

ANEXOS

ANEXO A

DATOS OPERACIONALES REGISTRADOS EN UNA CENTRAL TÉRMICA A VAPOR

BALANCE DE CALOR DE LA PLANTA

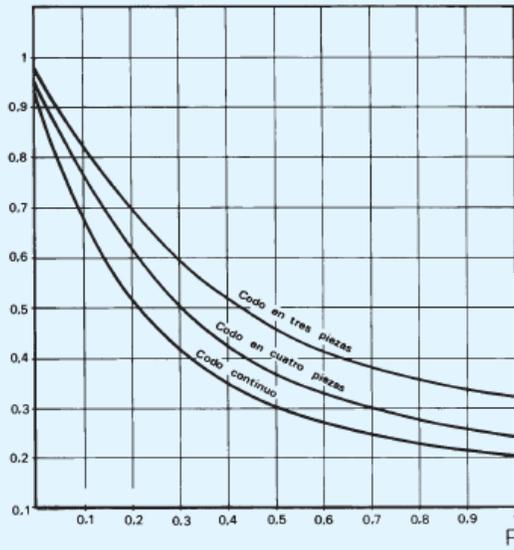
ANEXO B

(TABLAS Y GRÁFICOS DE PÉRDIDAS EN ACCESORIOS)

CEFICIENTES «n» DE PERDIDAS DE CARGA EN CODOS



Sección circular



Sección rectangular

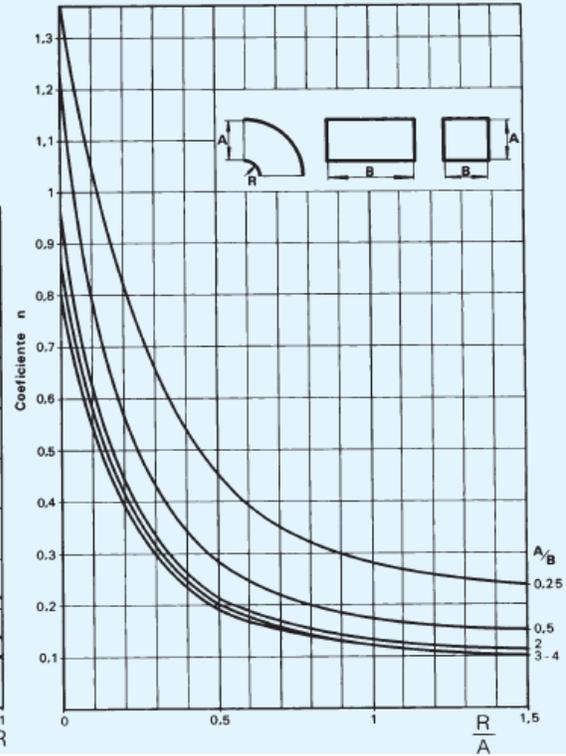


Figura B. 1. Coeficiente “n” de pérdida de carga en codos

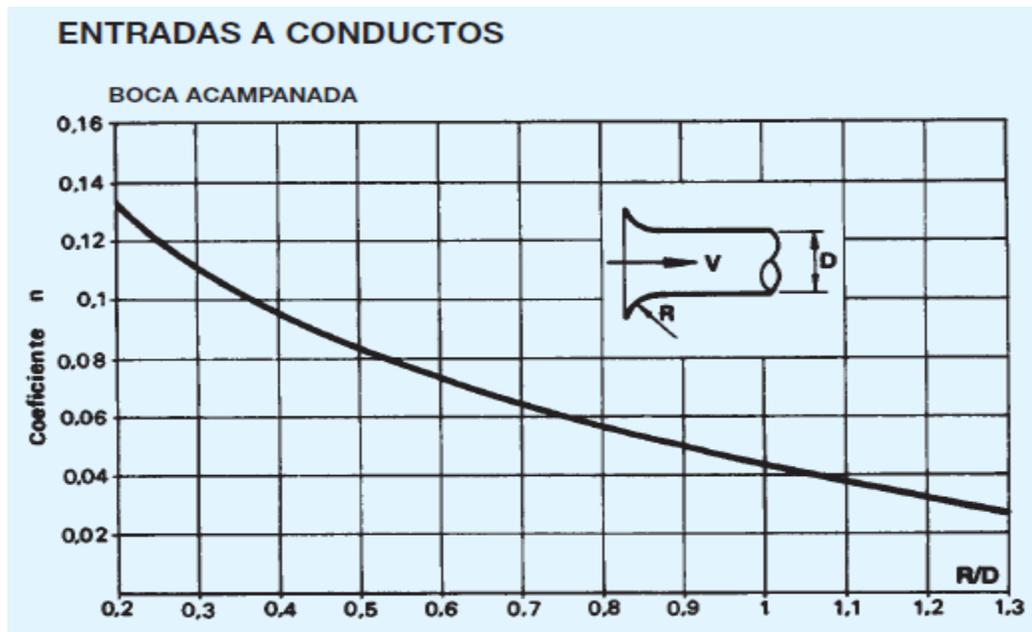


Figura B. 2. Coeficiente “n” de pérdida de carga en entrada a ductos con boca acampanada

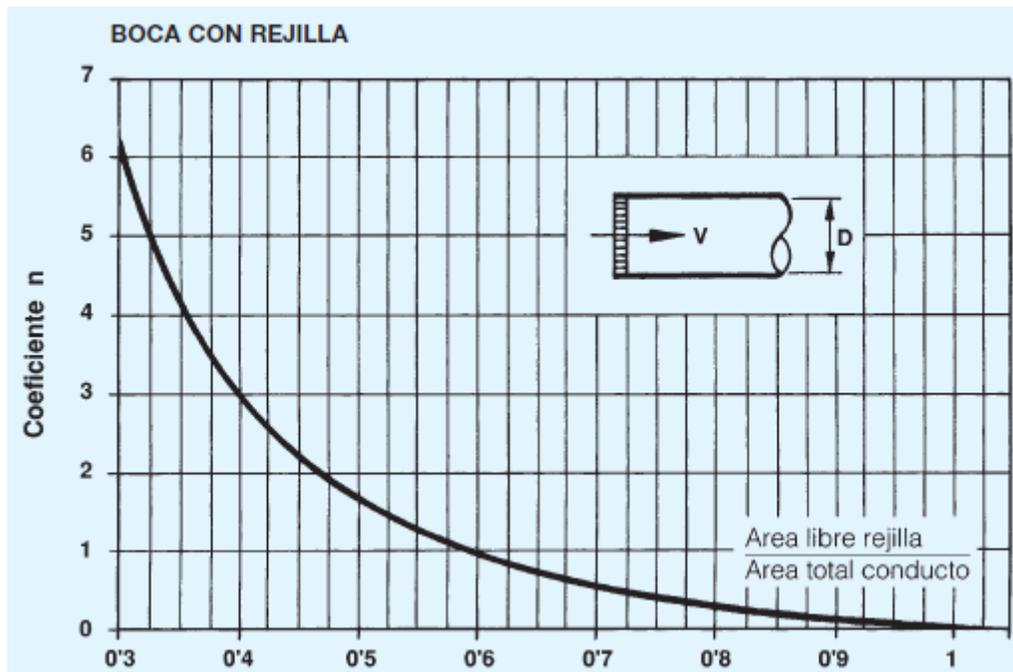
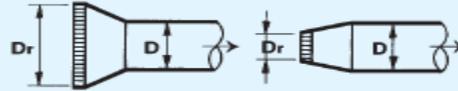


Figura B. 3. Coeficiente “n” de pérdida de carga en entrada a ductos con boca con rejilla

Para los valores inferiores R/D , valen los siguientes coef. n :

R/D	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
N	0,87	0,84	0,51	0,32	0,2	0,15

Para rejillas mayores o menores que el conducto, los valores de n son:



Coef. n

Dr/D	0,3	0,5	0,7	0,9
3	0,39	0,11	0,04	0,01
2	1,6	0,43	0,15	0,04
1	6,2	1,7	0,58	0,14
0,8	9,7	2,7	0	0,22
0,4	39	10	3,6	0,88
0,2	155	42	15	3,5

Figura B. 4. Coeficiente “ n ” de pérdida de carga en entrada a ductos con boca con rejilla

CAMPANAS DE CAPTACIÓN

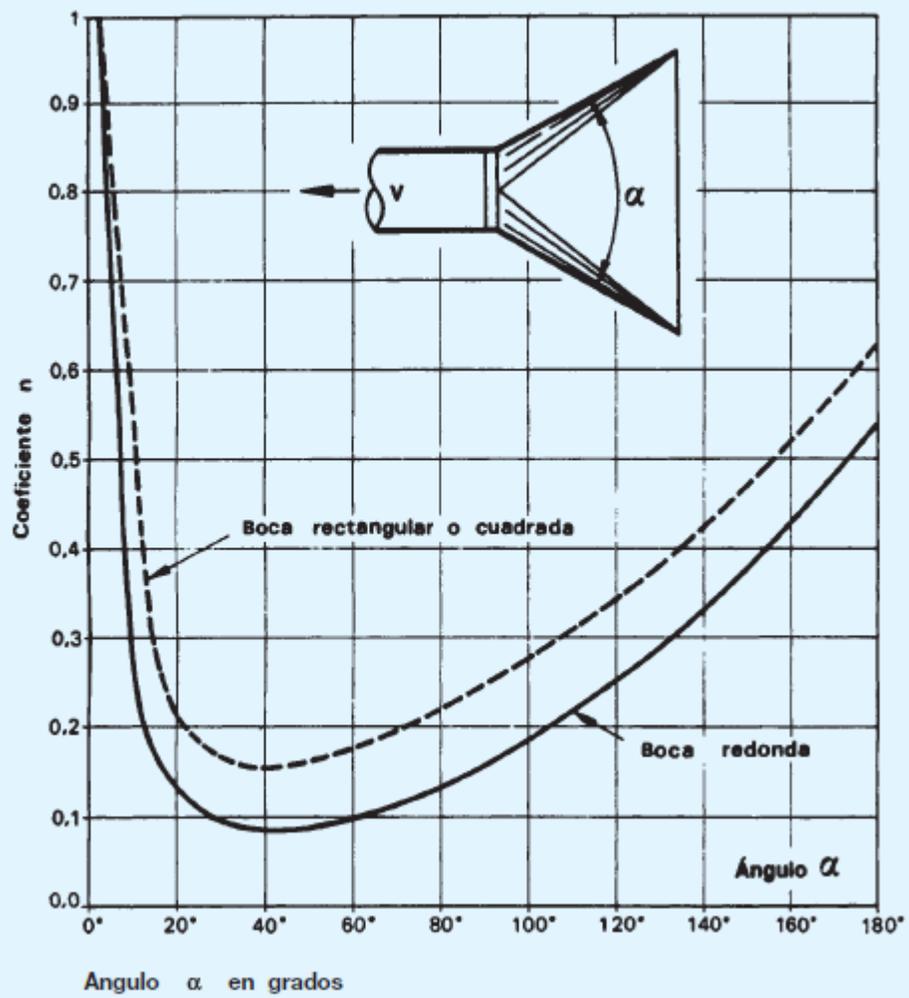


Figura B. 5. Coeficiente "n" de pérdida de carga en la campana de captación

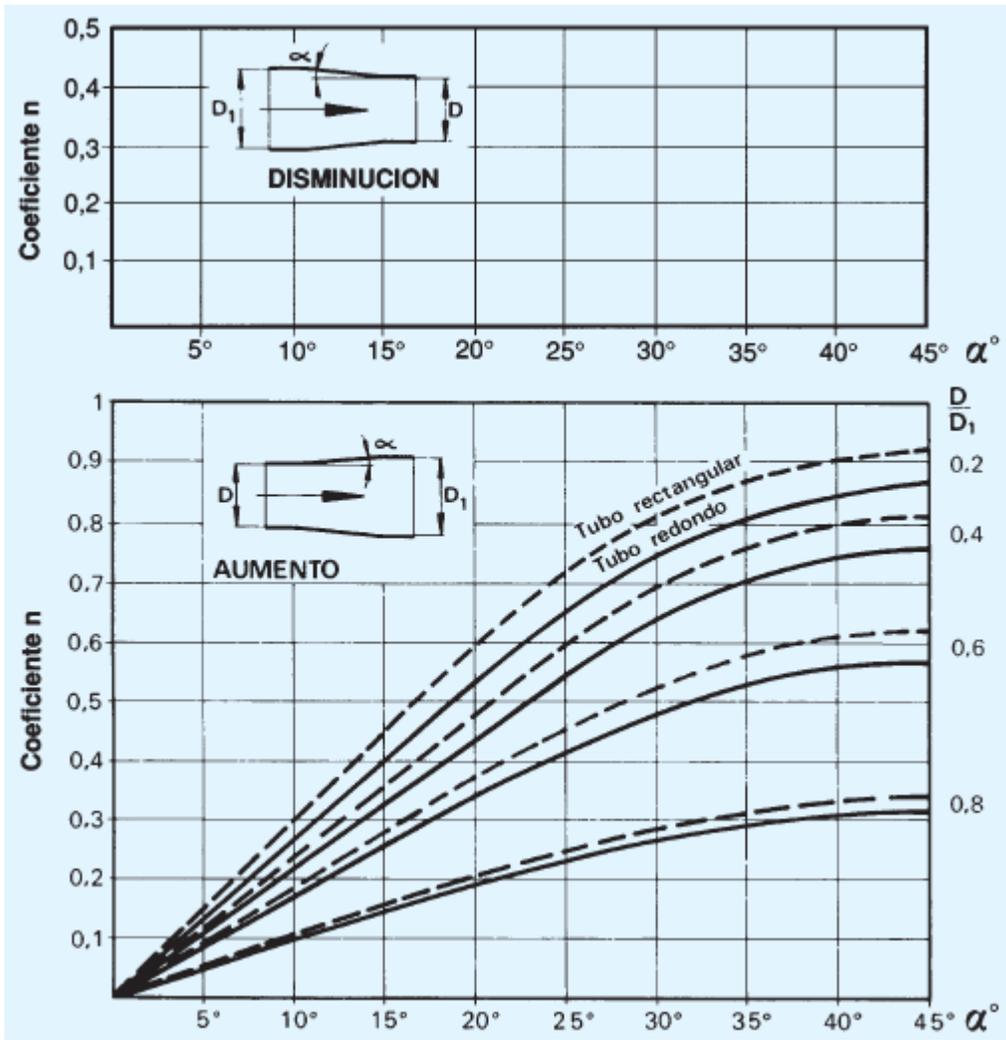


Figura 4. 1 Coeficiente “n” de perdida de carga por cambios de sección en el ducto

SALIDAS DE CONDUCTOS

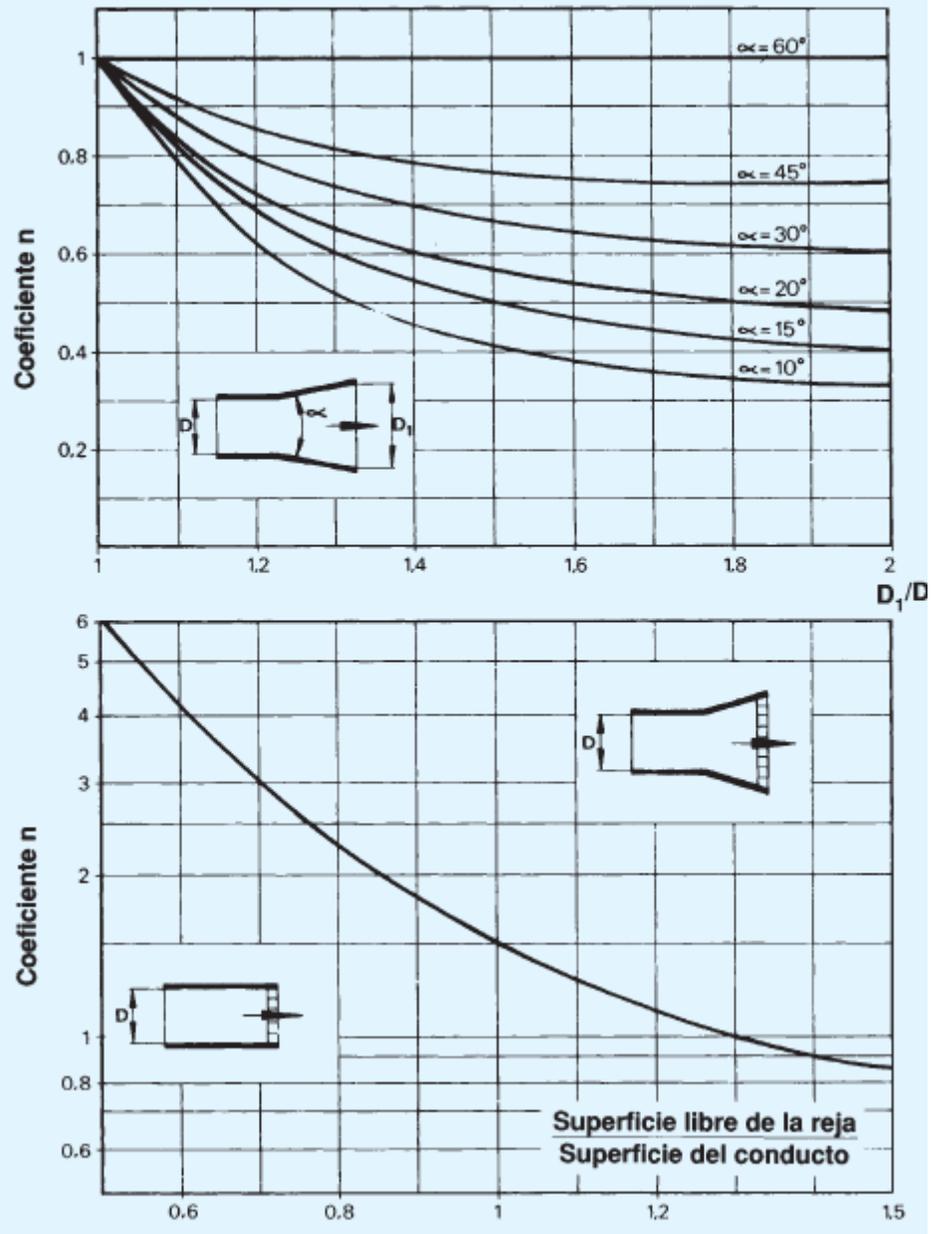


Figura B. 6. Coeficiente "n" de pérdida de carga a la salida de los ductos

Coefficientes "n" de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire en D

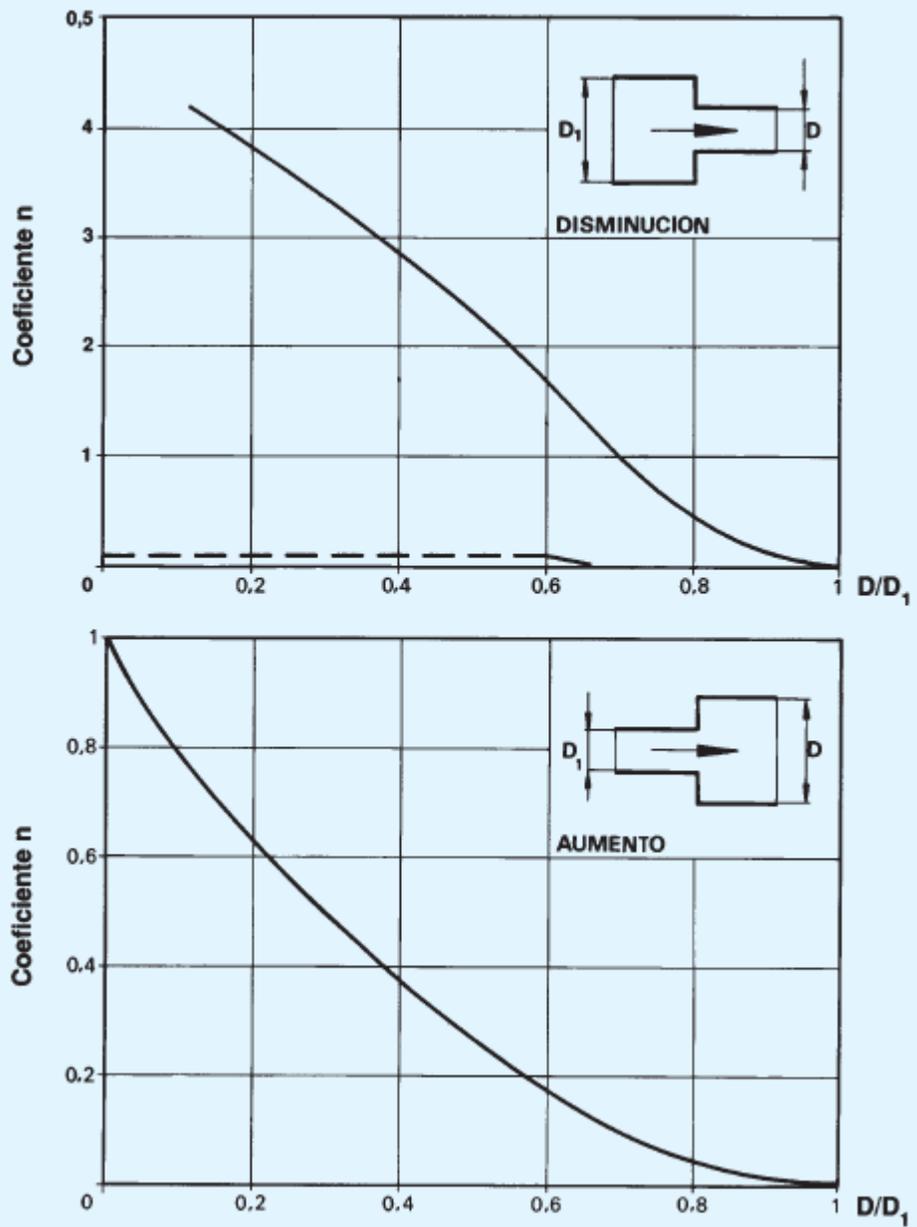


Figura B. 7. Coeficientes n de pérdida de carga referidos a la velocidad del aire

ANEXO C

**(FORMULACIÓN EMPLEADA EN EL CÁLCULO Y ESTIMACIÓN DE LOS
COSTOS DEL PROYECTO DE REINGENIERÍA)**

PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE UNA CENTRAL NUEVA

Cálculos tipo

Tabla C. 1. Datos de Ampliación Tacona.

Datos de la repotenciación de ampliación Tacona	
Potencia inicial (KW)	413.400
Potencia Final (KW)	460.000
Flujo de vapor inicial (kg/h) (90% apertura)	1.360.800
Flujo de vapor final (kg/h)	1.450.000
Eficiencia inicial	0.34
Eficiencia final	0.37
Poder calorífico del combustible PC (kJ/kg)	39900

Consumo específico de vapor de la turbina:

$$CEV = \frac{mv}{P} \left(\frac{kg}{hKW} \right)$$

$$CEV_{SIN\ REPOTENCIAR} = \frac{1.360.800}{413.400} = 3,29 \left(\frac{kg}{hKW} \right)$$

$$CEV_{REPOTENCIADA} = \frac{1.450.000}{460.000} = 3,15 \left(\frac{kg}{hKW} \right)$$

Reducción del CEV:

$$\% = \frac{CEV_{inicial} - CEV_{final}}{CEV_{inicial}} \cdot 100$$

$$\% = \frac{3,29 - 3,15}{3,29} \cdot 100 = 4,24$$

Rata de flujo de combustible:

$$\dot{m}_c = \frac{3600 \cdot P}{\eta_{PLANTA} \cdot PC} \left(\frac{kg}{h} \right)$$

$$\dot{m}_C \text{ SIN REPOTENCIAR} = \frac{3600 * 400.000}{0,34 * 39900} = 106.147,72 \left(\frac{kg}{h}\right)$$

$$\dot{m}_C \text{ REPOTENCIADA} = \frac{3600 * 400.000}{0,37 * 39900} = 97.541,150 \left(\frac{kg}{h}\right)$$

Ahorro de combustible

$$\% = \frac{\dot{m}_{C_{inicial}} - \dot{m}_{C_{final}}}{\dot{m}_{C_{inicial}}} \cdot 100$$

$$\% = \frac{106.147,72 - 97.541,150}{106.147,72} * 100 = 8,1$$

Gasto en combustible antes y después de la repotenciación

Suponiendo que se quema gas natural y que el costo es de $1\$/1*10^6$ se puede estimar el ahorro en dólares al cabo de 1 año si se generara 400 MW de forma continua.

$$Gasto = \frac{3412,3 * \dot{m}_C * PC * Costo \text{ combustible} * 8760}{3600} \text{ [$/año]}$$

$$Gasto_{\text{SIN REPOTENCIAR}} = \frac{3412,3 * 106.147,72 * 39900 * 0,000001 * 8760}{3600} = 35.166.761,61 \left[\frac{\$}{\text{año}} \right]$$

$$Gasto_{\text{REPOTENCIADA}} = \frac{3412,3 * 97.541,150 * 39900 * 0,000001 * 8760}{3600} = 32.315.403,19 \text{ [$/año]}$$

Ahorro anual en combustible

$$Ahorro = Gasto_{\text{SIN REPOTENCIAR}} - Gasto_{\text{REPOTENCIADA}}$$

$$Ahorro = 35.166.761,61 - 32.315.403,19 = 2.851.358,424 \text{ [$/año]}$$

ANEXO D

MEDICIÓN DE PARÁMETROS OPERACIONALES

**Tabla D. 1 Instrumentación requerida para la medición de los parámetros de operación del
Generador de Vapor**

Instrumentación necesaria para el balance energético del generador de vapor		
Variable	Parámetro	Instrumento
Calor liberado al ambiente	Temperatura superficial	Termocuplas de contacto
	Área del casco	Termómetro infrarrojo
	Velocidad del viento	Anemómetro
	Temperatura ambiente	Termómetro
Entalpía de los gases de combustión	Composición de los gases	Analizador de gases
	Caudal	Tubo pitot "S"
	Temperatura	Termocuplas
Entalpía del vapor	Temperatura	Termocuplas
	Presión	Manómetro diferencial
	Caudal	Placa de orificio
Entalpía de las purgas	Temperatura	Termocuplas
	Caudal	Recipiente
Entalpía del aire de combustión	Temperatura	Termocuplas
	Presión barométrica	Barómetro
	Caudal	Medidor de caudal
Entalpía del combustible	Poder calorífico	(Dato)
	Caudal	Medidor de caudal
Entalpía del agua	Temperatura	Termocuplas
	Caudal	Medidor de caudal

ANEXO E

PÉRDIDAS DE CARGA A TRAVÉS DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Note: Fittings are standard with full openings.

Fitting	L/D	Nominal pipe size											
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
Gate Valves 	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
Globe Valves 	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1
Angle Valves 	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66
Angle Valves 	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80
Ball Valves 	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04

Friction of Water (Continued)
 Friction Loss in Pipe Fittings
 Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

FRICTION - WATER-PIPE FITTINGS

3-111

Calculated from data in Crane Co. Technical Paper No. 410.

Figura E. 1. Coeficiente de resistencia L/D para válvulas

Friction of Water (Continued)
Friction Losses in Pipe Fittings
Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Note: Fittings are standard with full openings.

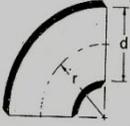
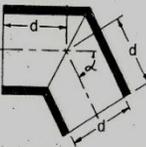
Fitting	L/D	Nominal pipe size												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		K value												
Butterfly Valve 								0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30
Plug Valve straightway 	18	0.49	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	
Plug Valve 3-way thru-flt 	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36	
Plug Valve branch-flt 	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08	
Standard elbow 	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19

Calculated from data in Crane Co., Technical Paper No. 410.

8-112

Figura E. 2. Coeficiente de resistencia L/D para válvulas

Note: Fittings are standard with full openings.

Fitting	Type of bend	L/D	Nominal pipe size											
			1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
			K value											
Close Return Bend 		50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60
Standard Tee 	thru flo	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	thru branch	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72
90° Bends. Pipe bends, flanged elbows, butt welded elbows 	r/d = 1	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	r/d = 2	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d = 3	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d = 4	14	0.38	0.35	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17
	r/d = 6	17	0.46	0.43	0.39	0.37	0.36	0.32	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	r/d = 8	24	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50	0.46	0.43	0.41	0.36	0.34	0.31	0.29
	r/d = 10	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	r/d = 12	34	0.92	0.85	0.78	0.75	0.71	0.65	0.61	0.58	0.51	0.48	0.44	0.41
	r/d = 14	38	1.03	0.95	0.87	0.84	0.80	0.72	0.68	0.65	0.57	0.53	0.49	0.46
	r/d = 16	42	1.13	1.05	0.97	0.92	0.88	0.80	0.76	0.71	0.63	0.59	0.55	0.50
	r/d = 18	46	1.24	1.15	1.06	1.01	0.97	0.87	0.83	0.78	0.69	0.64	0.60	0.55
	r/d = 20	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60
Mitre Bends 	alpha = 0°	2	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
	alpha = 15°	4	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	
	alpha = 30°	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
	alpha = 45°	15	0.41	0.38	0.35	0.33	0.32	0.29	0.27	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
	alpha = 60°	25	0.68	0.63	0.58	0.55	0.53	0.48	0.45	0.43	0.38	0.35	0.33	0.30
	alpha = 75°	40	1.09	1.00	0.92	0.88	0.84	0.76	0.72	0.68	0.60	0.56	0.52	0.48
	alpha = 90°	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72

Friction of Water (Continued)
Friction Losses in Pipe Fittings
Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

FRICION - WATER-PIPE FITTINGS

Calculated from data in Crane Co. Technical Paper No. 410.

8-113



Figura E. 3. Coeficiente de resistencia L/D para accesorios

INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA

Friction of Water (Continued)

Friction Losses in Pipe Fittings

Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Note: Fittings are standard with full port openings.

Fitting stop-check valves	L/D	Minimum velocity for full disc lift		Nominal pipe size												
		general ft/sec†	water ft/sec	½	¾	1	1¼	1½	2	2½-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
				K value*												
	400	55 √V	6.96	10.8	10	9.2	8.8	8.4	7.5	7.2	6.8	6.0	5.6	5.2	4.8	
	200	75 √V	9.49	5.4	5	4.6	4.4	4.2	3.8	3.6	3.4	3.0	2.8	2.6	2.4	
	350	60 √V	7.59	9.5	8.8	8.1	7.7	7.4	6.7	6.3	6.0	5.3	4.9	4.6	4.2	
	300	60 √V	7.59	8.1	7.5	6.9	6.6	6.3	5.7	5.4	5.1	4.5	4.2	3.9	3.6	
 	55	140 √V	17.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	.94	.83	.77	.72	.66	

Calculated from data in Crane Co. Technical Paper No. 410.

* These K values for flow giving full disc lift. K values are higher for low flows giving partial disc lift.

† In these formulas, V, is specific volume—ft³/lb.

8-114

Figura E. 4 Coeficiente de resistencia L/D para válvulas