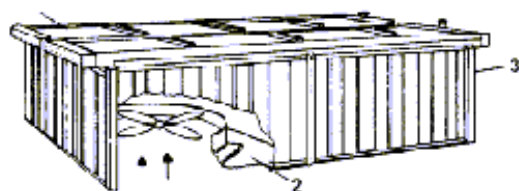


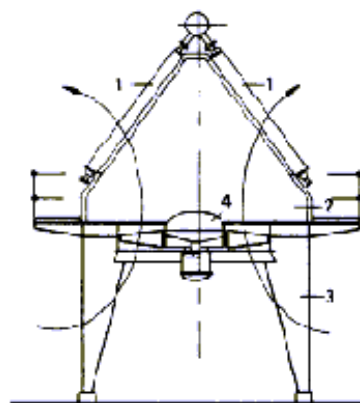
Figura V.1. Intercambiador de carcasa y tubo: tipo marmita [38].



Tiro forzado

Componentes:

1. Haz tubular
2. Cámara de pleno "plenum"
3. Soportes
4. Ventilador e impulsor



Armazón - A

Figura V.2. Enfriador de aire [40].

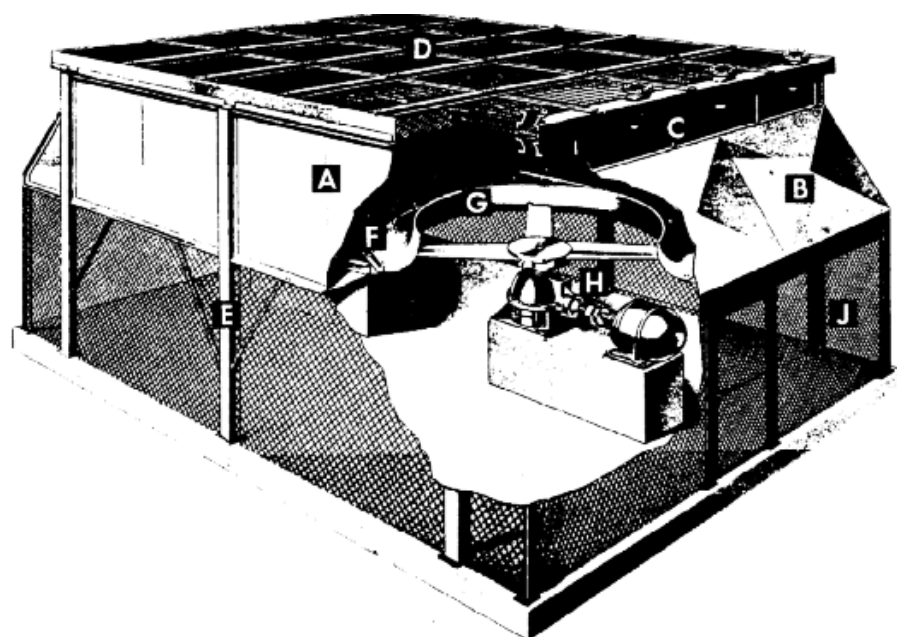
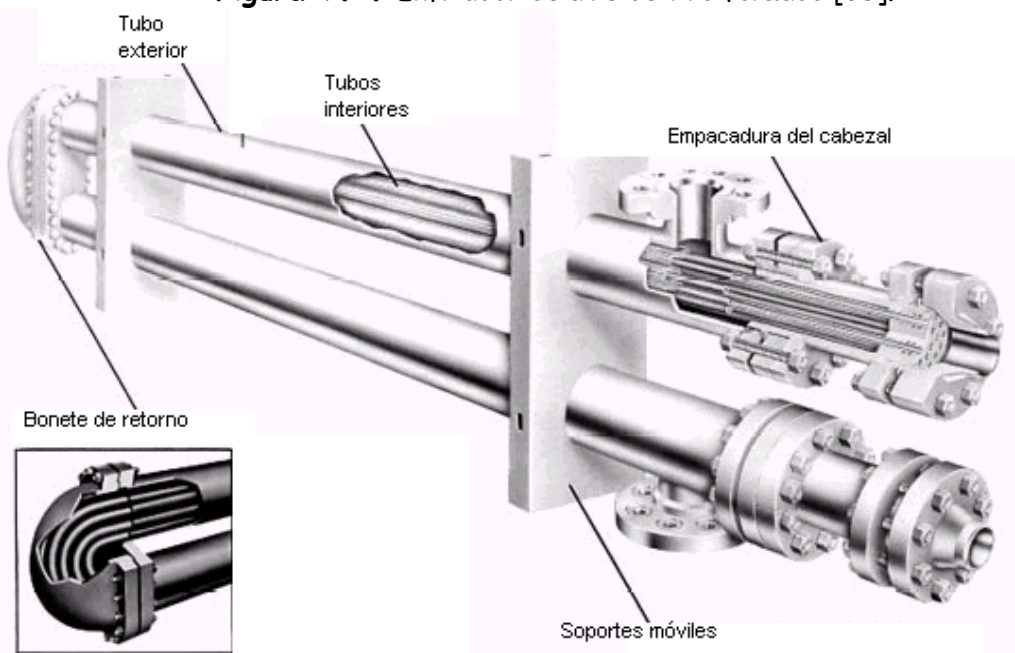


Figura V.2. Enfriador de aire de tiro forzado [65].



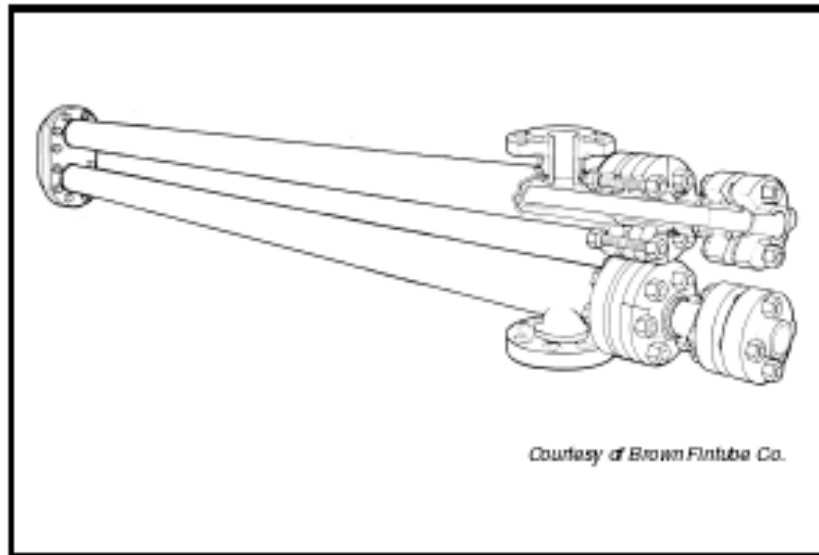


Figura V.3. Intercambiador de doble tubo; de múltiples tubos y de un solo tubo. [40].

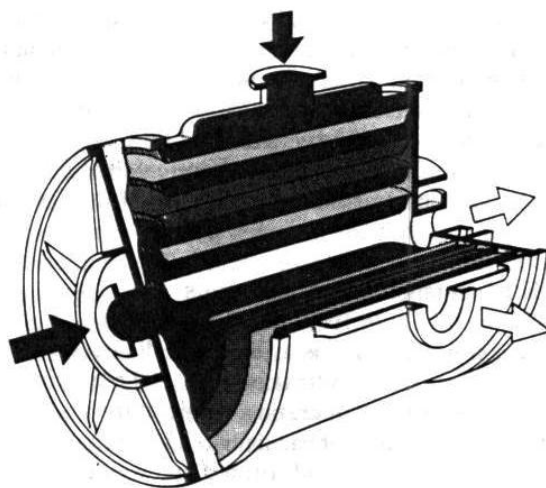


Figura V.4. Intercambiador tipo espiral [38].

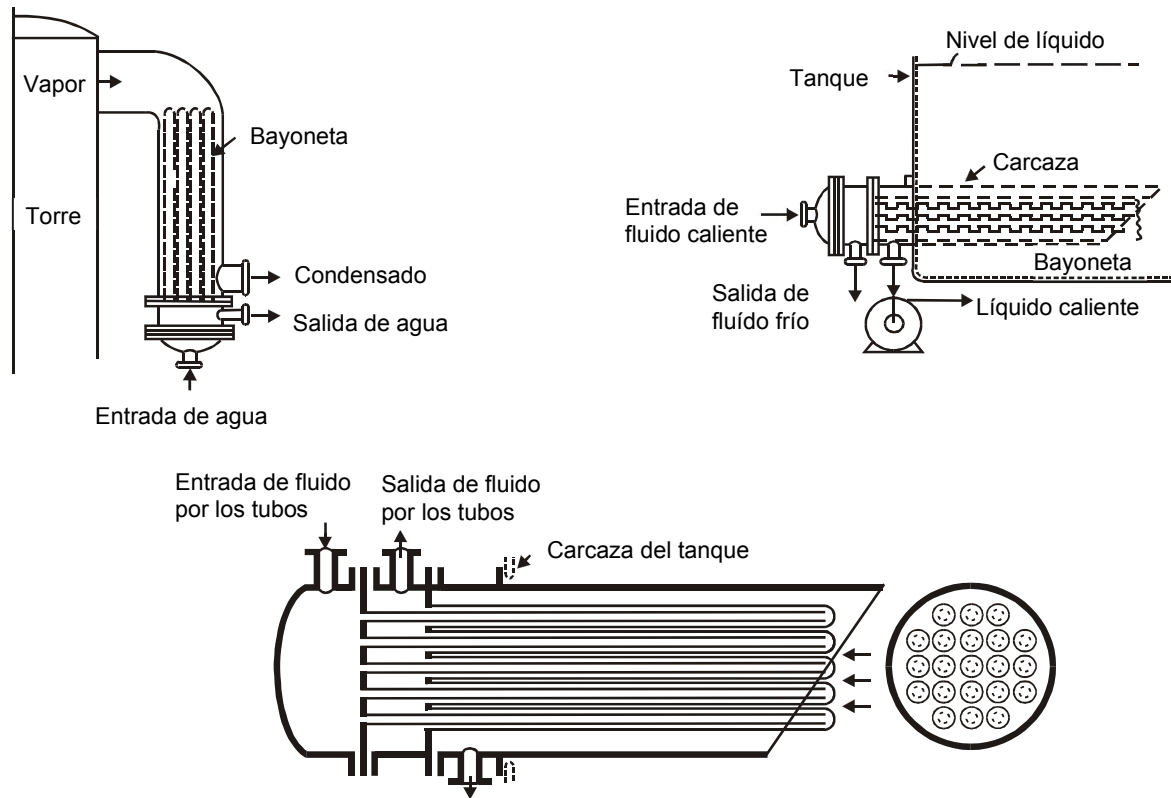


Figura V.5. Intercambiador de calor tipo bayoneta

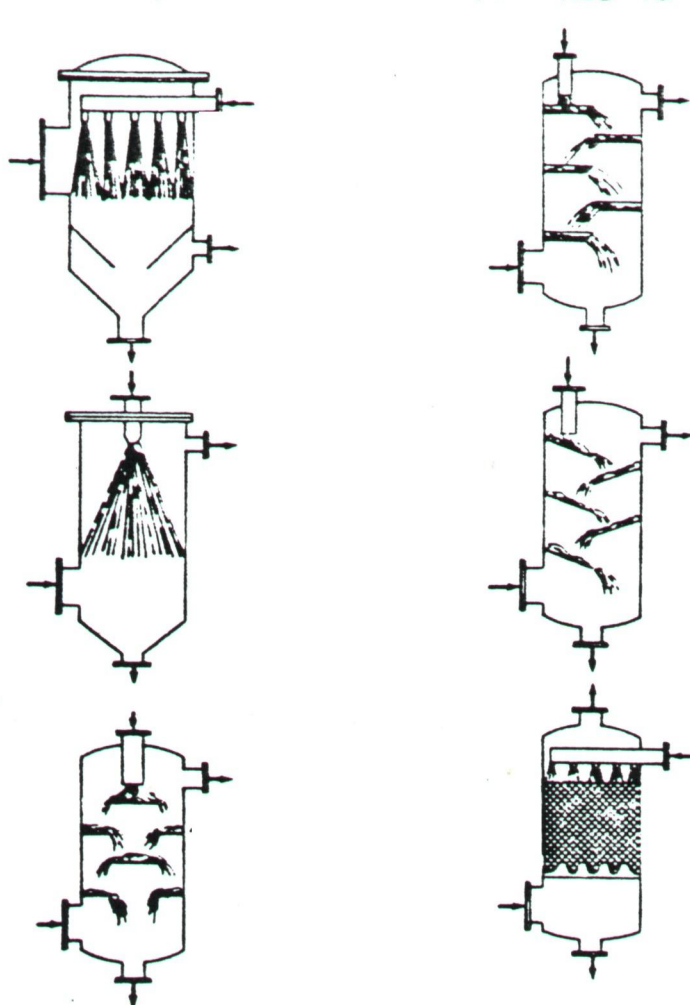


Figura V.6. Condensadores de contacto directo

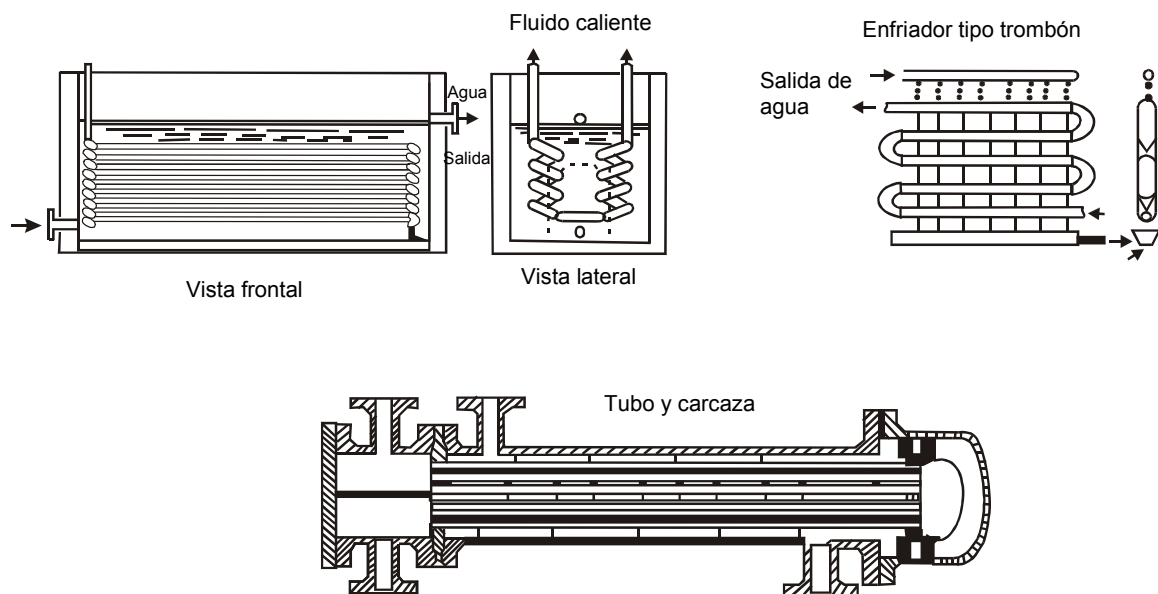


Figura V.7. Diferentes tipos de intercambiadores de calor [40].

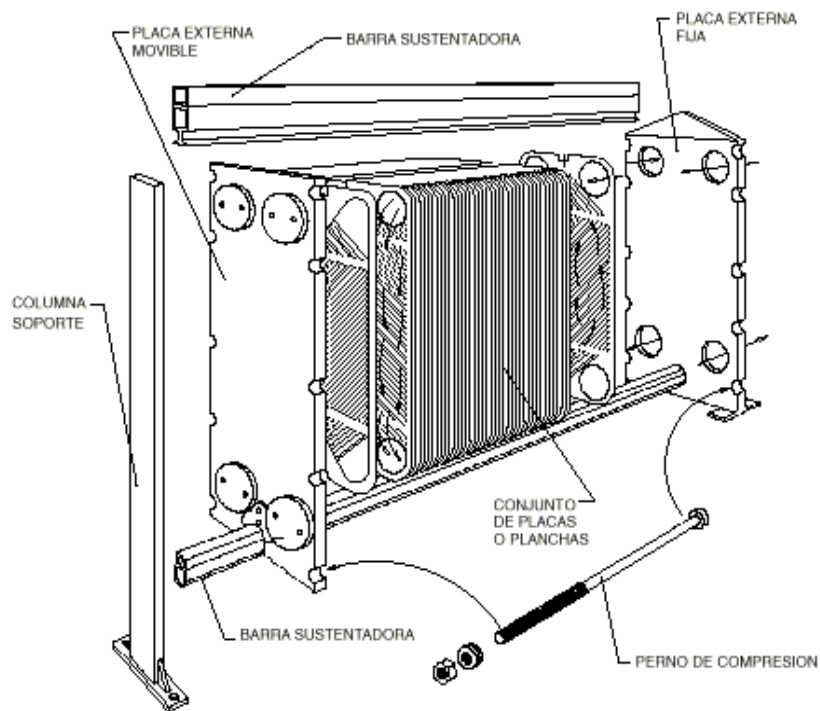


Figura V.8. Intercambiador de placas [42].

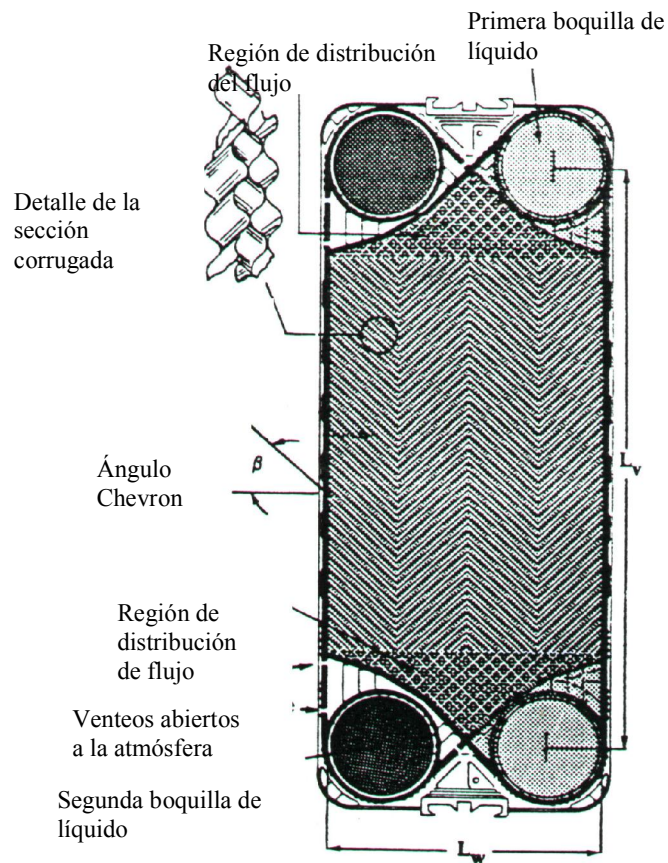


Figura V.9. Vista de una placa con sus empacaduras [54].

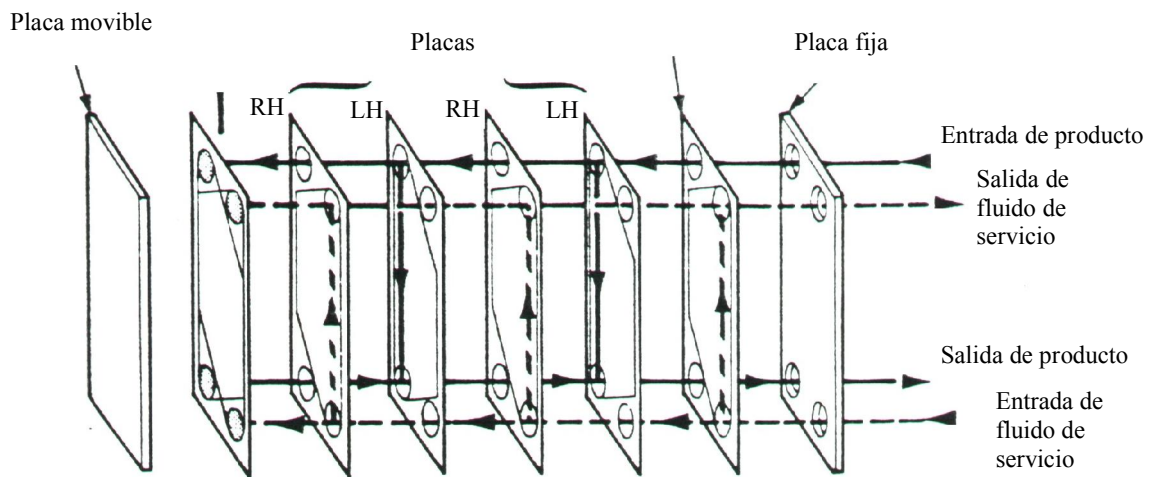


Figura V.10. Esquema del principio de funcionamiento [55].

En la **Tabla V.1.** se muestra un resumen de los diferentes tipos de intercambiadores, sus características principales y sus aplicaciones.

Tipo	Características principales	Aplicación
Carcaza y tubo	Haz de tubos encerrado en una carcaza cilíndrica	Debe ser siempre el primer tipo de intercambiador que se considere
Enfriador de aire	Haces de tubos rectangulares colocados en una estructura, que utilizan aire como medio enfriante	Son económicos cuando el costo del agua de enfriamiento es alto
Doble tubo	Tubos concéntricos. El tubo interno puede ser liso o con aletas.	Se utilizan en plantas pequeñas
Superficie extendida	Tubos con aletas en la superficie externa	Servicios donde la resistencia en la superficie externa del tubo es mucho mayor que la resistencia interna. También se utilizan para eliminar cuellos de botella en unidades existentes
Láminas soldadas	Serie de láminas separadas por aletas corrugadas	Servicios criogénicos. Los fluidos deben ser limpios
Tipo espiral	Serpentines concéntricos enrollados en forma de espiral y colocados dentro de una carcaza	Servicios criogénicos. Los fluidos deben ser limpios
Tipo superficie raspadora (scraped surface)	Tubos concéntricos, provistos de raspadores rotatorios colocados en la pared interna del tubo interno	Servicios de enfriamiento con formación de cristales
Tipo bayoneta	El elemento tubular está constituido de un tubo externo y uno interno	Se utilizan cuando existe una diferencia de temperatura grande entre el fluido de la carcaza y los tubos
Enfriadores de película descendente	Unidades verticales que utilizan una película de agua gruesa en el lado de los tubos	Aplicaciones especiales de enfriamiento
Enfriadores de serpentín	Serpentines sumergidos en un recipiente con agua	Enfriamiento de emergencia

Condensadores barométricas (contacto directo)	Contacto directo de agua y vapor	Se utilizan cuando las solubilidades del agua y del fluido de proceso lo permiten
Enfriadores de cascada	El agua de enfriamiento fluye sobre una serie de tubos	Enfriamiento especial de fluidos de proceso altamente corrosivos
Grafito impermeable	Constituidos de grafito para protección por corrosión	Utilizados en servicios altamente corrosivos

Tabla V.1. Resumen de los diferentes tipos de intercambiadores de calor [38].

Exchanger type		Maximum operating conditions		Typical surface area range for a single unit (m ²)	Comments ⁽⁹⁾
		Temperature (°C)	Pressure (bar)		
Embossed plate		350	18 ⁽⁸⁾	Standard panels up to 1200 × 3600 mm	Compact and low weight. Curved units available. Especially suited to vessel jackets and immersion heaters
Graphite	Shell and tube	180	6	1.6–1650	Exceptional corrosion resistance, low fouling tendency, but limited with regard to temperature and pressure. Limited in capacity except for graphite shell-and-tube and multi-block types.
	Cubic and rectangular	180	5.2	0.65–153	
	Multi-block	180	6	0.22–240	
	Cartridge	180	6	0.16–18.6	
Glass		175	5	6.3–26	
Teflon TM	Shell and tube	20	10	9.3–50	
	Supercoils	50	6.6	2.3–10.5	
	Slimline coils	100	3.8	up to 23.7	
	Tank coils	150	2.2	56.9–148	
Rotary regenerators	Aluminium rotor	200	Near atmospheric	Rotor dia. = 6 m	Compact, but limited to heat exchange between low-pressure gases, even at high temperature. Subject to some inter-stream leakage.
	Steel rotor	425			
	Stainless or Incoloy TM rotor	980			

Tabla V.2. Diferentes tipos de intercambiadores con sus rangos de operación [38].

Exchanger type	Maximum operating conditions		Typical surface area range for a single unit (m ²)	Comments ⁽⁹⁾
	Temperature (°C)	Pressure (bar)		
Shell and tube	-200 to 700	350 ⁽¹⁾	5-1000	Versatile and suitable for almost all applications, irrespective of duty, pressure and temperature (which is limited by metallurgical considerations).
Double pipe	-200 to 700	350 ⁽²⁾	0.25-200	Especially suited to small capacities, countercurrent operation and high pressures. Standard sections available.
Air cooler	700	350 ⁽²⁾	5-400 ⁽³⁾	Standardised bundles available. Suitable for almost all cooling duties above atmospheric temperature, irrespective of pressure and temperature (which is limited by metallurgical considerations).
Heat pipe	-100 to 400 ⁽⁵⁾	40 ⁽⁶⁾	100-1000	Ideally suited to heat exchange between large volumes of gas at low pressure. Extended surfaces may be employed on both gas sides.
Gasketed plate	-40 to 180 ⁽⁷⁾	30	1-1200	High thermal efficiency, flexible, low fouling tendency, compact, low weight, no inter-stream mixing or vibration, ease of maintenance. Usually cheapest exchanger type if suitable for operating conditions. Gasket material may inhibit use for certain fluids.
Gasketless plate	-200 to 980 according to type	As S & T type, max. ΔP between fluids = 40-80 bar according to type	Up to 10 000	Alternative to shell-and-tube and gasketed-plate types provided chemical cleaning is acceptable. Application may be limited by pressure difference between fluids.
Spiral	400	20	0.5-350	
Lamella	PTFE gasket	220	35 (dia. = 300 mm)	High thermal efficiency, low fouling tendency, ease of maintenance. Handles suspensions, slurries and fibrous liquids.
	Asbestos gasket	500	10 (dia. = 1000 mm)	
Plate fin	-260 to 650	25 ⁽⁴⁾	Up to 1230 m ² per m ³ volume	Compact, low weight, excellent for cryogenic applications. Multiple streams may be handled.

Tabla V.2. Diferentes tipos de intercambiadores con sus rangos de operación [38].

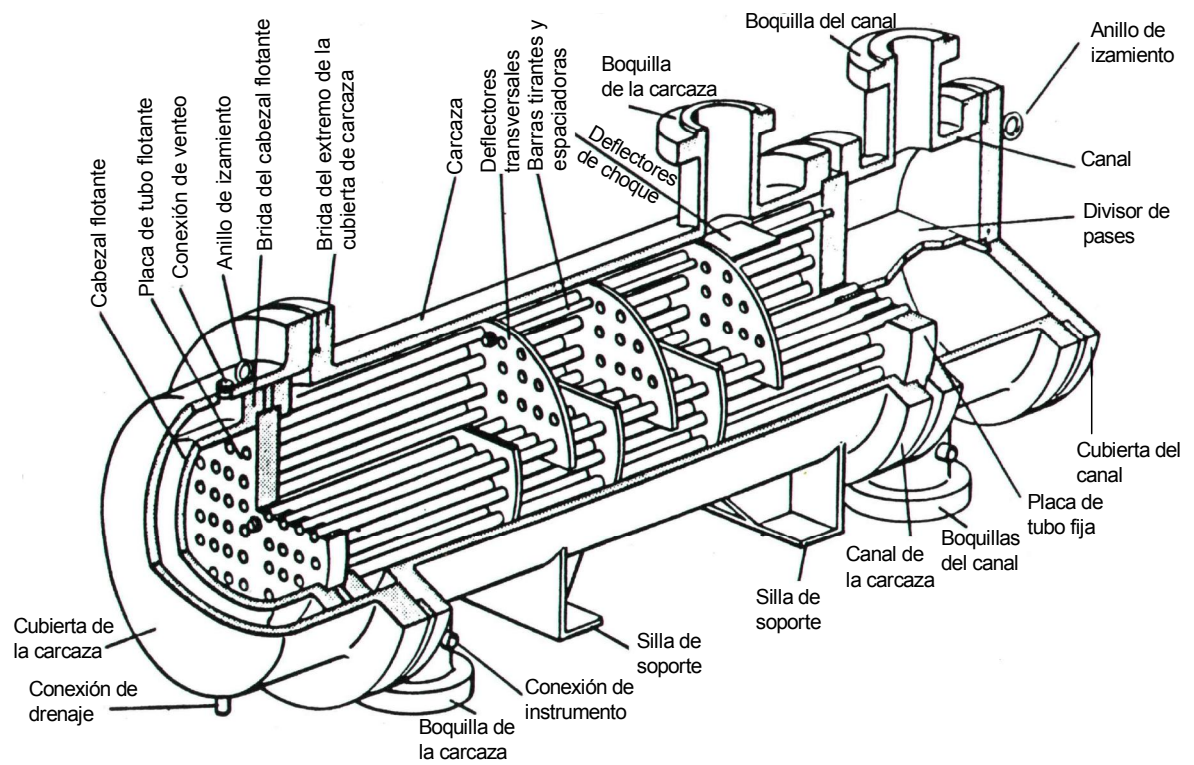
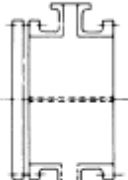
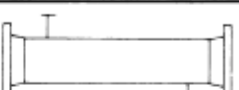

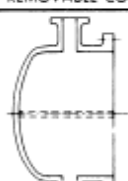
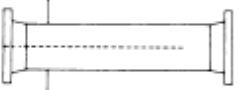

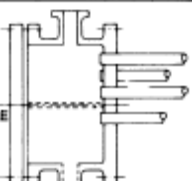


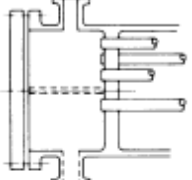


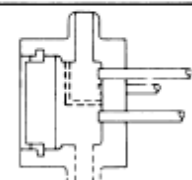

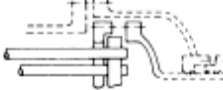

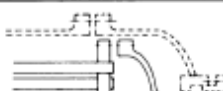
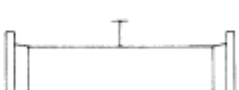
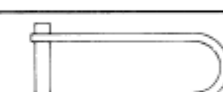



Figura V.8. Componentes de un intercambiador de tubo y carcasa [40].

FRONT END STATIONARY HEAD TYPES		SHELL TYPES		REAR END HEAD TYPES	
A	 CHANNEL AND REMOVABLE COVER	E	 ONE PASS SHELL	L	 FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD
B	 BONNET (INTEGRAL COVER)	F	 TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE	M	 FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD
C	 REMOVABLE TUBE BUNDLE ONLY CHANNEL INTEGRAL WITH TUBE- SHEET AND REMOVABLE COVER	G	 SPLIT FLOW	N	 FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD
N	 CHANNEL INTEGRAL WITH TUBE- SHEET AND REMOVABLE COVER	H	 DOUBLE SPLIT FLOW	P	 OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
D	 SPECIAL HIGH PRESSURE CLOSURE	J	 DIVIDED FLOW	S	 FLOATING HEAD WITH BACKING DEVICE
		K	 KETTLE TYPE REBOILER	T	 PULL THROUGH FLOATING HEAD
		X	 CROSS FLOW	U	 U-TUBE BUNDLE
				W	 EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET

Courtesy of TEMA

Figura V.9. Tipos de cabezales y carcaza de acuerdo a la Nomenclatura "TEMA" [56].

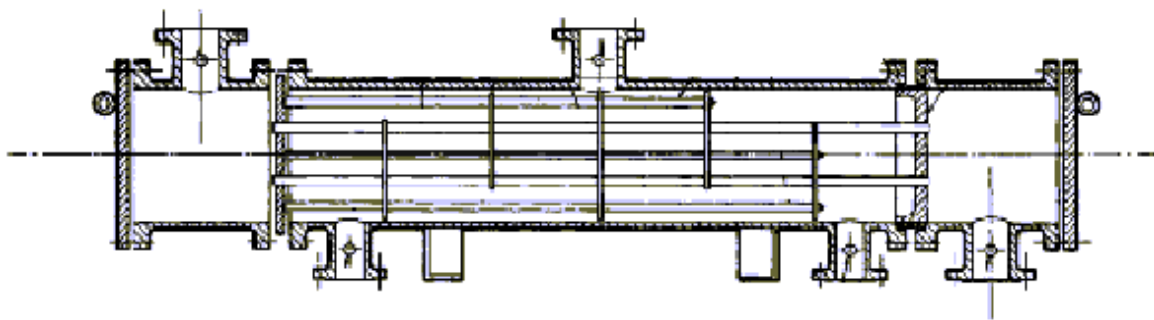


Figura V.13. Intercambiador de calor de cabezal flotante tipo AJW [31].

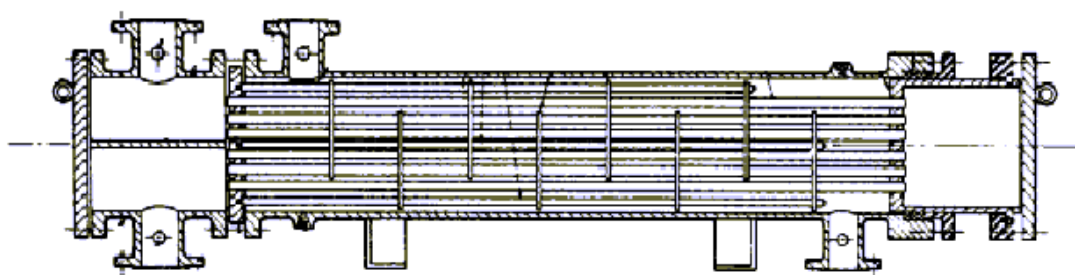


Figura V.14. Intercambiador de calor de cabezal flotante tipo AEP

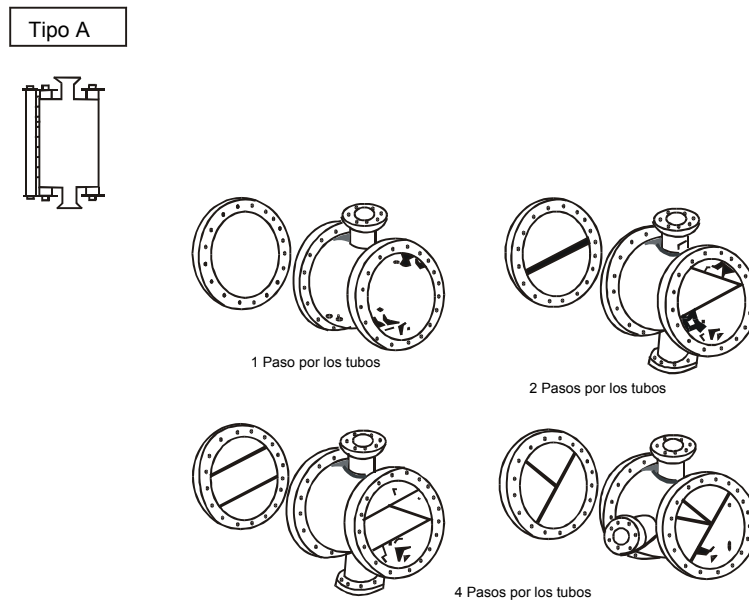


Figura V.15. Cabezal tipo A, con diferente número de pasos por los tubos [40].

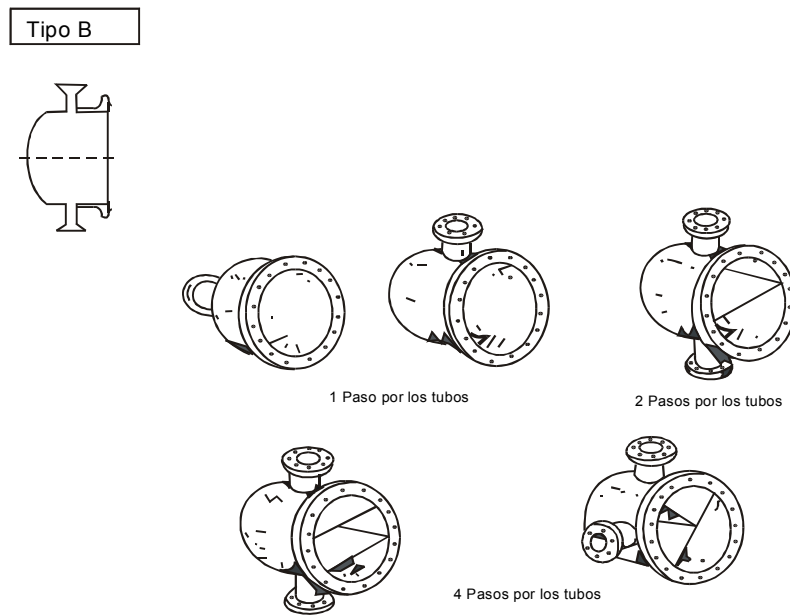


Figura V.16. Cabezal tipo B, con diferente número de pasos por los tubos

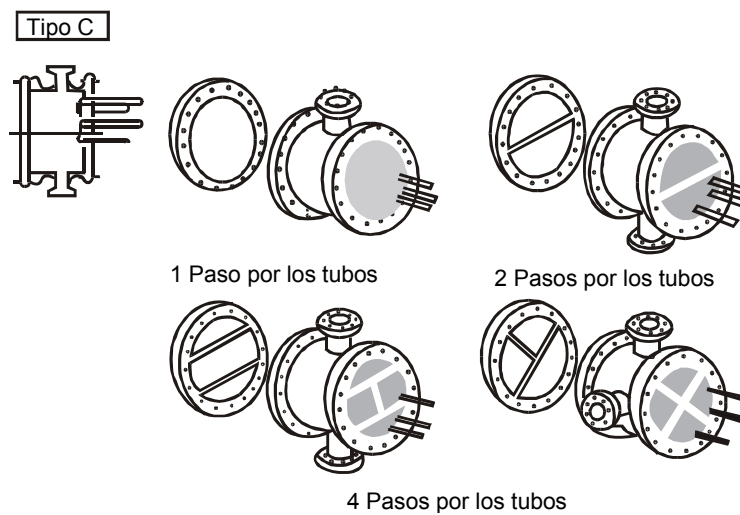
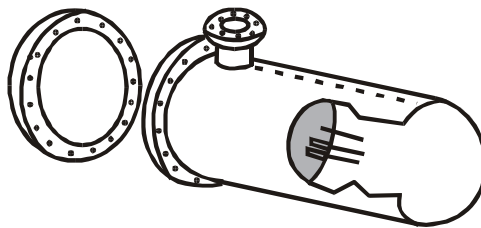
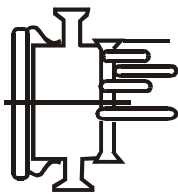


Figura V.17. Cabezal tipo C, con diferente número de pasos por los tubos [40].

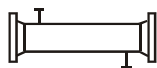
Tipo N



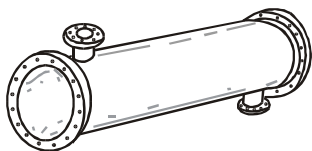
1 Paso por los tubos

Figura V.18. Cabezal tipo N

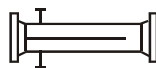
Tipo E



Un paso por la carcaza



Tipo F



Dos pasos por la carcaza con bafle longitudinal

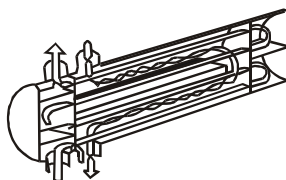
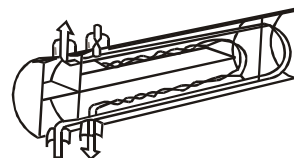
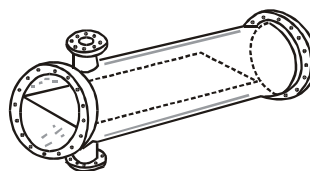


Figura V.19. Diferentes tipos de carcazas

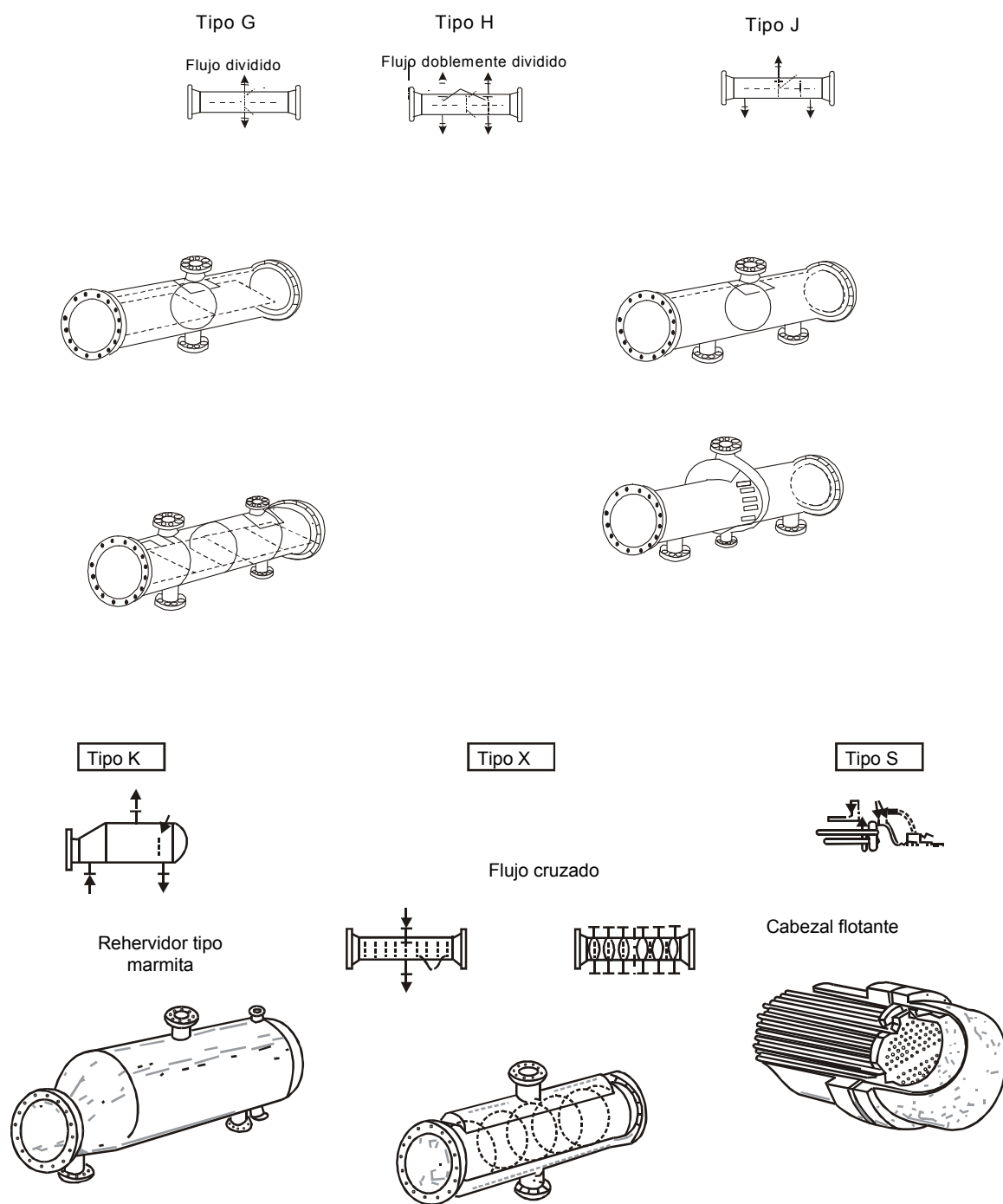


Figura V.19. Diferentes tipos de carcazas

O. D.	Copper and Copper Alloys		Carbon Steel, Aluminum and Aluminum Alloys		Other Alloys	
	B.W.G. (Min. Wall)	Thickness	B.W.G. (Min. Wall)	Thickness	B.W.G. (Avg. Wall)	Thickness
$\frac{3}{4}$	18	0.049	16	0.065	18	0.049
	16	0.065	14	0.083	16	0.065
	14	0.083	12	0.109	14	0.083
1	16	0.065	14	0.083	18	0.049
	14	0.083	12	0.109	16	0.065
	12	0.109	10	0.134	14	0.083
	—	—	—	—	12	0.109
$1\frac{1}{4}$	14	0.083	14	0.083	16	0.065
	12	0.109	12	0.109	14	0.083
	10	0.134	10	0.134	12	0.109
	—	—	—	—	10	0.134
$1\frac{1}{2}$	14	0.083	12	0.109	14	0.083
	12	0.109	10	0.134	12	0.109
2	14	0.083	12	0.109	14	0.083
	12	0.109	10	0.134	12	0.109

Notes: 1. Tube diameters and gages in bold face are preferred.

2. Average wall tubes one BWG thicker may be used in place of the specified minimum wall tubes.

Tabla V.3. Diámetros (en pulg) estándar de tubo liso para diferentes materiales en intercambiadores TEMA clase R [56].

Nominal Shell Diameter	Minimum Thickness		
	Carbon Steel		Alloy †
	Pipe	Plate	
8 - 12 13 - 29 30 - 39 40 - 60	Sch. 30 3/8 — —	— 3/8 7/16 1/2	1/8 3/16 1/4 5/16

† Schedule 5S permissible for 8 inches shell diameter.

Tabla V.4. Espesores mínimos para carcasas, en pulg, para diferentes materiales en intercambiadores TEMA clase R [56].

- La longitud típica de tubos para los intercambiadores **Clase C** es de 8, 10, 12, 16 y 20 pie.
- La longitud típica de tubos para los intercambiadores **Clase B** es de 8, 10, 12, 16 y 20 pie.

O. D. Inches	Copper and Copper Alloys		Carbon Steel, Aluminum and Aluminum Alloys		Other Alloys	
	B.W.G. (Min. Wall)	Thickness	B.W.G. (Min. Wall)	Thickness	B.W.G. (Avg. Wall)	Thickness
$\frac{1}{4}$	27	0.016	—	—	27	0.016
	24	0.022	—	—	24	0.022
	22	0.028	—	—	22	0.028
$\frac{3}{8}$	22	0.028	—	—	22	0.028
	20	0.035	—	—	20	0.035
	18	0.049	—	—	18	0.049
$\frac{1}{2}$	20	0.035	—	—	20	0.035
	18	0.049	—	—	18	0.049
$\frac{5}{8}$	20	0.035	18	0.049	20	0.035
	18	0.049	16	0.065	18	0.049
	16	0.065	14	0.083	16	0.065
$\frac{3}{4}$	18	0.049	16	0.065	20	0.035
	16	0.065	14	0.083	18	0.049
	14	0.083	—	—	16	0.065
1	16	0.065	14	0.083	18	0.049
	14	0.083	12	0.109	16	0.065
	12	0.109	—	—	14	0.083
$1\frac{1}{4}$	14	0.083	14	0.083	16	0.065
	12	0.109	12	0.109	14	0.083
$1\frac{1}{2}$	14	0.083	14	0.083	16	0.065
	12	0.109	12	0.109	14	0.083
2	14	0.083	14	0.083	14	0.083
	12	0.109	12	0.109	12	0.109

Notes: 1. Tube diameters and gages in bold face are preferred.

2. Average wall tubes one BWG thicker may be used in place of the specified minimum wall tubes.

3. Characteristics of tubing are shown in Table D-7, Page 205.

Tabla V.5. Diámetros estándar, en pulg, de tubo liso para diferentes materiales en intercambiadores TEMA clase C [56].

O. D.	Copper and Copper Alloys		Carbon Steel, Aluminum and Aluminum Alloys		Other Alloys	
	B.W.G. (Min. Wall)	Thickness	B.W.G. (Min. Wall)	Thickness	B.W.G. (Avg. Wall)	Thickness
$\frac{5}{8}$	20	0.035	18	0.049	20	0.035
	18	0.049	16	0.065	18	0.049
	16	0.065	14	0.083	16	0.065
$\frac{3}{4}$	—	—	—	—	20	0.035
	18	0.049	16	0.065	18	0.049
	16	0.065	14	0.083	16	0.065
1	16	0.065	16	0.065	18	0.049
	14	0.083	14	0.083	16	0.065
	12	0.109	12	0.109	14	0.083
1 $\frac{1}{4}$	16	0.065	16	0.065	16	0.065
	14	0.083	14	0.083	14	0.083
	12	0.109	12	0.109	—	—
1 $\frac{1}{2}$	14	0.083	14	0.083	16	0.065
	12	0.109	12	0.109	14	0.083
2	14	0.083	14	0.083	14	0.083
	12	0.109	12	0.109	12	0.109

- Notes: 1. Tube diameters and gages in bold face are preferred.
2. Average wall tubes one BWG thicker may be used in place of the specified minimum wall tubes.

Tabla V.6. Diámetros estándar, en pulg, de tubo liso para diferentes materiales en intercambiadores TEMA clase B [56].

Nominal Shell Diameter	Minimum Thickness		
	Carbon Steel		Alloy †
	Pipe	Plate	
6	Sch. 40	—	1/8
8 - 12	Sch. 30	—	1/8
13 - 23	Sch. 20	5/16	1/8
24 - 29	—	5/16	3/16
30 - 39	—	3/8	1/4
40 - 60	—	7/16	1/4

† Schedule 5S permissible for 6 inches and 8 inches shell diameters.

Tabla V.7. Espesores mínimos para carcasas, en pulg, para diferentes materiales en intercambiadores TEMA clase B [56].

Diámetro exterior de los tubos (PLG)	Arreglo triangular P_T (Pulg)	Arreglo cuadrado P_T (Pulg)
$\frac{3}{4}$	15/16	--
$\frac{3}{4}$	1	1
1	$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{4}$
$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{7}{8}$	$1 \frac{7}{8}$
$> 1 \frac{1}{2}$	$1.25 \times \text{Diámetro exterior del tubo}$	$1.25 \times \text{Diámetro exterior del tubo}$
Rehervidores tipo marmita con $P < 50$ Psig y flujo de calor $> 10.000 \text{ BTU/h Pie}^2$	3/8	3/8

Tabla V.7. Espaciado de los tubos P_T o pitch

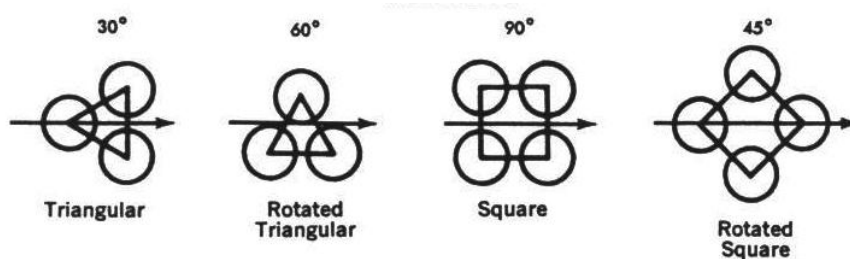


Figura V.16. Diferentes tipos de arreglo de tubos [61].

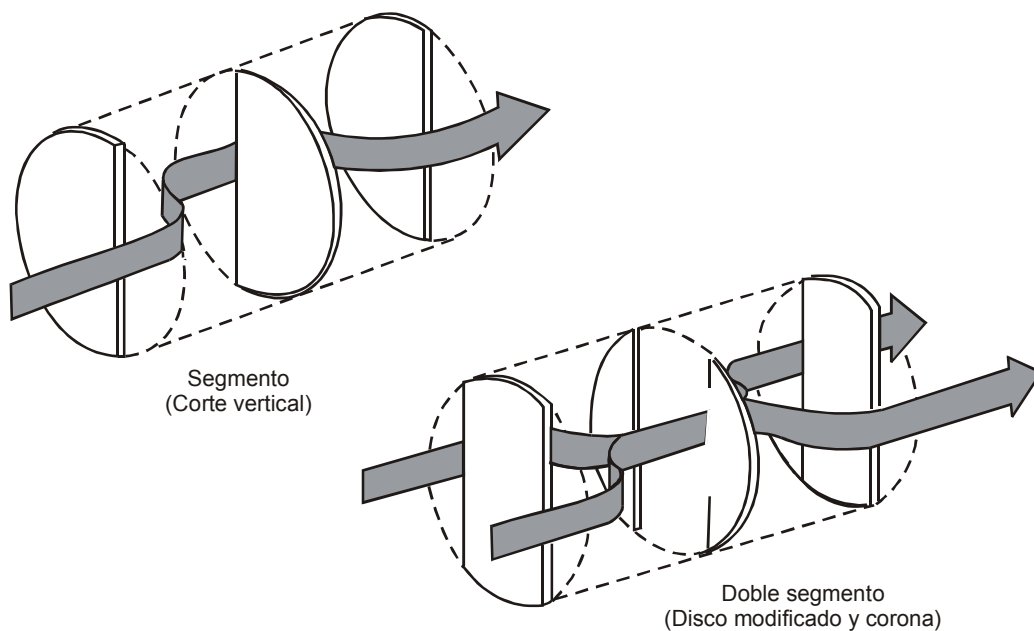


Figura V.17. Tipos de deflectores [61].

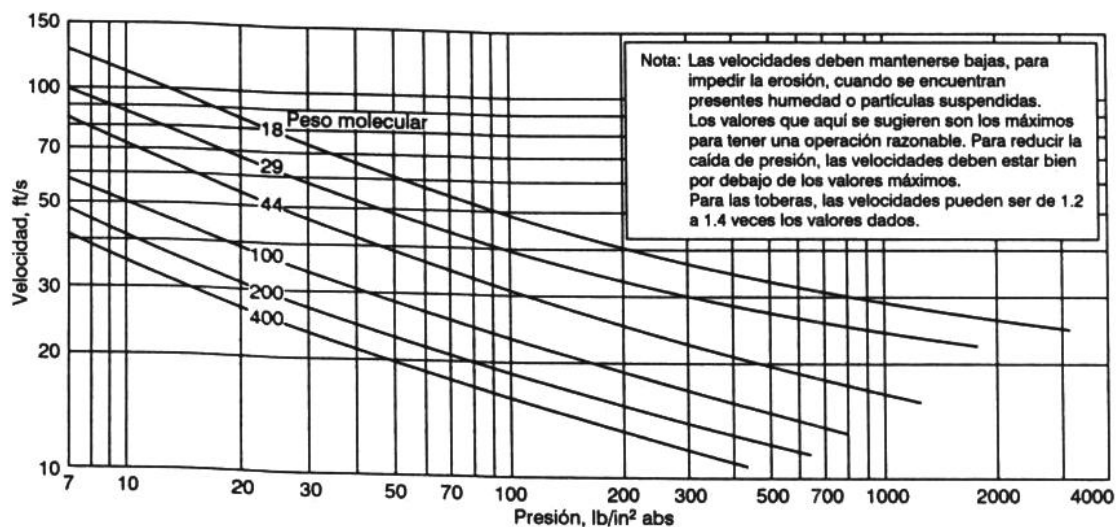


Figura V.20. Velocidad máx. para gases y vapores por lado carcaza [31].

Fluido	Material	Velocidad (pie/s)
Agua	Acero al carbono	10
	Acero inoxidable	15
	Aluminio	6
	Cobre	6
	90 - 10 cobre-Níquel	10
	70 - 30 cobre-níquel	15
	Titanio	> 50
Otros líquidos	$\text{Vel. Max. Permitida} = \left[\frac{\text{Vel. Max.}}{\text{Per. para el agua}} \right] \left[\frac{\text{Densidad agua}}{\text{Densidad liq.}} \right]^{0.5}$	
Gases y vapores secos	Tubos de acero	
	$\text{Velocidad} = \frac{1800}{\sqrt{(\text{Presión Psia}) (\text{Peso molecular})}}$	
	(pie / s)	

Para otros metales tome las mismas que para el agua.

Tabla V.8. Velocidades máximas de diseño para fluidos dentro de los tubos

Heat exchanger specification sheet

Customer					Job No.	
					Reference No.	
Address					Proposal No.	
Plant location					Date	Rev.
Service of unit					Item No.	
Size	Type	(Hor/Vert)	Connected in	Parallel	Series	
Surf/unit (Gross/EM)		SqFt	Shells/unit	Surf/Shell (Gross/EM)		SqFt
Performance of one unit						
Fluid Allocation		Shell Side		Tube Side		
Fluid name						
Fluid Quantity, total		Lb/Hr				
Vapor (In-Out)						
Liquid						
Steam						
Water						
Noncondensable						
Temperature(In-Out)		°F				
Specific Gravity						
Viscosity, Liquid		Cp				
Molecular W, Noncondensable						
Specific Heat		Btu/Lb°F				
Thermal conductivity		BtuFt/HrSqFt°F				
Laten Heat		Btu/Lb @ °F				
Inlet Pressure		Psig				
Velocity		Ft/s				
Pressure Drop. Allow/Calc.		Psi				
Fouling Resistance (Min.)						
Heat Exchanged		Btu/Hr		M.T.D.(Corrected)		°F
Transfer Rate. Service		Clean		Btu/HrSqFt°F		
Construction of one Shell					Sketch (Bundle Nozzle Orientation)	
		Shell Side		Tube Side		
Design Test Pressure		Psig				
Design Temperature		°F				
No. Passes per Shell						
Corrosion Allowance		In.				
Connections	In					
Size &	Out					
Rating	Intermediate					
Tube No.	OD	In. : Thk (Min/Avg)	In. : Length	Ft. : Pitch		
Tube Type				Material		
Shell	ID	OD	Shell Cover		(Integ.)(Remov)	
Channel or Bonnet			Channel Cover			
Tubesheet-Stationary			Tubesheet Floating			
Floating Head Cover			Impingement Protection			
Baffles-cross	Type	% Cut (Diam/Area)		Spacing: c/c	Inlet	In.
Baffles-Long			Seal Type			
Supports-Tube	U- Bend		Type			
Bypass Seal Arrangement			Tube-Tubesheet Joint			
Expansion Joint			Type			
Inlet Nozzle		Bundle Entrance		Bundle exit		
Gaskets-Shell Side		Tube Side				
Floating Head						
Code Requirements				TEMA Class	V-22	
Weight/Shell	Filled with water		Bundle		Lb	
Remarks						



SPECIFICATION SHEET SHELL AND TUBE EXCHANGER

322-A01 Rev 1

Form 10014 (5/88)

0 OCT 90

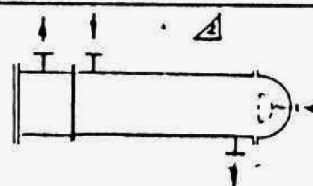
NUMBER		0		1		2		3	
		By	Date	By	Date	By	Date	By	Date
REVISIONS	Originator	SK	19MAY89	AC	09AUG89	KH	17JUL90		
	Check	WDH	30MAY89	WOK	13AUG89	DLT	08FEB90		
	Mech. Chk.								
	Approved	DLJ	01JUN89	WJ	14AUG89	FEJ	04FEB90		
	Issued								

Job No.	6545-01	Page	1 of 2
Client	PEQUIVEN		
Location	EL TABLAZO, VENEZUELA		
Item No.	112-C A/B & 112-CC (1)		
Process Unit	OLEFINS PLANT EXPANSION		
Fabricator			

1	Service of Unit	ACETYLENE CONVERTER FEED/EFFLUENT EXCHANGER (2)	No. of Units	ONE
2	Size	940- 6096	Type	AES (Horizontal)
3	Surface/Unit(EN.)	778 m ²	Connected In	2 Parallel 1 Series
4	PERFORMANCE OF ONE UNIT		Surf./Shell(EN.)	389 m ²
5	Fluid Allocation		SHELL SIDE	TUBE SIDE
6	Fluid Name		CONVERTER EFFLUENT	COLD PROCESS GAS
7	Fluid Quantity, Total	kg/hr	107046	107046
8	Vapor (In/Out)	kg/hr	107046	107046
9	Liquid	kg/hr	-	-
10	Steam	kg/hr	-	-
11	Water	kg/hr	-	-
12	Noncondensable (MW)	kg/hr	-	-
13	Temperature (In/Out)	°C	255.0	112.6
14	Density (Vapor/Liquid)	kg/m ³	9.640	13.300
15	Viscosity (Vapor/Liquid)	cP	0.019	0.015
16	Molecular Weight, Vapor		23.8	23.8
17	Specific Heat (Vapor/Liquid)	kJ/kg °C	2.752	2.292
18	Thermal Conductivity (Vapor/Liquid)	W/m °C	0.075	0.052
19				
20				
21	Latent Heat	kJ/kg	-	-
22	Inlet Pressure	bar g	16.62	18.27
23	Velocity	m/s	4.46	5.40
24	Pressure Drop, Allowable/Calculated	bar	0.32/ 0.10	0.32/ 0.03
25	Fouling Resistance (Min.)	m ² °C/W	0.000220	0.000220
26	Heat Exchanged	10666368	W	MTD (Corrected)(Weighted) 65.5 °C
27	Transfer Rate	209.3	W/m ² °C	

CONSTRUCTION OF ONE SHELL

29		SHELL SIDE	TUBE SIDE	
30	Design Pressure	bar g	19.65	19.65
31	Design Temperature (Max/Min)	°C	283 (4)	302
32	Corrosion Allowance	mm	1.5	1.5
33	No. of Passes per Shell	ONE	ONE	
34	Connections	In	16"-300/RF	16"-300/RF
35	Size & Rating	Out	16"-300/RF	16"-300/RF
36				
37	Tube No. 1089	OD 19.05 mm; Thk 2.11 mm (Minimum)	Length 6096 mm; Pitch 23.81 mm; Angle 60	Degrees
38	Tube Type	STRAIGHT	Material	C.S
39	Shell	C.S	ID 940 OD-	mm
40	Channel or Bonnet	C.S	Shell Cover	C.S (Remov.)
41	Tubesheet - Stationary	C.S	Channel Cover	C.S
42	Floating Head Cover	C.S	Tubesheet - Floating	C.S
43	Baffles - Cross	C.S	Impingement Protection	YES
44	Baffles - Long	-	% Cut 43.5 (Area)	Spacing c/c 762 mm; Inlet 756 mm
45	Supports - Tube	C.S	Seal Type	-
46	Bypass Seal Arrangement	AS IS	Type	FLOATING HEAD
47	Expansion Joint	YES (INTERNAL) 316 SS BELLOWS	Tube - Tubesheet Joint	TWO GROOVES & EXPANDED
48	Gaskets - Shell Side	STL. JKTD. NON-ASB.	Metal Temp. for Expansion (Shell/Tube)	186/ 162 °C
49	Code Requirements	ASME SECT. VIII	Floating Head	SOLID METAL
50	REMARKS:		Stamp	-
51	(1)	112-C A/B ARE EXISTING ITEMS WITH NEW PROCESS CONDITIONS. 112-CC IS A NEW UNIT FOR STANDBY.		
52	(2)	PROPANE FEED CASE IS GOVERNING.		
53	(3)	UNIT REQUIRES RERATING ON SHELL SIDE FOR HIGHER DESIGN TEMPERATURE OF 283 C PLUS NEW NAME PLATE.		
54	(1)	CURRENTLY, AS BUILT D.T. = 218 C.		
55				
56				
57				
58				
59				
60				



Coefficientes totales en aplicaciones petroquímicas típicas, U,Btu/h (ft²) (°F)

En los tubos	Afuera de los tubos	Tipo de equipo	Velocidades, ft/s		Coeficiente total	Rango de temp., °F	Incrustación estimada		
			Tubo	Casco			Tubo	Casco	Total
Agua	Vapor de agua	H	....	....	190-235	230-130	0.0015	0.001	....
Agua tratada	Vapor de agua (escape)	H	....	....	20-30	220-130	0.0001	0.0001	....
Aceite	Vapor de agua	H	....	....	70-110	375-130	0.003	0.001	....
Agua	Propileno, enfriamiento y condensación	H	....	....	25-50 110-150	30-45 (C) 15-20 (Co)	0.0015	0.001	....
Agua enfiada	Aire-cloro (cond. parcial)	U	....	....	8-15 20-30	8-15 (C) 10-15 (Co)	0.0015	0.005	....
Agua	HC ligeros, enfriamiento y cond.	H	....	....	35-90	270-90	0.0015	0.003	....
Agua	Amoniaco	H	....	....	140-165	120-90	0.001	0.001	....
Agua	Amoniaco	U	....	....	280-300	110-90	0.001	0.001	....
Aire-vapor de agua	Freón	KU	....	....	10-50 10-20	60-10	....	....	0.01
C. Rehervido	Vapor de agua	H	7-8	....	130-150	180-160	....	....	0.005
Solvente, cobre-NH ₃	Vapor de agua	H	....	....	95-115	95-150	....	....	0.0065
C ₄ no saturado	Vapor de agua	VT	....	....	35-25	300-350	0.001	0.001	....
HC clorados	Vapor de agua	VT	....	....	100-140	230-130	0.001	0.001	....
HC clorados, no saturados	Vapor de agua	VT	....	....	90-135	300-350	0.001	0.001	....
Cloroetano	Vapor de agua	U	....	....	50-70	30-190	0.002	0.001	....
Cloroetano	Vapor de agua	H	....	....	70-115	375-300	0.004	0.0005	....
Solvente (pesado)	Vapor de agua	VT	....	....	210-155	450-350	0.002	0.001	....
Mono-di-etanolaminas	Vapor de agua	VT	....	....	60-100	450-300	0.003	0.0005	....
Orgánicos, ácido, agua	Vapor de agua	VT	....	....	120-140	360-250	0.002	0.0015	....
Aminas y agua	Vapor de agua	Anillo, largo, F. N.	....	....	15-20	270-220	0.0035	0.0005	....
Vapor de agua	Nafta frac.	....	....	....	....	....	....	....	....
Propileno	C ₂ , C ₂ =	KU	....	....	120-140	150-40	0.001	0.001	....
Propileno-butadieno	Butadieno no saturado	H	....	25-35	15-80	400-100	....	....	0.02

*A menos que se especifique, toda el agua es no tratada, salobre, de esclusa o de mar.

Notas: H = Placa de tubos horizontal, fija o flotante.

U = Haz horizontal de tubos en U.

K = Tipo de marmita.

V = Vertical.

R = Rehervidor.

T = Termosifón.

v = Variable.

HC = Hidrocarburo.

(C) = Rango de enfriamiento Δt.

(Co) = Rango de condensación Δt.

Tabla V.10. Coeficientes totales de transferencia de calor [31].

Coefficientes totales en aplicaciones petroquímicas típicas, U, Btu/h (ft²) (°F)

En los tubos	Afuera de los tubos	Tipo de equipo	Velocidades, ft/s		Coeficiente total	Rango de temp., °F	Incrustación estimada		
			Tubo	Casco			Tubo	Casco	Total
A. Calentamiento-enfriamiento									
Butadieno mezclado (sobrecalentamiento)	Vapor de agua	H	25-35	....	12	400-100	....	....	0.04
Solvente	Solvente	H	....	1.0-1.8	35-40	110-30	....	....	0.0065
Solvente	Propileno (vaporización)	K	1-2	....	30-40	40-0	....	....	0.006
C ₄ no saturados	Propileno (vaporización)	K	20-40	....	13-18	100-35	....	....	0.005
Solvente	Agua fría	H	....	....	35-75	115-40	0.003	0.001	....
Aceite	Aceite	H	....	....	60-85	150-100	0.0015	0.0015	....
Etileno, vapor	Condensado y vapor	K	....	....	90-125	600-200	0.002	0.001	....
Etileno, vapor	Agua enfriada	H	....	....	50-80	270-100	0.001	0.001	....
Condensado	Propileno (refrigerante)	K-U	....	....	60-135	60-30	0.001	0.001	....
Agua enfriada	Aceite de transformador	H	....	....	40-75	75-50	0.001	0.001	....
Calcio, salmuera de, 25%	C ₁ clorado	H	1-2	0.5-1.0	40-60	-20-+10	0.002	0.005	....
Etileno líquido	Etileno, vapor	K-U	....	....	10-20	-170-(-100)	....	....	0.002
Propano, vapor	Propano líquido	H	....	....	6-15	-25-100	....	....	0.002
Ligeros y HC clorados.	Vapor de agua	U	....	....	12-30	-30-260	0.001	0.001	....
HC ligero no sat., CO ₂ , H ₂	Vapor de agua	H	....	....	10-2	400-100	....	....	0.3
Etanolamina	Vapor de agua	H	....	....	15-25	400-40	0.001	0.001	....
Vapor de agua	Aire, mezcla de	U	....	....	10-20	-30-200	0.0005	0.0015	....
Vapor de agua	Estireno y alquitrans	U (en el tanque)	....	....	50-60	190-230	0.001	0.002	....
Agua enfriada	Freón-12	H	4-7	....	100-130	90-25	0.001	0.001	....
Agua*	Solvente de cobre pobre	H	4-5	....	100-120	180-90	....	....	0.004
Agua	Agua tratada	H	3-5	1-2	100-125	90-110	....	....	0.005
Agua	C ₂ clorados, HC ligeros	H	2-3	....	6-10	360-100	0.002	0.001	....
Agua	Hidrógeno, cloruro de	H	....	....	7-15	230-90	0.002	0.001	....
Agua	C ₂ clorados pesados	H	....	....	45-30	300-90	0.001	0.001	....
Agua	Percloroetileno	H	....	....	55-35	150-90	0.001	0.001	....
Agua	Aire y vapor de agua	H	....	....	20-35	370-90	0.0015	0.0015	....
Agua	Agua de la camisa de motores	H	....	....	230-160	175-90	0.0015	0.001	....
Agua	Aceite de absorción	H	....	....	80-115	130-90	0.0015	0.001	....
Agua	Aire-cloro	U	4-7	....	8-18	250-90	....	....	0.005
Agua	Agua tratada	H	5-7	....	170-225	200-90	0.001	0.001	....
B. Condensación									
C ₄ no sat.	Propileno (refrigerante)	K	v	....	58-68	60-35	....	....	0.005
HC ligeros no sat.	Propileno (refrigerante)	K	v	....	50-60	45-3	....	....	0.0055
Butadieno	Propileno (refrigerante)	K	v	....	65-80	20-35	....	....	0.004
Hidrógeno, cloruro de	Propileno (refrigerante)	H	....	....	110-60	0-15	0.012	0.001	....
Ligeros y cloroetanos	Propileno (refrigerante)	KU	....	....	15-25	130-(-20)	0.002	0.001	....
Etileno	Propileno (refrigerante)	KU	....	....	60-90	120-(-10)	0.001	0.001	....
Cloro HC no sat.	Agua	H	7-8	....	90-120	145-90	0.002	0.001	....
Cloro HC no sat.	Agua	H	3-8	....	180-140	110-90	0.001	0.001	....
Cloro HC no sat.	Agua	H	6	....	15-25	130-(-20)	0.002	0.001	....
Cloro HC	Agua	KU	....	....	20-30	110-(-10)	0.001	0.001	....
Solvente y no condensado	Agua	H	....	....	25-15	260-90	0.0015	0.004	....
Agua	Propileno, vapor	H	2-3	....	130-150	200-90	....	....	0.003
Agua	Propileno	H	....	....	60-100	130-90	0.0015	0.001	....
Agua	Vapor de agua	H	....	....	225-110	300-90	0.002	0.0001	....

*A menos que se especifique, toda el agua es no tratada, salobre, de esclusa o de mar.

Notas: H = Placa de tubos horizontal, fija o flotante.

U = Haz horizontal de tubos en U.

K = Tipo de marmitta.

V = Vertical.

R = Rehervidor.

T = Termosifón.

v = Variable.

HC = Hidrocarburo.

(C) = Rango de enfriamiento Δt .

(Co) = Rango de condensación Δt .

Tabla V.10. (cont.) Coeficientes totales de transferencia de calor [31].

**Coefficiente total aproximado
de transferencia de calor, U***

Úsele como una guía respecto al orden de magnitud y no como límites para cualquier valor. Los coeficientes del equipo real pueden ser menores o mayores que los valores dados en la lista.

Condensación		
Fluido caliente	Fluido frío	U, Btu/h (ft ²) (°F)
Vapor de agua (a presión)	Agua	350-750
Vapor de agua (al vacío)	Agua	300-600
Solventes orgánicos saturados cerca de la presión atmosférica	Agua	100-200
Solventes orgánicos saturados, al vacío con algo de no condensables	Agua, salmuera	50-120
Solventes orgánicos, a la presión atmosférica y gran cantidad de no condensables	Agua, salmuera	20-80
Vapores aromáticos, a la presión atmosférica con no condensables	Agua	5-30
Solventes orgánicos, al vacío y gran cantidad de no condensables	Agua, salmuera	10-50
De bajo punto de ebullición, a la presión atmosférica	Agua	80-200
Hidrocarburo de elevado punto de ebullición, al vacío	Agua	10-30
Calentadores		
Vapor de agua	Agua	250-750
Vapor de agua	Aceites ligeros	50-150
Vapor de agua	Aceites pesados	10-80
Vapor de agua	Solventes orgánicos	100-200
	Gases	5-50
Vapor de agua	Gases	4-40
Dowtherm	Aceites pesados	8-60
Dowtherm	HC aromáticos y vapor de agua	5-15
Gas de chimenea		
Evaporadores		
Vapor de agua	Agua	350-750
Vapor de agua	Solventes orgánicos	100-200
	Aceites ligeros	80-180
Vapor de agua	Aceites pesados	25-75
Vapor de agua	(al vacío)	
Agua	Refrigerantes	75-150
Solventes orgánicos	Refrigerantes	30-100
Intercambiadores de calor (sin cambio de fase)		
Agua	Agua	150-300
Solventes orgánicos	Agua	50-150
Gases	Agua	3-50
Aceites ligeros	Agua	60-160
Aceites pesados	Agua	10-50
Solventes orgánicos	Aceites ligeros	20-70
Agua	Salmuera	100-200
Solventes orgánicos	Salmuera	30-90
Gases	Salmuera	3-50
Solventes orgánicos	Solventes orgánicos	20-60
Aceites pesados	Aceites pesados	8-50

*Con autorización de The Pfaudler Co., Rochester, N. Y., boletín 949.

**Coefficiente total aproximado
de transferencia de calor, U**

Condensación		
Lado del proceso (caliente)	Fluido de condensación (frío)	
Hidrocarburos (ligeros)	Agua	100-160
Hidrocarburos con inertes (trazas)	Agua	30-75
Vapores orgánicos	Agua	70-160
Vapor de agua	Agua	150-340
Vapor de agua	Hidrocarburos	60-150
Vapor de agua de escape	Agua	280-450
Hidrocarburos (ligeros)	Refrigerante	45-110
Orgánicos (ligeros)	Salmuera de enfriamiento	50-120
Gasolina	Agua	65-130
Amoniaco	Agua	135-260
Hidrocarburos (pesados)	Agua	40-75
Dowtherm, vapor	Líquido orgánico	75-115
Vaporización		
Lado del proceso (vaporizado)	Fluido de calentamiento	
Hidrocarburos ligeros	Vapor de agua	90-210
Hidrocarburos, C4-C8	Vapor de agua	75-150
Hidrocarburos, C3-C4 (al vacío)	Vapor de agua	45-175
HC clorados	Vapor de agua	90-210
HCl, solución (18-22%)	Vapor de agua	120-240
Cloro	Vapor de agua	130-220
Serpentines en tanque		
Fluido del serpentín	Fluido del tanque	
Vapor de agua	Solución acuosa (agitada)	140-210
Vapor de agua	Solución acuosa (sin agitación)	60-100
Vapor de agua	Aceite pesado (sin agitación)	10-25
Vapor de agua	Aceite pesado (con agitación)	25-55
Vapor de agua	Orgánicos (agitados)	90-140
Agua caliente	Agua (sin agitación)	35-65
Agua caliente	Agua (con agitación)	90-150
Agua caliente	Aceite pesado (sin agitación)	6-25
Aceite para transferencia de calor	Orgánicos (con agitación)	25-50
Salmuera	Agua (con agitación)	50-110
Agua (de enfriamiento)	Glicerina (con agitación)	50-75

Tabla V.10. (cont.) Coeficientes totales de transferencia de calor [31].

**Coefficientes totales tipicos de transferencia de calor
para enfriadores por aire**

Servicio	Tubo con aletas de 1 in	
	½ in por 9	¾ in por 10
1. Agua y soluciones acuosas	U_b U_x	U_b U_x
Agua de la camisa de motores	(Véase la nota de abajo)	
($r_d = 0.001$)	110-7.5	130-6.1
Agua de proceso		
($r_d = 0.002$)	95-6.5	110-5.2
Etilenglicol-agua 50-50		
($r_d = 0.001$)	90-6.2	105-4.9
Etilenglicol-agua 50-50		
($r_d = 0.002$)	80-5.5	95-4.4
2. Enfriadores de hidrocarburos líquidos		
Viscosidad, cp, a la temp. prom.	U_b U_x	U_b U_x
0.2	85-5.9	100-4.7
0.5	75-5.2	90-4.2
1.0	65-4.5	75-3.5
2.5	45-3.1	55-2.6
4.0	30-2.1	35-1.6
6.0	20-1.4	25-1.2
10.0	10-0.7	13-0.6
3. Enfriadores de hidrocarburos gaseosos		
Presión, psig	U_b U_x	U_b U_x
50	30-2.1	35-1.6
100	35-2.4	40-1.9
300	45-3.1	55-2.6
500	55-3.8	65-3.0
750	65-4.5	75-3.5
1000	75-5.2	90-4.2
4. Enfriadores de aire y gas de la combustión		
Úsese la mitad del valor dado para los enfriadores de hidrocarburos gaseosos.		
5. Condensadores de vapor de agua (A la presión atmosférica y por encima de ésta)	U_b U_x	U_b U_x
Vapor puro ($r_d = 0.0005$)	125-8.6	145-6.8
Vapor de agua con no condensables	60-4.1	70-3.3
6. Condensadores de HC		
Rango de condensación, °F	U_b U_x	U_b U_x
Rango de 0°	85-5.9	100-4.7
Rango de 10°	80-5.5	95-4.4
Rango de 25°	75-5.2	90-4.2
Rango de 60°	65-4.5	75-3.5
Rango de 100° y más	60-4.1	70-3.3
7. Otros condensadores		
Amoniaco	U_b U_x	U_b U_x
Freón 12	110-7.6	130-6.1
	65-4.5	75-3.5

Notas: U_b es la razón global basada en el área del tubo desnudo
y U_x es razón global basada en la superficie extendida.

Basadas en velocidades máxicas aproximadas en la cara del aire
entre 2600 y 2800 lb/(h × ft² de área de la cara).

* Rango de condensación = temperatura de entrada del hidrocarburo a
la zona de condensación menos la temperatura de salida del propio
hidrocarburo de esta zona.

(psig = lb/in² manométricas.)

**Coefficientes tipicos de transferencia para
intercambiadores de calor enfriados por aire**

Servicio de condensación	U , Btu/h ft² °F
Reactivador de amina	90-100
Amoniaco	100-120
Freón 12	60-80
Nafta pesada	60-70
Gasolina ligera	80
Hidrocarburos ligeros	80-95
Nafta ligera	70-80
Efluente del reactor: Platformers, Rexformers, Hydroformers	60-80
Vapor de agua (0-20 psig)	130-140
Vapores extraídos por arriba de la destiladora: naftas ligeras, vapor de agua y gas no condensable	60-70
Servicio de enfriamiento de gases	
Aire o gases de la combustión a 50 psig ($\Delta P = 1$ psi)	10
Aire o gases de la combustión a 100 psig ($\Delta P = 2$ psi)	20
Aire o gases de la combustión a 100 psig ($\Delta P = 5$ psi)	30
Corriente de amoniaco del reactor	80-90
Gases de hidrocarburos a 15-50 psig ($\Delta P = 1$ psi)	30-40
Gases de hidrocarburos a 50-250 psig ($\Delta P = 3$ psi)	50-60
Gases de hidrocarburos a 250-1500 psig ($\Delta P = 5$ psi)	70-90
Servicio de enfriamiento de líquidos	
Agua de la camisa de motores	120-130
Aceite combustible	20-30
Líquidos de Hydroformer y Platformer	70
Gasóleo ligero	60-70
Hidrocarburos ligeros	75-95
Nafta ligera	70
Agua de proceso	105-120
Residuos	10-20
Alquitrán	5-10

Los coeficientes están basados en la superficie exterior del tubo
desnudo, para tubos de D. E. de 1 in con 8 aletas de Al extruido/in,
¾ de in de alto, razón entre las superficies de 16.9.

Tabla V.10. (cont.) Coeficientes totales de transferencia de calor [31].

En la **Tabla V.12** y en la **Tabla V.13**, se muestran los factores de ensuciamiento normales para diferentes tipos de servicio, basados en las recomendaciones de la Asociación de Fabricantes de Intercambiadores de calor tubulares (TEMA)

Resistencias de película	
Líquidos	R
Agua	0.0013
Gasolina	0.0067
Gasóleos	0.0115
Calentamiento de aceites viscosos	0.0210
Enfriamiento de aceites viscosos	0.0333
Solventes orgánicos	0.0036
Gases	
Hidrocarburos	
A baja presión	0.0364
A alta presión	0.0200
Aire	
A baja presión	0.0500
A alta presión	0.0250
Vapores en condensación	
Vapor de agua	
Sin aire	0.0006
10% de aire en volumen	0.0010
20% de aire en volumen	0.0040
Gasolina	
Seca	0.0067
Con vapor de agua	0.0044
Propanos, butanos, pentanos	
Puros	0.0033
Mezclados	0.0067
Gasóleos	
Secos	0.0133
Con vapor de agua	0.0090
Solventes orgánicos	0.0030
Aceites ligeros	0.0033
Aceites pesados (al vacío)	0.0285
Amoniaco	0.0133
Evaporación	
Agua	0.0007
Solventes orgánicos	0.0050
Amoniaco	0.0033
Aceites ligeros	0.0044
Aceites pesados	0.0333

Tabla V.11. Resistencias de película para algunos fluidos [31].

Tabla 1
Resistencias de las incrustaciones para el agua

Temperatura del medio de calentamiento	Hasta 240°F		240°-400° F*	
Temperatura del agua	125°F o menos		Más de 125°F	
Tipos de agua	Velocidad del agua ft/s		Velocidad del agua ft/s	
	3 y menos	Más de 3	3 y menos	Más de 3
Agua de mar	.0005	.0005	.001	.001
Agua salobre	.002	.001	.003	.002
De torre de enfriamiento y estanque artificial de aspersión:				
De reemplazo tratada	.001	.001	.002	.002
No tratada	.003	.003	.005	.004
Agua municipal o de pozo (como la de los Grandes Lagos)	.001	.001	.002	.002
Agua de río:				
Mínimo	.002	.001	.003	.002
Promedio	.003	.002	.004	.003
Fangosa o con sedimentos	.003	.002	.004	.003
Dura (más de 15 granos/gal)	.003	.003	.005	.005
De la camisa de motores	.001	.001	.001	.001
Destilada o de condensado de ciclo cerrado	.0005	.0005	.0005	.0005
Agua de alimentación tratada para caldera	.001	.0005	.001	.001
De purga de caldera	.002	.002	.002	.002

* Los valores nominales de las columnas 3 y 4 están basados en una temperatura del medio de calentamiento de 240-400°F. Si la temperatura del medio de calentamiento está por encima de 400°F y se sabe que el medio de enfriamiento forma incrustación, estos valores deben de modificarse en consecuencia.

Aceites

Aceite combustible	.005
Aceite de transformador	.001
Aceite lubricante para motores	.001
Aceite para templar	.004

Gases y vapores

Gas fabricado	.01
Gas de escape de los motores	.01
Vapor de agua (sin arrastre de aceite)	.0005
Vapor de agua de escape (con arrastre de aceite)	.001
Vapores de refrigerantes (con arrastre de aceite)	.002
Aire comprimido	.002
Medios orgánicos industriales de transferencia de calor	.001

Líquidos

Líquidos refrigerantes	.001
Fluido hidráulico	.001
Medios orgánicos industriales de transferencia de calor	.001
Sales fundidas para transferencia de calor	.0005

Resistencias de las incrustaciones para corrientes de procesos químicos

Gases y vapores

Gas ácido	.001
Vapores de solventes	.001
Productos estables extraídos por arriba	.001

Líquidos

Soluciones MEA y DEA	.002
Soluciones DEG y TEG	.002
Producto estable de extracción lateral o de residuo	.001
Soluciones cáusticas	.002
Aceites vegetales	.003

Resistencias de las incrustaciones para corrientes del proceso de gas natural-gasolina

Gases y vapores

Gas natural	.001
Productos extraídos por arriba	.001

Líquidos

Petróleo pobre	.002
Petróleo rico	.001
Gasolina natural y gases licuados del petróleo	.001

Resistencias de las incrustaciones para corrientes de las refinerías de petróleo

Crudo y gases y vapores de unidades al vacío

Vapores extraídos por arriba de la torre a la presión atmosférica	.001
Naftas ligeras	.001
Vapores extraídos por arriba al vacío	.002

Tabla V.12. Factores de ensuciamiento para algunos fluidos [31].

Crudo y líquidos al vacío

Petróleo crudo						
	0-199° F Velocidad, ft/s			200°-299° F Velocidad, ft/s		
	Menos de 2	2-4	4 y más	Menos de 2	2-4	4 y más
Seco	.003	.002	.002	.003	.002	.002
Salado†	.003	.002	.002	.005	.004	.004

	300°-499° F Velocidad, ft/s			500°F y más Velocidad, ft/s		
	Menos de 2	2-4	4 y más	Menos de 2	2-4	4 y más
Seco	.004	.003	.002	.005	.004	.003
Salado†	.006	.005	.004	.007	.006	.005

† Normalmente desalado por debajo de este rango de temperatura.

‡ Para aplicar entre 200-299°F, 300-499°F, 500°F y más.)

Gasolina	.001
Nafta y destilados ligeros	.001
Queroseno	.001
Gasóleo ligero	.002
Gasóleo pesado	.003
Aceites combustibles pesados	.005
Asfalto y residuo	.010

Corrientes de la unidad de craqueo y coquización

Vapores extraídos por arriba	.002
Aceite ligero de ciclaje	.002
Aceite pesado de ciclaje	.003
Gasóleo ligero de la coquizadora	.003
Gasóleo pesado de la coquizadora	.004
Aceite pastoso residual (4½ ft/s mínimo)	.003
Productos líquidos ligeros	.002

Corrientes de la reformación catalítica, del hidrocrqueo y de la hidrodesulfurización

Carga de la reformadora	.002
Efluente de la reformadora	.001
Carga y efluente de la hidrocrqueadora**	.002
Gas de reciclaje	.001
Carga y efluente de la hidrodesulfurización**	.002
Vapores extraídos por arriba	.001
Producto líquido de más de 50° API	.001
Producto líquido de 30°-50° API	.002

** Dependiendo de las características de la carga y de cómo se haya desarrollado el almacenamiento, la resistencia de la carga puede ser muchas veces este valor.

Corrientes de procesamiento de productos finales ligeros

Vapores y gases extraídos por arriba	.001
Productos líquidos	.001
Aceites de absorción	.002
Corrientes ácidas con rastros de alquilación	.002
Corrientes del rehervidor	.003

(la tabla continúa)

Crudo y líquidos al vacío

Corrientes de procesamiento de aceite lubricante

Fluido de alimentación	.002
Mezcla de alimentación de solventes	.002
Solvente	.001
Extracto†	.003
Residuos de refinado	.001
Asfalto	.005
Fluidos pastosos parafinosos†	.003
Aceite lubricante refinado	.001

† Deben tomarse precauciones para impedir la formación de depósitos de parafina sobre las paredes frías de los tubos.

Tabla 3
Factores sugeridos de incrustación
en los procesos petroquímicos
 $r = 1/\text{Btu/h (ft}^2 \text{ (}^\circ\text{F))}$

Fluido	Velocidad, ft/s	Rango de temperatura	
		<100° F	>100° F
Aguas:			
De mar (limitada a 125°F máx.)	<4	0.002	0.003
	>7	0.0015	0.002
De río	<2	0.002	0.002-0.003
(sedimentada)	>4	0.0005-0.0015	0.001-0.0025
De río (tratada y sedimentada)	<2	0.0015	0.002
	>4	0.001	0.0015
Recubrimiento fenólico hornado de 4 mils ⁶⁵			0.0005
Recubrimiento de vinilo-aluminio de 15 mils			0.001
Condensado (100°-300°F)	<2	0.001	0.002-0.004
	>4	0.0005	0.001
Vapor de agua (saturado)			0.0005-0.0015
Sin aceite			
Con rastros de aceite			0.001-0.002
Hidrocarburo ligero	}		
Líquidos (metano, etano, propano, etileno, propileno, butano limpio)			
Hidrocarburo ligero			
Vapores (limpios)			
Hidrocarburos clorados (tetracloruro de carbono, cloroformo, dicloruro de etileno, etc.)			
Líquidos		0.001	0.002
En condensación		0.001	0.0015
En ebullición		0.002	0.002
Refrigerantes (Condensación de vapores y entriamiento de líquidos)			

(la tabla continúa)

Tabla V.13. Factores de ensuciamiento para algunos fluidos [31].

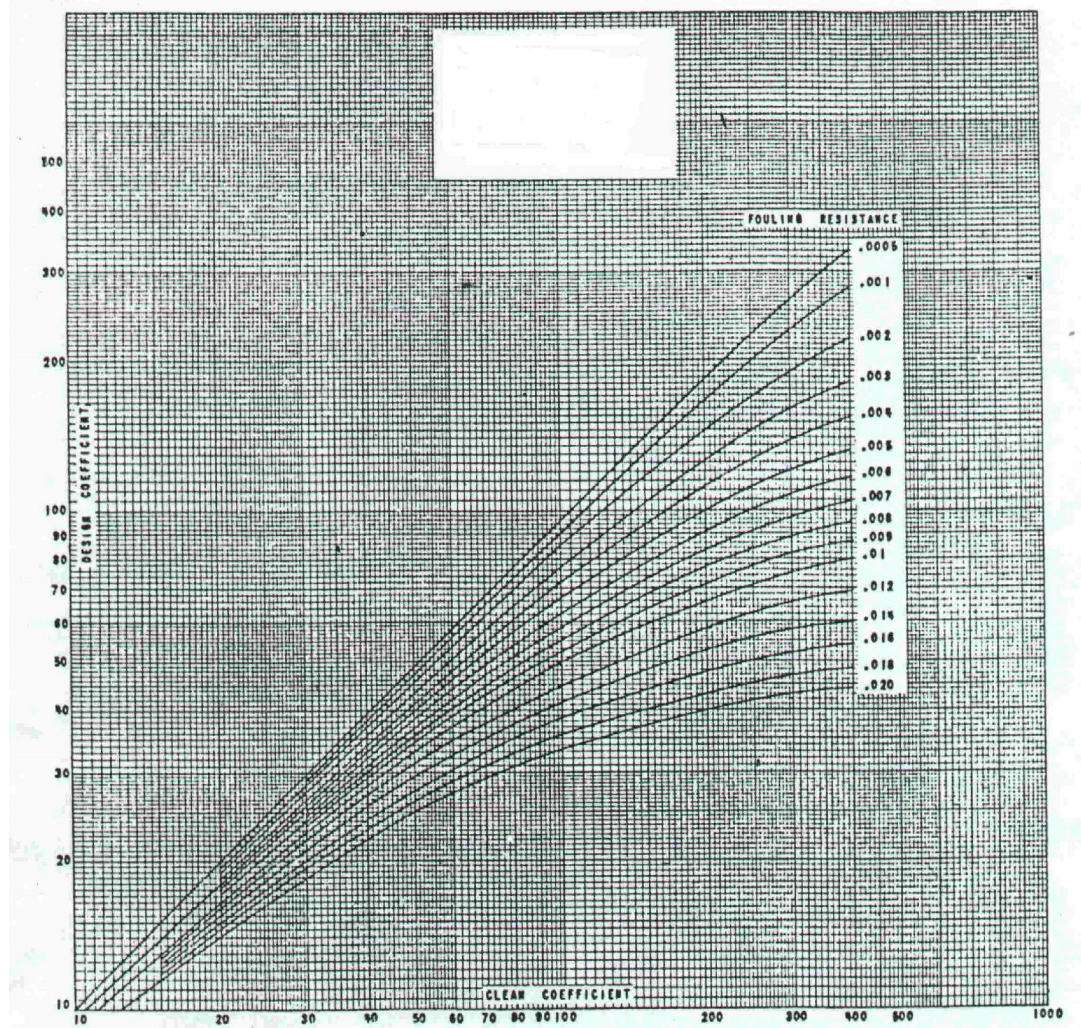


Figura V.23. Relación entre U_c y U_o [65].

Para determinar el diámetro de la carcaza, utilizando la **Tabla V.14.** o se puede estimar utilizando la siguiente ecuación, cuyo objetivo es encontrar el número de tubos correcto de diámetro d_o , y la carcaza de diámetro D_s , para acomodar el número de tubos N_t , con una dada longitud de tubo L : [39].

$$A_o = \pi d_o * N_t * L$$

$$N_t = (CTP) \frac{\pi D_s^2}{4A_i}$$

Donde, **CTP** es una constante que depende del número de pasos por los tubos y se sugieren los siguientes valores:

- Un paso por los tubos; CTP = 0.93
- Dos pasos por los tubos; CTP = 0.9
- Tres pasos por los tubos; CTP = 0.85

$$A_1 = (CL) * P_T^2$$

Donde, **CL** es una constante que depende del patrón de arreglo de los tubos y se sugieren los siguientes valores:

- **CL** = 1.0 para arreglo de 90° y 45°
- **CL** = 0.87 para arreglo de 30° y 60°

Sustituyendo en la ecuación anterior de N_t , ésta puede ser rearmada de la siguiente manera:

$$N_t = 0.875 \left(\frac{CTP}{CL} \right) \frac{Ds^2}{(PR)^2 do^2}$$

Donde **PR** es la relación de pitch (P_T) a diámetro del tubo:

$$PR = \frac{P_T}{do}$$

Sustituyendo las expresiones anteriores, la ecuación resultante para la determinación del diámetro de la carcasa en función de los términos principales de construcción, queda como:

$$Ds = 0.637 \sqrt{\frac{CL}{CTP} \left[\frac{A_o (PR)^2 do}{L} \right]^{1/2}}$$

37	35	33	31	29	27	25	23 1/4	21 1/4	19 1/4	17 1/4	15 1/4	13 1/4	12	10	8	I.D. of Shell (In.)	
1269	1143	1019	881	763	663	553	481	391	307	247	193	135	105	69	33	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	One-Pass
1127	1007	889	765	667	577	493	423	343	277	217	157	117	91	57	33		Fixed Tubes
965	865	765	665	587	495	419	355	287	235	183	139	101	85	53	33		Fixed Tubes
699	633	551	481	427	361	307	247	205	163	133	103	73	57	33	15		Fixed Tubes
595	545	477	413	359	303	255	215	179	139	111	83	65	45	33	17		Fixed Tubes
1242	1088	964	846	734	626	528	452	370	300	228	166	124	94	58	32	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Two-Pass
1088	972	853	746	646	556	468	398	326	264	208	154	110	90	56	28		Fixed Tubes
946	840	746	644	560	486	408	346	280	222	172	126	94	78	48	26		Fixed Tubes
688	608	530	462	410	346	292	244	204	162	126	92	62	52	32	16		Fixed Tubes
584	522	460	402	348	298	248	218	172	136	106	76	56	40	26	12		Fixed Tubes
1126	1008	882	768	648	558	460	398	304	234	180	134	94	64	34	8	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Four-Pass
1000	882	772	674	566	484	406	336	270	212	158	108	72	60	26	8		U Tubes
884	778	688	586	506	436	362	304	242	188	142	100	72	52	30	12		U Tubes
610	532	460	396	340	284	234	192	154	120	84	58	42	26	8	XX		U Tubes
526	464	406	356	304	256	214	180	134	100	70	58	38	22	12	XX		U Tubes
1072	1024	904	788	680	576	484	412	332	266	196	154	108	84	48	XX	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Four-Pass
1024	912	802	692	590	508	424	360	292	232	180	134	96	72	44	XX		Fixed Tubes
880	778	688	590	510	440	366	308	242	192	142	126	88	72	48	XX		Fixed Tubes
638	560	486	422	368	308	258	212	176	138	104	78	60	44	24	XX		Fixed Tubes
534	476	414	360	310	260	214	188	142	110	84	74	48	40	24	XX		Fixed Tubes
1092	976	852	740	622	534	438	378	286	218	166	122	84	56	28	XX	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Four-Pass
908	832	744	648	542	462	386	318	254	198	146	98	64	52	20	XX		U Tubes
852	748	660	560	482	414	342	286	226	174	130	90	64	44	24	XX		U Tubes
584	508	444	376	322	266	218	178	142	110	74	50	36	20	XX	XX		U Tubes
500	440	384	336	286	238	198	166	122	90	66	50	32	16	XX	XX		U Tubes
1106	964	844	732	632	532	440	372	294	230	174	116	80	XX	XX	XX	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Six-Pass
964	852	744	640	548	464	388	322	258	202	156	104	66	XX	XX	XX		Fixed Tubes
818	724	634	536	400	394	324	266	212	158	116	78	54	XX	XX	XX		Fixed Tubes
586	514	442	382	338	274	226	182	150	112	82	56	34	XX	XX	XX		Fixed Tubes
434	430	368	318	268	226	184	154	116	88	66	44	XX	XX	XX	XX		Fixed Tubes
1058	944	826	716	596	510	416	358	272	206	156	110	74	XX	XX	XX	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Six-Pass
940	826	720	626	518	440	366	300	238	184	134	88	56	XX	XX	XX		U Tubes
820	718	632	534	458	392	322	268	210	160	118	80	56	XX	XX	XX		U Tubes
562	488	426	356	304	252	206	168	130	100	68	42	30	XX	XX	XX		U Tubes
478	420	362	316	268	224	182	152	110	80	60	42	XX	XX	XX	XX		U Tubes
1040	902	790	682	576	484	398	332	258	198	140	94	XX	XX	XX	XX	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Eight-Pass
902	798	694	588	496	422	344	286	224	170	124	82	XX	XX	XX	XX		Fixed Tubes
760	662	576	490	414	352	286	228	174	132	94	XX	XX	XX	XX	XX		Fixed Tubes
542	466	400	342	298	240	190	154	120	90	66	XX	XX	XX	XX	XX		Fixed Tubes
438	388	334	280	230	192	150	128	94	74	XX	XX	XX	XX	XX	XX		Fixed Tubes
1032	916	796	688	578	490	398	342	254	190	142	102	68	XX	XX	XX	3/4" on 1 1/8" Δ 3/4" on 1" Δ 3/4" on 1" □ 1" on 1 1/4" Δ 1" on 1 1/4" □	Eight-Pass
908	796	692	600	498	422	350	286	226	170	122	82	XX	XX	XX	XX		U Tubes
792	692	608	512	438	374	306	254	194	146	106	70	48	XX	XX	XX		U Tubes
540	464	404	340	290	238	190	154	118	90	58	38	24	XX	XX	XX		U Tubes
456	396	344	300	254	206	170	142	98	70	50	34	XX	XX	XX	XX		U Tubes
37	35	33	31	29	27	25	23 1/4	21 1/4	19 1/4	17 1/4	15 1/4	13 1/4	12	10	8	I.D. of Shell (In.)	

Tabla V.14. Diámetro de carcasa en función del número de tubos y del tipo de arreglo.

DI de la carcaza		Número de pasos máximo recomendado
mm	Pulg	
<250	10	4
250-<510	10-<20	6
510-<760	20-<30	8
760-<1020	30-<40	10
1020-<1270	40-<50	2
1270-<1520	50-<60	14

Tabla V.15. Número de pasos máximo por los tubos

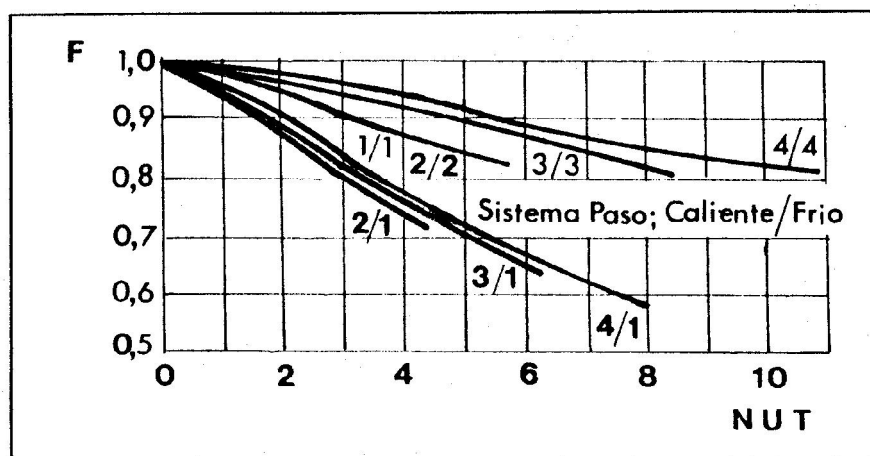


Figura V.31. Factores de corrección de ΔT_{ml} para diferentes sistemas de paso [53].

Copper	389	Monel 400™	26
Aluminium	208	Titanium	20
Aluminium brass	100	Stainless steel (316)	17
Nickel 200	66	Inconel 600™	16
90/10 cupro-nickel	52	Incoloy 825™	12
70/30 cupro-nickel	35	Hastelloy C-276™	11

Tabla V.16.a. Conductividades térmicas para materiales a 100°C (W/m K) [38].

<i>Fluido</i>	<i>R_f · 10⁵ (h.m².°C)/ Kcal</i>
Agua	
Desmineralizada o destilada	0,2
Blandas	0,4
Duras	1,0
Calientes (tratadas)	0,8
Mar (litoral o estuario)	1,0
Mar (océano)	0,6
Río canal, pozo	1,0
Camisas de máquinas	1,2
Aceites lubricantes	0,4 a 1,0
Aceites vegetales	0,4 a 1,2
Disolventes orgánicos	0,2 a 0,6
Vapor	0,2
Fluidos de proceso (en general)	0,2 a 1,2

Tabla V.16.b. Factores de ensuciamiento para intercambiadores de placas [53]



P.O. Box 2306
York, PA 17405
Tel. 717-767-6411

WP Series Plate Heat Exchanger Engineering Data Sheet

End User:	Date:
Project Name:	By:
Quote No:	

1. Model:
2. Application:

DUTY PER UNIT		HOT SIDE	COLD SIDE
3. Fluid:			
4. Total Fluid Flow Rate:	lb/hr		
5. Inlet Vapor:	lb/hr		
6. Inlet Liquid:	lb/hr		
7. Non-Condensables:	lb/hr		
8. Fluid Vaporized:	lb/hr		
9. Fluid Condensed:	lb/hr		
10. Temperature In:	F		
11. Temperature Out:	F		
12. Specific Gravity:			
13. Specific Heat:	BTU/lb*F		
14. Thermal Conductivity:	BTU/ft*hr*F		
15. Viscosity In:	cPs		
16. Viscosity Out:	cPs		
17. Latent Heat:	BTU/lb		
18. Pressure Drop Allowed:	psi		
19. Passes:			
20. No. of Plates:			
21. Calculated Pressure Drop:	psi		
22. Inlet Connection Location:			
23. Outlet Connection Location:			
24. Design Pressure:	psig		
25. Design Temperature:	F		
26. Heat Transfer Area (ft ²):		No. of Plates:	
27. Heat Load (BTU/hr):		LMTD (F):	
28. Overall Coeff. (BTU/ft ² *hr*F) Clean:		Corr. LMTD (F):	
29. Overall Coeff. (BTU/ft ² *hr*F) Design:		Fouling:	

MECHANICAL DATA FOR ONE UNIT	
30. Plate Model:	Plate Length:
31. Frame Size:	Mixing Angle:
32. Dry Weight (lb):	Flooded Weight (lb):
33. Frame Material:	
34. Plate Material:	
35. Gasket Material:	
36. Hot Connection In:	
37. Hot Connection Out:	
38. Cold Connection In:	
39. Cold Connection Out:	

Figura V.35. Hoja de especificación para intercambiadores de placas