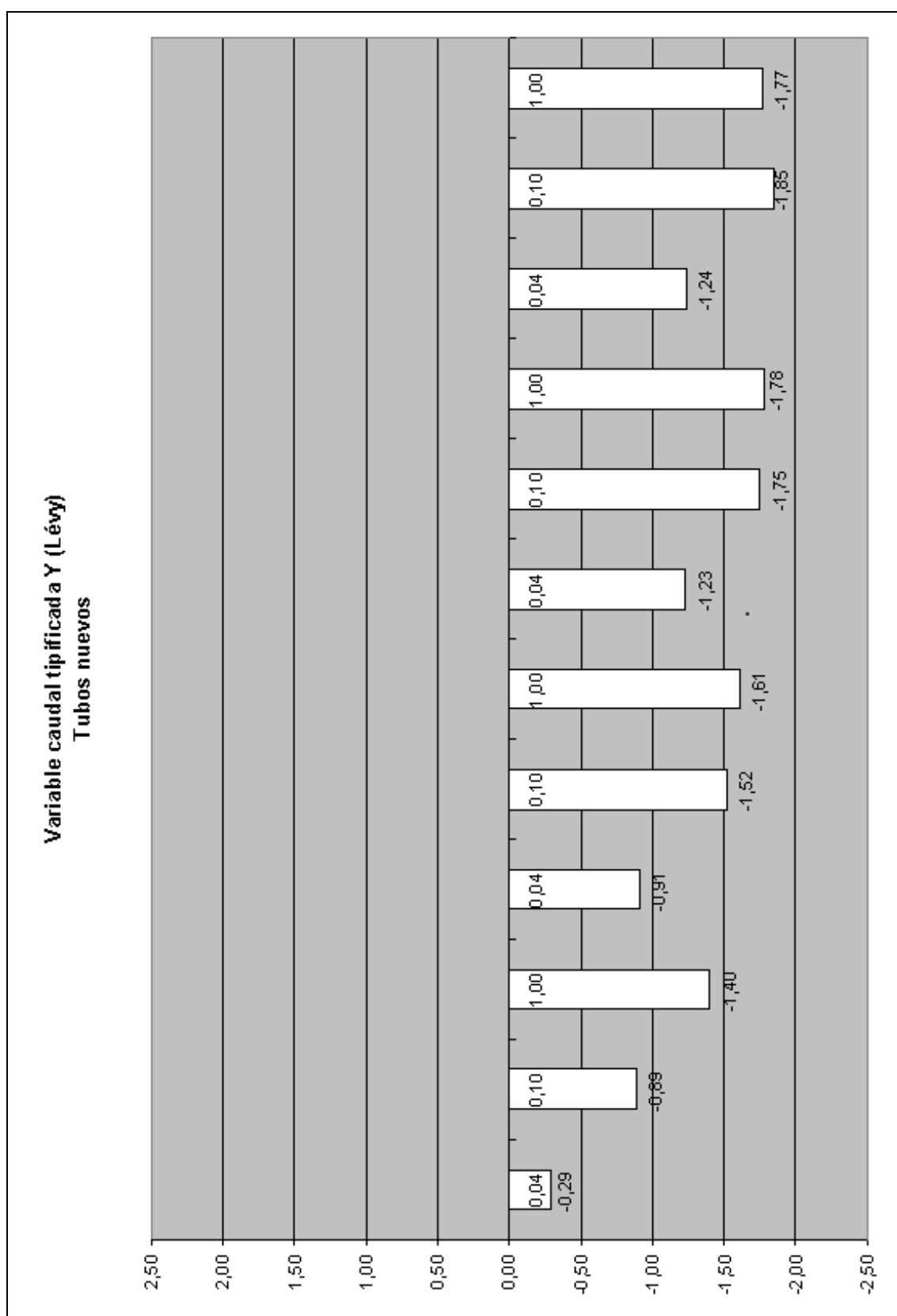


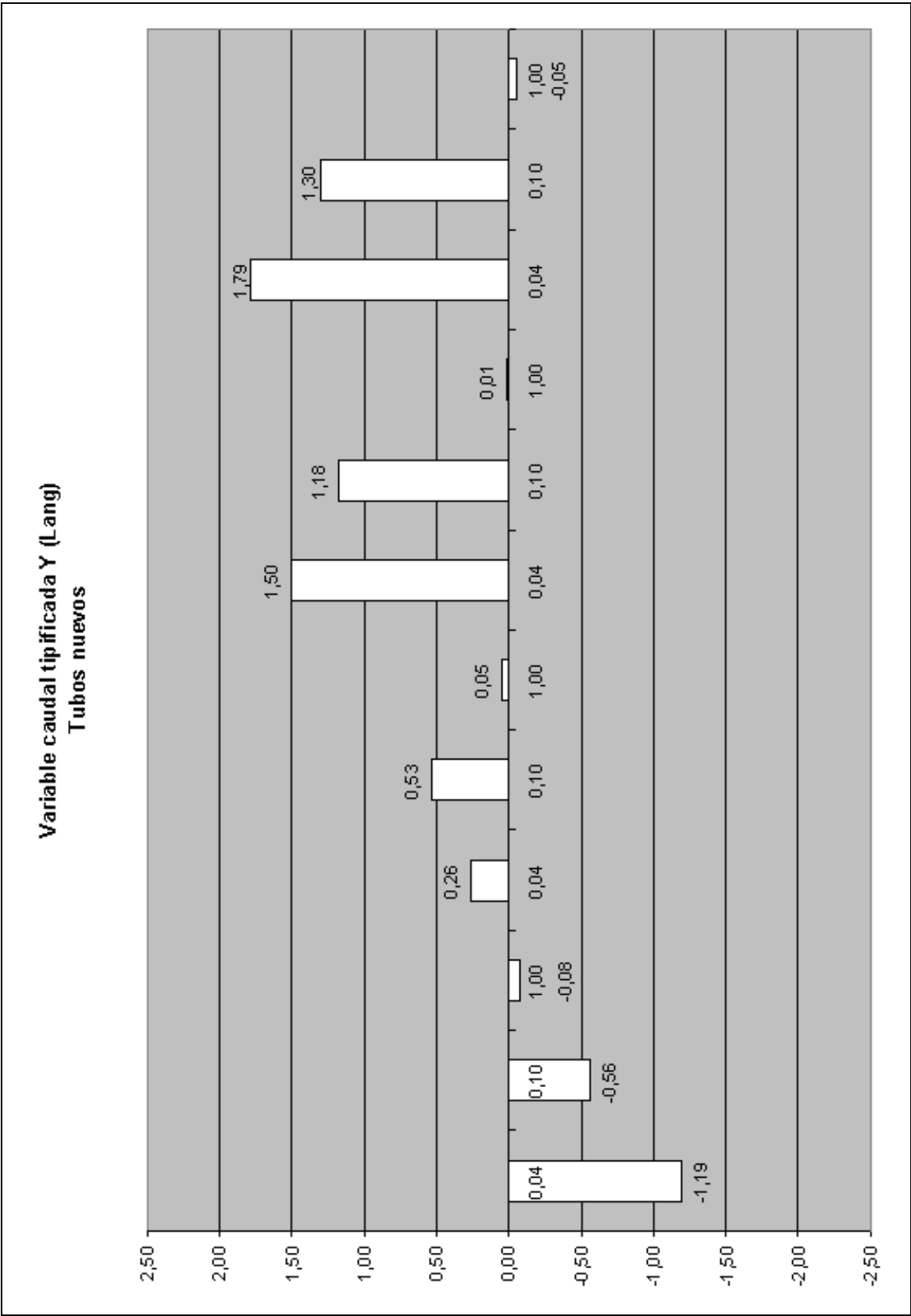
1.4. TUBOS NUEVOS

(tipificación de la variable caudal)

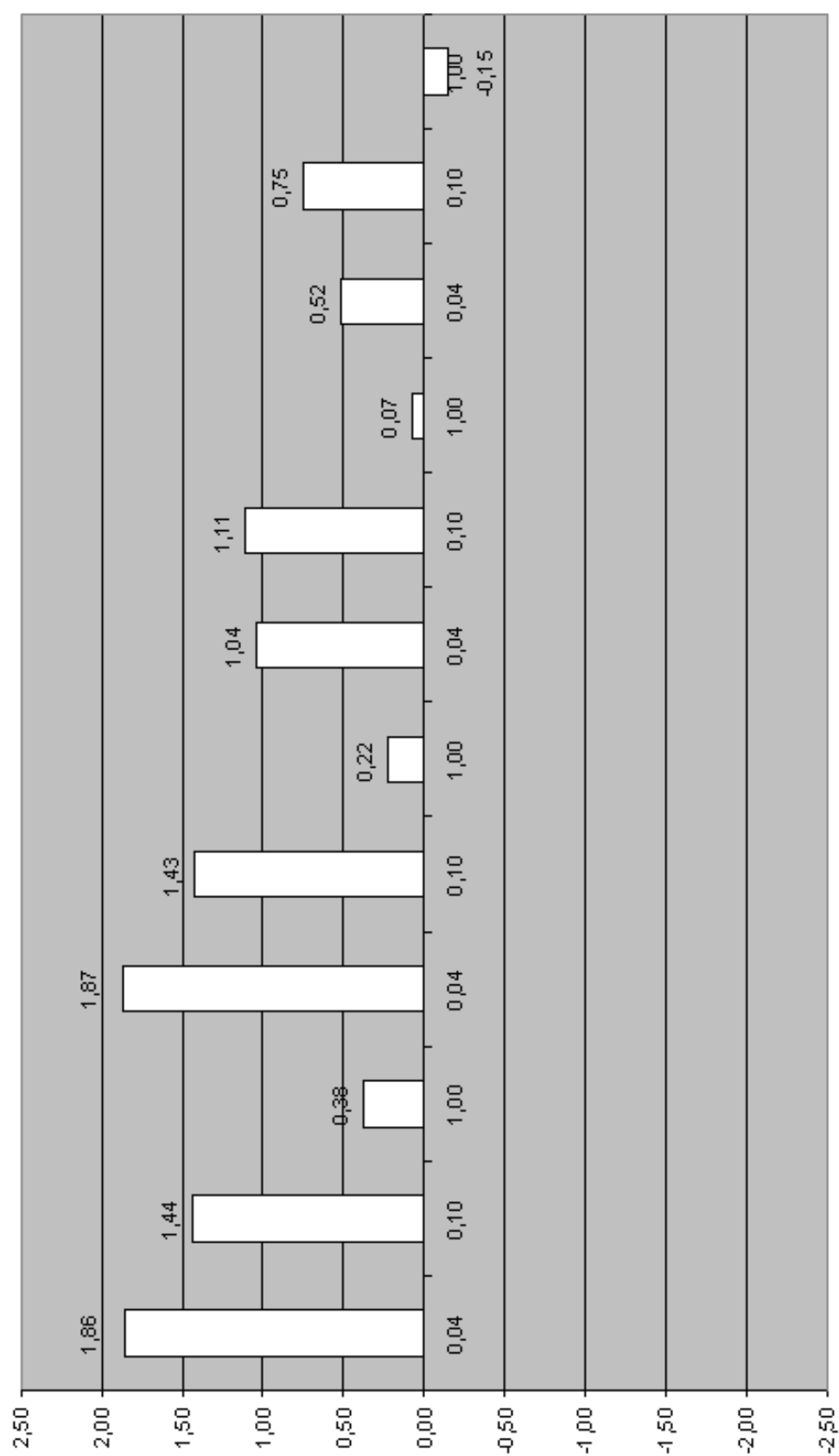
La tabla-resumen resultante de la aplicación de las seis formulaciones estudiadas a las doce tuberías nuevas, es la siguiente (ver también la tabla 4.17 del capítulo 4):

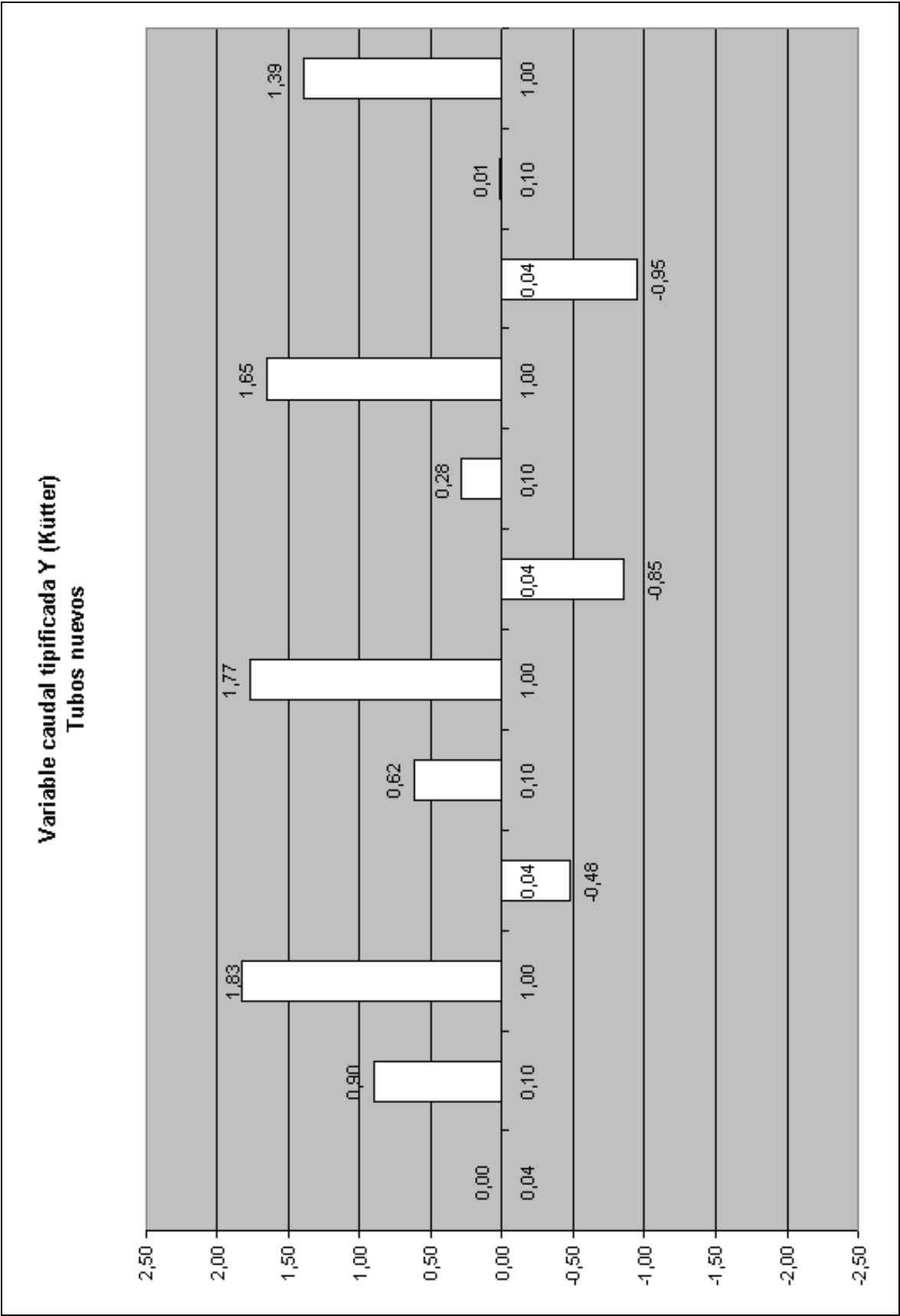
Variables de TUBOS NUEVOS							
J (‰)	D (m.)	Lévy	Lang	Darcy	Kütter	Hazen-Williams	Franquet
0,10	0,04	-0,29	-1,19	1,86	0,00	-1,19	0,81
0,10	0,10	-0,89	-0,56	1,44	0,90	-1,22	0,33
0,10	1,00	-1,40	-0,08	0,38	1,83	-0,83	0,10
2,15	0,04	-0,91	0,26	1,87	-0,48	-1,22	0,48
2,15	0,10	-1,52	0,53	1,43	0,62	-1,06	0,00
2,15	1,00	-1,61	0,05	0,22	1,77	-0,38	-0,05
46,42	0,04	-1,23	1,50	1,04	-0,85	-0,46	0,00
46,42	0,10	-1,75	1,18	1,11	0,28	-0,44	-0,38
46,42	1,00	-1,78	0,01	0,07	1,65	0,24	-0,19
1.000,00	0,04	-1,24	1,79	0,52	-0,95	0,23	-0,35
1.000,00	0,10	-1,85	1,30	0,75	0,01	0,33	-0,54
1.000,00	1,00	-1,77	-0,05	-0,15	1,39	0,90	-0,32



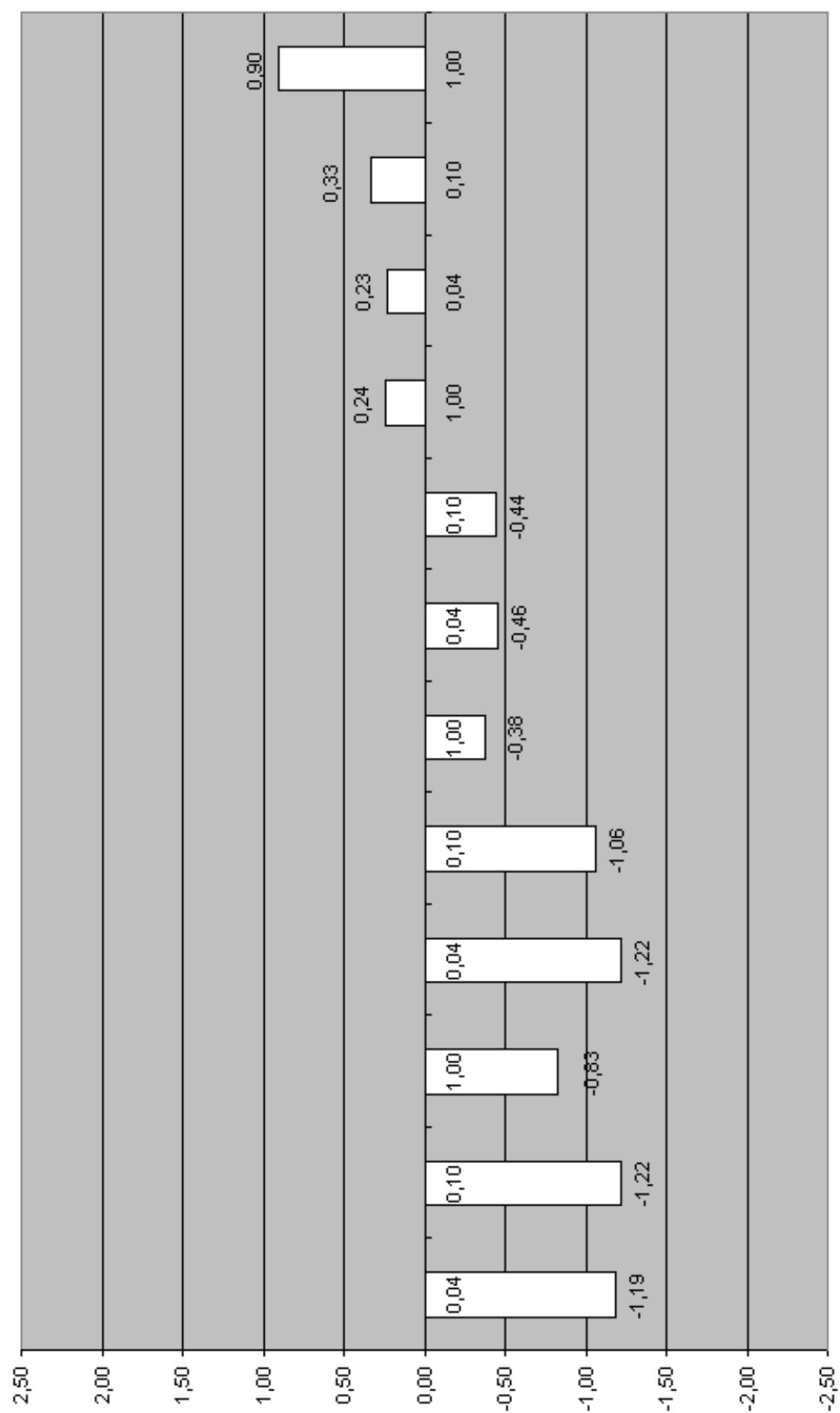


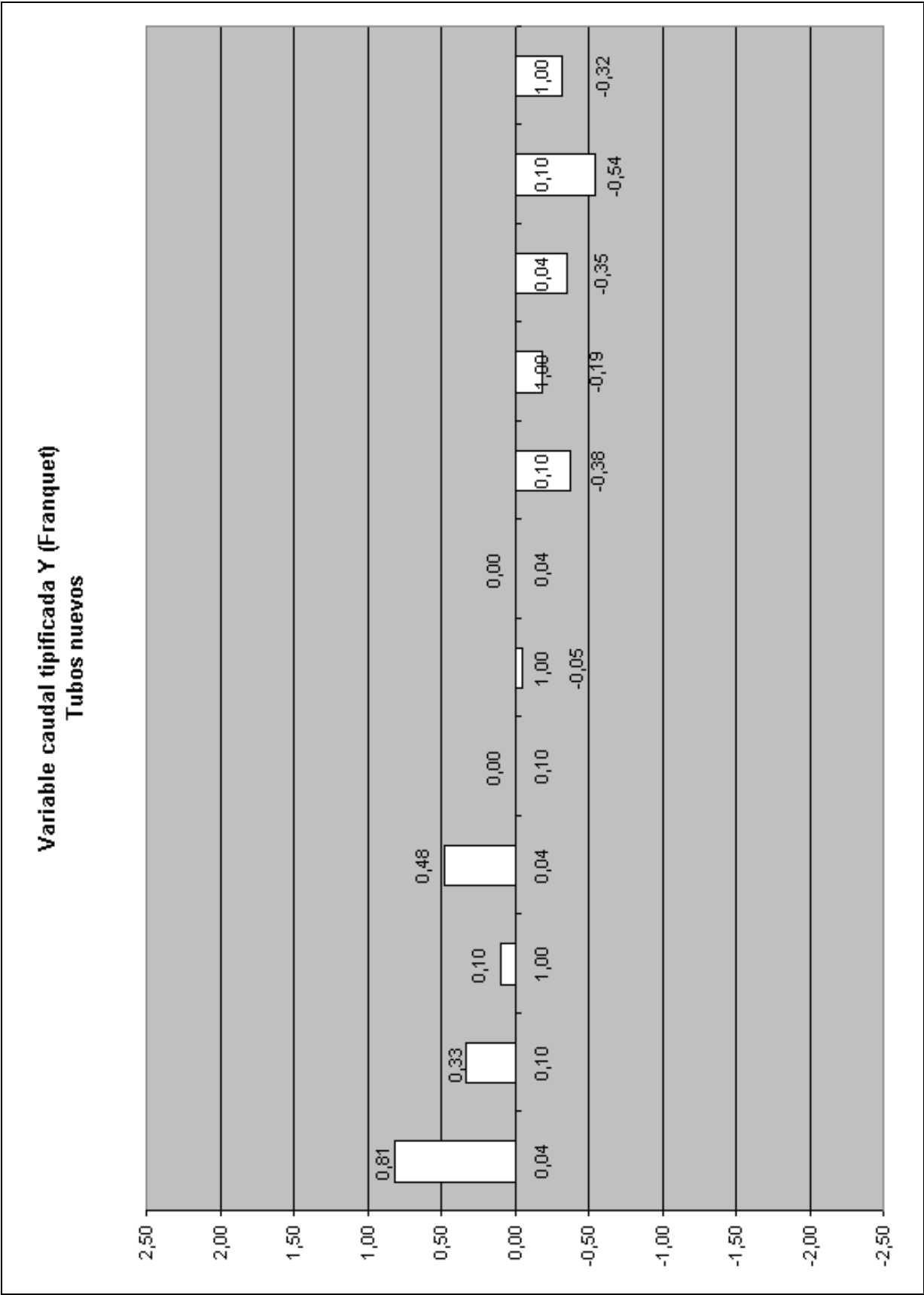
Variable caudal tipificada Y (Darcy)
Tubos nuevos





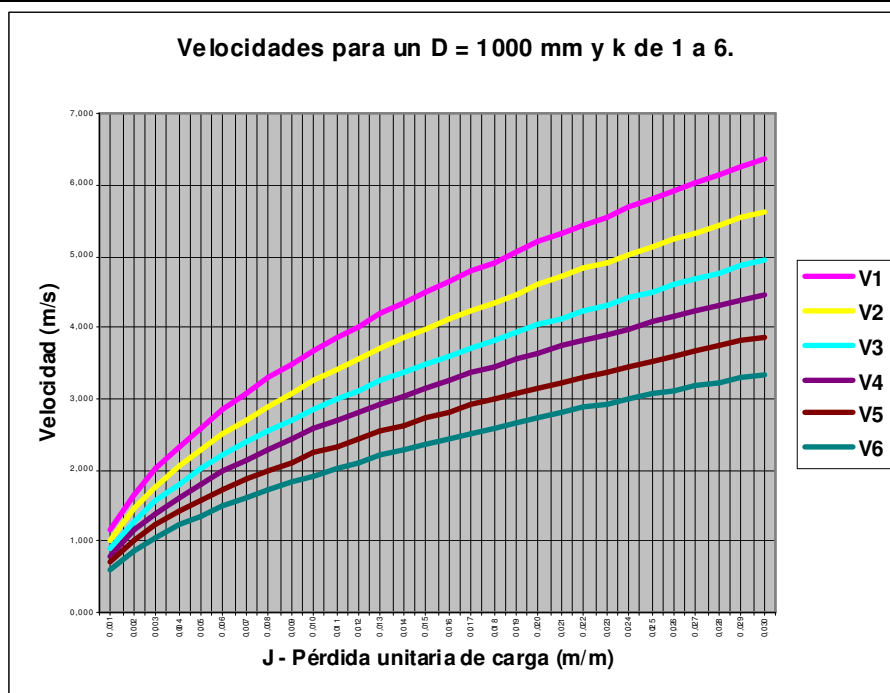
Variable caudal tipificada Y (Hazen-Williams)
Tubos nuevos





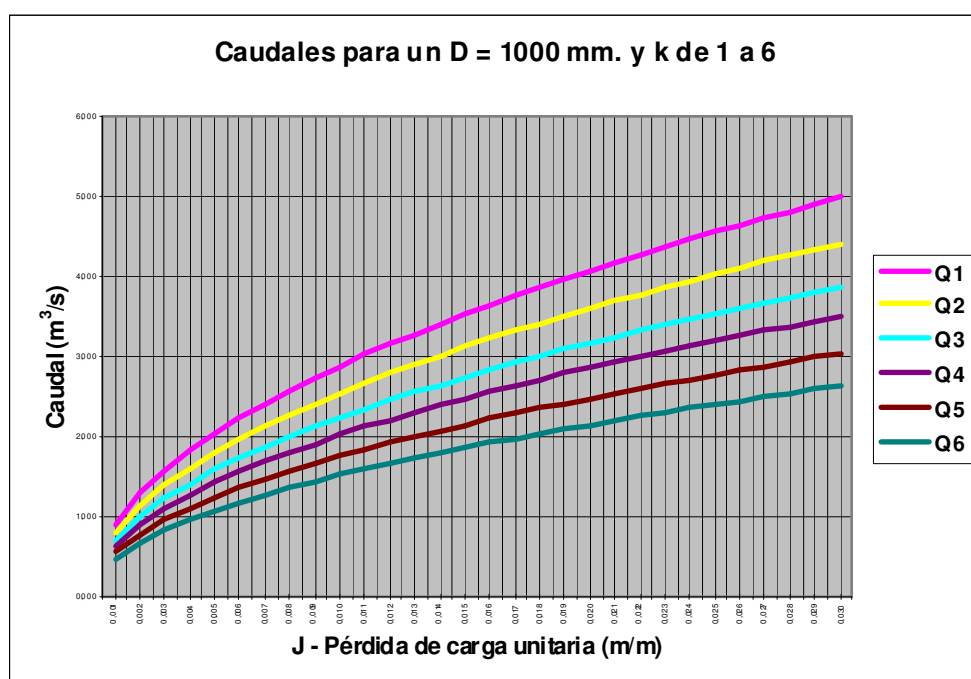
**1.5. VELOCIDADES EN UNA TUBERÍA DE $D = 1000$
mm según los diferentes grados de rugosidad k**

Velocidades (m/s) en una tubería de D = 1000 mm según los diferentes k						
J (m/m)	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
0.001	1.160	1.027	0.902	0.815	0.707	0.612
0.002	1.641	1.453	1.276	1.152	1.000	0.866
0.003	2.010	1.779	1.563	1.411	1.225	1.060
0.004	2.320	2.054	1.804	1.629	1.414	1.224
0.005	2.594	2.297	2.017	1.822	1.581	1.369
0.006	2.842	2.516	2.210	1.995	1.732	1.500
0.007	3.070	2.717	2.387	2.155	1.871	1.620
0.008	3.282	2.905	2.552	2.304	2.000	1.732
0.009	3.481	3.081	2.707	2.444	2.121	1.837
0.010	3.669	3.248	2.853	2.576	2.236	1.936
0.011	3.848	3.407	2.992	2.702	2.345	2.030
0.012	4.019	3.558	3.125	2.822	2.449	2.121
0.013	4.183	3.703	3.253	2.937	2.549	2.207
0.014	4.341	3.843	3.376	3.048	2.646	2.291
0.015	4.494	3.978	3.494	3.155	2.739	2.371
0.016	4.641	4.108	3.609	3.258	2.828	2.449
0.017	4.784	4.235	3.720	3.359	2.915	2.524
0.018	4.922	4.358	3.828	3.456	3.000	2.597
0.019	5.057	4.477	3.933	3.551	3.082	2.669
0.020	5.189	4.593	4.035	3.643	3.162	2.738
0.021	5.317	4.707	4.134	3.733	3.240	2.806
0.022	5.442	4.818	4.232	3.821	3.317	2.872
0.023	5.564	4.926	4.327	3.907	3.391	2.936
0.024	5.684	5.032	4.420	3.991	3.464	2.999
0.025	5.801	5.136	4.511	4.073	3.535	3.061
0.026	5.916	5.237	4.600	4.154	3.605	3.122
0.027	6.029	5.337	4.688	4.233	3.674	3.181
0.028	6.139	5.435	4.774	4.310	3.742	3.240
0.029	6.248	5.531	4.858	4.387	3.808	3.297
0.030	6.355	5.626	4.942	4.462	3.873	3.353



**1.6. CAUDALES EN UNA TUBERÍA DE $D = 1000$ mm
según los diferentes grados de rugosidad k**

Caudales (m^3/s) en una tubería con $D = 1000$ mm según los diferentes k						
J (m/m)	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆
0.001	0.911	0.807	0.709	0.640	0.555	0.481
0.002	1.289	1.141	1.002	0.905	0.785	0.680
0.003	1.579	1.397	1.227	1.108	0.962	0.833
0.004	1.823	1.613	1.417	1.279	1.111	0.962
0.005	2.038	1.804	1.585	1.430	1.242	1.076
0.006	2.232	1.976	1.736	1.567	1.360	1.178
0.007	2.411	2.134	1.875	1.693	1.469	1.273
0.008	2.578	2.282	2.004	1.809	1.571	1.360
0.009	2.734	2.420	2.126	1.919	1.666	1.443
0.010	2.882	2.551	2.241	2.023	1.756	1.521
0.011	3.023	2.676	2.350	2.122	1.842	1.595
0.012	3.157	2.794	2.455	2.216	1.924	1.666
0.013	3.286	2.909	2.555	2.307	2.002	1.734
0.014	3.410	3.018	2.652	2.394	2.078	1.800
0.015	3.530	3.124	2.745	2.478	2.151	1.863
0.016	3.645	3.227	2.835	2.559	2.221	1.924
0.017	3.758	3.326	2.922	2.638	2.290	1.983
0.018	3.867	3.423	3.007	2.714	2.356	2.041
0.019	3.973	3.516	3.089	2.789	2.420	2.097
0.020	4.076	3.608	3.169	2.861	2.483	2.151
0.021	4.176	3.697	3.248	2.932	2.545	2.204
0.022	4.275	3.784	3.324	3.001	2.605	2.256
0.023	4.371	3.869	3.399	3.068	2.663	2.307
0.024	4.465	3.952	3.472	3.134	2.720	2.356
0.025	4.557	4.033	3.543	3.199	2.776	2.405
0.026	4.647	4.113	3.614	3.262	2.831	2.453
0.027	4.736	4.192	3.682	3.324	2.885	2.499
0.028	4.823	4.269	3.750	3.385	2.938	2.545
0.029	4.908	4.344	3.816	3.445	2.990	2.590
0.030	4.992	4.418	3.882	3.504	3.041	2.634

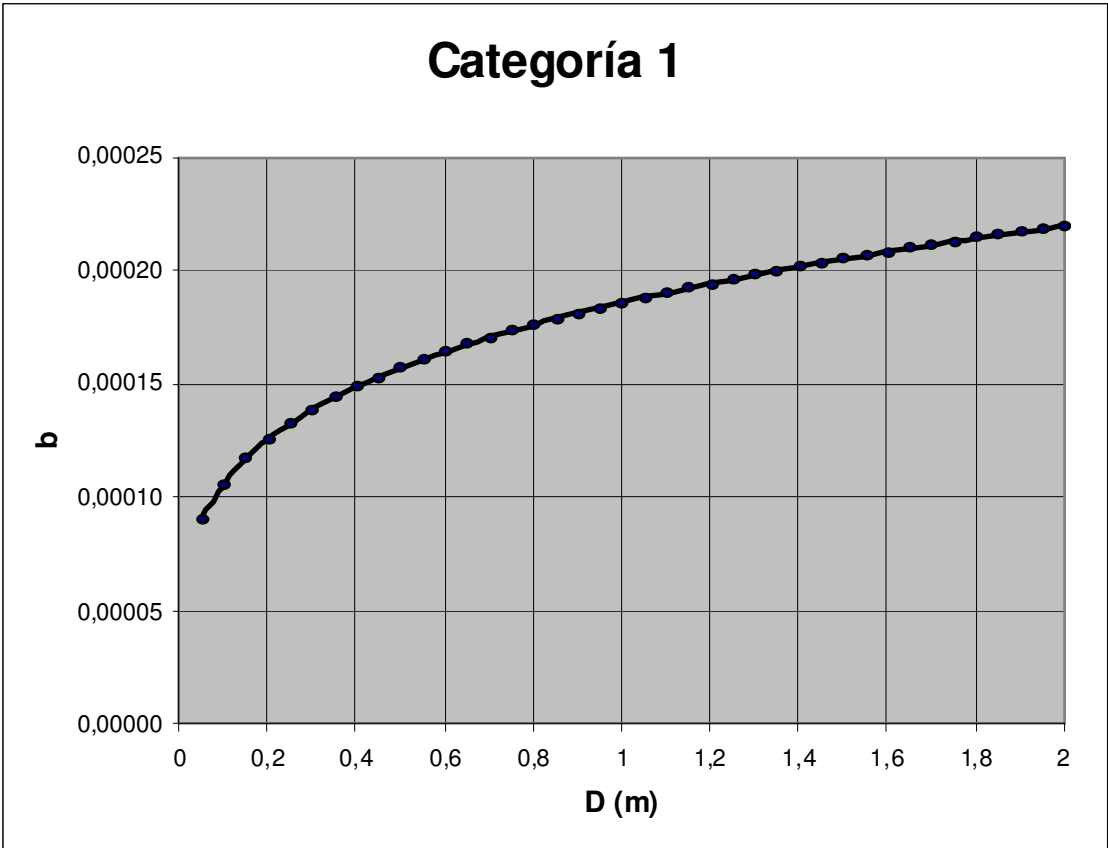


1.7. PARÁMETROS CORREGIDOS DE LA FORMULACIÓN SIMPLIFICADA DE DARCY PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE RUGOSIDAD

CATEGORIA 1

D (m)	b	n
0.05	0.00008969	1861.13480157
0.10	0.00010614	68.83005883
0.15	0.00011713	10.00257972
0.20	0.00012562	2.54553136
0.25	0.00013262	0.88059764
0.30	0.00013862	0.36992385
0.35	0.00014391	0.17768324
0.40	0.00014866	0.09414099
0.45	0.00015298	0.05375838
0.50	0.00015694	0.03256701
0.55	0.00016062	0.02069535
0.60	0.00016405	0.01368084
0.65	0.00016728	0.00934866
0.70	0.00017032	0.00657123
0.75	0.00017319	0.00473273
0.80	0.00017593	0.00348160
0.85	0.00017854	0.00260935
0.90	0.00018104	0.00198814
0.95	0.00018343	0.00153726
1.00	0.00018574	0.00120442

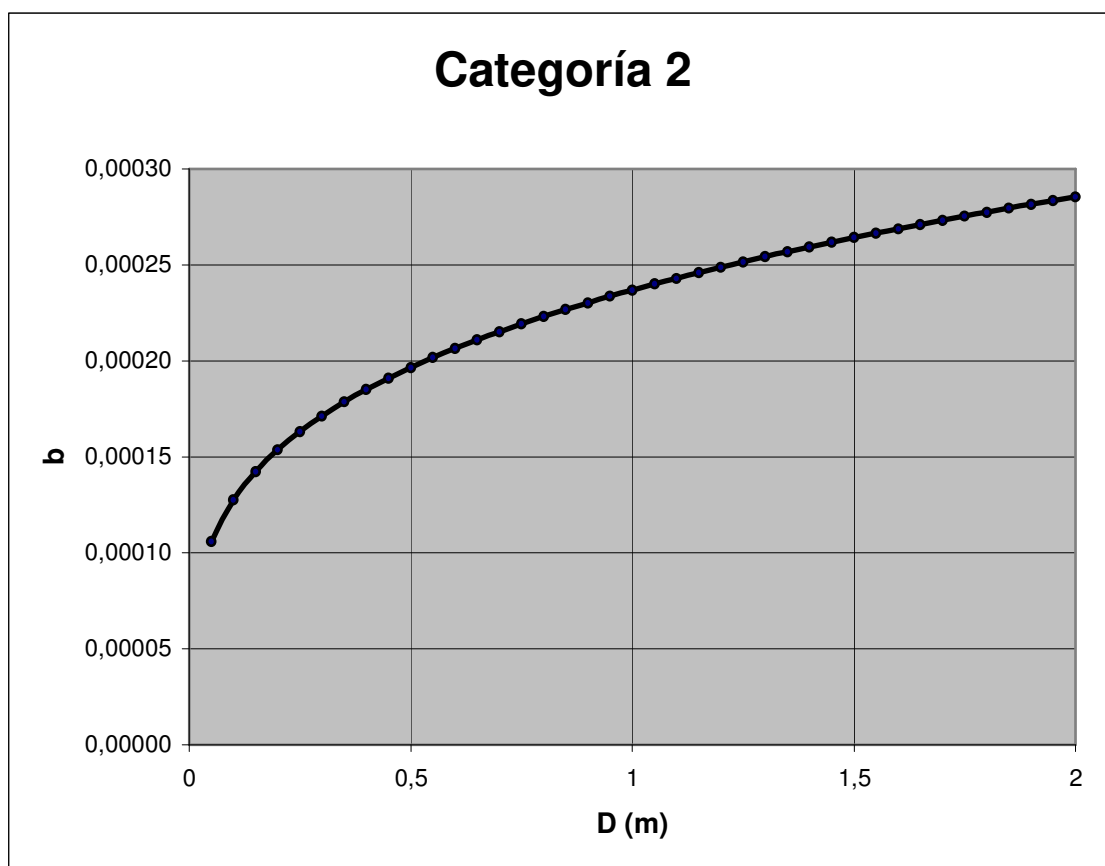
D (m)	b	n
1.05	0.00018795	0.00095495
1.1	0.00019009	0.00076537
1.15	0.00019215	0.00061950
1.2	0.00019415	0.00050596
1.25	0.00019608	0.00041666
1.3	0.00019796	0.00034574
1.35	0.00019979	0.00028892
1.4	0.00020156	0.00024302
1.45	0.00020329	0.00020566
1.5	0.00020497	0.00017503
1.55	0.00020661	0.00014975
1.6	0.00020821	0.00012876
1.65	0.00020977	0.00011123
1.7	0.00021130	0.00009650
1.75	0.00021279	0.00008407
1.8	0.00021425	0.00007353
1.85	0.00021568	0.00006454
1.9	0.00021709	0.00005685
1.95	0.00021846	0.00005024
2	0.00021981	0.00004454



CATEGORIA 2

D (m)	b	n
0.05	0.00010582	2195.90499950
0.1	0.00012752	82.69337951
0.15	0.00014222	12.14508626
0.2	0.00015367	3.11406687
0.25	0.00016318	1.08356846
0.3	0.00017139	0.45735960
0.35	0.00017865	0.22056634
0.4	0.00018518	0.11726951
0.45	0.00019115	0.06717190
0.5	0.00019664	0.04080502
0.55	0.00020175	0.02599494
0.6	0.00020653	0.01722325
0.65	0.00021103	0.01179394
0.7	0.00021528	0.00830609
0.75	0.00021931	0.00599299
0.8	0.00022316	0.00441613
0.85	0.00022683	0.00331499
0.9	0.00023034	0.00252956
0.95	0.00023372	0.00195866
1	0.00023697	0.00153664

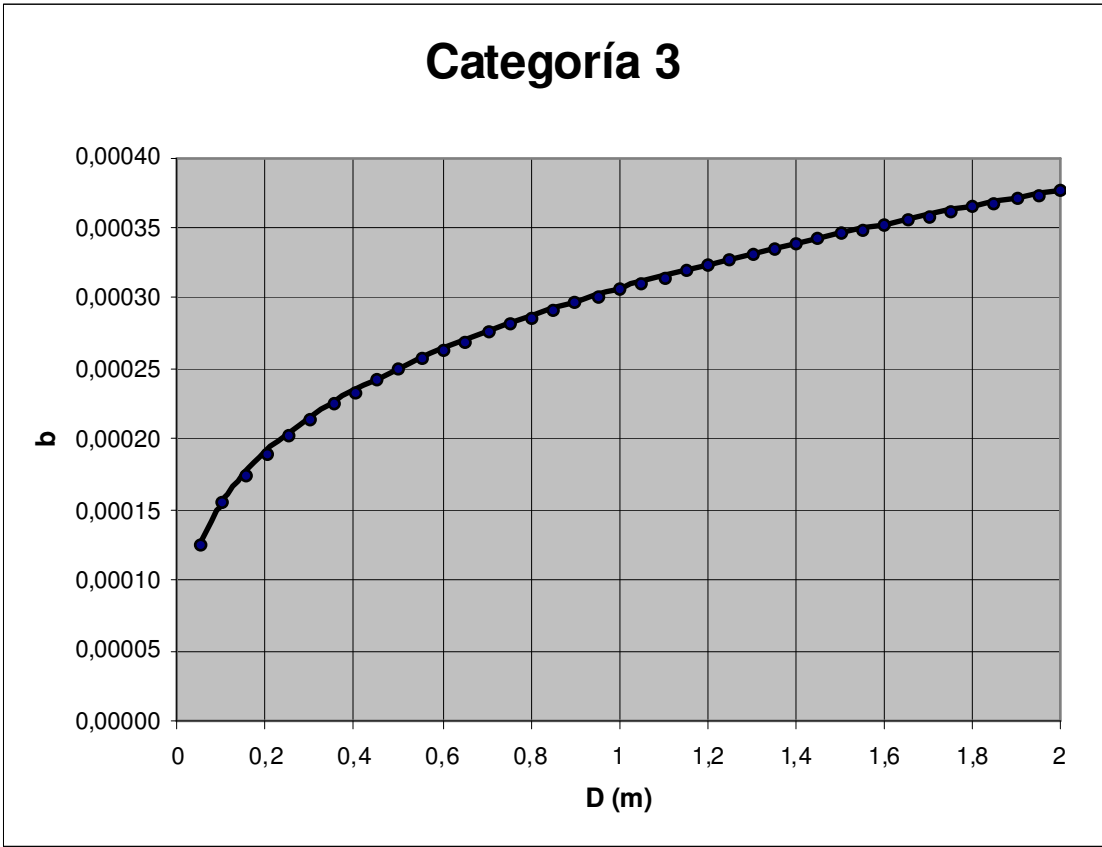
D (m)	b	n
1.05	0.00024010	0.00121991
1.1	0.00024312	0.00097892
1.15	0.00024605	0.00079326
1.2	0.00024888	0.00064859
1.25	0.00025163	0.00053469
1.3	0.00025430	0.00044414
1.35	0.00025690	0.00037151
1.4	0.00025942	0.00031279
1.45	0.00026189	0.00026494
1.5	0.00026429	0.00022568
1.55	0.00026663	0.00019325
1.6	0.00026892	0.00016630
1.65	0.00027115	0.00014377
1.7	0.00027334	0.00012484
1.75	0.00027548	0.00010884
1.8	0.00027758	0.00009526
1.85	0.00027963	0.00008368
1.9	0.00028164	0.00007376
1.95	0.00028362	0.00006523
2	0.00028556	0.00005787



CATEGORIA 3

D (m)	b	n
0.05	0.00012684	2631.99293602
0.1	0.00015564	100.92500875
0.15	0.00017543	14.98044244
0.2	0.00019098	3.87001699
0.25	0.00020398	1.35447391
0.3	0.00021526	0.57443212
0.35	0.00022528	0.27814257
0.4	0.00023434	0.14839762
0.45	0.00024263	0.08526378
0.5	0.00025029	0.05193794
0.55	0.00025744	0.03316961
0.6	0.00026413	0.02202687
0.65	0.00027045	0.01511486
0.7	0.00027643	0.01066551
0.75	0.00028212	0.00770922
0.8	0.00028755	0.00569038
0.85	0.00029274	0.00427827
0.9	0.00029772	0.00326948
0.95	0.00030251	0.00253516
1	0.00030713	0.00199158

D (m)	b	n
1.05	0.00031158	0.00158310
1.1	0.00031589	0.00127190
1.15	0.00032006	0.00103188
1.2	0.00032411	0.00084463
1.25	0.00032804	0.00069704
1.3	0.00033186	0.00057959
1.35	0.00033558	0.00048529
1.4	0.00033920	0.00040897
1.45	0.00034273	0.00034673
1.5	0.00034618	0.00029561
1.55	0.00034954	0.00025335
1.6	0.00035284	0.00021820
1.65	0.00035605	0.00018879
1.7	0.00035921	0.00016405
1.75	0.00036229	0.00014314
1.8	0.00036532	0.00012537
1.85	0.00036829	0.00011021
1.9	0.00037120	0.00009721
1.95	0.00037405	0.00008603
2	0.00037686	0.00007637

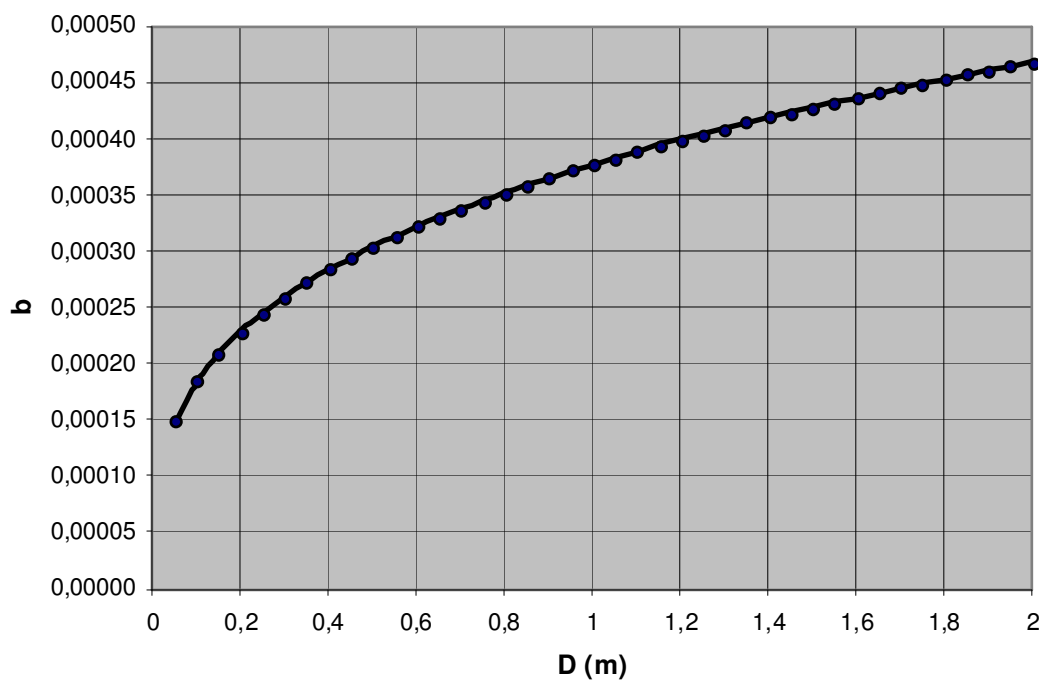


CATEGORIA 4

D (m)	b	n
0.05	0.00014833	3077.88023739
0.1	0.00018403	119.33896677
0.15	0.00020878	17.82894224
0.2	0.00022834	4.62714202
0.25	0.00024476	1.62525369
0.3	0.00025905	0.69128341
0.35	0.00027178	0.33554906
0.4	0.00028331	0.17940865
0.45	0.00029389	0.10327601
0.5	0.00030368	0.06301613
0.55	0.00031282	0.04030600
0.6	0.00032141	0.02680320
0.65	0.00032952	0.01841595
0.7	0.00033720	0.01301028
0.75	0.00034452	0.00941445
0.8	0.00035151	0.00695623
0.85	0.00035821	0.00523507
0.9	0.00036464	0.00400433
0.95	0.00037082	0.00310765
1	0.00037679	0.00244333

D (m)	b	n
1.05	0.00038255	0.00194370
1.1	0.00038813	0.00156279
1.15	0.00039354	0.00126877
1.2	0.00039879	0.00103924
1.25	0.00040388	0.00085820
1.3	0.00040884	0.00071404
1.35	0.00041367	0.00059824
1.4	0.00041838	0.00050445
1.45	0.00042298	0.00042792
1.5	0.00042746	0.00036503
1.55	0.00043185	0.00031301
1.6	0.00043614	0.00026971
1.65	0.00044033	0.00023348
1.7	0.00044444	0.00020298
1.75	0.00044847	0.00017718
1.8	0.00045242	0.00015526
1.85	0.00045629	0.00013654
1.9	0.00046009	0.00012049
1.95	0.00046383	0.00010668
2	0.00046750	0.00009474

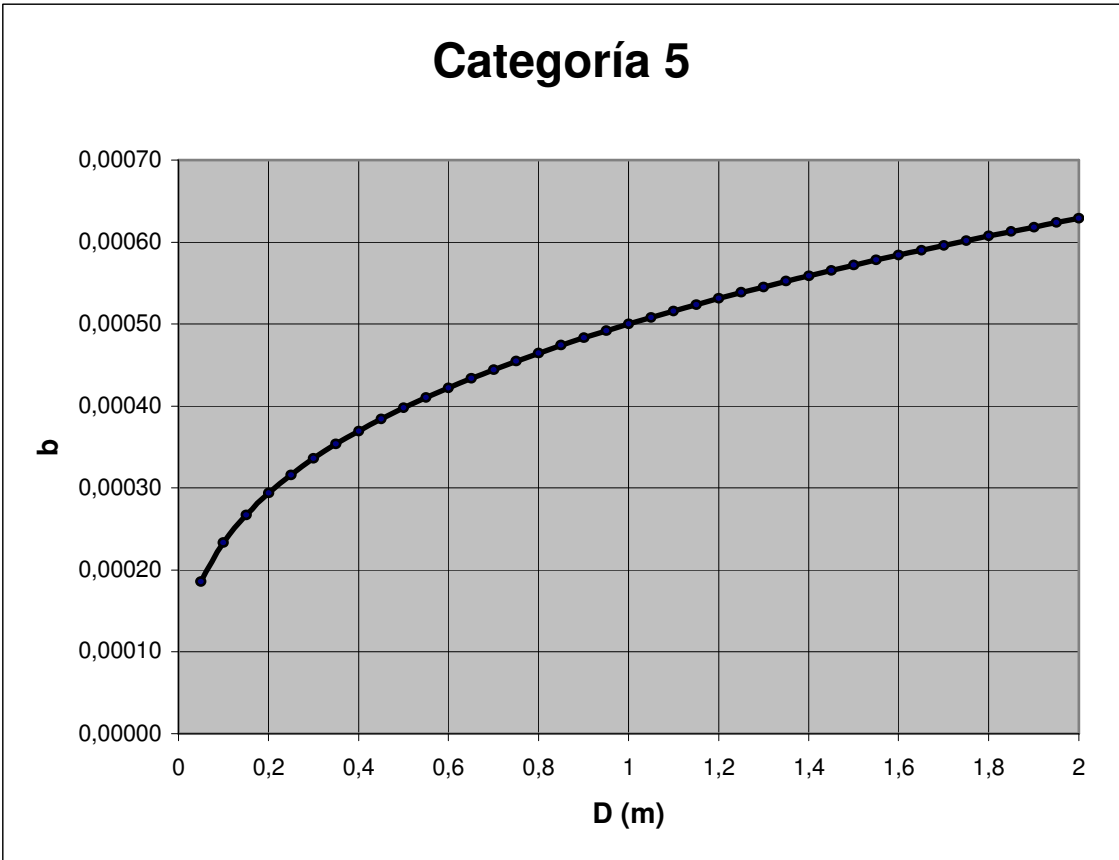
Categoría 4



CATEGORIA 5

D (m)	B	n
0.05	0.00018560	3851.43392965
0.1	0.00023344	151.37466544
0.15	0.00026694	22.79543528
0.2	0.00029360	5.94954756
0.25	0.00031609	2.09889981
0.3	0.00033574	0.89593940
0.35	0.00035330	0.43620504
0.4	0.00036926	0.23383778
0.45	0.00038393	0.13491907
0.5	0.00039755	0.08249402
0.55	0.00041028	0.05286299
0.6	0.00042226	0.03521351
0.65	0.00043359	0.02423250
0.7	0.00044435	0.01714437
0.75	0.00045461	0.01242273
0.8	0.00046442	0.00919063
0.85	0.00047383	0.00692485
0.9	0.00048287	0.00530279
0.95	0.00049159	0.00411971
1	0.00050000	0.00324230

D (m)	b	n
1.05	0.00050814	0.00258176
1.1	0.00051602	0.00207770
1.15	0.00052366	0.00168827
1.2	0.00053108	0.00138401
1.25	0.00053830	0.00114383
1.3	0.00054533	0.00095242
1.35	0.00055218	0.00079854
1.4	0.00055887	0.00067383
1.45	0.00056539	0.00057200
1.5	0.00057177	0.00048826
1.55	0.00057801	0.00041894
1.6	0.00058411	0.00036122
1.65	0.00059008	0.00031288
1.7	0.00059594	0.00027217
1.75	0.00060168	0.00023772
1.8	0.00060732	0.00020842
1.85	0.00061284	0.00018339
1.9	0.00061828	0.00016192
1.95	0.00062361	0.00014342
2	0.00062886	0.00012743

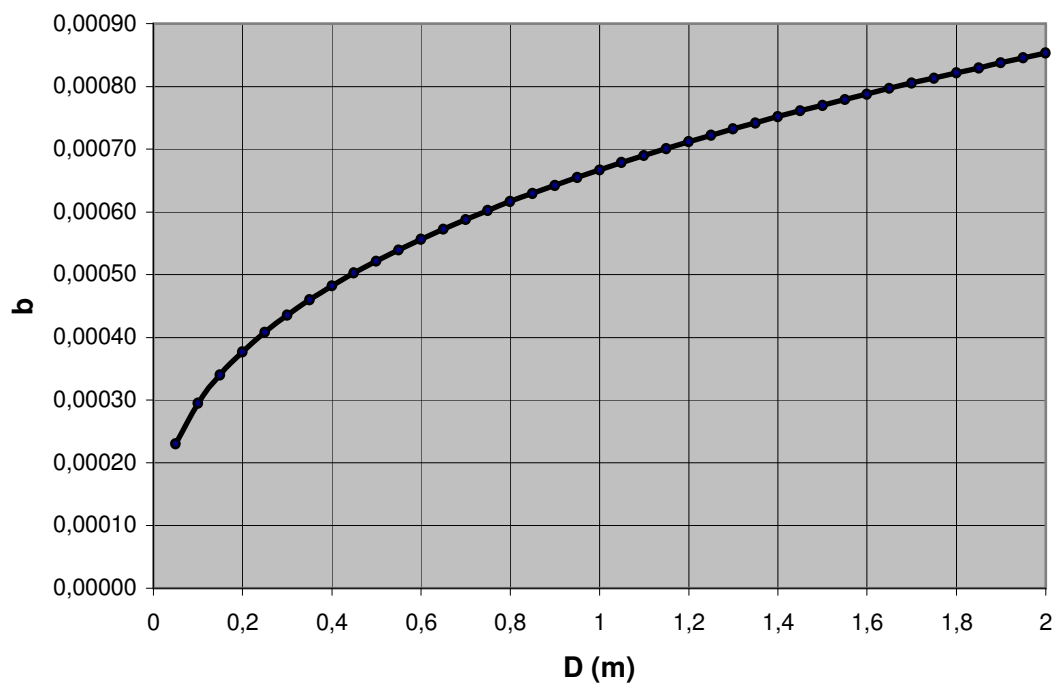


CATEGORIA 6

D (m)	b	n
0.05	0.00023067	4786.48171259
0.1	0.00029492	191.24124358
0.15	0.00034050	29.07700125
0.2	0.00037706	7.64093868
0.25	0.00040810	2.70988742
0.3	0.00043535	1.16175559
0.35	0.00045980	0.56769290
0.4	0.00048209	0.30528950
0.45	0.00050265	0.17663747
0.5	0.00052177	0.10827206
0.55	0.00053971	0.06953872
0.6	0.00055661	0.04641731
0.65	0.00057263	0.03200314
0.7	0.00058788	0.02268186
0.75	0.00060243	0.01646207
0.8	0.00061637	0.01219767
0.85	0.00062976	0.00920377
0.9	0.00064265	0.00705745
0.95	0.00065509	0.00548993
1	0.00066711	0.00432595

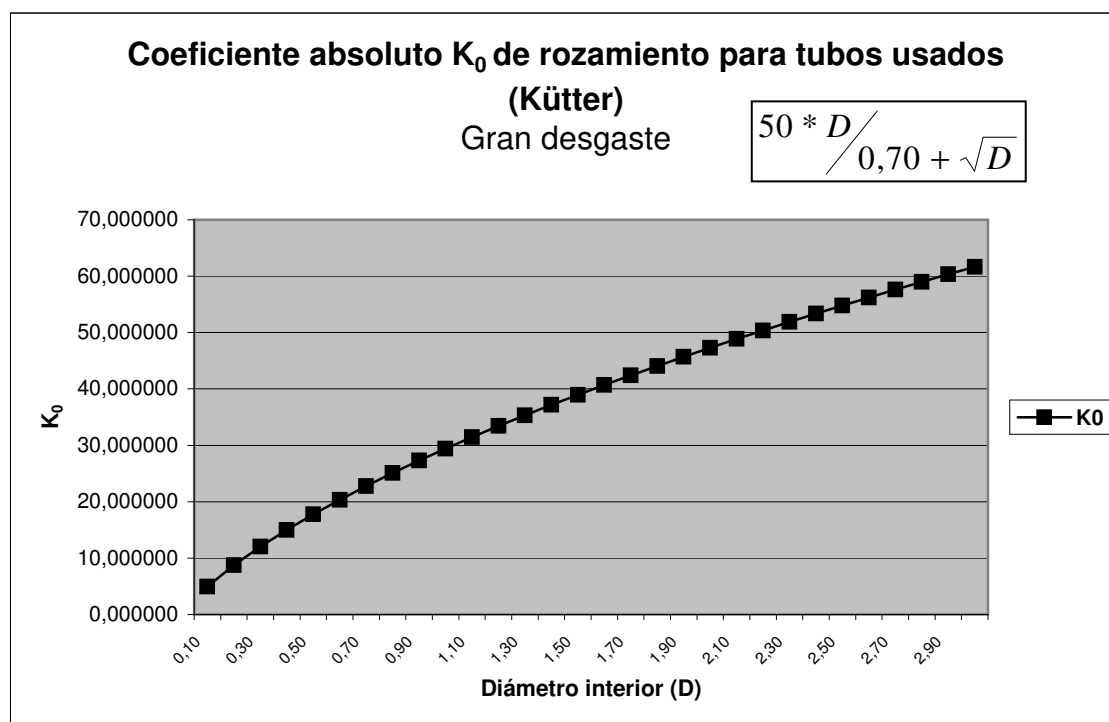
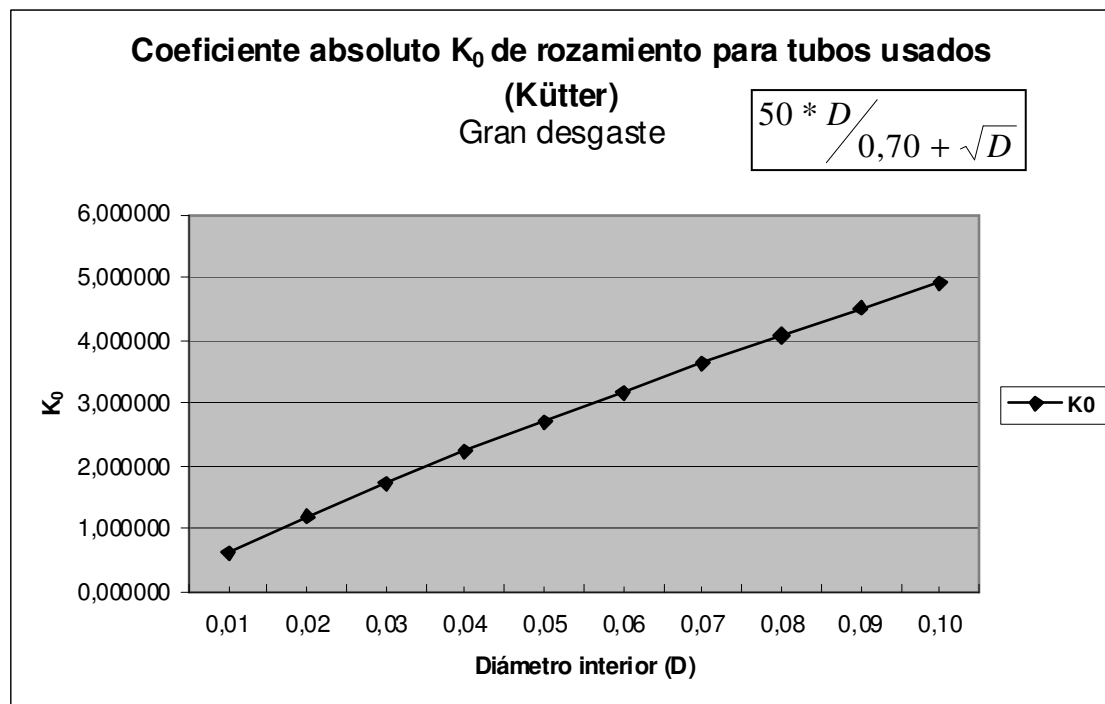
D (m)	b	n
1.05	0.00067875	0.00344863
1.1	0.00069004	0.00277838
1.15	0.00070100	0.00226001
1.2	0.00071165	0.00185458
1.25	0.00072203	0.00153421
1.3	0.00073214	0.00127867
1.35	0.00074200	0.00107304
1.4	0.00075162	0.00090624
1.45	0.00076103	0.00076992
1.5	0.00077023	0.00065773
1.55	0.00077924	0.00056480
1.6	0.00078806	0.00048735
1.65	0.00079670	0.00042244
1.7	0.00080518	0.00036773
1.75	0.00081350	0.00032140
1.8	0.00082166	0.00028198
1.85	0.00082968	0.00024828
1.9	0.00083756	0.00021935
1.95	0.00084531	0.00019441
2	0.00085293	0.00017284

Categoría 6



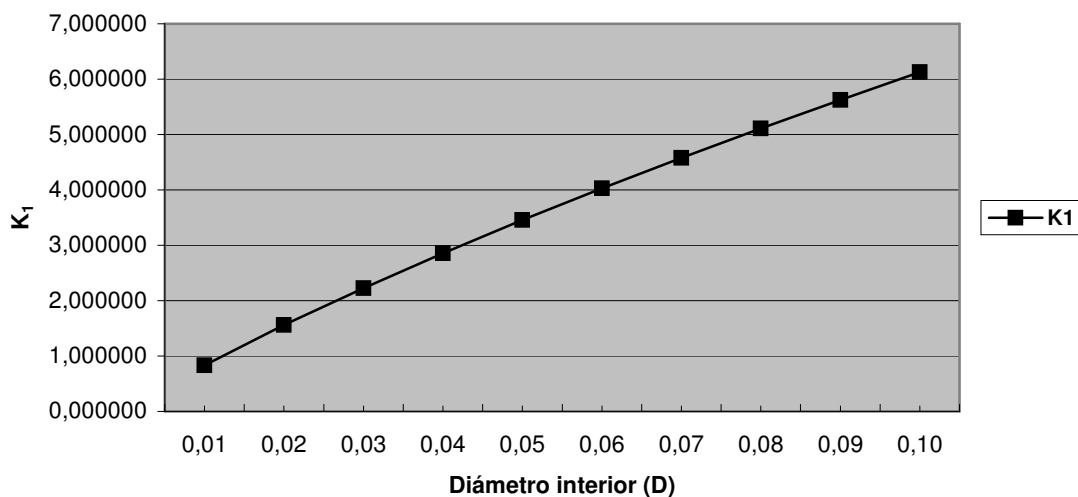
1.8. COEFICIENTES DE ROZAMIENTO ABSOLUTOS Y RELATIVOS PARA TUBERÍAS CON GRAN DESGASTE

Coeficientes de rozamiento – Gran desgaste					
D (m.)	K ₀	K ₁	K ₂	α ₁	α ₂
0.01	0.625000	0.833333	1.250000	1.333333	2.000000
0.02	1.188465	1.559038	2.265409	1.311808	1.906164
0.03	1.717810	2.228147	3.169873	1.297086	1.845299
0.04	2.222222	2.857143	4.000000	1.285714	1.800000
0.05	2.706780	3.454915	4.774575	1.276393	1.763932
0.06	3.174775	4.027121	5.505103	1.268475	1.734014
0.07	3.628541	4.577706	6.199352	1.261583	1.708497
0.08	4.069827	5.109583	6.862915	1.255479	1.686292
0.09	4.500000	5.625000	7.500000	1.250000	1.666667
0.10	4.920157	6.125741	8.113883	1.245030	1.649111
0.20	8.716773	10.557281	13.383054	1.211146	1.535322
0.30	12.021903	14.316767	17.694468	1.190890	1.471852
0.40	15.009882	17.660738	21.448744	1.176607	1.428975
0.50	17.766953	20.710678	24.823584	1.165685	1.397177
0.60	20.344546	23.536857	27.917451	1.156912	1.372233
0.70	22.776671	26.184669	30.791969	1.149627	1.351908
0.80	25.087379	28.685614	33.488856	1.143428	1.334889
0.90	27.294508	31.062690	36.037961	1.138056	1.320337
1.00	29.411765	33.333333	38.461538	1.133333	1.307692
1.10	31.449978	35.511161	40.776719	1.129131	1.296558
1.20	33.417897	37.607060	42.997033	1.125357	1.286647
1.30	35.322719	39.629907	45.133391	1.121938	1.277744
1.40	37.170458	41.587058	47.194746	1.118820	1.269684
1.50	38.966203	43.484692	49.188557	1.115959	1.262339
1.60	40.714311	45.328063	51.121116	1.113320	1.255606
1.70	42.418546	47.121683	52.997789	1.110875	1.249401
1.80	44.082191	48.869465	54.823199	1.108599	1.243659
1.90	45.708130	50.574826	56.601361	1.106473	1.238322
2.00	47.298911	52.240775	58.335789	1.104482	1.233343
2.10	48.856805	53.869976	60.029580	1.102609	1.228684
2.20	50.383840	55.464803	61.685482	1.100845	1.224311
2.30	51.881843	57.027383	63.305944	1.099178	1.220195
2.40	53.352461	58.559628	64.893160	1.097599	1.216311
2.50	54.797191	60.063268	66.449109	1.096101	1.212637
2.60	56.217394	61.539873	67.975578	1.094677	1.209156
2.70	57.614315	62.990872	69.474190	1.093320	1.205849
2.80	58.989094	64.417572	70.946423	1.092025	1.202704
2.90	60.342781	65.821171	72.393631	1.090788	1.199707
3.00	61.676343	67.202771	73.817052	1.089604	1.196845



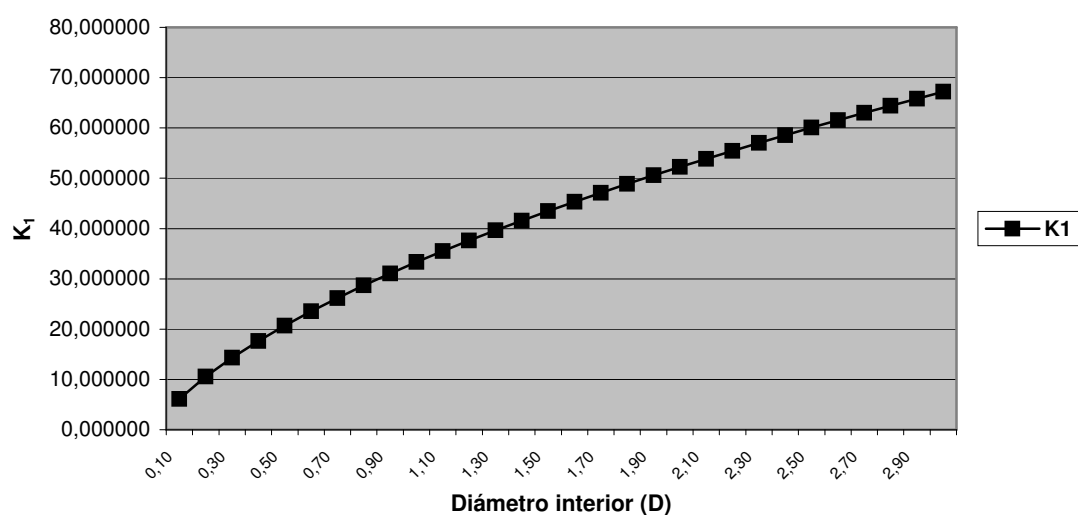
**Coeficiente absoluto K_1 de rozamiento para tubos
seminuevos (Kütter)
Gran desgaste**

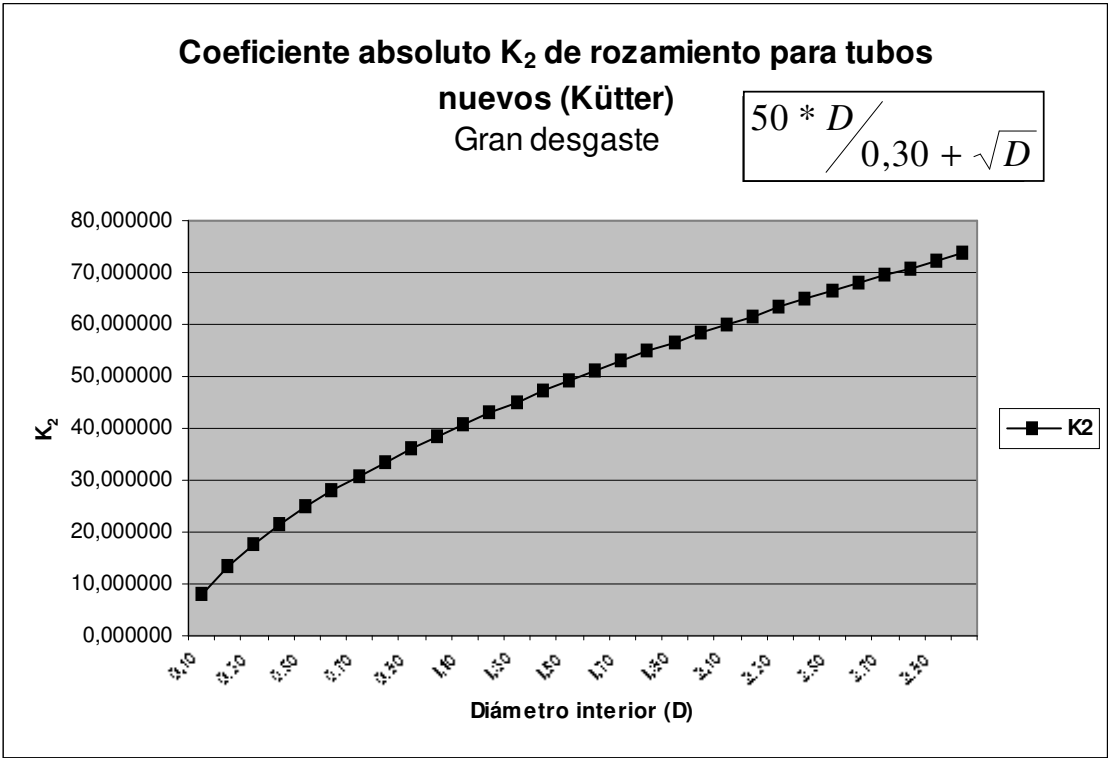
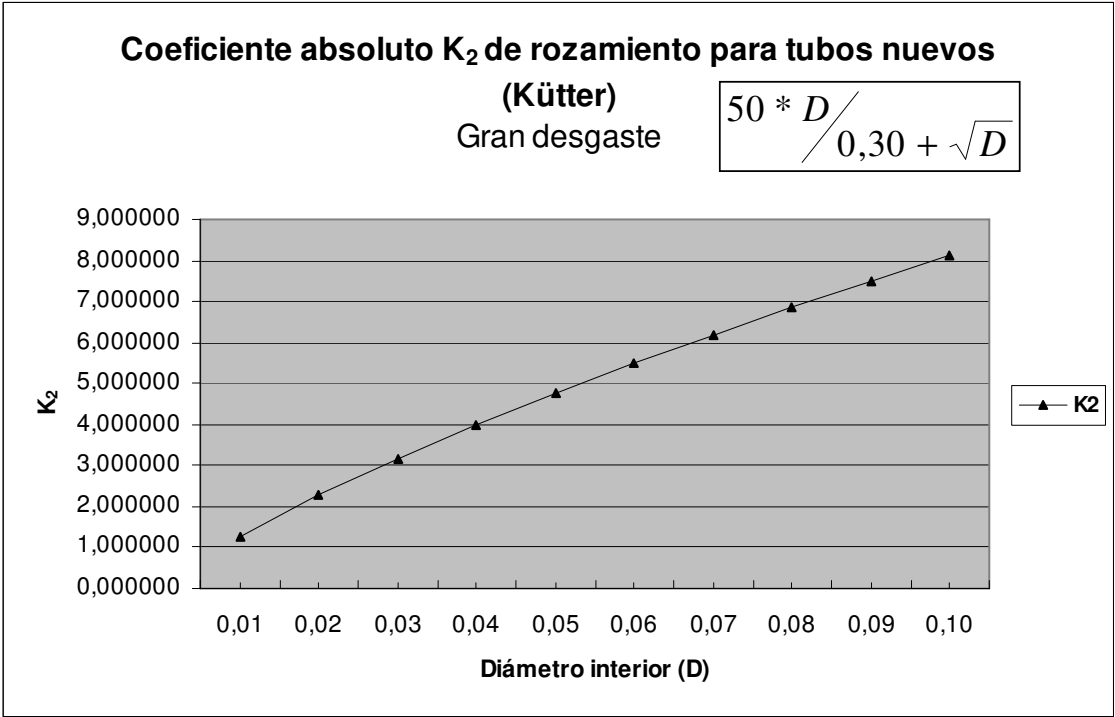
$$\frac{50 * D}{0,50 + \sqrt{D}}$$

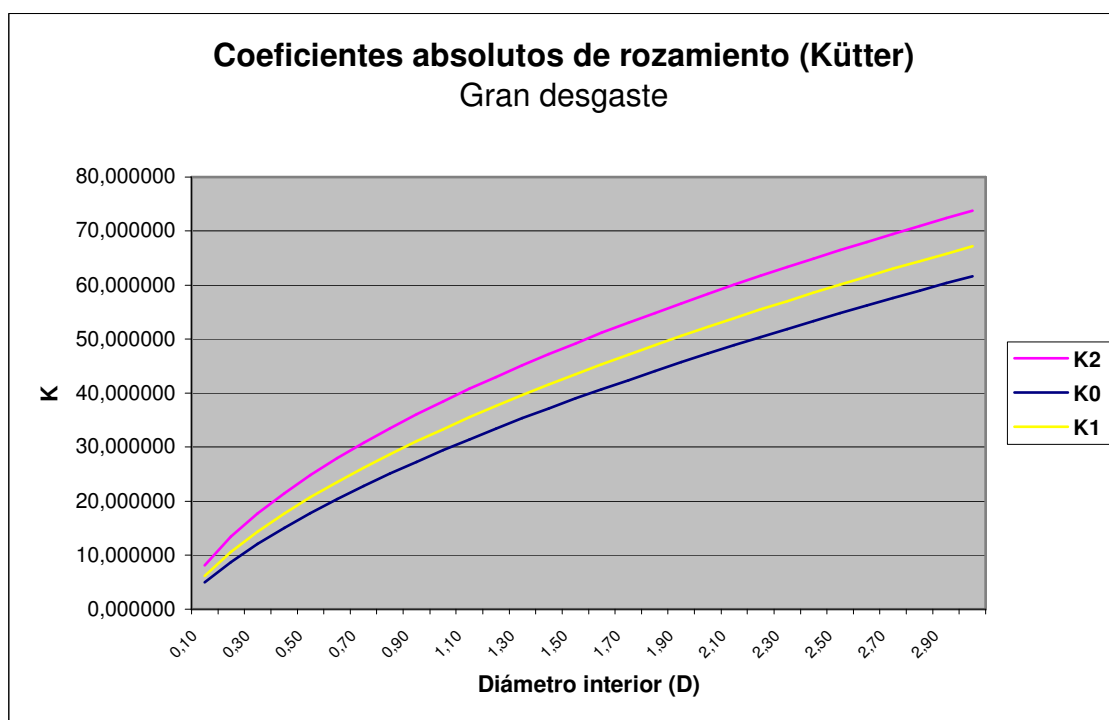
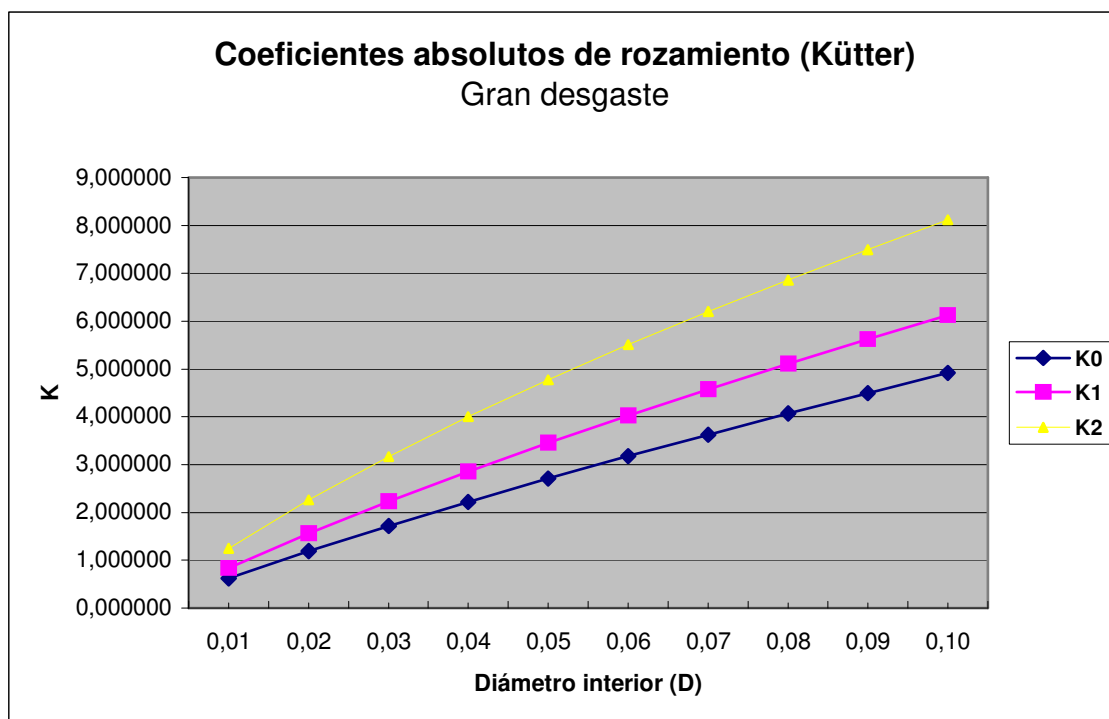


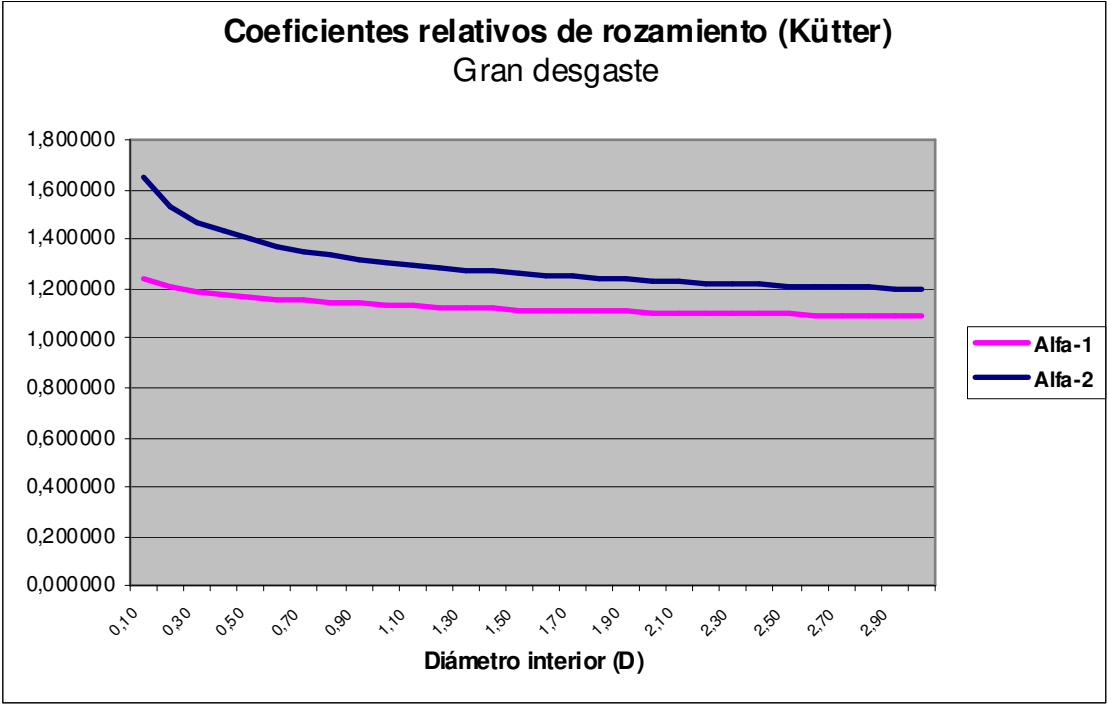
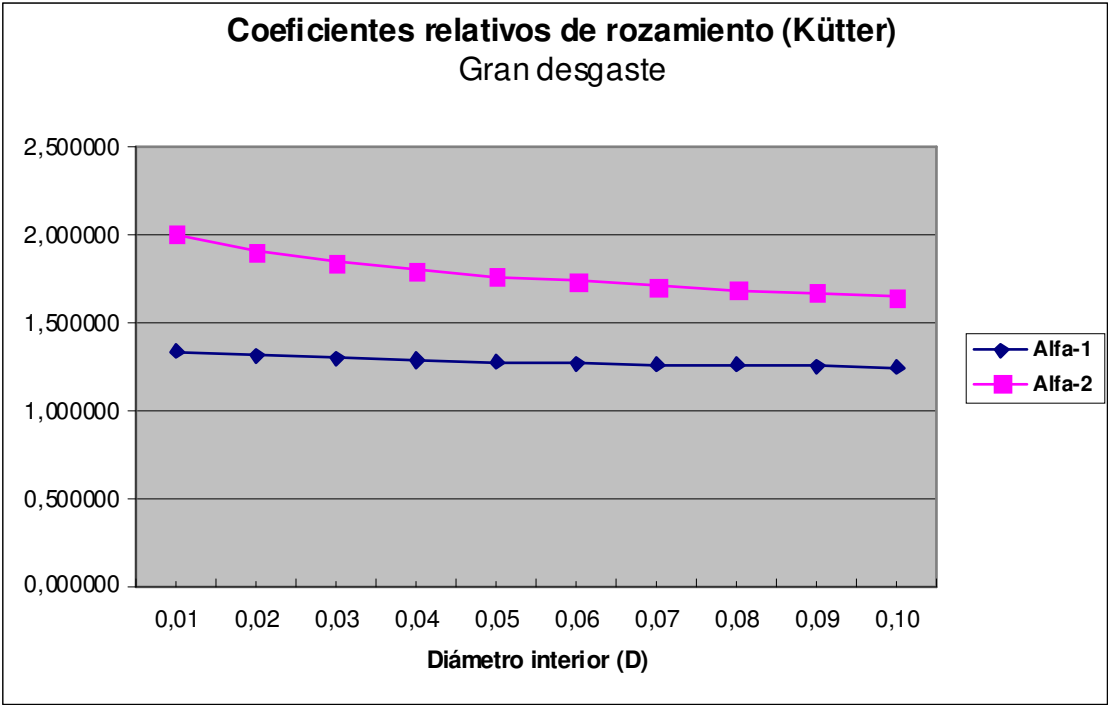
**Coeficiente absoluto K_1 de rozamiento para tubos
seminuevos (Kütter)
Gran desgaste**

$$\frac{50 * D}{0,50 + \sqrt{D}}$$









1.9. COEFICIENTES DE ROZAMIENTO ABSOLUTOS Y RELATIVOS PARA TUBERÍAS CON DESGASTE NORMAL

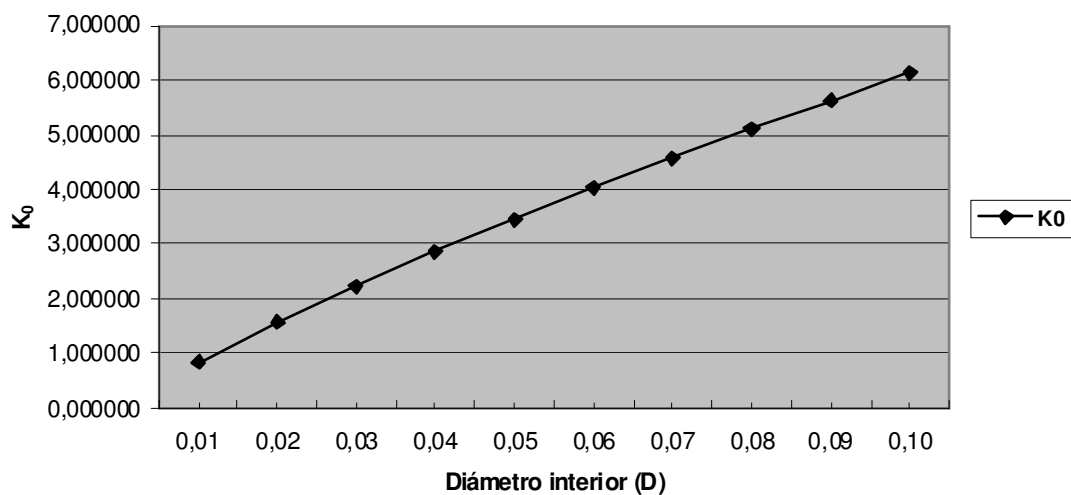
Coeficientes de rozamiento – Desgaste normal					
Valores (D)	K_0	K_1	K_2	α_1	α_2
0.01	0.833333	1.000000	1.250000	1.200000	1.500000
0.02	1.559038	1.846990	2.265409	1.184699	1.453082
0.03	2.228147	2.616864	3.169873	1.174458	1.422650
0.04	2.857143	3.333333	4.000000	1.166667	1.400000
0.05	3.454915	4.008936	4.774575	1.160357	1.381966
0.06	4.027121	4.651531	5.505103	1.155051	1.367007
0.07	4.577706	5.266523	6.199352	1.150472	1.354249
0.08	5.109583	5.857864	6.862915	1.146447	1.343146
0.09	5.625000	6.428571	7.500000	1.142857	1.333333
0.10	6.125741	6.981019	8.113883	1.139620	1.324555
0.20	10.557281	11.803399	13.383054	1.118034	1.267661
0.30	14.316767	15.827417	17.694468	1.105516	1.235926
0.40	17.660738	19.371294	21.448744	1.096856	1.214487
0.50	20.710678	22.581381	24.823584	1.090326	1.198589
0.60	23.536857	25.540682	27.917451	1.085136	1.186116
0.70	26.184669	28.302039	30.791969	1.080863	1.175954
0.80	28.685614	30.901699	33.488856	1.077254	1.167444
0.90	31.062690	33.365876	36.037961	1.074146	1.160169
1.00	33.333333	35.714286	38.461538	1.071429	1.153846
1.10	35.511161	37.962220	40.776719	1.069022	1.148279
1.20	37.607060	40.121834	42.997033	1.066870	1.143323
1.30	39.629907	42.202985	45.133391	1.064928	1.138872
1.40	41.587058	44.213804	47.194746	1.063163	1.134842
1.50	43.484692	46.161094	49.188557	1.061548	1.131169
1.60	45.328063	48.050615	51.121116	1.060063	1.127803
1.70	47.121683	49.887299	52.997789	1.058691	1.124701
1.80	48.869465	51.675409	54.823199	1.057417	1.121829
1.90	50.574826	53.418657	56.601361	1.056230	1.119161
2.00	52.240775	55.120302	58.335789	1.055120	1.116672
2.10	53.869976	56.783225	60.029580	1.054079	1.114342
2.20	55.464803	58.409984	61.685482	1.053100	1.112155
2.30	57.027383	60.002867	63.305944	1.052176	1.110097
2.40	58.559628	61.563929	64.893160	1.051303	1.108155
2.50	60.063268	63.095023	66.449109	1.050476	1.106319
2.60	61.539873	64.597828	67.975578	1.049691	1.104578
2.70	62.990872	66.073872	69.474190	1.048944	1.102925
2.80	64.417572	67.524548	70.946423	1.048232	1.101352
2.90	65.821171	68.951132	72.393631	1.047553	1.099853
3.00	67.202771	70.354796	73.817052	1.046903	1.098423

Coeficiente absoluto K_0 de rozamiento para tubos usados

(Kütter)

Desgaste normal

$$\frac{50 * D}{0,50 + \sqrt{D}}$$

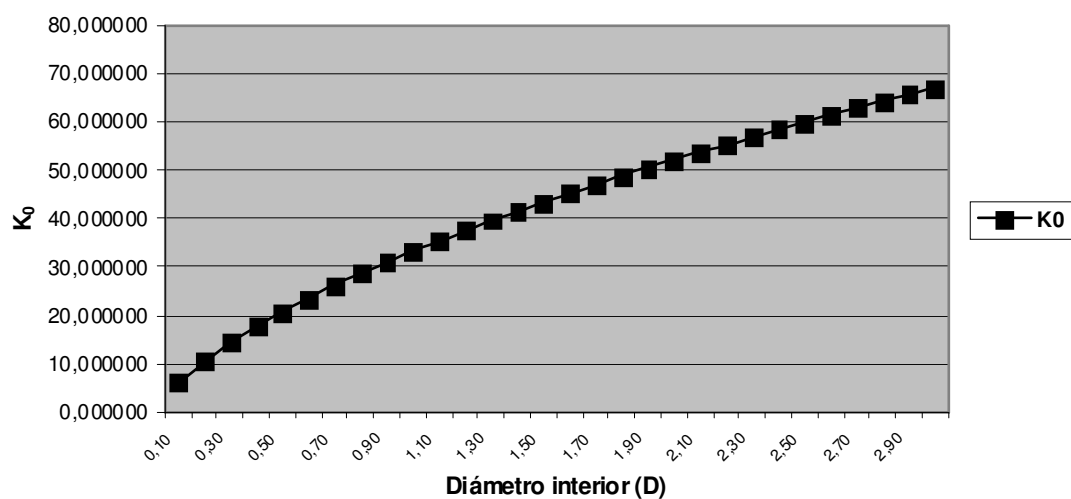


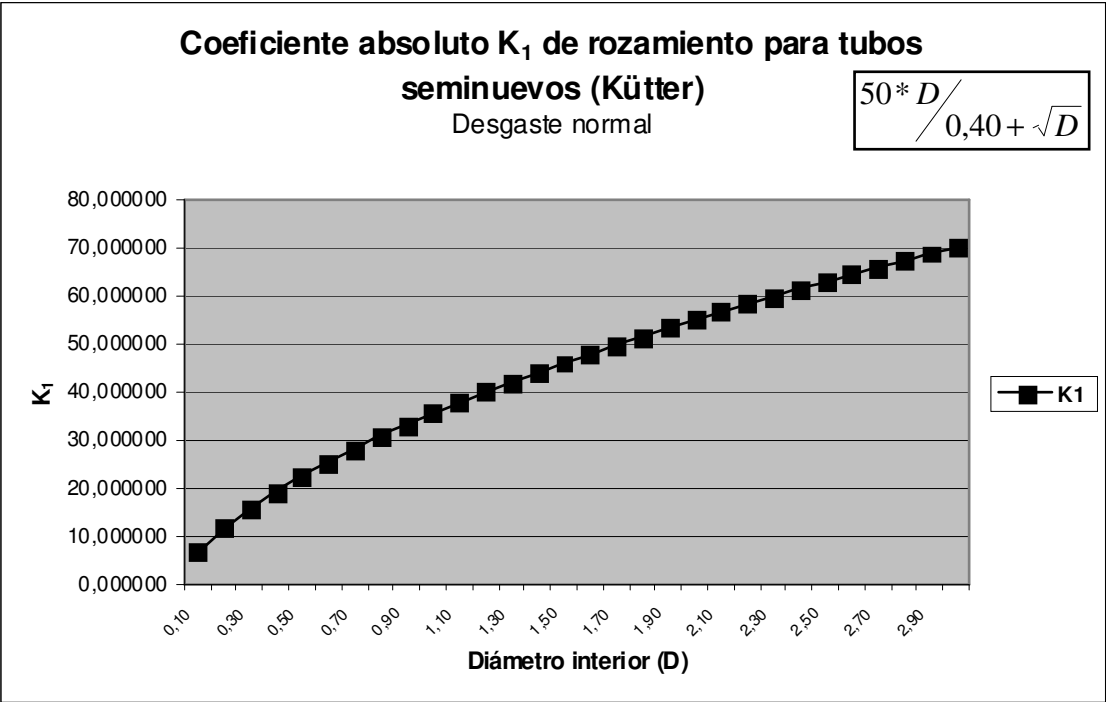
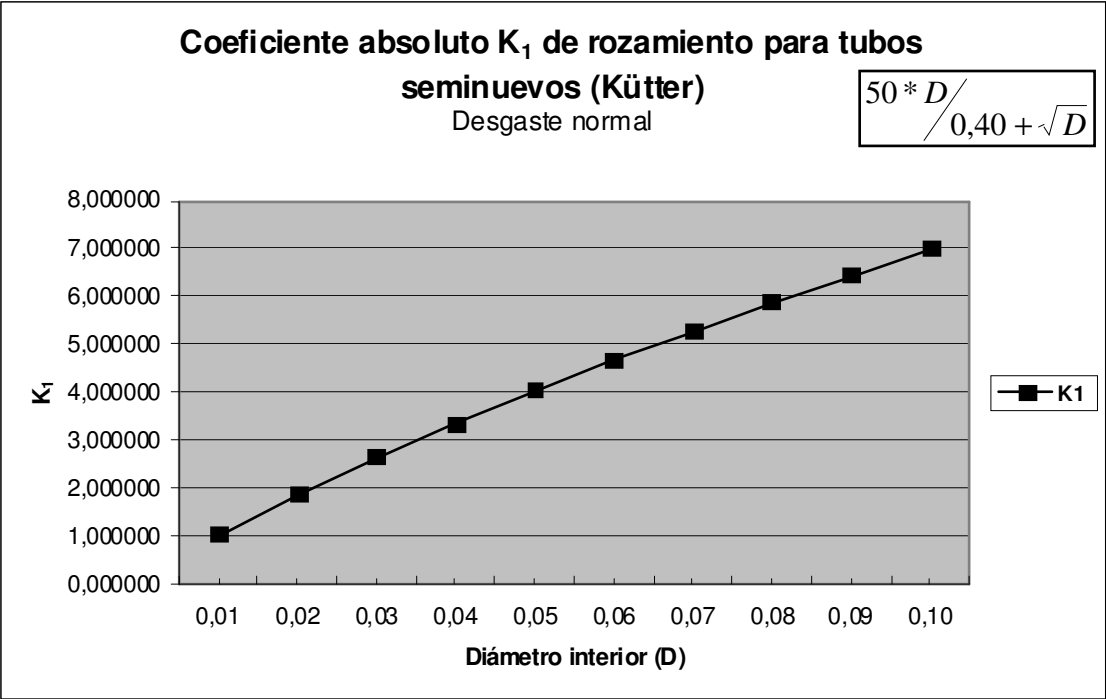
Coeficiente absoluto K_0 de rozamiento para tubos usados

(Kütter)

Desgaste normal

$$\frac{50 * D}{0,50 + \sqrt{D}}$$



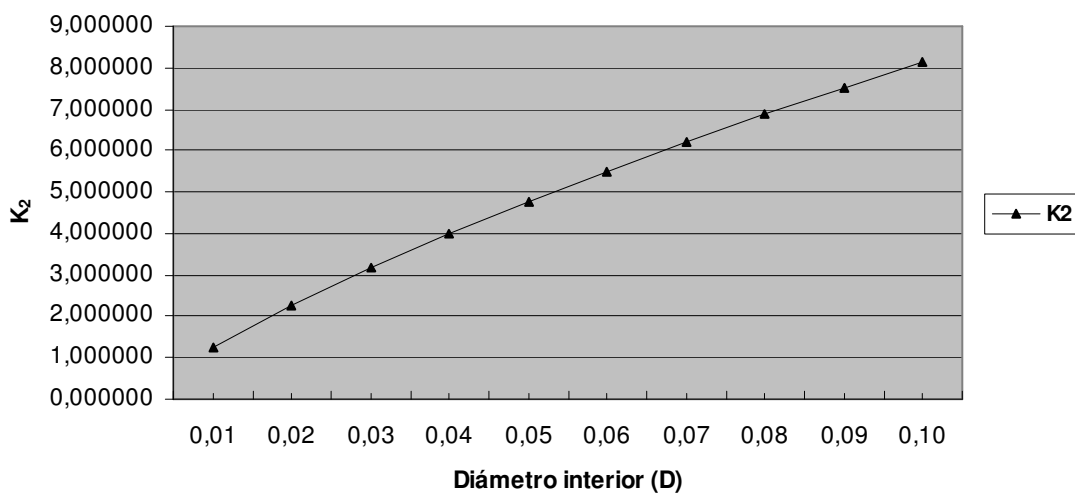


Coeficiente absoluto K_2 de rozamiento para tubos nuevos

(Kütter)

Desgaste normal

$$\frac{50 * D}{0,30 + \sqrt{D}}$$

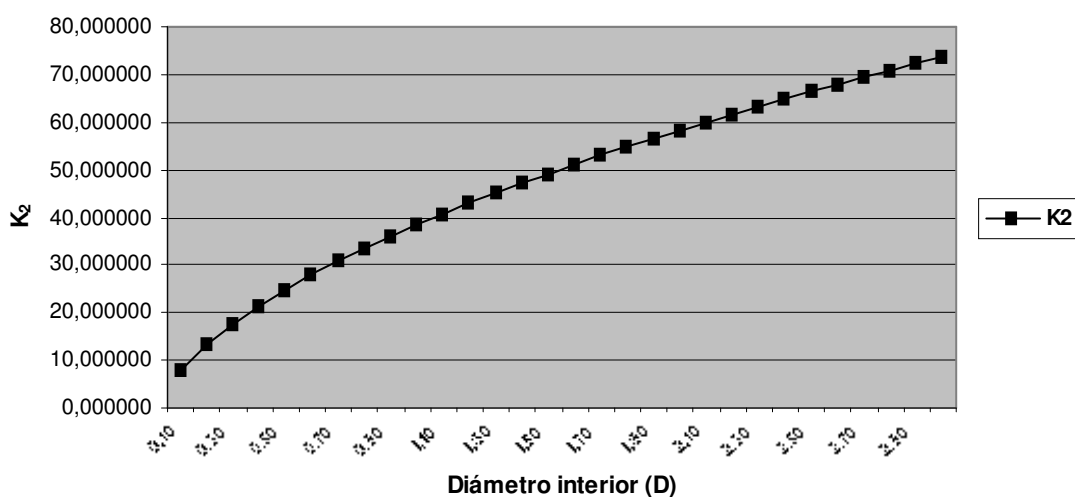


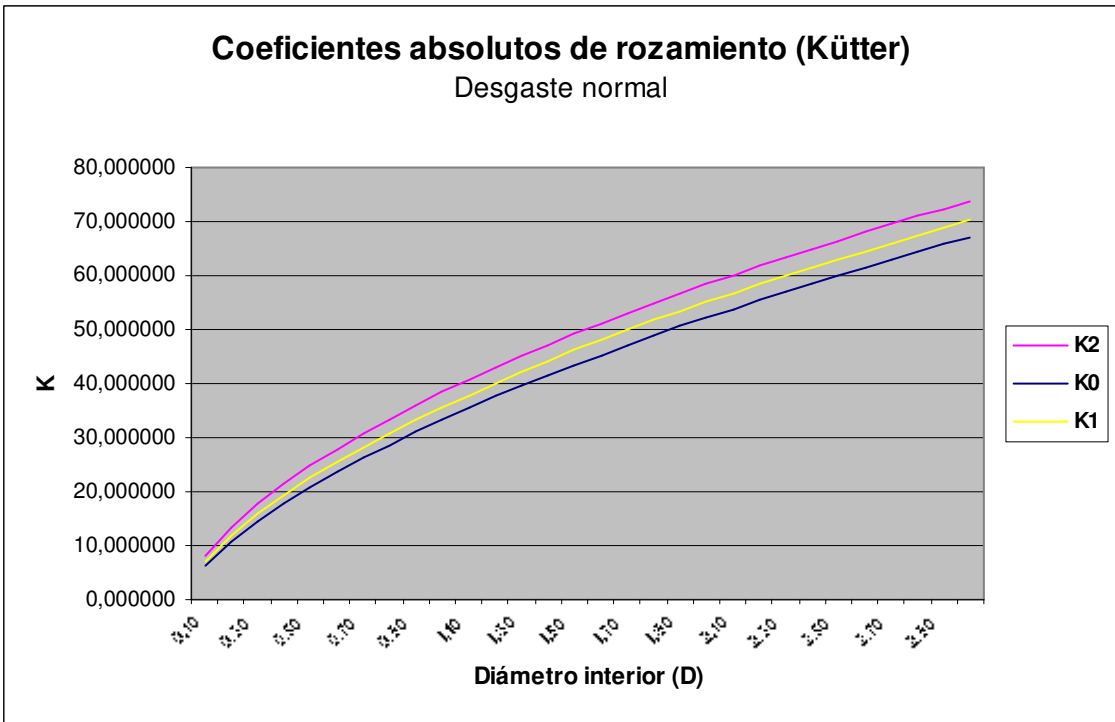
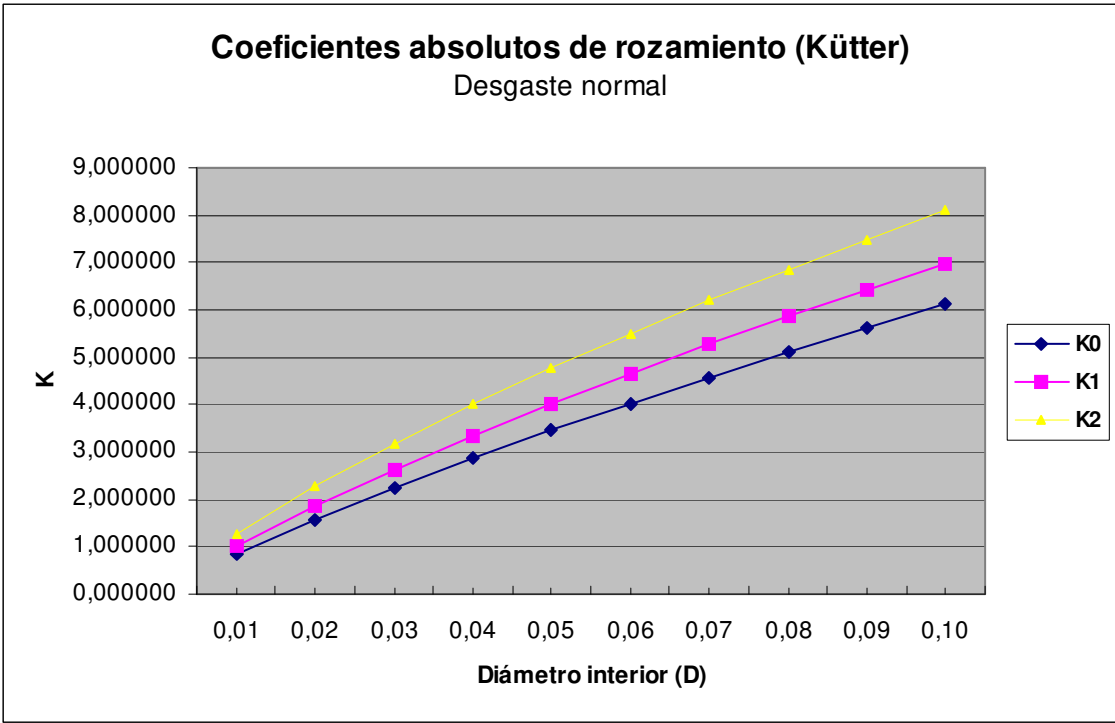
Coeficiente absoluto K_2 de rozamiento para tubos nuevos

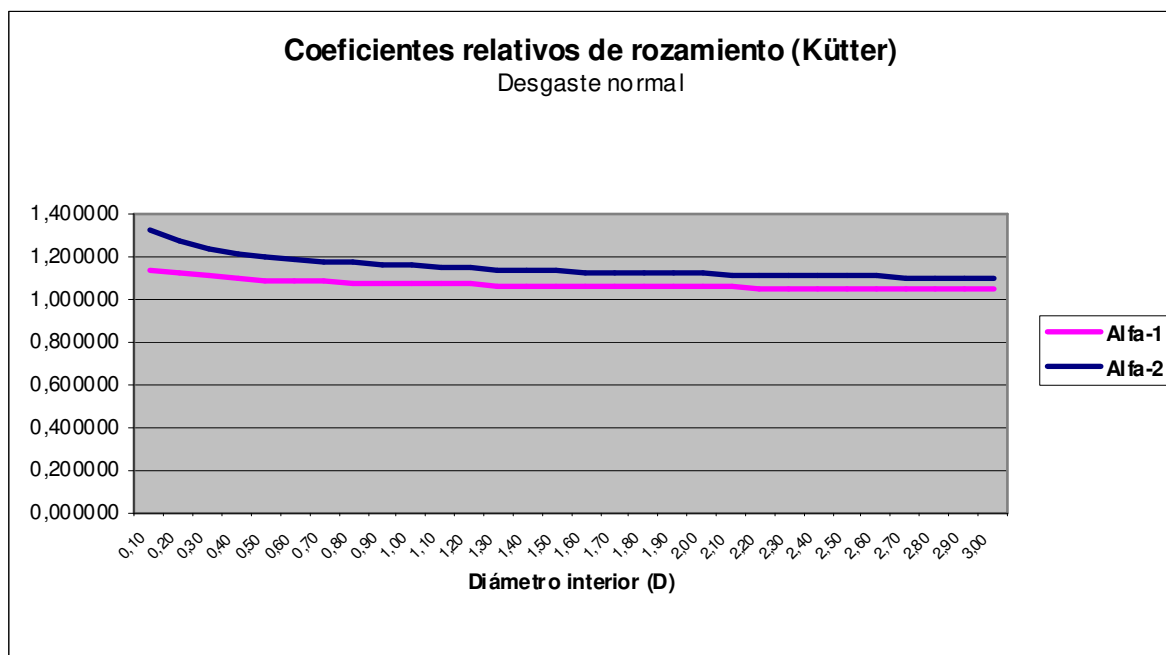
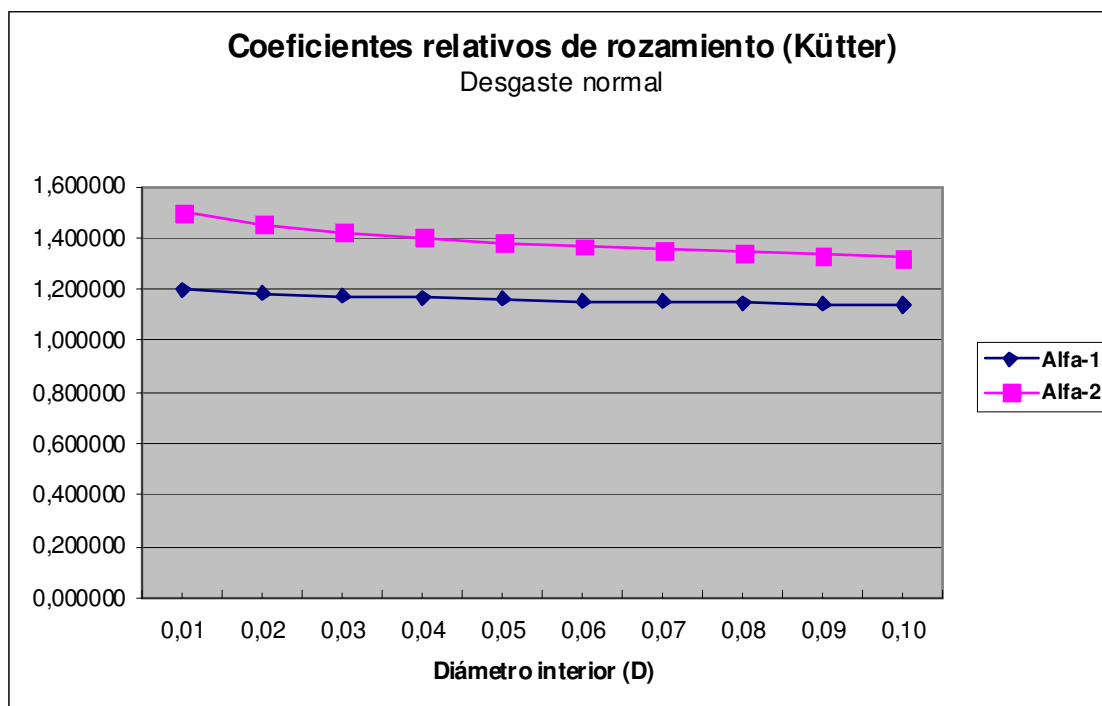
(Kütter)

Desgaste normal

$$\frac{50 * D}{0,30 + \sqrt{D}}$$







**1.10. VALORES DEL PARÁMETRO n EN
FUNCIÓN DE D (diámetro interior) Y
 k (categoría de rugosidad)**

D (m.)	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 6
0.01	37049757.54766	53176618.95787	77491323.14206	102279789.68755	148643187.65727	221558234.78895
0.02	978329.39605	1378997.79163	1973508.69134	2576079.80712	3693297.64683	5415303.28737
0.03	116745.09202	162825.01153	230568.83671	299022.19027	425311.40186	617649.56225
0.04	25833.59435	35760.73369	50260.29234	64882.68301	91766.38178	132360.27865
0.05	8018.36160	11035.14060	15419.38703	19834.45809	27930.30711	40073.10627
0.06	3082.75041	4222.44467	5872.00715	7531.35129	10567.59899	15096.52624
0.07	1373.84060	1874.19441	2595.91181	3321.27714	4646.18372	6613.18148
0.08	682.15736	927.36195	1280.00297	1634.17397	2280.09482	3235.13614
0.09	367.86790	498.56469	686.03795	874.21250	1216.93965	1721.85422
0.10	211.73145	286.16777	392.69292	499.56250	693.97689	979.46269
0.20	5.59094	7.42102	10.00090	12.58228	17.24306	23.93992
0.30	0.66717	0.87624	1.16842	1.46051	1.98567	2.73050
0.40	0.14763	0.19244	0.25470	0.31690	0.42843	0.58514
0.50	0.04582	0.05939	0.07814	0.09688	0.13040	0.17715
0.60	0.01762	0.02272	0.02976	0.03679	0.04934	0.06674
0.70	0.00785	0.01009	0.01315	0.01622	0.02169	0.02924
0.80	0.00390	0.00499	0.00649	0.00798	0.01065	0.01430
0.90	0.00210	0.00268	0.00348	0.00427	0.00568	0.00761
1.00	0.00121	0.00154	0.00199	0.00244	0.00324	0.00433
1.10	0.00073	0.00093	0.00120	0.00147	0.00195	0.00260
1.20	0.00047	0.00059	0.00076	0.00093	0.00123	0.00163
1.30	0.00031	0.00039	0.00050	0.00061	0.00080	0.00106
1.40	0.00021	0.00026	0.00034	0.00041	0.00054	0.00071
1.50	0.00014	0.00018	0.00023	0.00028	0.00037	0.00049
1.60	0.00010	0.00013	0.00017	0.00020	0.00026	0.00035
1.70	0.00007	0.00009	0.00012	0.00015	0.00019	0.00025
1.80	0.00006	0.00007	0.00009	0.00011	0.00014	0.00019
1.90	0.00004	0.00005	0.00007	0.00008	0.00011	0.00014
2.00	0.00003	0.00004	0.00005	0.00006	0.00008	0.00011

2. Tablas y gráficos del capítulo 6

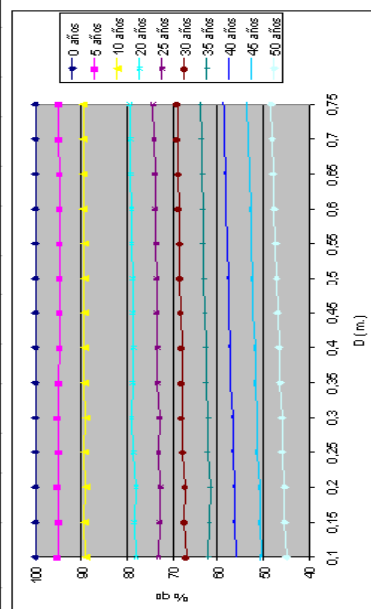
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS

DN		S (m ²)	q ₀ (l/s)	q _{máx.} (l/s)
“	m			
1/8	0.007	3.85×10^{-5}	0.04	0.03
1/4	0.01	7.85×10^{-5}	0.08	0.05
3/8	0.012	11.31×10^{-5}	0.11	0.07
1/2	0.016	20.11×10^{-5}	0.20	0.13
3/4	0.02	31.42×10^{-5}	0.31	0.21
1	0.025	49.09×10^{-5}	0.49	0.33
1¼	0.032	80.42×10^{-5}	0.80	0.55
1½	0.04	1.26×10^{-3}	1.26	0.87
2	0.05	1.96×10^{-3}	1.96	1.39
2½	0.065	3.32×10^{-3}	3.32	2.43
3	0.08	0.00503	5.03	3.79
4	0.1	0.00785	7.85	6.15
5	0.125	0.01227	12.27	10.05
6	0.15	0.01767	17.67	15.11
8	0.2	0.03142	31.42	29.13
10	0.25	0.04909	49.09	49.06
12	0.3	0.07069	70.69	75.77
14	0.35	0.09621	96.21	110.08
16	0.4	0.12566	125.66	152.86
18	0.45	0.15904	159.04	204.97
20	0.5	0.19635	196.35	267.25
24	0.6	0.28274	282.74	425.74
28	0.7	0.38485	384.85	635.14
30	0.75	0.44179	441.79	761.06
32	0.8	0.50266	502.66	902.27
36	0.9	0.63617	636.17	1233.95
40	1	0.78540	785.40	1637.00
44	1.1	0.95033	950.33	2118.23
48	1.2	1.13097	1130.97	2684.45
56	1.4	1.53938	1539.38	4099.14
60	1.5	1.76715	1767.15	4961.25
64	1.6	2.01062	2010.62	5935.62
72	1.8	2.54469	2544.69	8248.39
80	2	3.14159	3141.59	11092.96
90	2.25	3.97608	3976.08	15476.10
100	2.5	4.90874	4908.74	20881.20

NOTA: El q₀ se refiere al caudal correspondiente para una velocidad aproximada de 1.00 m/s, mientras que el q_{máx.} se refiere al caudal máximo propuesto por este autor en función del diámetro interior de la tubería (ver Cap. 10, epígrafe 3).

2.2. TUBERÍAS DE HIERRO

CAUDAL CIRCULANTE PREVISIBLE (AJUSTE AL 100% DE TUBERÍA NUEVA DE HIERRO)																																						
D (") →	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1+1/4"	1+1/2"	2"	2+1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"	28"	30"	32"	36"	40"	44"	48"	56"	60"	64"	72"	80"	90"	100"	
Edad (años) ↓	0,007	0,01	0,012	0,016	0,02	0,025	0,032	0,04	0,05	0,065	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,25	2,5	
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
3	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	
5	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	
10	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	91	91	91	91
15	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	87	87
20	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	80	80	80	80	81	81	81	81	82	82	82	82
25	72	72	72	72	72	72	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	74	74	74	74	74	74	74	75	75	75	75	76	76	76	77	77	77	77	78
30	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	69	69	69	69	70	70	71	71	71	72	72	73	73
35	61	61	61	61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	62	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	67	67	68	68	69
40	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	57	57	57	57	57	58	58	58	58	58	58	59	59	60	60	60	61	61	62	62	63	64	65	65
45	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	51	51	51	51	52	52	52	52	53	53	53	53	53	54	54	55	55	55	56	57	57	58	58	59	60	60
50	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	46	46	46	47	47	47	47	48	48	48	48	49	49	50	50	50	51	52	52	53	54	55	56	56
60	33	33	33	33	33	33	34	34	34	34	34	34	34	35	35	35	36	36	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47	47
70	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	24	24	24	25	25	26	26	26	27	27	28	28	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	37	38	38
80	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29	29	



2.3. TUBERÍAS DE ACERO

CAUDAL CIRCULANTE PREVISIBLE (AJUSTE AL 100% DE TUBERÍA NUEVA DE ACERO)																																						
D (") (m.) →	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1+1/4"	1+1/2"	2"	2+1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"	28"	30"	32"	36"	40"	44"	48"	56"	60"	64"	72"	80"	90"	100"	
Edad (años) ↓	0,007	0,01	0,012	0,016	0,02	0,025	0,032	0,04	0,05	0,065	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,25	2,5	
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
3	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	
5	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	
10	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	
15	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
20	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	
25	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	
30	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	
35	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68	68	68	68	68	68	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	
40	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	63	64	64	64	64	65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	
45	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	57	57	57	57	58	58	58	58	58	58	58	59	59	60	60	60	60	61	61	62	62	63	63	64	65	65	66
50	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	
60	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
70	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
80	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	

2.4. TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO

CAUDAL CIRCULANTE PREVISIBLE (AJUSTE AL 100% DE TUBERÍA NUEVA DE HORMIGÓN ARMADO)																						
D (") (m.) →	12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"	28"	30"	32"	36"	40"	44"	48"	56"	60"	64"	72"	80"	90"	100"
Edad (años)↓	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,25	2,5
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	99
15	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93	94	94	94	94	95
20	87	87	87	87	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88	89	89	90	90	90	91
25	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83	84	84	84	85	85	85	86	86	87
30	77	77	77	77	77	77	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79	80	80	81	81	82	83
35	72	72	72	72	72	73	73	73	73	73	73	74	74	75	75	75	76	76	77	77	78	79
40	67	67	67	67	67	68	68	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	74	75
45	62	62	62	62	63	63	63	63	63	64	64	64	65	65	66	67	67	67	68	69	70	71
50	57	57	57	57	58	58	58	58	59	59	59	60	60	61	61	62	63	63	64	65	66	67
60	46	47	47	47	48	48	48	49	49	49	50	50	51	52	52	53	54	54	55	56	57	59
70	36	37	37	38	38	38	39	39	39	40	40	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	51
80	26	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	32	32	33	34	35	36	37	38	39	41	43

2.5. TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO

CAUDAL CIRCULANTE PREVISIBLE (AJUSTE AL 100% DE TUBERÍA NUEVA DE FIBROCEMENTO)																				
D (") (m.) →	2"	2"+1/4"	2+1/2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	28"	32"	36"	40"
Edad (años) ↓	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	94	94	94	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96
25	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	90	90	91	91	91
30	83	83	83	83	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	85	85	86	86	86
35	77	77	77	77	77	77	78	78	78	78	78	78	79	79	79	80	80	80	81	81
40	71	71	72	72	72	72	72	72	72	73	73	73	73	74	74	74	75	75	76	76
45	66	66	66	66	66	66	66	66	67	67	67	68	68	68	68	69	69	70	70	71
50	60	60	60	60	61	61	61	61	61	61	62	62	62	63	63	64	64	65	65	66
60	49	49	49	49	49	49	50	50	50	50	51	51	52	52	52	53	54	54	55	56
70	38	38	38	38	38	38	39	39	39	39	40	40	41	41	42	42	43	44	45	46
80	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	35

2.6. TUBERÍAS DE PLÁSTICO

			CAUDAL CIRCULANTE PREVISIBLE (AJUSTE AL 100% DE TUBERÍA NUEVA DE PLÁSTICO)																																					
D (")	(m.)	→	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1+1/4"	1+1/2"	2"	2+1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"	28"	30"	32"	36"	40"	44"	48"	56"	60"	64"	72"	80"	90"	100"	
Edad (años)	↓		0,007	0,01	0,012	0,016	0,02	0,025	0,032	0,04	0,05	0,065	0,08	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,25	2,5	
0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25			95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	98	98	98	99	99	99	100	100	100	100
30			88	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	90	90	90	90	91	91	91	91	91	91	91	92	92	93	93	94	94	94	95	95	96	97
35			82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	85	85	85	85	85	86	86	86	86	87	87	88	88	89	89	90	91	91	92	92
40			76	76	76	76	76	76	76	77	77	77	77	77	77	77	78	78	78	78	79	79	79	80	80	80	80	81	81	81	82	82	83	84	84	85	86	87	87	87
45			70	70	70	70	70	70	70	70	71	71	71	71	71	71	72	72	72	73	73	73	74	74	74	74	75	75	75	76	77	77	78	78	79	80	81	82	83	83
50			64	64	64	64	64	64	64	64	65	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	68	68	68	68	69	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	76	77	78	78
60			52	52	52	52	52	52	52	52	52	53	53	53	54	54	54	54	55	55	56	56	57	57	58	58	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	69	
70			40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	41	41	41	42	42	43	43	44	44	45	45	46	46	47	47	48	49	50	50	52	53	53	55	56	58	59	59	
80			28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46	48	50	

2.7. VALOR ACONSEJABLE DE t_u PARA TUBERÍAS

2.7.1. TUBERÍAS DE PLÁSTICO

Diámetro D_0 (pulgadas y milímetros) Plástico, Latón ($K_0 = 0.01$ mm)								
(")	1"	2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
(mm)	25	50	80	100	125	150	200	250
α	Tiempo de servicio de la tubería t_u (años)							
0.10	42	83	133	167	208	250	333	417
0.20	21	42	67	83	104	125	167	208
0.30	14	28	44	56	69	83	111	139
0.40	10	21	33	42	52	62	83	104
0.50	8	17	27	33	42	50	67	83
0.60	7	14	22	28	35	42	56	69
0.70	6	12	19	24	30	36	48	60
0.80	5	10	17	21	26	31	42	52
0.90	5	9	15	19	23	28	37	46
1.00	4	8	13	17	21	25	33	42

2.7.2. TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO

Diámetro D_0 (pulgadas y milímetros) Fibro cemento ($K_0 = 0.025$ mm)								
(")	2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
(mm)	50	80	100	125	150	200	250	300
α	Tiempo de servicio de la tubería t_u (años)							
0.10	50	80	100	125	150	200	250	300
0.20	25	40	50	62	75	100	125	150
0.30	17	27	33	42	50	67	83	100
0.40	12	20	25	31	37	50	62	75
0.50	10	16	20	25	30	40	50	60
0.60	8	13	17	21	25	33	42	50
0.70	7	11	14	18	21	29	36	43
0.80	6	10	12	16	19	25	31	37
0.90	6	9	11	14	17	22	28	33
1.00	5	8	10	12	15	20	25	30

2.7.3. TUBERÍAS DE ACERO SOLDADO

Diámetro D_0 (pulgadas y milímetros) Acero soldado ($K_0 = 0.1$ mm)								
(")	1"	2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
(mm)	25	50	80	100	125	150	200	250
α	Tiempo de servicio de la tubería t_u (años)							
0.10	17	35	56	70	88	106	142	178
0.20	8	17	28	35	44	53	71	89
0.30	6	12	19	23	29	35	47	59
0.40	4	9	14	18	22	27	35	44
0.50	3	7	11	14	18	21	28	36
0.60	3	6	9	12	15	18	24	30
0.70	2	5	8	10	13	15	20	25
0.80	2	4	7	9	11	13	18	22
0.90	2	4	6	8	10	12	16	20
1.00	2	3	6	7	9	11	14	18

2.7.4. TUBERÍAS DE HIERRO

Diámetro D_0 (pulgadas y milímetros) Fundición de hierro ($K_0 = 0.5$ mm)								
(")	1"	2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
(mm)	25	50	80	100	125	150	200	250
α	Tiempo de servicio de la tubería t_u (años)							
0.10	9	23	39	51	64	78	106	134
0.20	4	11	20	25	32	39	53	67
0.30	3	8	13	17	21	26	35	45
0.40	2	6	10	13	16	20	27	33
0.50	2	5	8	10	13	16	21	27
0.60	1	4	7	8	11	13	18	22
0.70	1	3	6	7	9	11	15	19
0.80	1	3	5	6	8	10	13	17
0.90	1	3	4	6	7	9	12	15
1.00	1	2	4	5	6	8	11	13

2.7.5. TUBERÍAS DE HORMIGÓN

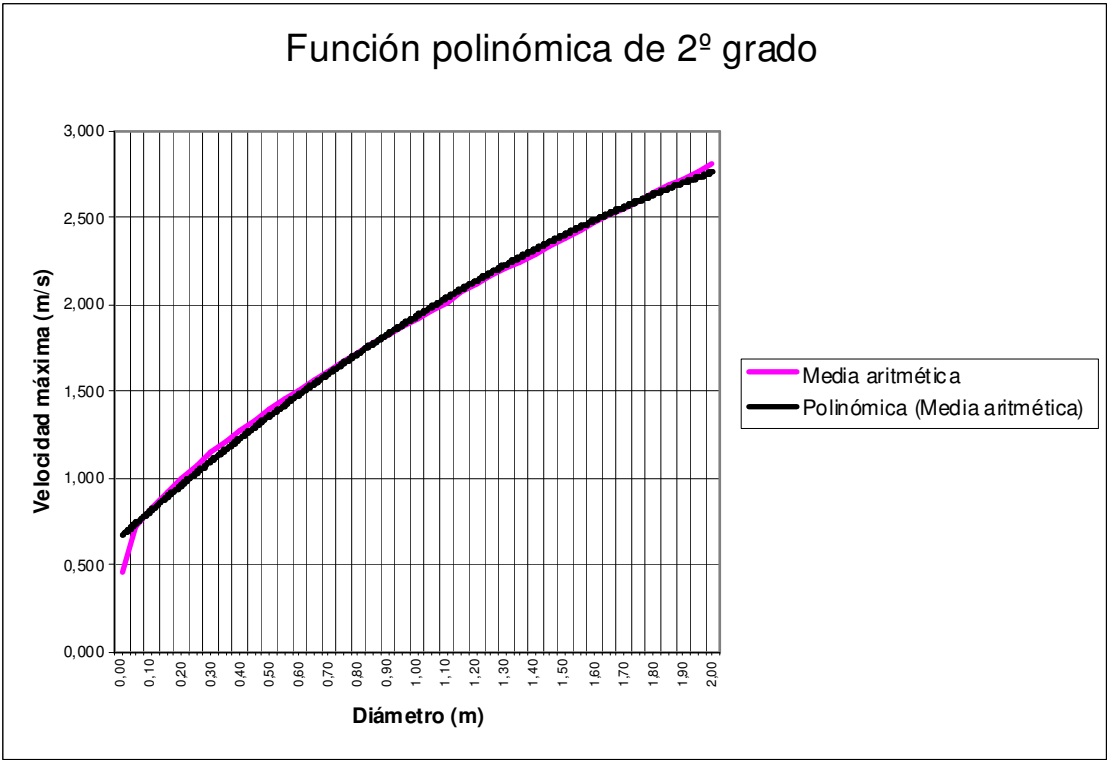
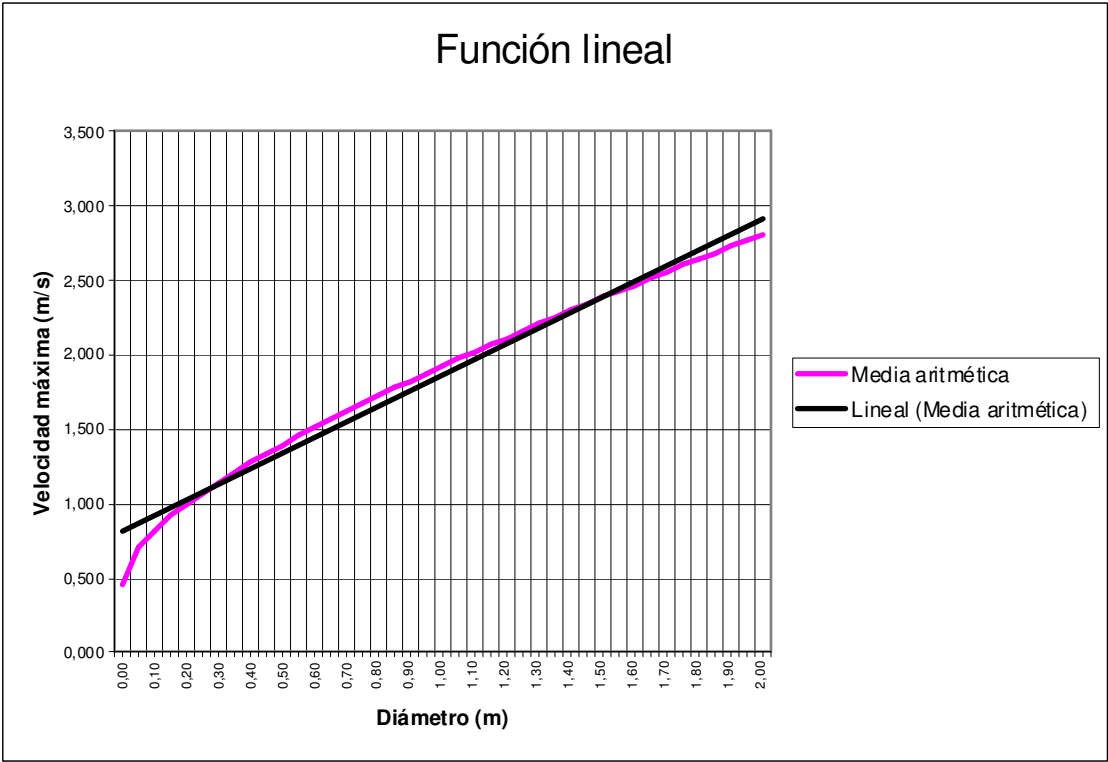
Diámetro D_0 (pulgadas y milímetros) Hormigón ($K_0 = 0.8 \text{ mm}$)								
(")	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"
(mm)	100	125	150	200	250	300	350	400
α	Tiempo de servicio de la tubería t_u (años)							
0.10	37	49	60	83	106	128	151	174
0.20	19	24	30	41	53	64	76	87
0.30	12	16	20	28	35	43	50	58
0.40	9	12	15	21	26	32	38	43
0.50	7	10	12	17	21	26	30	35
0.60	6	8	10	14	18	21	25	29
0.70	5	7	9	12	15	18	22	25
0.80	5	6	8	10	13	16	19	22
0.90	4	5	7	9	12	14	17	19
1.00	4	5	6	8	11	13	15	17

2.7.6. TUBERÍAS DE CERÁMICA

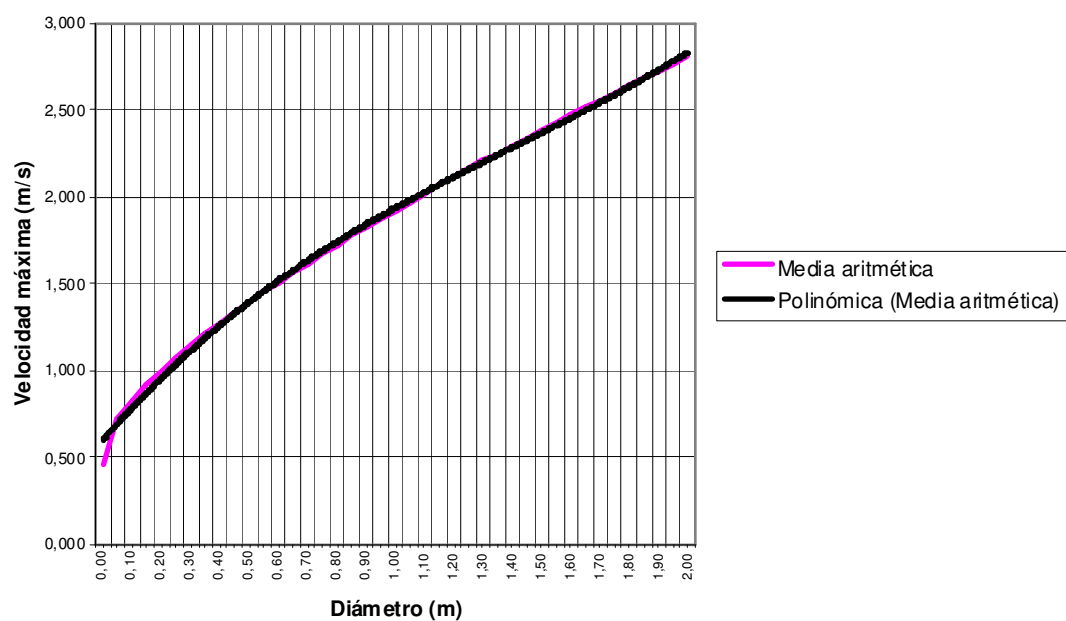
Diámetro D_0 (pulgadas y milímetros) Cerámica alfarería ($K_0 = 1.0 \text{ mm}$)								
(")	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"
(mm)	100	125	150	200	250	300	350	400
α	Tiempo de servicio de la tubería t_u (años)							
0.10	28	38	48	67	86	105	125	144
0.20	14	19	24	33	43	53	62	72
0.30	9	13	16	22	29	35	42	48
0.40	7	10	12	17	22	26	31	36
0.50	6	8	10	13	17	21	25	29
0.60	5	6	8	11	14	18	21	24
0.70	4	5	7	10	12	15	18	21
0.80	4	5	6	8	11	13	16	18
0.90	3	4	5	7	10	12	14	16
1.00	3	4	5	7	9	11	12	14

3. Tablas y gráficos del capítulo 8

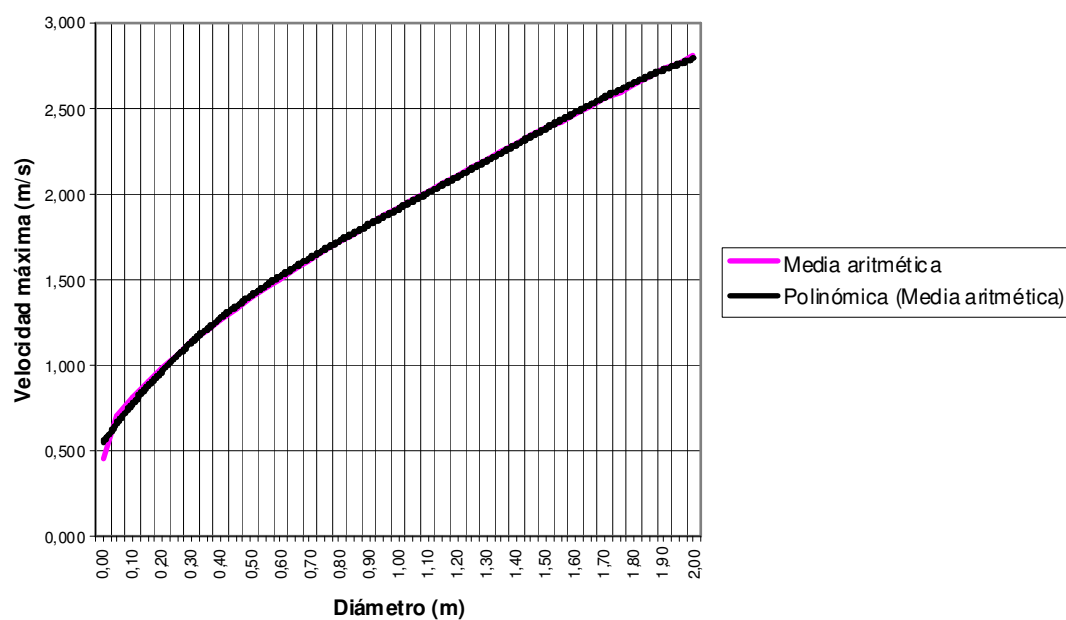
3.1. VELOCIDAD MÁXIMA. AJUSTES MÍNIMO- CUADRÁTICOS.

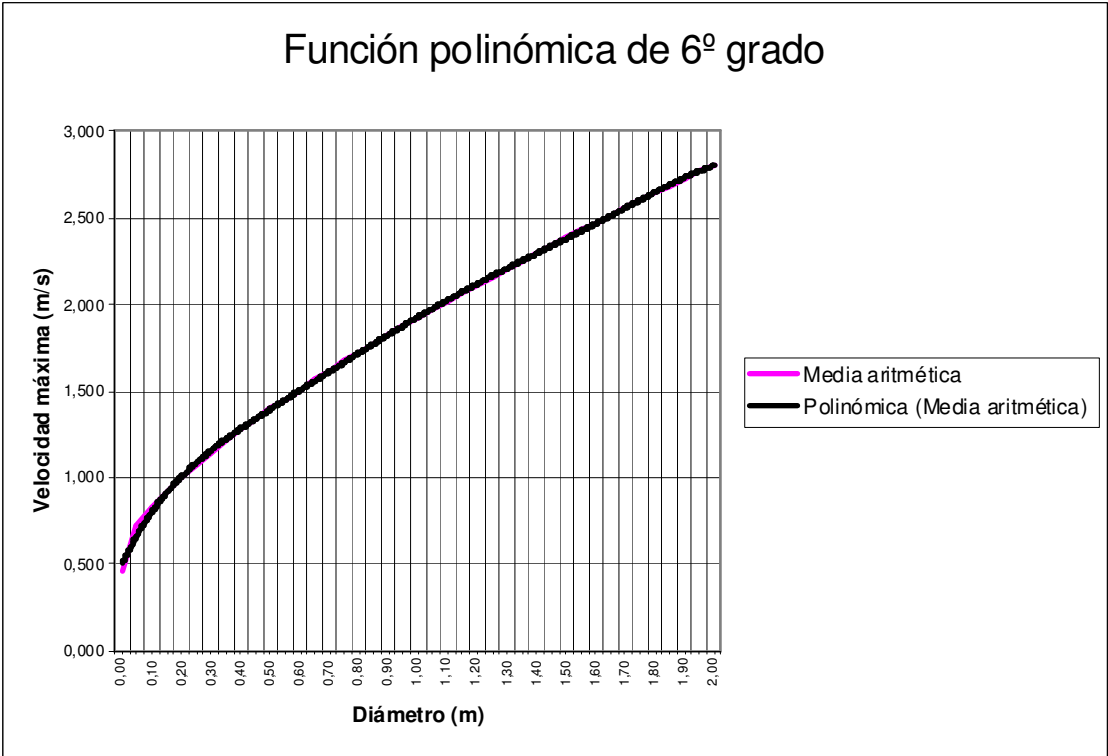
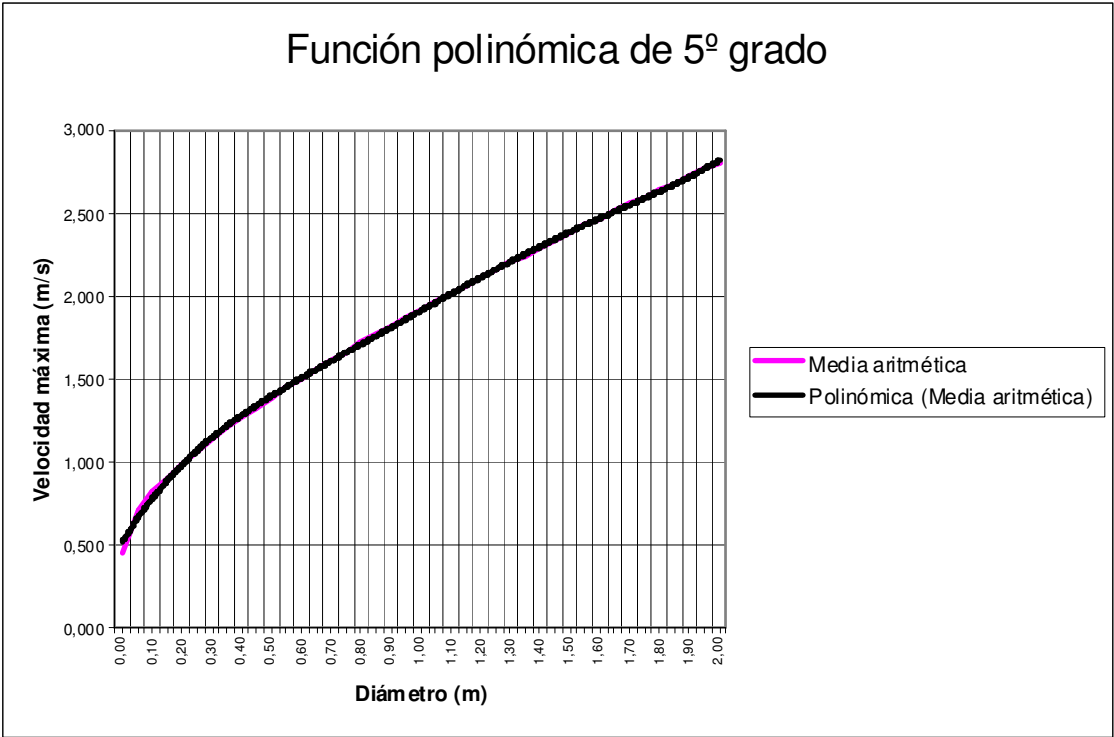


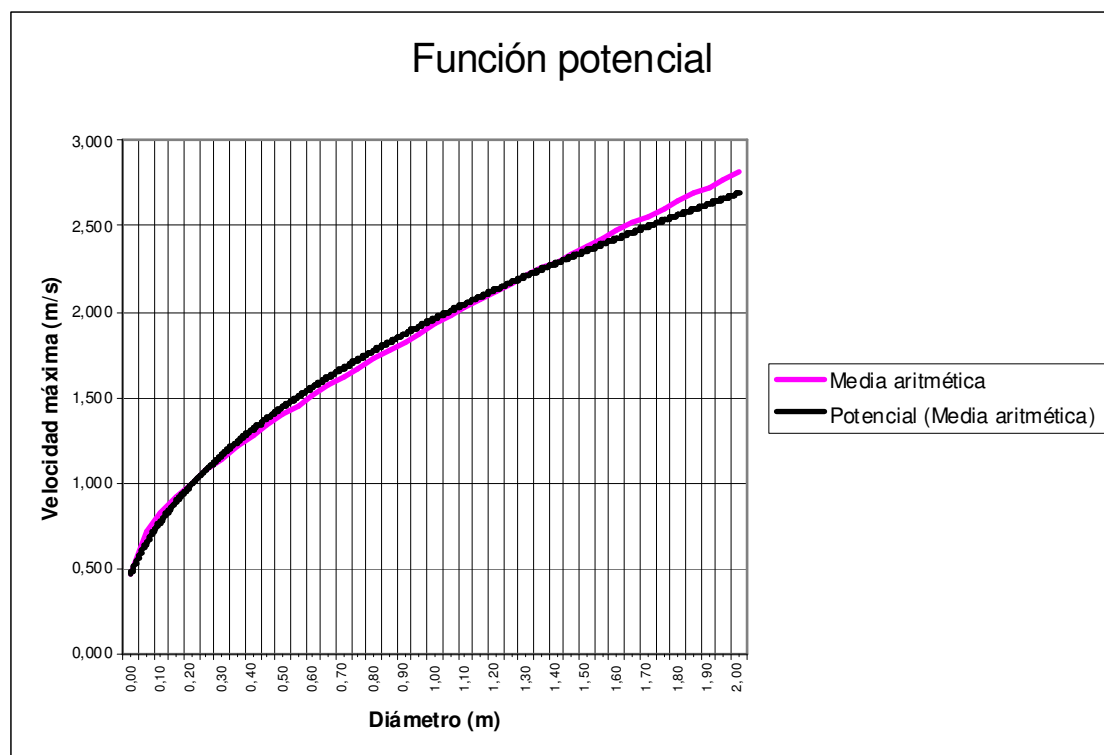
Función polinómica de 3º grado



Función polinómica de 4º grado







3.2. FACTOR DE FRICCIÓN EXPLÍCITO EN LA ECUACIÓN DE COLEBROOK-WHITE.

Nº	Modelo	Correlación	Rango de aplicación
1	Filonenko [8]	$f' = [1.82 \log(Re) - 1.64]^{-2}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ Válido para tuberías hidráulicamente lisas
2	Altshul (1) [10]	$f' = 0.11 \left[\left(\frac{\epsilon}{D} \right) + \left(\frac{68}{Re} \right) \right]^{0.25}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \times 10^{-6} < \epsilon/D < 0.05$
3	Altshul (2)	$f' = \left\{ 1.8 \log \left[\frac{Re}{0.135 \cdot Re \cdot \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + 6.5} \right] \right\}^{-2}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \times 10^{-6} < \epsilon/D < 0.05$
4	Konakov [11]	$f' = [1.82 \log(Re) - 1.5]^{-2}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ Válido para tuberías hidráulicamente lisas
5	Shacham (1) [20]	$f' = \left\{ -2 \log \left[\frac{\left(\frac{\epsilon}{D} \right)}{3.7} - \frac{5.02}{Re} \log \left(\frac{\left(\frac{\epsilon}{D} \right)}{3.7} + \frac{14.5}{Re} \right) \right] \right\}^{-2}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \times 10^{-6} < \epsilon/D < 0.05$
6	Shacham (2) [20]	$f' = \left[\frac{X(1 - \ln X) \left(\frac{\epsilon}{D} \right)}{1.15129X + \frac{2.51}{Re}} \right]^{-2}$ donde $X = \frac{\left(\frac{\epsilon}{D} \right)}{3.7} - \frac{5.02}{Re} \log \left(\frac{\left(\frac{\epsilon}{D} \right)}{3.7} + \frac{14.5}{Re} \right)$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \times 10^{-6} < \epsilon/D < 0.05$
7	Chen [4]	$f' = \left[-2 \log \left(\frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.7065} - Y \right) \right]^{-2}$ $Y = \frac{5.0452}{Re} \log \left[\frac{\left(\frac{\epsilon}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + Z \right]$ y $Z = 5.8506(Re)^{-0.8981}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \times 10^{-6} < \epsilon/D < 0.05$

(continuación)

8	Churchill [5]	$f' = 8 \left[\left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + (A+B)^{-\frac{3}{2}} \right]^{\frac{1}{12}}$ $A = \left[2.45 \ln \left(\frac{1}{\left(\frac{7}{Re} \right)^{0.9} + 0.27 \left(\frac{\epsilon}{D} \right)} \right) \right]^{16} \quad y \quad B = \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \times 10^{-6} < \epsilon/D < 0.05$
9	P.K. Swamee y A.K. Jain [21]	$f' = 0.25 \left(\log \frac{1}{3.7 \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{Re} \right)^{-2}$	$5 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \times 10^{-6} < \epsilon/D < 0.001$
10	Pavlov [3]	$f' = \left\{ -2 \log \left[\frac{1}{3.7} \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + \left(\frac{6.81}{Re} \right)^{0.9} \right] \right\}^{-2}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$
11	Round [19]	$f' = \left\{ -1.8 \log \left[0.27 \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + \frac{6.5}{Re} \right] \right\}^{-2}$	
12	Barr [2]	$f' = \left\{ -2 \log \left[\frac{1}{3.7} \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + \frac{4.518 \log \left(\frac{Re}{\epsilon} \right)}{Re \left(1 + \frac{1}{28} Re^{0.32} \left(\frac{\epsilon}{D} \right)^{0.7} \right)} \right] \right\}^{-2}$	
13	Zigrang y Sylvester [23]	$f' = \left\{ -2 \log \left[\frac{1}{3.7} \left(\frac{\epsilon}{D} \right) - \frac{5.02}{Re} \log \left(\frac{1}{3.7} \left(\frac{\epsilon}{D} \right) + \frac{13}{Re} \right) \right] \right\}^{-2}$	
14	S. E. Haaland [9]	$f' = \left\{ -1.8 \log \left[\left(\frac{\epsilon}{3.7D} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right] \right\}^{-2}$	$4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$ $1 \text{ E-}6 < \epsilon/D < 0.05$
15	Manadilli [13]	$f' = \left\{ -2 \log \left[\frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.7} + \frac{95}{Re^{0.983}} - \frac{96.82}{Re} \right] \right\}^{-2}$	$5235 < 1 \times 10^9$ Cualquier valor de ϵ/D
16	Romeo et al. [18]	$A = \log \left[\frac{1}{3.827} \left(\frac{\epsilon}{D} \right) - \frac{4.567}{Re} \log \left(\left(\frac{1}{7.7918} \left(\frac{\epsilon}{D} \right) \right)^{0.9924} + \left(\frac{5.3326}{208.815 + Re} \right)^{0.9345} \right) \right]$	

NOTA: en la tabla anterior, la rugosidad absoluta K se representa por la letra ϵ .

Fuente: Evaluación de ecuaciones de factor de fricción explícito para tuberías. Educación química. Vol. 25, nº: 02, Abril-Junio 2014.

Alejandro Isaías Anaya-Durand, Guillermo Israel Cauich-Segovia, Oliver Funabazama-Bárceñas, Víctor Alfonso Gracia-Medrano-Bravo Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Bibliografía consultada:

1. Anaya-Durand A, García-Quezada C, Garrido-Martínez D, Islas-Flores O, Jiménez-Colín K, Rodríguez-Escobar JJ. Solución de problemas de flujo de fluidos, utilizando gráfica modificada de Moody. Educación Química. 2005; 16(4):582-5.
2. Barr DI. Solutions of the Colebrook-White function for resistance to uniform turbulent flow. Proc. Inst. Civil Engrs. 1981; 2(71):529.
3. Camaraza Y, Landa J, López D, García O. Ecuación explícita para el cálculo de factores de fricción en la zona de transición del régimen turbulento. Tecnología Química. 2010; XXX(1):76-83.
4. Chen NH. An explicit equation for friction-factor in pipe. Ind. Eng. Chem. Fundam. 1979; 18(3):296.
5. Churchill SW. Friction-factor equations spans all fluid-flow regimes. Chem. Eng. 1977; 84(24):91.
6. Coban MT. Error analysis of non-iterative friction factor formulas relative to Colebrook-White equation for the calculation of pressure drop in pipes. Journal of Naval Science and Engineering. 2012; 8(1):1-13.
7. Crane. Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. México: McGraw Hill; 1987.
8. Filonenko GK. Hydraulic Resistance in Pipes. Teploenergetika. 1954; 4:15-21.
9. Haaland SE. Simple and explicit formulas for the friction-factor in turbulent pipe flow, Trans. ASME, JFE. 1983; 105:89.
10. Idelchik IE. Handbook of Hydraulic Resistances. Moscow, Russia: Mashinostroenie; 1975. 50-92.
11. Konakov KV. Dok. Akad. Nauk SSRK. 1950; 25(5):14-24.
12. Levenspiel O. Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor. Barcelona, España: Reverté; 1993.
13. Manadilli G. Replace implicit equations with signomial functions. Chem. Eng. 1997; 104(8):129.
14. Moody LF. Friction factor for pipe flow. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. 1944; 66:671-8.
15. Mott R. Mecánica de Fluidos Aplicada. Naucalpan, México: Pearson-Prentice Hall; 1996.
16. Olujic Z. Compute friction-factor fast for flow in pipes. Chemical Engineering. 1981; 88(25):91-3.
17. Ramakrishna A, Kumar B. Friction factor for turbulent pipe flow, consultada por última vez en diciembre 2012; 28: de la URL http://eprints.iisc.ernet.in/9587/1/Friction_Factor_for_Turbulent_Pipe_Flow.pdf
18. Romeo E, Royo C, Monzón A. Improved explicit equations for estimation of the friction factor in rough and smooth pipes. Chemical Engineering Journal. 2002; 86(3):369-74.
19. Round GF. An explicit approximation for the friction-factor Reynolds number relation for rough and smooth pipes. Can. J. Chem. Eng. 1980; 58(1):122.
20. Shacham M. An explicit equation for friction-factor in pipe. Ind. Eng. Chem.

Fundam. 1980; 19(2):228-30.

21.Swamee PK, Jain AK. Explicit equation for pipe flow problems. J.Hydr. Div., ASCE. 1976; 102(5):657-64.

22.Wilkes J, Bike S. Fluid Mechanics for Chemical Engineers. New Jersey, USA: Prentice Hall; 1999.

23.Zigrang DJ, Sylvester ND. Explicit approximations to the Colebrook's friction-factor. AIChE J. 1982; 28(3):514.

3.3. VISCOSIDAD DINÁMICA DEL AGUA SEGÚN SU TEMPERATURA.

Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas				www.vaxasoftware.com	
Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)
0	0,001792	34	0,000734	68	0,000416
1	0,001731	35	0,000720	69	0,000410
2	0,001674	36	0,000705	70	0,000404
3	0,001620	37	0,000692	71	0,000399
4	0,001569	38	0,000678	72	0,000394
5	0,001520	39	0,000666	73	0,000388
6	0,001473	40	0,000653	74	0,000383
7	0,001429	41	0,000641	75	0,000378
8	0,001386	42	0,000629	76	0,000373
9	0,001346	43	0,000618	77	0,000369
10	0,001308	44	0,000607	78	0,000364
11	0,001271	45	0,000596	79	0,000359
12	0,001236	46	0,000586	80	0,000355
13	0,001202	47	0,000576	81	0,000351
14	0,001170	48	0,000566	82	0,000346
15	0,001139	49	0,000556	83	0,000342
16	0,001109	50	0,000547	84	0,000338
17	0,001081	51	0,000538	85	0,000334
18	0,001054	52	0,000529	86	0,000330
19	0,001028	53	0,000521	87	0,000326
20	0,001003	54	0,000512	88	0,000322
21	0,000979	55	0,000504	89	0,000319
22	0,000955	56	0,000496	90	0,000315
23	0,000933	57	0,000489	91	0,000311
24	0,000911	58	0,000481	92	0,000308
25	0,000891	59	0,000474	93	0,000304
26	0,000871	60	0,000467	94	0,000301
27	0,000852	61	0,000460	95	0,000298
28	0,000833	62	0,000453	96	0,000295
29	0,000815	63	0,000447	97	0,000291
30	0,000798	64	0,000440	98	0,000288
31	0,000781	65	0,000434	99	0,000285
32	0,000765	66	0,000428	100	0,000282
33	0,000749	67	0,000422		

Fuente: www.vaxasoftware.com