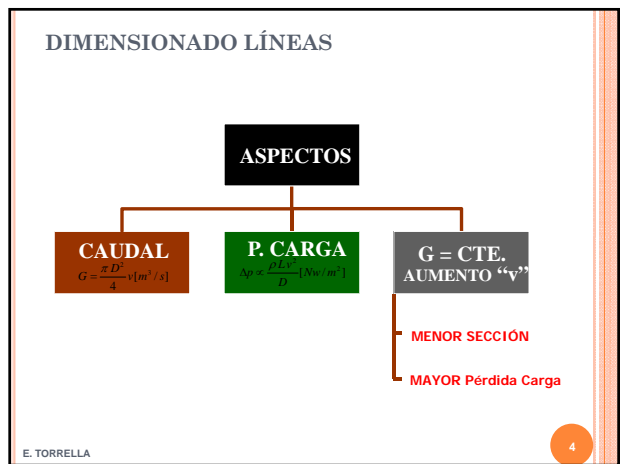
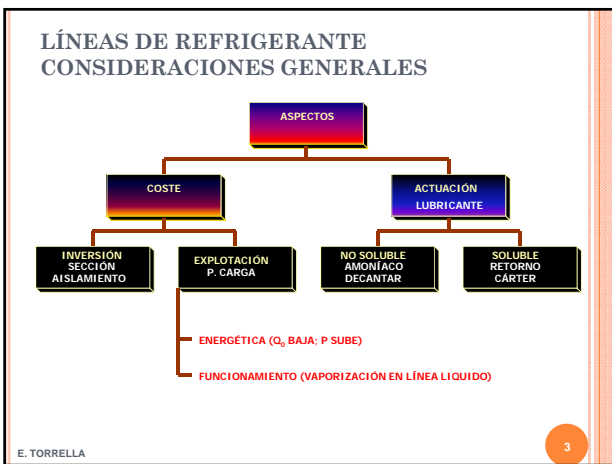
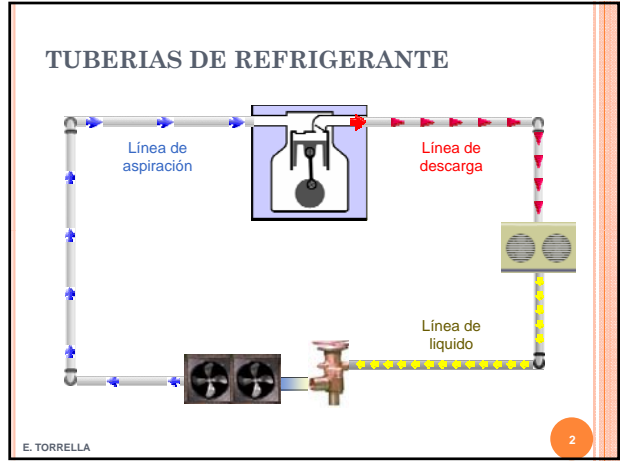


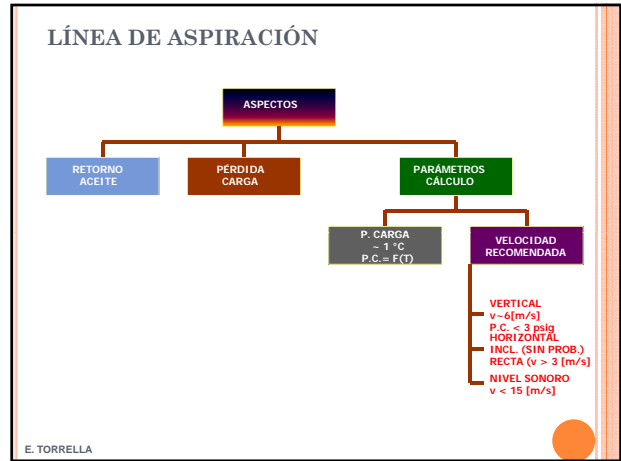
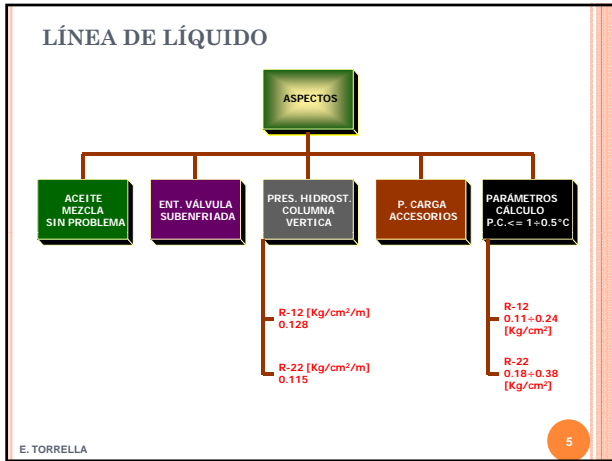
LAS TUBERIAS DE REFRIGERANTE



1

E. TORRELLA





MATERIALES UTILIZADOS. INSTRUCCIÓN MI IF-005

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 23 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, cualquier material empleado en la construcción e instalación de un equipo frigorífico debe ser resistente a la acción de las materias con las que entre en contacto, de forma que no pueda deteriorarse en condiciones normales de utilización, y, en especial, se tendrá en cuenta su resiliencia a efectos de su fragilidad a baja temperatura.

3.1. Empleo de metales no férricos y sus aleaciones. Conforme a lo previsto en el párrafo anterior, queda prohibido el uso de los siguientes metales y sus aleaciones:

- El cobre con el amoníaco y el formiato de metilo. Las aleaciones de cobre (por ejemplo, latón, bronce) pueden utilizarse después de un minucioso examen de su compatibilidad con los materiales con que puedan estar en contacto.
- El aluminio con el cloruro de metilo.
- El magnesio, salvo en casos especiales en que se utilicen aleaciones de bajo porcentaje del mismo. En estos casos se comprobarán minuciosamente, antes de su empleo, sus resistencias a los productos con los que vayan a entrar en contacto.
- El cinc con el amoníaco, cloruro de metilo y fluidos frigorígenos clorados.
- El plomo con los fluidos frigorígenos fluorados, salvo en la construcción de juntas.
- El estaño y las aleaciones plomo-estaño con hidrocarburos fluorados, cuando se prevengan temperaturas de servicio inferiores a -10° C.
- Las aleaciones de estaño para soldaduras blandas a temperaturas de servicio inferiores a -10° C. Se podrán utilizar a otras temperaturas siempre y cuando vayan a estar sometidas a tensiones mecánicas pequeñas.

3.2. Tubos de material férrico. Actualizada por ORDEN de 4 de noviembre de 1992

Los tubos de material férrico empleados en la construcción de elementos del equipo frigorífico o en conexiones y tuberías de paso de refrigerante deberán ser siempre de acero estrado, no estando permitido el uso de tubo de acero soldado longitudinalmente.

E. TORRELLA

TUBERÍAS DE FRIGORÍGENO VELOCIDADES FRIGORÍGENO [m/s]

FLUIDO	ASPIRACIÓN	DESCARGA	LÍQUIDO
Amoníaco	15 a 20	20 a 25	0,5 a 1,25
Halogenados	8 a 15	15 a 25	0,5 a 1,25
Dióxido de carbono	5 a 8	5 a 6	0,5 a 1,25

E. TORRELLA

TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN VELOCIDADES FRIGORÍGENO [m/s]

- Es de singular importancia asegurar el retorno de aceite en la línea de aspiración, sobre todo si esta tiene un sentido ascendente. Como límite mínimo puede tomarse:

$$\rho w^2 > 126 [kg / m s^2]$$

en la que; ρ es la densidad del vapor y w la velocidad en el tubo

- Según otros autores las velocidades mínimas, para asegurar la circulación del aceite son:
 - 2.54 m/s para líneas de aspiración horizontales, y de gas caliente también horizontales.
 - 5.08 m/s para líneas verticales de aspiración y de gas caliente.
 - Menor de 1.54 m/s para impedir glocos de ariete al cierre de las solenoides de la línea de líquido.

TUBERÍAS DE FRIGORÍGENO PÉRDIDA DE CARGA TOLERABLE [Bar]

FLUIDO	LÍQUIDO	DESCARGA	ASPIR. [-10 a +10°C]	ASPIR. [-20 a -10°C]	ASPIR. [-40 a -20 °C]
Halogenados	0,35	0,15	0,14	0,105	0,035
Amoniaco		0,23	0,2	0,12	0,05

TUBERÍAS DE FRIGORÍGENO MATERIALES UTILIZADOS

FLUIDO	MATERIAL
Amoniaco	Acero estirado sin soldadura
Amoniaco	Acero soldado eléctricamente
Halogenados D < 30 mm.	Cobre
Halogenados D > 30 mm.	Acero

TUBERÍAS DE COBRE

- El cobre desoxidado con alto fósforo residual (DHP; P 0.015 + 0.040%; Cu + Ag 99.9%) es el normalmente utilizado en la fabricación de tubos para uso en refrigeración. La tubería de cobre se utiliza en la industria de la refrigeración y se especifica según su diámetro exterior y se identifica como tubería ACR, lo que significa que está dedicada para uso en trabajos de aire acondicionado y refrigeración y que ha sido fabricada y procesada especialmente para este fin. La tubería ACR es presurizada con gas nitrógeno por el fabricante para sellar el metal contra el aire, la humedad y la suciedad, y también para minimizar los perjudiciales óxidos que normalmente se forman durante la soldadura. Las extremidades se tapan en el proceso y esos tapones deberán colocarse otra vez después de cortar un tramo. La tubería de cobre tiene tres clasificaciones: K, L y M, con base en el espesor de su pared. K: pared gruesa, aprobada para ACR; L: pared mediana, aprobada para ACR; M: Pared delgada, no es utilizada en refrigeración. La tubería de pared delgada tipo M no es utilizada en conductos para refrigerante presurizado, ya que no tiene suficiente espesor de pared para cumplir con los códigos de seguridad.

TUBERÍAS PARA HALOGENADOS CARACTERÍSTICAS TUBERÍAS DE COBRE

DIÁMETRO NOMINAL [INCH]	DIÁMETRO EXTERIOR [mm]	DIÁMETRO INTERIOR [mm]	ESPESOR [mm]	PESO [Kg/m]
1/4	6,35	4,35	1	0,15
3/8	9,52	7,52	1	0,24
1/2	12,7	10,7	1	0,325
5/8	15,87	13,87	1	0,41
3/4	19,05	17,05	1	0,51
7/8	22,23	19,95	1,14	0,585
1	25,4	23,12	1,14	0,685
1 1/8	28,57	25,27	1,65	1,23
1 3/8	34,92	31,62	1,65	1,52
1 5/8	41,27	37,61	1,83	2
2 1/8	53,97	49,76	2,1	3
2 5/8	66,67	61,85	2,41	4,28
3 1/8	79,37	73,83	2,77	5,85

E. TORRELLA

13

TUBERÍAS DE COBRE

Refrigerant Piping Tables (Inch-Pound)

Table 3 - Copper Tube Data*

Nominal Size	Type	Wall Thickness	Surface Area		Cross Section		Weight		Metric Conversion		
			Outside Dia.	Inside Dia.	Area, sq in.	Area, sq mm	Weight, lb/100 ft.	Weight, kg/30 m.	Outside Dia., mm	Inside Dia., mm	
1/8	K	0.009	0.375	0.362	0.107	0.102	0.098	0.327	0.292	266	9674
1/8	L	0.010	0.375	0.348	0.107	0.112	0.091	0.330	0.338	309	1107
1/8	L	0.010	0.375	0.348	0.107	0.110	0.096	0.299	0.304	279	1004
1/4	K	0.010	0.500	0.487	0.153	0.147	0.143	0.200	0.200	309	1107
1/4	L	0.012	0.500	0.489	0.153	0.153	0.130	0.200	0.211	311	1114
1/4	L	0.012	0.500	0.489	0.153	0.150	0.136	0.197	0.207	307	1102
3/8	K	0.015	0.625	0.607	0.219	0.213	0.209	0.287	0.287	450	1613
3/8	L	0.016	0.625	0.605	0.219	0.219	0.205	0.287	0.297	452	1622
3/8	L	0.016	0.625	0.605	0.219	0.216	0.212	0.284	0.294	449	1615
1/2	K	0.020	0.750	0.730	0.281	0.275	0.271	0.375	0.375	562	2014
1/2	L	0.021	0.750	0.730	0.281	0.281	0.267	0.375	0.385	565	2026
1/2	L	0.021	0.750	0.730	0.281	0.278	0.274	0.372	0.382	562	2017
5/8	K	0.025	0.875	0.850	0.354	0.348	0.344	0.475	0.475	688	2475
5/8	L	0.026	0.875	0.850	0.354	0.354	0.340	0.475	0.485	691	2488
5/8	L	0.026	0.875	0.850	0.354	0.351	0.347	0.472	0.482	688	2481
3/4	K	0.030	1.000	0.970	0.427	0.421	0.417	0.562	0.562	825	2970
3/4	L	0.031	1.000	0.970	0.427	0.427	0.413	0.562	0.572	828	2983
3/4	L	0.031	1.000	0.970	0.427	0.424	0.420	0.559	0.569	825	2976
7/8	K	0.035	1.125	1.090	0.500	0.494	0.490	0.656	0.656	950	3406
7/8	L	0.036	1.125	1.090	0.500	0.500	0.486	0.656	0.666	953	3419
7/8	L	0.036	1.125	1.090	0.500	0.497	0.493	0.653	0.663	950	3412
1	K	0.040	1.250	1.210	0.573	0.567	0.563	0.750	0.750	1075	3875
1	L	0.041	1.250	1.210	0.573	0.573	0.559	0.750	0.760	1078	3888
1	L	0.041	1.250	1.210	0.573	0.570	0.566	0.747	0.757	1075	3881
1 1/8	K	0.045	1.375	1.330	0.646	0.640	0.636	0.850	0.850	1225	4412
1 1/8	L	0.046	1.375	1.330	0.646	0.646	0.632	0.850	0.860	1228	4425
1 1/8	L	0.046	1.375	1.330	0.646	0.643	0.639	0.847	0.857	1225	4418
1 3/8	K	0.050	1.500	1.450	0.719	0.713	0.709	0.950	0.950	1375	4942
1 3/8	L	0.051	1.500	1.450	0.719	0.719	0.705	0.950	0.960	1378	4955
1 3/8	L	0.051	1.500	1.450	0.719	0.716	0.712	0.947	0.957	1375	4948
1 5/8	K	0.055	1.625	1.570	0.792	0.786	0.782	1.050	1.050	1525	5462
1 5/8	L	0.056	1.625	1.570	0.792	0.792	0.778	1.050	1.060	1528	5475
1 5/8	L	0.056	1.625	1.570	0.792	0.789	0.785	1.047	1.057	1525	5468
2 1/8	K	0.060	1.750	1.690	0.865	0.859	0.855	1.150	1.150	1675	6012
2 1/8	L	0.061	1.750	1.690	0.865	0.865	0.851	1.150	1.160	1678	6025
2 1/8	L	0.061	1.750	1.690	0.865	0.862	0.858	1.147	1.157	1675	6018
2 5/8	K	0.065	1.875	1.810	0.938	0.932	0.928	1.250	1.250	1825	6582
2 5/8	L	0.066	1.875	1.810	0.938	0.938	0.924	1.250	1.260	1828	6595
2 5/8	L	0.066	1.875	1.810	0.938	0.935	0.931	1.247	1.257	1825	6588
3 1/8	K	0.070	2.000	1.930	1.011	1.005	1.001	1.350	1.350	1975	7082
3 1/8	L	0.071	2.000	1.930	1.011	1.011	1.000	1.350	1.360	1978	7095
3 1/8	L	0.071	2.000	1.930	1.011	1.008	1.004	1.347	1.357	1975	7088

E. TORRELLA

14

TUBERÍAS DE COBRE PRESIÓN MÁXIMA

- La presión máxima de trabajo en tubos de cobre se calcula como:

$$p[kPa] = \frac{200 S_D t_m}{D_{ext} - t_m}$$

en la que:

- T_m = espesor de la tubería
- D_{ext} = diámetro exterior de la tubería
- S_D según la tabla

T [°C]	50	55	60	65	70	75
SD [Mpa]	41	38.6	36.83	35.55	34.63	34

E. TORRELLA

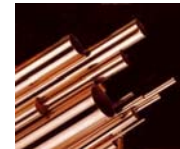
15

TUBERÍAS DE COBRE

- Las tuberías de cobre tipo K y tipo L están disponibles en modalidades de cobre flexible o cobre rígido. La tubería de cobre flexible, como su nombre implica, ha sido recoída para hacer el tubo más fácil de doblar y de formar. Está disponible comercialmente en tamaños desde 1/8 hasta 1 5/8 pulgadas y normalmente se vende en rollos de 25, 50 y 100 pies de largo. Se trata de tubería ACR, deshidratada y sellada en fábrica.
- El uso de tubería rígida se asocia más frecuentemente con tuberías de gran tamaño, de 7/8 O.D. y superiores. La tubería rígida no es apropiada para conexiones acampanadas (bocardas).



Tubo recoído

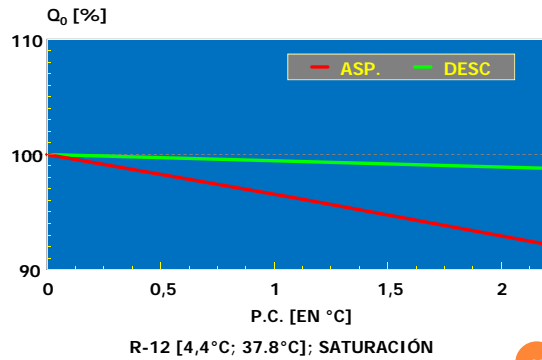


Tubo estirado

E. TORRELLA

16

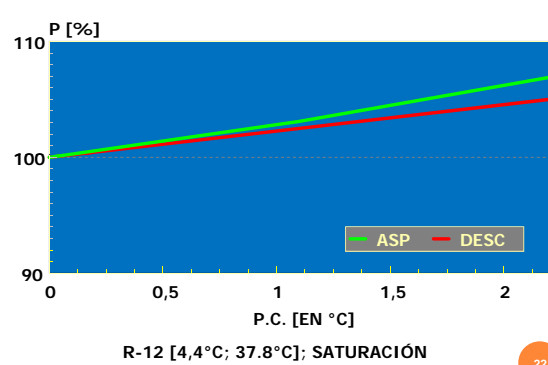
PÉRDIDAS DE CARGA ACCIÓN SOBRE POTENCIA FRIGORÍFICA



E. TORRELLA

21

PÉRDIDAS DE CARGA ACCIÓN SOBRE POTENCIA CONSUMIDA



E. TORRELLA

22

PÉRDIDAS DE CARGA TRAMOS RECTOS.

- Cuando un caudal de fluido atraviesa una canalización, se pierde una parte de su presión debido tanto a la fricción interna, como a la de contacto con las superficies sólidas de frontera. Cuanto mayor es el caudal, tanto mayor será la pérdida producida en una canalización determinada.
- Dado que cualquier fuerza que se oponga al movimiento tiende a reducir su energía cinética (hipótesis fácilmente demostrable por vía experimental), podemos considerar que la resistencia friccional es función del cuadrado de la velocidad, de lo que puede escribirse:

$$\Delta p_f = f \frac{L}{D} \rho \frac{w^2}{2}$$

E. TORRELLA

23

PÉRDIDAS DE CARGA TRAMOS RECTOS. FACTOR "f" DE FRICCIÓN EN TUBERÍAS

- Régimen laminar. Definido por valores de Reynolds inferiores al valor crítico, estimado en 2300 aunque en la práctica se considera hasta unos 3000, y en el que se puede demostrar que el coeficiente de fricción únicamente depende del número de Reynolds, según la relación:

$$f = \frac{64}{Re}$$

- Régimen turbulento. Para valores del número de Reynolds superiores al crítico, cabe distinguir tres regiones:

- Conducto hidráulicamente liso ($\epsilon/D = 0$). Esta región fue estudiada por Prandtl, concordando sus investigaciones con la experimentación llevada a cabo por Nikuradse, y según los cuales:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log (Re \sqrt{f}) - 0,8$$

- Régimen rugoso completamente establecido. Los trabajos de Von Karman, Prandtl y Nikuradse han establecido como válida la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,14 - 2 \log \frac{\epsilon}{D}$$

- Zona de transición. Para la zona de transición, entre las anteriores, Colebrook y White han propuesto la siguiente interpolación:

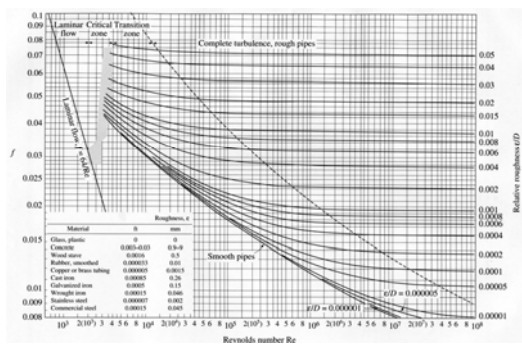
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{2,51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\epsilon}{3,72 D} \right]$$

- Obsérvese que en esta última expresión; Con valor nulo de la rugosidad relativa, se obtiene la expresión aceptada para régimen hidráulicamente liso; Con valor infinito del número de Reynolds, se obtiene régimen rugoso completamente establecido.

E. TORRELLA

24

PÉRDIDAS DE CARGA TRAMOS RECTOS. DIAGRAMA DE MOODY



E. TORRELLA

25

RUGOSIDAD ABSOLUTA (ε) EN TUBOS COMERCIALES

Tipo de tubo	Descripción del material	ε (mm)
Tubos lisos		
	De vidrio, cobre, latón, madera (bien cepillada) y acero nuevo soldado.	0.015
	Tubos de latón	0.025
	Hierro fundido nuevo	0.25
	Hierro fundido oxidado	1 a 1.5
	Hierro fundido nuevo, con bridas o juntas de macho y campana	0.15 a 0.3
	Hierro fundido para agua potable, con bastantes incrustaciones y diámetro de 50 a 150mm.	1 a 4
	Acero laminado, nuevo	0.04 a 0.1
Tubos de acero soldado de calidad normal		
	Nuevo	0.05 a 0.1
	Limpado después de mucho uso	0.15 a 0.2
	Moderadamente oxidado, con pocas incrustaciones	0.4
	Con costura longitudinal y una línea transversal de remaches en cada junta, o bien	0.3 a 0.4
	Acero soldado, con una hilera transversal sencilla de pernos en cada junta, laqueado interior, sin oxidaciones, con circulación de agua turbia.	1

E. TORRELLA

26

ECUACIONES PARA TUBOS LISOS FACTORES DE FRICCIÓN

- En caso de tubos lisos y despreciando la influencia del aceite en el interior de los tubos se puede calcular "f" como:
- Según Blasius y $3000 < Re < 100000$; $f = 0.158/Re^{0.25}$
- Según Colburn y $5000 < Re < 200000$; $f = 0.092/Re^{0.2}$
- Según Gnielinsky y $2300 < Re < 5 \cdot 10^6$; $f = 0.5/[0.79 \ln(Re) - 1.64]^2$
- En este caso, de tubos lisos, simplificando puede tomarse $f \approx 0.015 \div 0.02$.

E. TORRELLA

27

ACCESORIOS PERDIDAS DE CARGA

- En líneas generales puede decirse que hay dos métodos de cálculo de las pérdidas localizadas o accidentales:
 - Un primer método para determinar las pérdidas localizadas o accidentales es el conocido como método de la **longitud equivalente**; con este método a cada elemento le corresponde una longitud equivalente adicional de tubería recta en el que está situado. Esta longitud equivalente adicional, multiplicada por la pérdida de carga por unidad de longitud propia del tramo recto, nos dará la caída de presión adicional.

E. TORRELLA

28

ACCESORIOS LONGITUD EQUIVALENTE

Longitudes equivalentes (m) de pérdida de presión en válvulas y accesorios

Valvulas de acero comercial

Diámetro nominal (mm)	Codo			T en ramas alimientadas	T en ramas de derivación	Valvula esfera	Valvula de compuerta	Valvula de angulo	Valvula de retencion	
	90°	90°	45°							
1/2"	0.05	0.24	0.05	0.05	0.35	0.05	0.10	2.80	0.50	
3/4"	0.05	0.32	0.05	1.08	0.64	1.00	2.28	0.17	3.08	2.10
1"	0.82	0.41	0.40	1.38	0.90	1.64	3.20	0.90	4.08	3.20
1.1/4"	1.01	0.54	0.52	1.88	0.74	2.22	10.21	0.28	5.20	3.10
1.1/2"	1.25	0.61	0.57	2.08	0.86	2.32	14.21	0.31	6.20	4.10
2"	1.50	0.79	0.65	2.05	1.04	3.12	18.01	0.42	7.40	5.10
2.1/2"	2.00	1.03	1.10	3.44	1.36	4.06	23.26	0.50	10.10	6.60
3"	2.42	1.32	1.29	4.06	1.66	4.96	27.41	0.60	12.10	8.60
4"	3.16	1.55	1.89	5.32	2.17	5.51	35.89	0.84	15.80	10.10
5"	3.90	1.93	2.08	6.92	2.69	7.80	46.20	1.04	19.90	13.00
6"	4.66	2.33	2.49	7.79	3.07	9.22	58.88	1.24	23.10	15.14

Valvulas de cobre

Diámetro nominal (mm)	Codo			T en ramas alimientadas	T en ramas de derivación	Valvula esfera	Valvula de compuerta	Valvula de angulo	Valvula de retencion	
	90°	90°	45°							
1/2"	0.33	0.17	0.16	0.05	0.07	0.76	0.00	1.07	0.30	
3/4"	0.42	0.22	0.13	0.72	0.20	4.92	0.12	2.17	1.40	
1"	0.62	0.31	0.18	1.04	0.40	1.20	0.17	3.10	2.00	
1.1/4"	0.82	0.41	0.26	1.38	0.56	1.39	0.22	4.14	2.70	
1.1/2"	1.01	0.51	0.31	1.69	0.66	2.25	11.46	0.27	5.07	3.30
2"	1.21	0.60	0.36	2.02	0.81	2.45	13.74	0.32	6.00	4.00
2.1/2"	1.61	0.80	0.49	2.38	1.07	3.21	18.20	0.40	8.00	5.30
3"	1.91	1.00	0.59	3.16	1.38	4.02	23.75	0.54	10.00	6.70

ACCESORIOS LONGITUD EQUIVALENTE

Equivalent Length for Fittings (feet)

Nominal Pipe Size	Smooth Elbows							Smooth Tee and Cross Tees				
	90° Elbow	45° Elbow	90° Tee	45° Tee	Branch Pipe	Run Pipe	Reduction Tee	90° Tee	45° Tee	Reduction Tee	Run Tee	
1/2"	1.4	0.9	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
3/4"	1.6	1.1	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
1"	1.8	1.2	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
1.1/4"	2.0	1.4	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
1.1/2"	2.2	1.6	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
2"	2.4	1.8	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
2.1/2"	2.6	2.0	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
3"	2.8	2.2	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
3.1/2"	3.0	2.4	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
4"	3.2	2.6	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
4.1/2"	3.4	2.8	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
5"	3.6	3.0	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
5.1/2"	3.8	3.2	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4
6"	4.0	3.4	2.1	1.7	1.1	2.1	2.7	2.3	2.7	2.3	1.2	1.4

Equivalent Length for Valves and Refrigeration Devices (feet)

Nominal Diameter	Gate Valve	Globe Valve	Ball Valve	Plug Valve	Check Valve	Swing Check	Diaphragm Valve	Butterfly Valve	Three-Way Valve	Four-Way Valve	Suction Valve
3/4"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.1/4"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.1/2"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2.1/2"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.1/2"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.1/2"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5.1/2"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6"	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ACCESORIOS LONGITUD EQUIVALENTE

FITTING LOSSES IN EQUIVALENT FEET OF PIPE Screwed, Welded, Flanged, Flared, and Brazed Connections

NOMINAL PIPE OR TUBING SIZE (in.)	SMOOTH BEND ELBOWS						SMOOTH BEND TEES					
	90° Elbow	90° Long Radius Elbow	45° Elbow	45° Elbow	45° Elbow	45° Elbow	90° Tee	45° Tee	90° Tee	45° Tee	90° Tee	
3/8"	1.40	0.90	2.30	0.70	1.10	2.30	2.70	0.90	1.20	1.40	1.40	
1/2"	1.67	1.07	2.67	0.87	1.37	2.67	3.07	1.07	1.47	1.67	1.67	
3/4"	2.0	1.4	3.2	0.9	1.6	3.2	4.0	1.4	1.9	2.0	2.0	
1"	2.60	1.70	4.10	1.20	2.10	4.10	5.00	1.70	2.30	2.60	2.60	
1.1/4"	3.30	2.30	5.60	1.70	3.00	5.60	7.00	2.30	3.10	3.30	3.30	
1.1/2"	4.0	2.8	6.3	2.1	3.4	6.3	8.0	2.8	3.7	4.0	4.0	
2"	5.0	3.5	8.0	2.6	4.3	8.0	10.0	3.5	4.7	5.0	5.0	
2.1/2"	6.0	4.10	10.0	3.20	5.30	10.0	12.0	4.10	5.60	6.0	6.0	
3"	7.2	5.0	12.0	3.90	6.40	12.0	15.0	5.0	7.0	7.2	7.2	

ACCESORIOS PERDIDAS DE CARGA

- El segundo método de contabilización de pérdidas debidas a accesorios:
 - Mediante el **Coefficiente de pérdida dinámica**; las pérdidas de carga son sensiblemente proporcionales al cuadrado de la velocidad media del aire. Por lo tanto, a cada acoplamiento u obstrucción se le puede asignar un cierto coeficiente "K", que multiplicado por la presión dinámica del aire nos permita determinar la caída de presión "ΔP" en la singularidad objeto de estudio. Resulta así que:

$$\Delta p = K \frac{\rho v^2}{16}$$

siendo:

- Δp = Pérdida de carga localizada en mm. de c.d.a.
- v = Velocidad media en m/s.
- K = Coeficiente de pérdida dinámica. Adimensional.

ACCESORIOS PERDIDAS DE CARGA

Coefficiente K de pérdida de presión en válvulas y accesorios

Valvulas resacas									
Diámetro nominal (mm)	Curva 45°	Curva 90°	Curva 135°	En ramas alizadas	En ramas de derivación	Valvula estanca	Valvula compuesta	Valvula de ángulo	Valvula de retención
10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
15	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
20	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
32	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
40	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
65	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
100	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
125	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
150	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
175	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
200	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
225	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
250	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
275	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
300	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
325	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
350	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
375	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
400	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00

Valvulas subidas									
Diámetro nominal (mm)	Curva 45°	Curva 90°	Curva 135°	En ramas alizadas	En ramas de derivación	Valvula estanca	Valvula compuesta	Valvula de ángulo	Valvula de retención
10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
32	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
65	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
80	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
100	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
125	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
150	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
175	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
200	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
225	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
250	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
275	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
300	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
325	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
350	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
375	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
400	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

Fuente: Fundamentos ASME

ACCESORIOS PERDIDAS DE CARGA

- Para un accesorio determinado, la pérdida localizada de presión, expresada como producto del coeficiente de pérdida dinámica "K" por la presión dinámica p_d , puede ser transformada en una longitud equivalente adicional "L", del conducto que tenga una pérdida de carga unitaria Δp mediante la relación:

$$L = K \frac{p_d}{\Delta p}$$

PÉRDIDAS DE CARGA EN °C

- La pérdida de carga puede expresarse en términos de cambio en temperatura de saturación para cada fluido. Usando la ecuación de Clapeyron:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T \Delta v} \rightarrow \Delta T = T \frac{(v_{vs} - v_{vl})}{\lambda} \Delta p$$

"T" temperatura absoluta; "λ" calor latente, "v" volumen específico a saturación; superíndice " para fase vapor y " para fase líquida.

- La velocidad puede ser escrita como:

$$w = m \frac{v}{S} \approx \frac{Q_0}{\lambda_0 \Delta x} \frac{v}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

"λ₀" calor latente a la temp. de evaporación, "Δx" salto de títulos de vapor entre salida y entrada (0.7 ± 0.8). Se ha despreciado el recalentamiento útil. El término "v" volumen específico es de fase vapor en caso de línea de aspiración y de fase líquida en caso de la línea de líquido.

PÉRDIDAS DE CARGA EN °C

- Mediante la expresión de la velocidad, considerando vapor a saturación, la ecuación de Clapeyron y la pérdida de carga en tramo recto, para la línea de aspiración:

$$\Delta T_{asp} = \frac{T_0}{\lambda_0^2} v_{vs;pk} (v_{vs} - v_{vl})_{pk} f \frac{Q_0^2}{\Delta x^2 D^5} L \frac{8}{\pi^2}$$

- Para la línea de líquido:

$$\Delta T_{liq} = \frac{T_k}{\lambda_k^2} v_{vl;pk} (v_{vs} - v_{vl})_{pk} \left[\frac{\lambda_k}{\lambda_0} \right]^2 f \frac{Q_0^2}{\Delta x^2 D^5} L \frac{8}{\pi^2}$$

la relación de "λ_k" (< 1) tiene en cuenta que el calor latente a la temperatura del líquido difiere de la correspondiente a la temperatura de evaporación.

- Para la línea de descarga

$$\Delta T_{desc} \approx \frac{T_k}{\lambda_k^2} v_{desc} (v_{vs} - v_{vl})_{pk} \left[\frac{\lambda_k}{\lambda_0} \right]^2 f \frac{Q_0^2}{\Delta x^2 D^5} L \frac{8}{\pi^2}$$

PÉRDIDAS DE CARGA EN °C

- De cualquier expresión de la pérdida de carga en diferencia de temperatura, para un ciclo determinado, y para un valor dado de la diferencia de temperaturas. Se tendrá para cada diámetro de tubería, una relación entre la potencia frigorífica y la longitud equivalente:

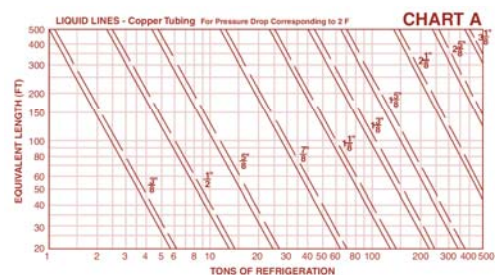
$$LQ_0^3 = K \text{ (cte.)}$$

- Sobre un diagrama con Q_0 en abscisas (x) y L equivalente en ordenadas (y):

$$y x^2 = K \rightarrow y = \frac{K}{x^2} \rightarrow \ln(y) = \ln(K) - 2\ln(x)$$

- Es decir, la ecuación de una recta en coordenadas logarítmicas.

REPRESENTACION GRAFICA EJEMPLO LÍNEA DE LIQUIDO



LÍNEA DE ASPIRACION DIMENSIONAMIENTO

- La línea de aspiración conecta el puesto de evaporación con la entrada a compresor.
- Infradimensionar el diámetro de esta tubería reduce la capacidad del compresor pues lo fuerza a trabajar con una menor presión de aspiración para mantener la temperatura requerida en evaporador.
- Sobredimensionar esta línea incrementa los costes iniciales y puede provocar que la velocidad sea insuficiente para arrastrar al lubricante hasta compresor. Esto es muy importante cuando hay tramos verticales ascendentes.
- La línea de aspiración se dimensiona para un máximo de pérdida de carga de 1.1 a 1.7 °C (2 a 3 °F). La pérdida de carga en kPa dependerá del fluido de trabajo.

LÍNEA DE LIQUIDO DIMENSIONAMIENTO

- Como en la línea de aspiración, el dimensionamiento puede realizarse en base a una pérdida de carga de 1.1 a 1.7 °C (2 a 3 °F). La pérdida de carga en kPa dependerá del fluido de trabajo.
- Un caso a considerar es el de la ubicación del condensador por debajo de la cota del evaporador. En este caso se produce un descenso entre las presiones de salida del condensador y de entrada a evaporador (altura de la columna de líquido). El cambio de presión debido a la diferencia de cota cambia con el refrigerante utilizado, a modo de referencia en la tabla adjunta se presenta, para algunos fluidos, este cambio de presión (basado en líquido refrigerante saturado a 37.7°C (100°F)).

Refrigerant	Pressure Drop PSI/ft (kPa/m) Riser
R-22	0.50 (11.31)
R-407C	0.47 (10.63)
R-410A	0.43 (9.73)
R-134a	0.50 (11.31)

LÍNEA DE LIQUIDO DIFERENCIA DE COTAS

- La presión aumentará o disminuirá en función de la altura de la columna de líquido:

$$\Delta p = \rho g \Delta Z$$

“ ρ ” es la densidad del líquido.

- Utilizando la expresión de Clapeyron:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T \Delta v} \rightarrow \frac{\Delta T''}{\Delta z} = \frac{T}{\lambda} \left(\frac{v_{liq}}{v_g} - 1 \right) g$$

- Algunos ejemplos se muestran en la tabla adjunta:

REFRIGERANTE	$\Delta T''/\Delta z$ [K/m]
NH3	0.168
R22	0.371
R134a	0.527
R152a	0.435
PROPANO	0.190

LÍNEA DE DESCARGA CONSIDERACIONES

- La línea de descarga conecta la salida del compresor con el condensador. El fluido que lleva esta tubería es una mezcla de vapor recalentado y lubricante.
- Sobredimensionar esta línea incrementa el coste y disminuye la velocidad y por tanto dificulta el paso de aceite.
- Infradimensionar la línea de descarga reduce la capacidad de la instalación.
- El trasiego del lubricante en las líneas de descarga se complica debido a la posible existencia de tramos ascendentes, en los que la gravedad trabaja contra este trasiego.

HERRAMIENTAS TRABAJO PARA TUBERÍAS

HERRAMIENTAS CONEXIÓN CORTE



HERRAMIENTAS CONEXIÓN BOCARDAS



E. TORRELLA

45

HERRAMIENTAS CONEXIÓN SOLDADURA



E. TORRELLA

46

TUBERÍAS DE FRIGORÍGENO AISLAMIENTO



E. TORRELLA

47

DETECCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE

Detector electrónico



Detección con lámpara y aditivo fluorescente



Antorcha de haluros (lámpara halógena)



Solución jabonosa

E. TORRELLA

48

PÉRDIDAS DE CALOR TUBERIAS DE COBRE

Nominal		Pérdidas de calor (W/m)		
		Diferencia de temperaturas (°C)		
(mm)	(inches)	22	38	55
15	1/2	21	32	45
22	3/4	28	43	60
28	1	34	53	76
35	1 1/4	41	64	89
42	1 1/2	47	74	104
54	2	59	93	131
67	2 1/2	71	111	156
76	3	83	129	181
108	4	107	165	232

PÉRDIDAS DE CALOR TUBERIAS DE ACERO

Nominal		Pérdidas de calor (W/m)											
		Diferencia de temperatura (°C)											
(mm)	(inches)	50	60	75	100	110	125	140	150	165	195	225	280
15	1/2	30	40	60	90	130	155	180	205	235	280	375	575
20	3/4	35	50	70	110	160	190	220	255	290	370	465	660
25	1	40	60	90	130	200	235	275	305	355	455	565	815
32	1 1/4	50	70	110	160	240	290	330	375	435	555	700	1000
40	1 1/2	55	80	120	180	270	320	375	420	485	625	790	1120
50	2	65	95	150	220	330	395	465	520	600	770	975	1390
65	2 1/2	80	120	170	260	390	465	540	615	715	910	1150	1650
80	3	100	140	210	300	470	560	650	740	860	1090	1380	1980
100	4	120	170	260	380	585	700	820	925	1065	1370	1740	2520
150	6	170	250	370	540	815	970	1130	1290	1470	1910	2430	3500
200	8	220	320	470	690	1040	1240	1440	1650	1900	2440	3100	4430
250	10	270	390	570	835	1250	1510	1750	1995	2300	2980	3780	5600
300	12	315	460	670	980	1470	1760	2060	2340	2690	3370	4430	6450