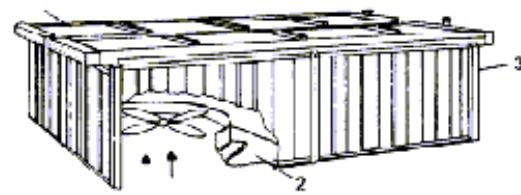


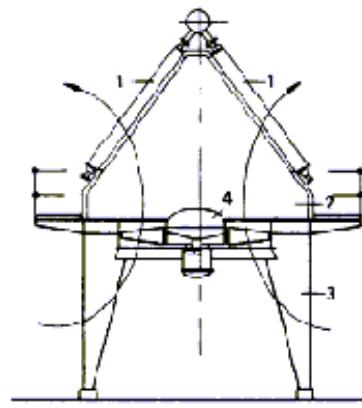
**Figura V.1.** Intercambiador de carcaza y tubo: tipo marmita [38].



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].

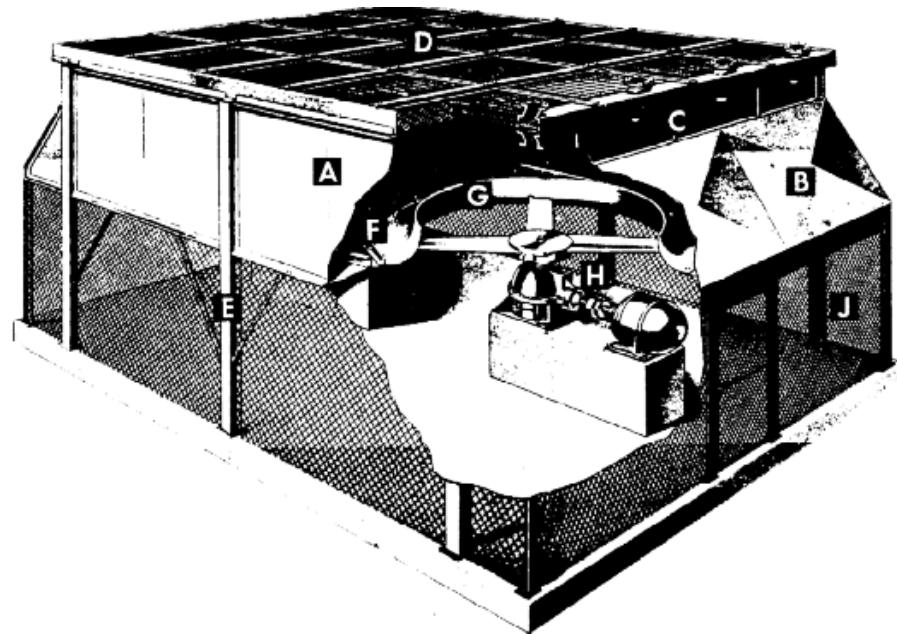
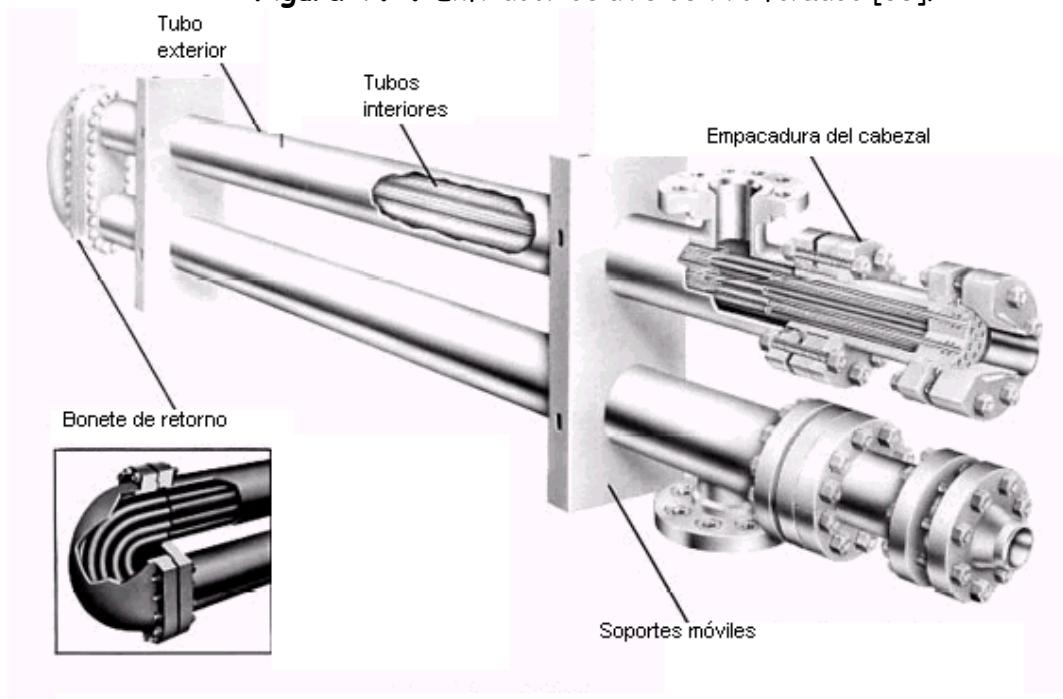
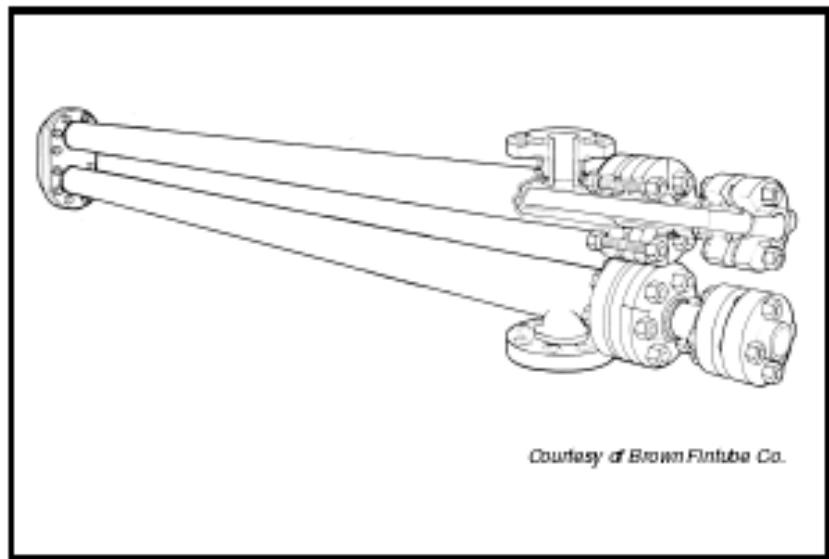
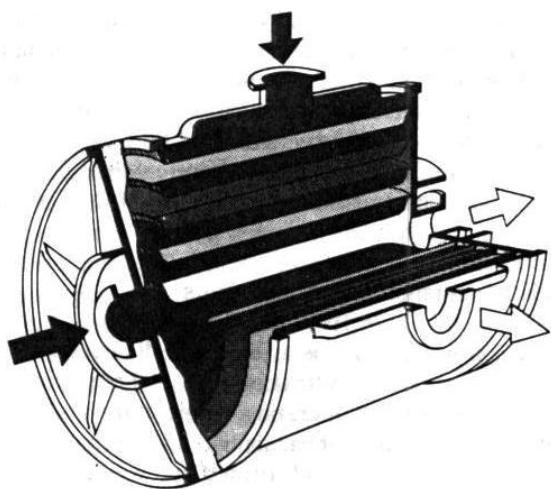


Figura V.2. Enfriador de aire de tiro forzado [65].

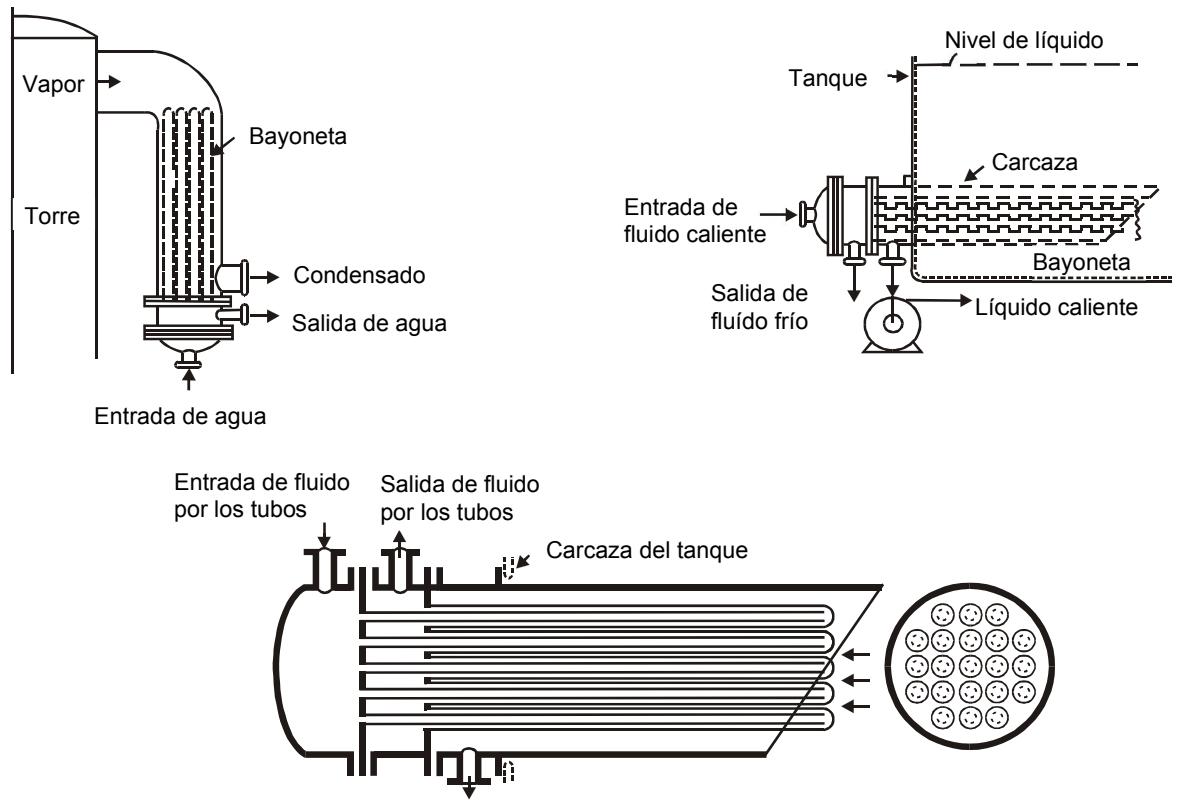




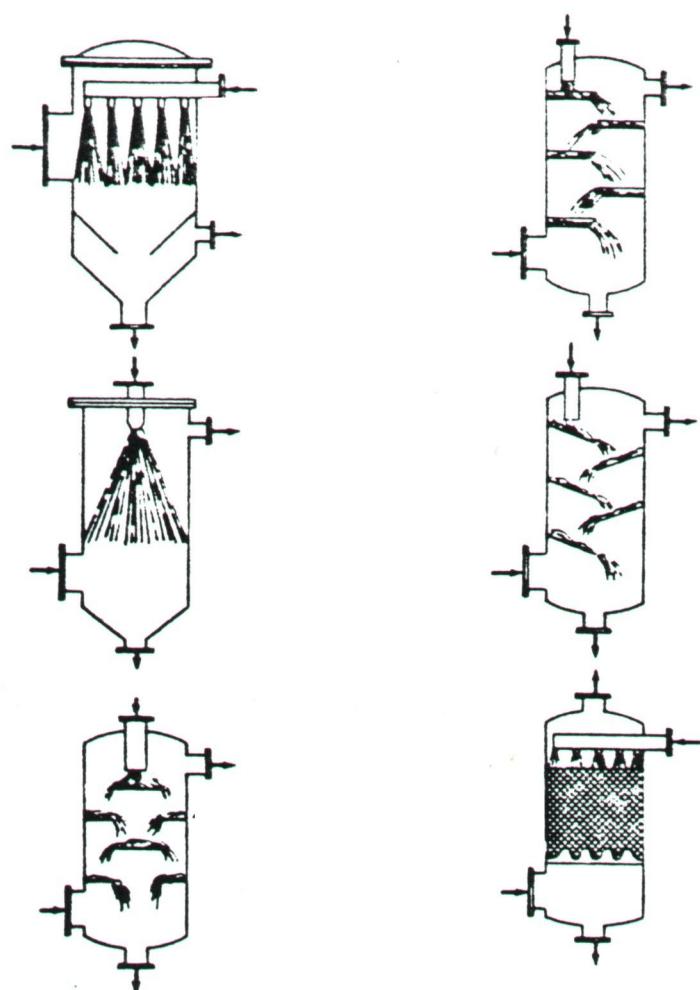
**Figura V.3.** Intercambiador de doble tubo; de múltiples tubos y de un solo tubo. [40].



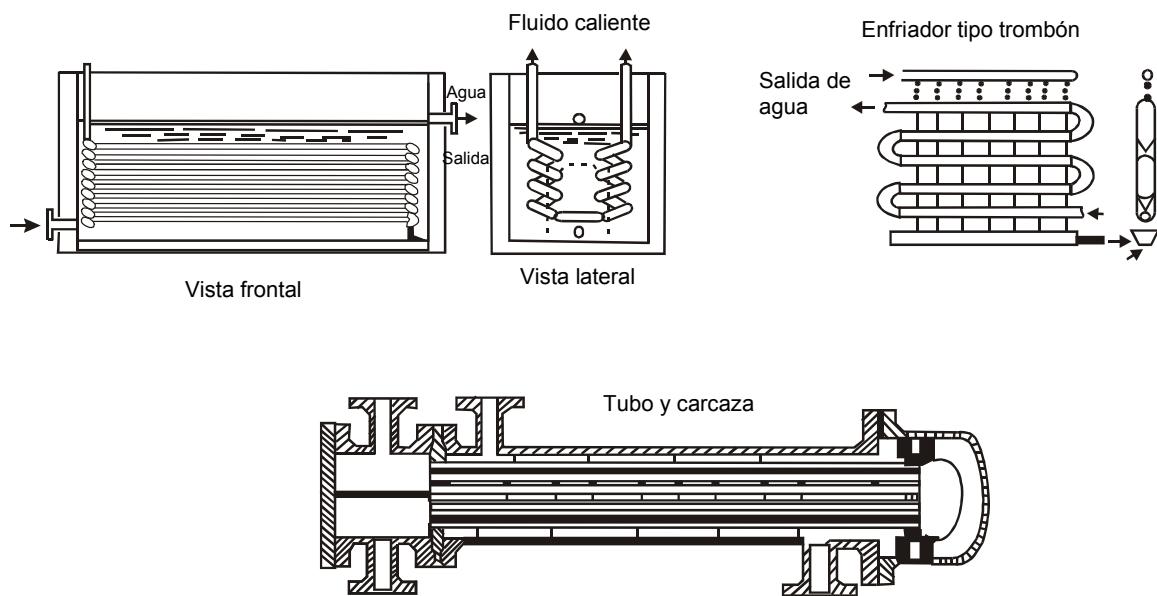
**Figura V.4.** Intercambiador tipo espiral [38].



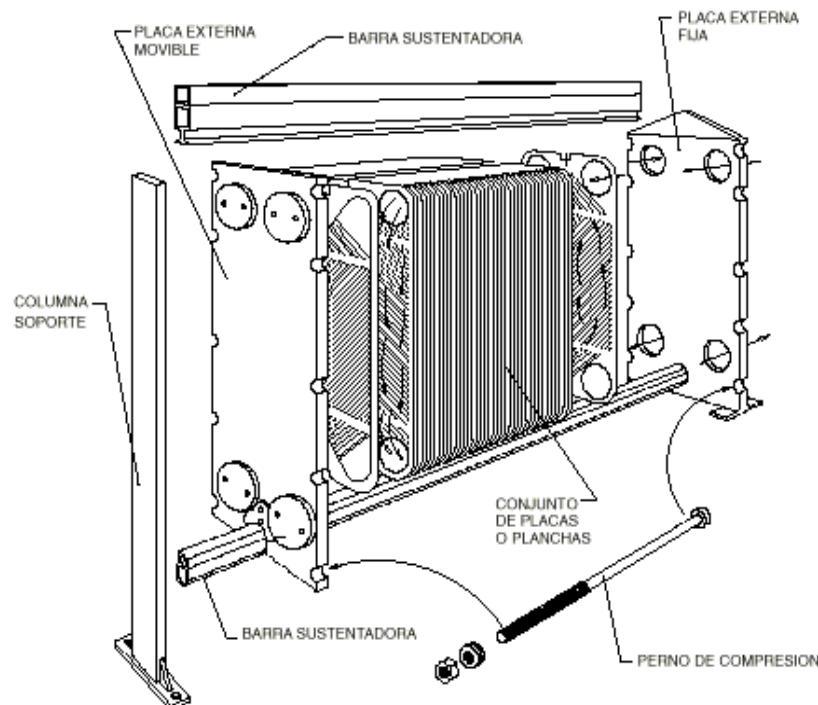
**Figura V.5. Intercambiador de calor tipo bayoneta**



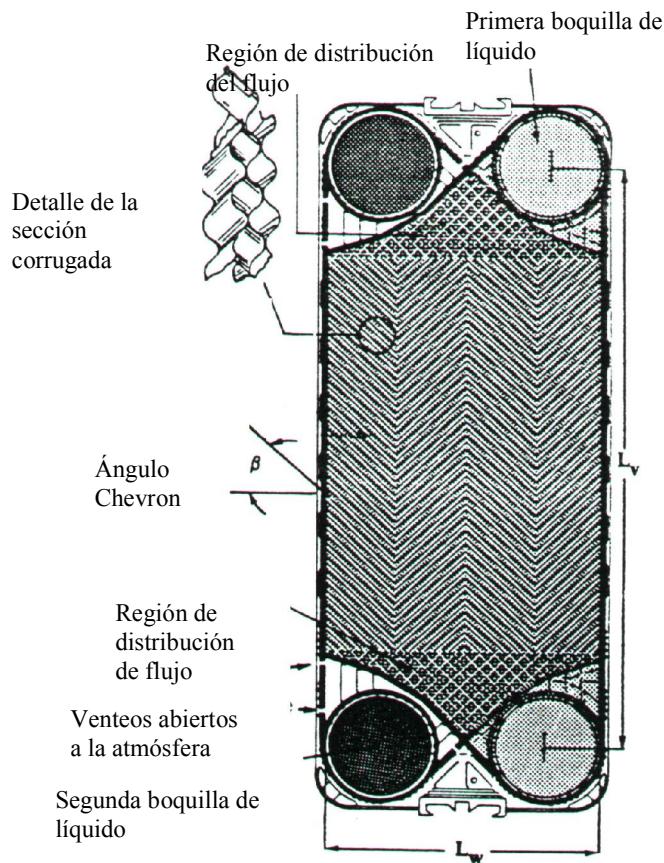
**Figura V.6.** Condensadores de contacto directo



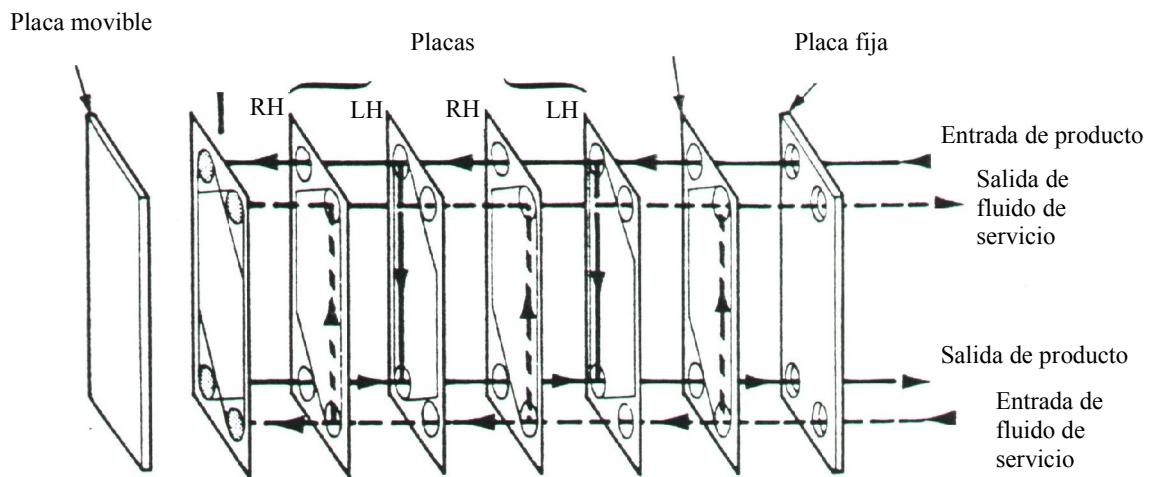
**Figura V.7.** Diferentes tipos de intercambiadores de calor [40].



**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.

<b>Tipo</b>	<b>Características principales</b>	<b>Aplicación</b>
Carcasa y tubo	Haz de tubos encerrado en una carcasa 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	Series de láminas separadas por aletas corrugadas	Servicios criogénicos. Los fluidos deben ser limpios
Tipo espiral	Serpientes concéntricos enrollados en forma de espiral y colocados dentro de una carcasa	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 carcasa 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	Serpientes 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 ( $\text{m}^2$ )	Comments <sup>(9)</sup>
	Temperature (°C)	Pressure (bar)			
Embossed plate	350	18 <sup>(8)</sup>	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	Shell and tube	175	5	6.3–26	
Teflon <sup>TM</sup>	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 <sup>TM</sup> 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 ( $\text{m}^2$ )	Comments <sup>a)</sup>
	Temperature (°C)	Pressure (bar)		
Shell and tube	-200 to 700	350 <sup>(1)</sup>	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 <sup>(2)</sup>	0.25-200	Especially suited to small capacities, countercurrent operation and high pressures. Standard sections available.
Air cooler	700	350 <sup>(2)</sup>	5-400 <sup>(3)</sup>	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 <sup>(4)</sup>	40 <sup>(5)</sup>	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 <sup>(7)</sup>	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. $\Delta P$ 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 <sup>(4)</sup>	Up to 1230 $\text{m}^2$ per $\text{m}^3$ 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].

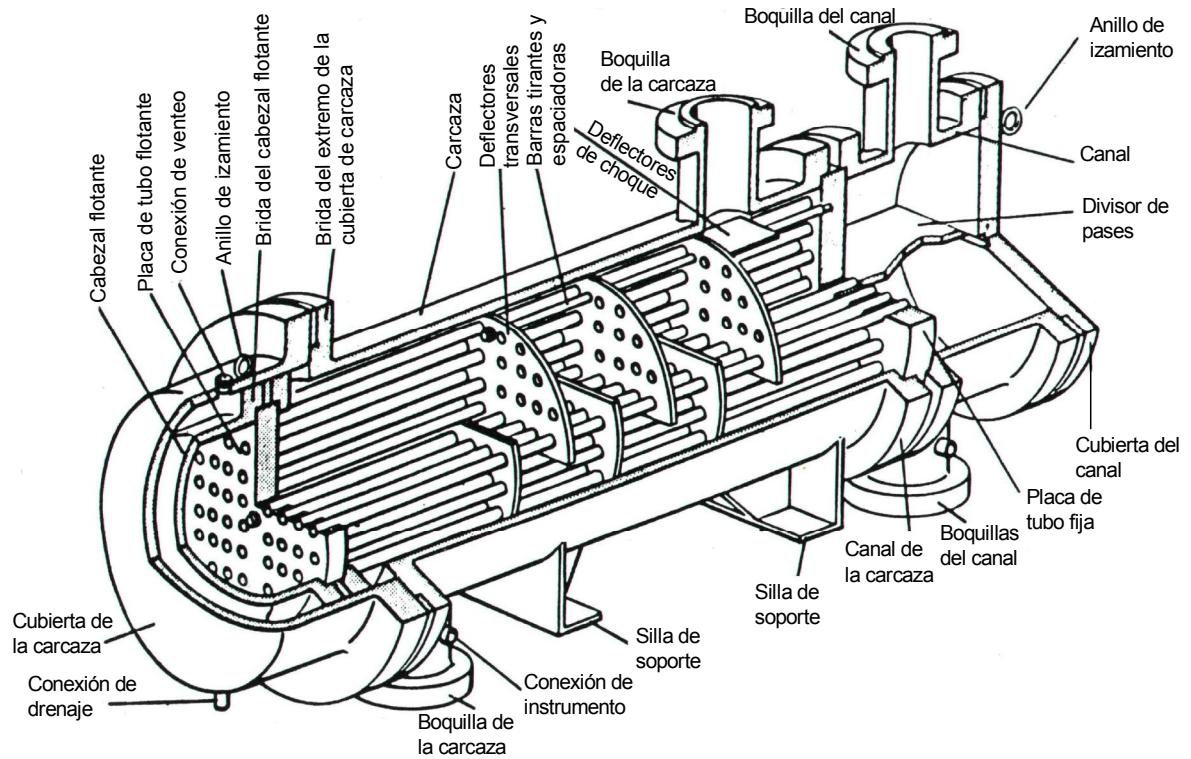


Figura V.8. Componentes de un intercambiador de tubo y carcaza [40].

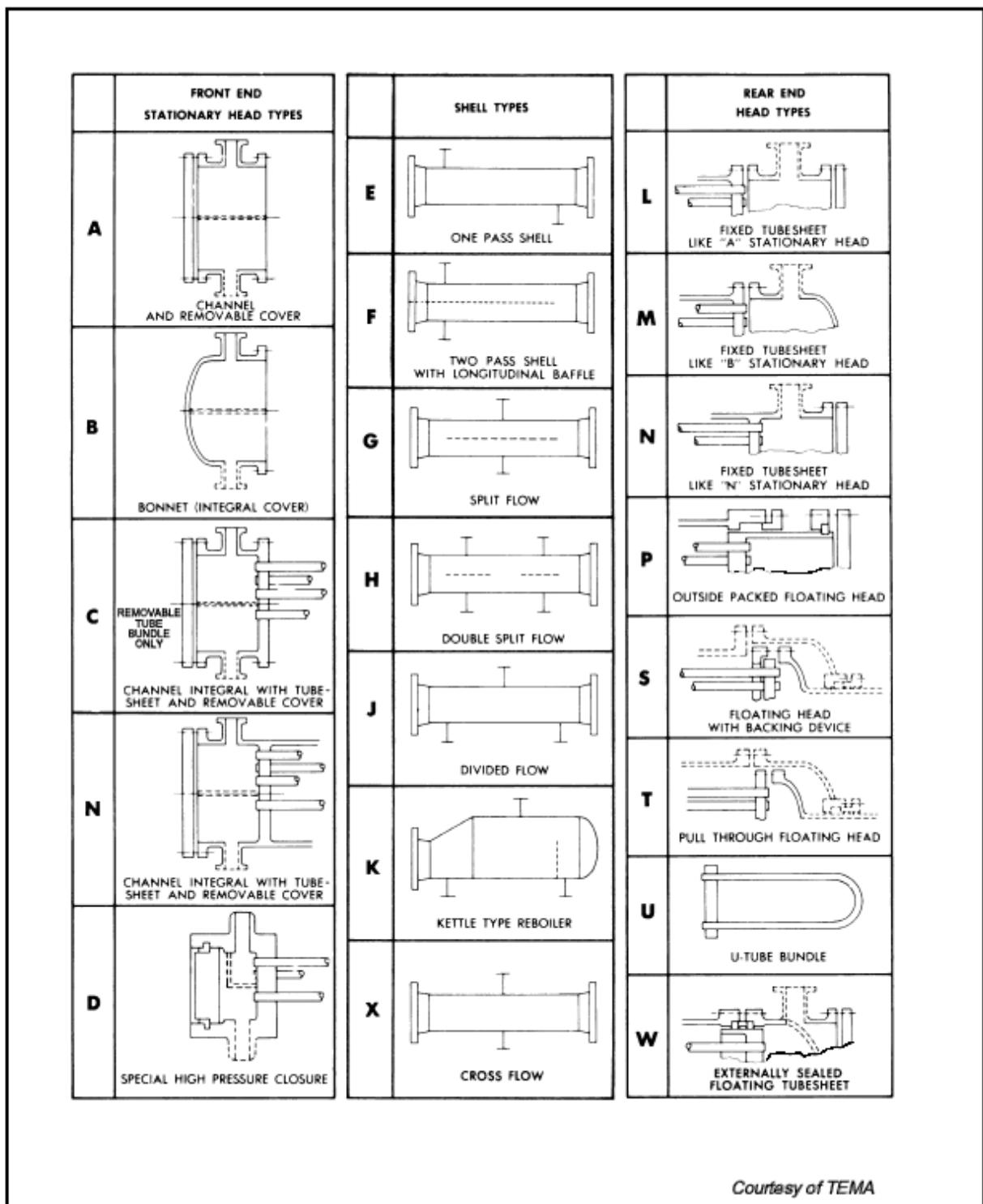


Figura V.9. Tipos de cabezales y carcaza de acuerdo a la Nomenclatura "TEMA" [56].

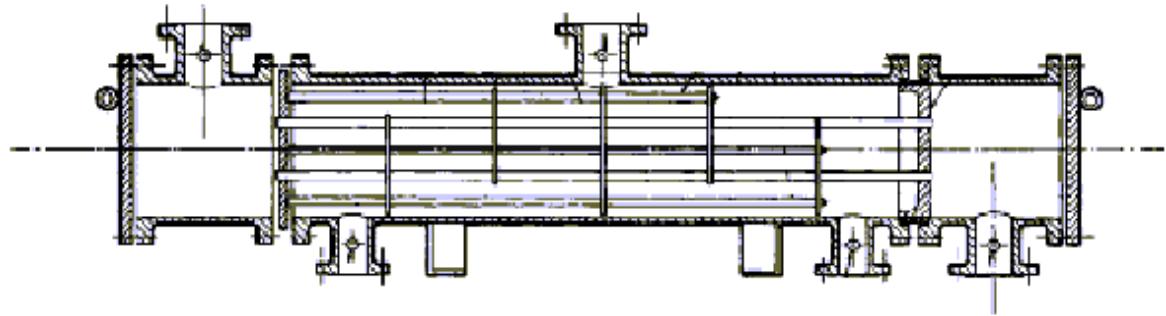


Figura V.13. Intercambiador de calor de cabezal flotante tipo AJW [31].

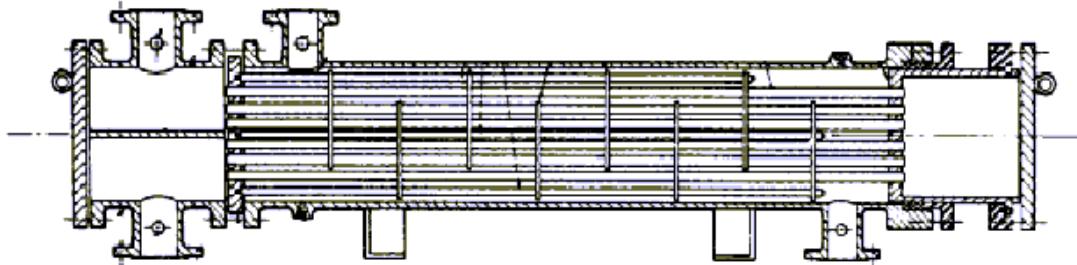
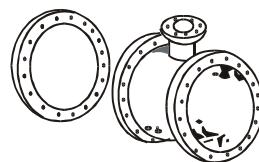
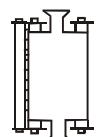
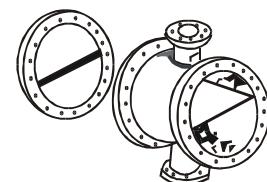


Figura V.14. Intercambiador de calor de cabezal flotante tipo AEP

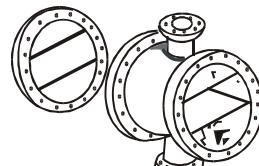
Tipo A



1 Paso por los tubos



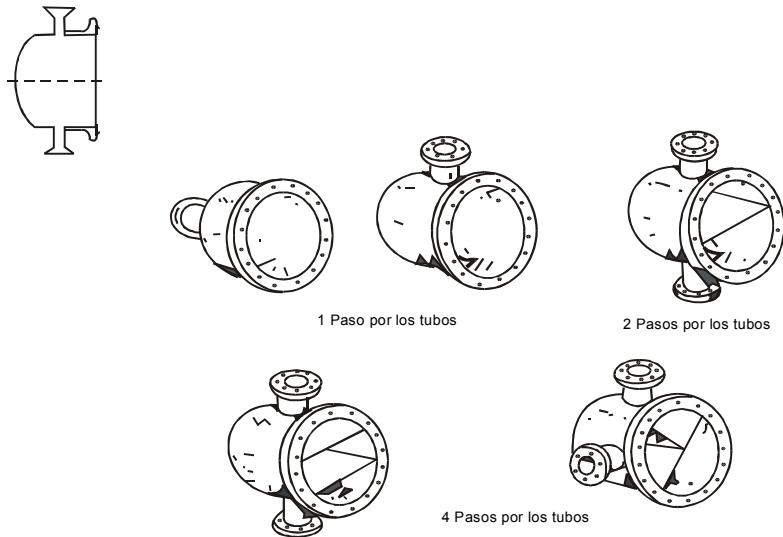
2 Pasos por los tubos



4 Pasos por los tubos

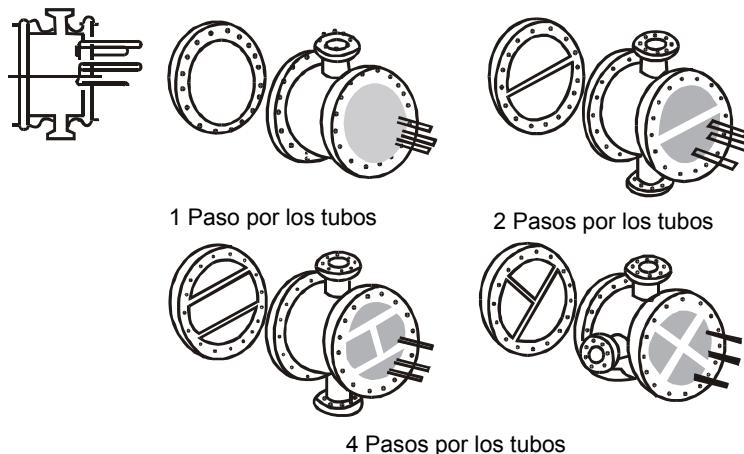
Figura V.15. Cabezal tipo A, con diferente número de pasos por los tubos [40].

Tipo B



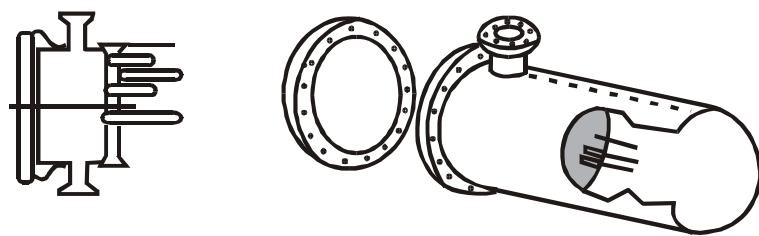
**Figura V.16.** Cabezal tipo B, con diferente número de pasos por los tubos

Tipo C



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

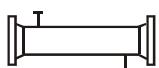
Tipo N



1 Paso por los tubos

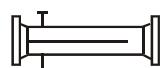
**Figura V.18.** Cabezal tipo N

Tipo E

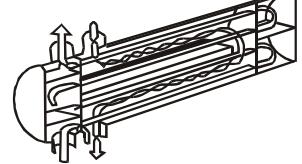
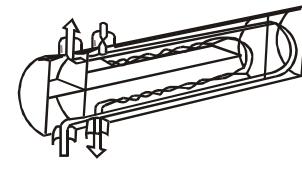
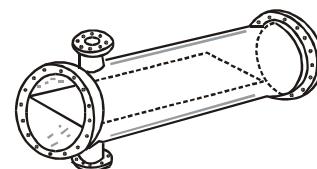
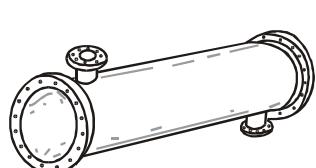


Un paso por la caraza

Tipo F

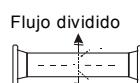


Dos pasos por la caraza con bafle longitudinal

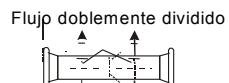


**Figura V.19.** Diferentes tipos de carcasas

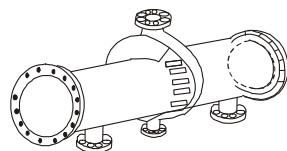
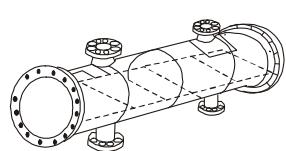
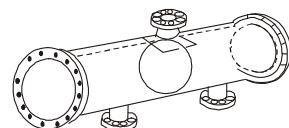
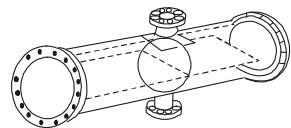
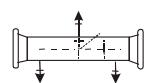
**Tipo G**



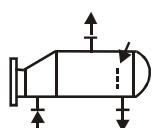
**Tipo H**



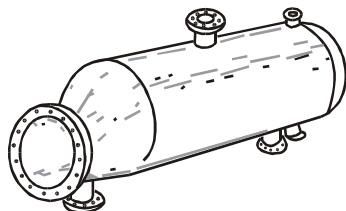
**Tipo J**



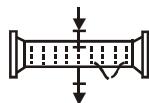
**Tipo K**



Rehervidor tipo  
marmita



**Tipo X**

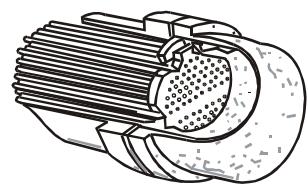


Flujo cruzado

**Tipo S**



Cabezal flotante



**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
<b>3/4</b>	<b>18</b>	0.049	<b>16</b>	0.065	<b>18</b>	0.049
	<b>16</b>	0.065	<b>14</b>	0.083	<b>16</b>	0.065
	<b>14</b>	0.083	12	0.109	14	0.083
<b>1</b>	<b>16</b>	0.065	<b>14</b>	0.083	<b>18</b>	0.049
	<b>14</b>	0.083	<b>12</b>	0.109	<b>16</b>	0.065
	<b>12</b>	0.109	10	0.134	<b>14</b>	0.083
<b>1 1/4</b>	<b>14</b>	0.083	<b>14</b>	0.083	<b>16</b>	0.065
	<b>12</b>	0.109	<b>12</b>	0.109	<b>14</b>	0.083
	<b>10</b>	0.134	<b>10</b>	0.134	<b>12</b>	0.109
	—	—	—	—	10	0.134
<b>1 1/2</b>	<b>14</b>	0.083	<b>12</b>	0.109	<b>14</b>	0.083
	<b>12</b>	0.109	10	0.134	12	0.109
<b>2</b>	<b>14</b>	0.083	<b>12</b>	0.109	<b>14</b>	0.083
	<b>12</b>	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	Sch. 30	—	1/8
13 - 29	3/8	3/8	3/16
30 - 39	—	7/16	1/4
40 - 60	—	1/2	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 <b>24</b> 22	0.016 0.022 0.028	— — —	— — —	27 24 22	0.016 0.022 0.028
$\frac{3}{8}$	<b>22</b> 20 18	0.028 0.035 0.049	— — —	— — —	22 20 18	0.028 0.035 0.049
$\frac{1}{2}$	<b>20</b> 18	0.035 0.049	— —	— —	20 18	0.035 0.049
$\frac{5}{8}$	20 <b>18</b> 16	0.035 0.049 0.065	18 16 14	0.049 0.065 0.083	20 18 16	0.035 0.049 0.065
$\frac{3}{4}$	18 <b>16</b> 14	0.049 0.065 0.083	16 14 —	0.065 0.083 —	20 <b>18</b> 16	0.035 0.049 0.065
1	<b>16</b> 14 12	0.065 0.083 0.109	14 12 —	0.083 0.109 —	18 <b>16</b> 14	0.049 0.065 0.083
$1\frac{1}{4}$	14 12	0.083 0.109	14 12	0.083 0.109	16 14	0.065 0.083
$1\frac{1}{2}$	14 12	0.083 0.109	14 12	0.083 0.109	16 14	0.065 0.083
2	14 12	0.083 0.109	14 12	0.083 0.109	14 12	0.083 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
<b>5/8</b>	20	0.035	18	0.049	20	0.035
	<b>18</b>	0.049	<b>16</b>	0.065	<b>18</b>	0.049
	16	0.065	14	0.083	16	0.065
<b>3/4</b>	—	—	—	—	20	0.035
	<b>18</b>	0.049	<b>16</b>	0.065	<b>18</b>	0.049
	<b>16</b>	0.065	14	0.083	<b>16</b>	0.065
1	<b>16</b>	0.065	16	0.065	<b>18</b>	0.049
	14	0.083	<b>14</b>	0.083	<b>16</b>	0.065
	12	0.109	12	0.109	14	0.083
1 1/4	16	0.065	16	0.065	<b>16</b>	0.065
	14	0.083	<b>14</b>	0.083	<b>14</b>	0.083
	12	0.109	12	0.109	—	—
1 1/2	14	0.083	14	0.083	<b>16</b>	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	0.083

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 x Diámetro exterior del tubo	1.25 x Diámetro exterior del tubo
Rehervidores tipo marmita con $P < 50$ Psig y flujo de calor $> 10.000$ BTU/h Pie <sup>2</sup>	3/8	3/8

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

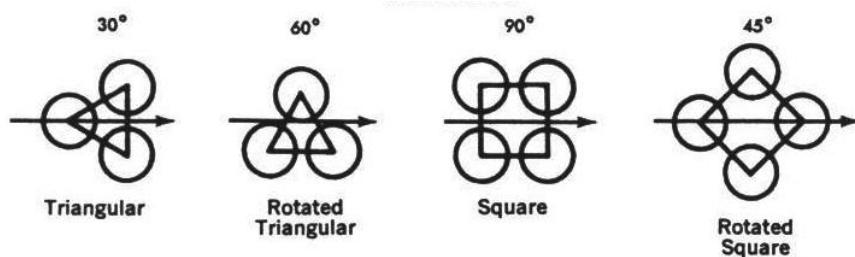


Figura V.16. Diferentes tipos de arreglo de tubos [61].

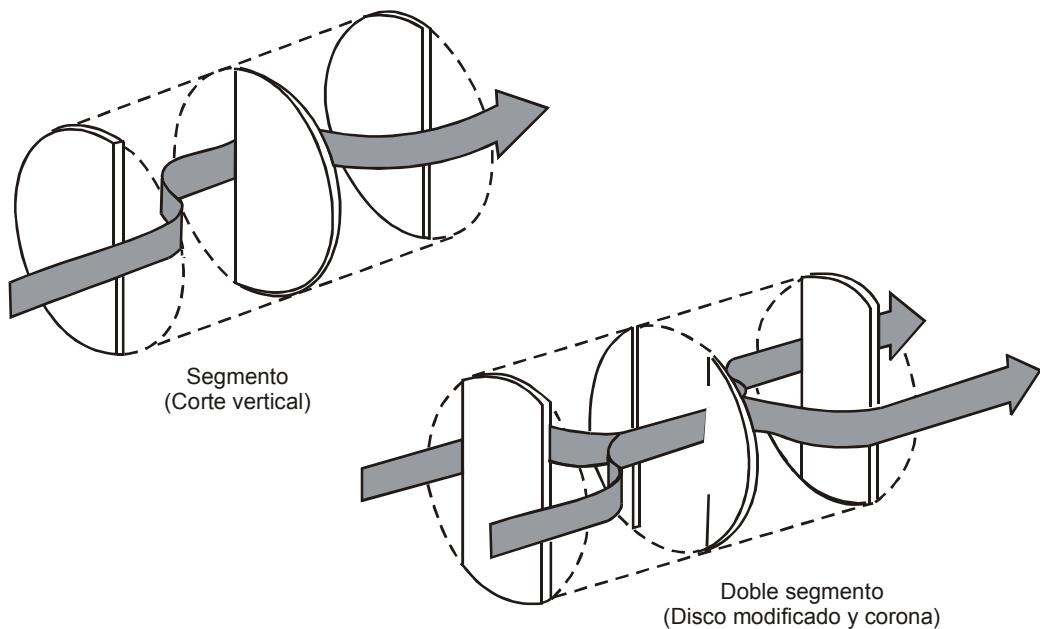
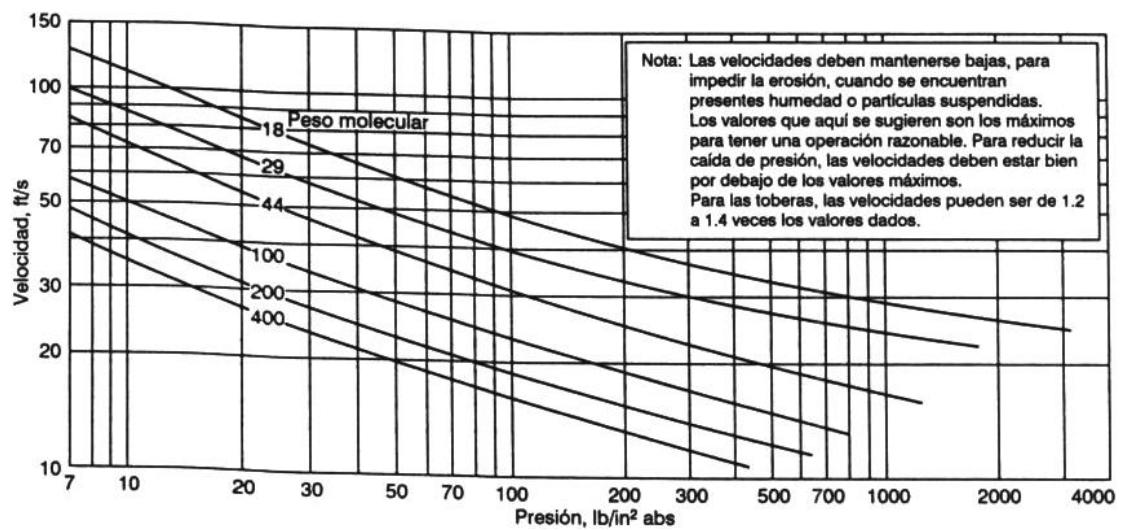


Figura V.17. Tipos de deflectores [61].

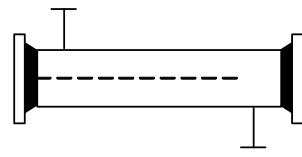


**Figura V.20.** Velocidad máx. para gases y vapores por lado caraza [31].

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	Vel. Max. = $\left[ \frac{\text{Vel. Max.}}{\text{Per. para el agua}} \right] \left[ \frac{\text{Densidad agua}}{\text{Densidad liq.}} \right]^{0.5}$	
Gases y vapores secos	<p style="text-align: center;">Tubos de acero Velocidad = <math>\frac{1800}{\sqrt{(\text{Presion Psia}) (\text{Peso molecular})}}</math></p> <p style="text-align: center;">(pie / s)</p> <p>Para otros metales tome las mismas que para el agua.</p>	

**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	30 60 90 45
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

1322-A01 Rev 1

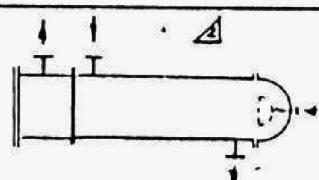
0 OCT 00

Form 10014 (5/88)

NUMBER	0		1		2		3	
	By	Date	By	Date	By	Date	By	Date
Originator	SK	19MAY89	AC	09AUG89	KWY	19JUL90		
Check	WDH	30MAY89	WOK	14JUL89	DLT	09FEB90		
Mech. Chk.								
Approved	DLJ	01JUN89	WOK	14AUG89	FJ	04 FEB 90		
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)				Connected in	2
3	Surface/Unit(EM) 778 m <sup>2</sup>				Parallel	1
<b>4 PERFORMANCE OF ONE UNIT</b>						
5	Fluid Allocation				SHELL SIDE	TUBE SIDE
6	Fluid Name				CONVERTER EFFLUENT	COLD PROCESS GAS
7	Fluid Quantity, Total				107046	107046
8	Vapor (In/Out)				107046	107046
9	Liquid				-	-
10	Steam				-	-
11	Water				-	-
12	Noncondensable (MW)				-	-
13	Temperature (In/Out)				255.0	112.6
14	Density (Vapor/Liquid)				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)				2.752	2.292
18	Thermal Conductivity (Vapor/Liquid)				W/m °C 0.075	2.100
19						2.560
20						0.040
21						0.067
22	Latent Heat				kJ/kg	-
23	Inlet Pressure				bar g	16.62
24	Velocity				m/s	4.46
25	Pressure Drop, Allowable/Calculated				bar	0.32 / 0.10
26	Fouling Resistance (Min.)				m <sup>2</sup> °C/W	0.000220
27	Heat Exchanged				W	MID (Corrected)(Weighted) 65.5 °C
28	<b>CONSTRUCTION OF ONE SHELL</b>					
29					SHELL SIDE	TUBE SIDE
30	Design Pressure				19.65	19.65
31	Design Temperature (Max/Min)				283 (4)	302
32	Corrosion Allowance				mm 1.5	1.5
33	No. of Passes per Shell				DME	DME
34	Connections				In 16"-300/RF	16"-300/RF
35	Size &				Out 16"-300/RF	16"-300/RF
36	Rating				-	-
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				D 940.00 - mm	Shell Cover C.S (Remov.)
40	Channel or Bonnet C.S					Channel Cover C.S
41	Tubesheet - Stationary C.S					Tubesheet - Floating C.S
42	Floating Head Cover C.S					Impingement Protection YES
[1] 43	Baffles - Cross C.S				Type VERT DBL.SEG. % Cut 43.5 (Area)	Spacing c/c 762 mm; Inlet 756 mm
44	Baffles - Long -				Soil Type -	
45	Supports - Tube C.S				Type FLOATING HEAD	
46	Bypass Seal Arrangement AS IS				Tube - Tubesheet Joint TWO GROOVES & EXPANDED	
[1] 47	Expansion Joint YES (INTERNAL) 316 SS BELLOWS				Tube Side STL. JKTD. ASB. Metal Temp for Expansion (Shell/Tube) 186/ 162 °C	
[1] 48	Gaskets - Shell Side STL. JKTD. MON-ASB.				Tube Side STL. JKTD. ASB. Floating Head SOLID METAL	
49	Code Requirements ASME SECT. VIII				Stamp - TEMA Class -	
50	<b>REMARKS:</b>					
[1] 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.					
[1] 53	(3) UNIT REQUIRES RERATING ON SHELL SIDE FOR HIGHER DESIGN TEMPERATURE OF 283 °C PLUS NEW NAME PLATE.					
[1] 54	CURRENTLY, AS BUILT D.T. = 218 °C.					
55						
56						
57						
58						
59						
60						



**Coefficientes totales en aplicaciones petroquímicas típicas, U,Btu/h (ft<sup>2</sup>) (°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	....
Aqua 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 enfriada	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 <sub>3</sub>	Vapor de agua	H	....	....	95-115	95-150	....	....	0.0065
C <sub>4</sub> 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	VT	....	....	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									
Propileno	C <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> =	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].**

**Coeficientes totales en aplicaciones petroquímicas típicas, U, Btu/h (ft<sup>2</sup>) (°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 <sub>4</sub> 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	Aqua enfriada	H	....	....	50-80	270-100	0.001	0.001	....
Condensado	Propileno (refrigerante)	K-U	....	....	60-135	60-30	0.001	0.001	....
Aqua enfriada	Acetílico de transformador	H	....	....	40-75	75-50	0.001	0.001	....
Calcio, salmuera de, 25%	C <sub>1</sub> 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, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>	Vapor de agua	H	....	....	10-2	400-100	....	....	0.3
Etilanolamina	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 alquitranes	U (en el tanque)	....	....	50-60	190-230	0.001	0.002	....
Aqua enfriada	Freón-12	H	4-7	....	100-130	90-25	0.001	0.001	....
Aqua*	Solvente de cobre pobre	H	4-5	....	100-120	180-90	....	....	0.004
Aqua	Aqua tratada	H	3-5	1-2	100-125	90-110	....	....	0.005
Aqua	C <sub>2</sub> clorados, HC ligeros	H	2-3	....	6-10	360-100	0.002	0.001	....
Aqua	Hidrógeno, cloruro de	H	....	....	7-15	230-90	0.002	0.001	....
Aqua	C <sub>2</sub> clorados pesados	H	....	....	45-30	300-90	0.001	0.001	....
Aqua	Percloroetileno	H	....	....	55-35	150-90	0.001	0.001	....
Aqua	Aire y vapor de agua	H	....	....	20-35	370-90	0.0015	0.0015	....
Aqua	Aqua de la camisa de motores	H	....	....	230-160	175-90	0.0015	0.001	....
Aqua	Aceite de absorción	H	....	....	80-115	130-90	0.0015	0.001	....
Aqua	Aire-cloro	U	4-7	....	8-18	250-90	....	....	0.005
Aqua	Aqua tratada	H	5-7	....	170-225	200-90	0.001	0.001	....
B. Condensación									
C <sub>4</sub> 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 cloretoanatos	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.	Aqua	H	7-8	....	90-120	145-90	0.002	0.001	....
Cloro HC no sat.	Aqua	H	3-8	....	180-140	110-90	0.001	0.001	....
Cloro HC no sat.	Aqua	H	6	....	15-25	130-(-20)	0.002	0.001	....
Cloro HC	Aqua	KU	....	....	20-30	110-(-10)	0.001	0.001	....
Solvente y no condensado	Aqua	H	....	....	25-15	260-90	0.0015	0.004	....
Aqua	Propileno, vapor	H	2-3	....	130-150	200-90	....	....	0.003
Aqua	Propileno	H	....	....	60-100	130-90	0.0015	0.001	....
Aqua	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 marmita.

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,  $U^*$**

Úsese 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.

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

<b>Condensación</b>		
<b>Lado del proceso (caliente)</b>	<b>Fluido de condensación (frío)</b>	
Hidrocarburos (ligeros)	Aqua	100-160
Hidrocarburos con inertes (trazas)	Aqua	30-75
Vapores orgánicos	Aqua	70-160
Vapor de agua	Aqua	150-340
Vapor de agua	Hidrocarburos	60-150
Vapor de agua de escape	Aqua	280-450
Hidrocarburos (ligeros)	Refrigerante	45-110
Orgánicos (ligeros)	Salmuera de enfriamiento	50-120
Gasolina	Aqua	65-130
Amoníaco	Aqua	135-260
Hidrocarburos (pesados)	Aqua	40-75
Dowtherm, vapor	Líquido orgánico	75-115
<b>Vaporización</b>		
<b>Lado del proceso (vaporizado)</b>	<b>Fluido de calentamiento</b>	
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
<b>Serpientes en tanque</b>		
<b>Fluido del serpentín</b>	<b>Fluido del tanque</b>	
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	Órganicos (agitados)	90-140
Aqua caliente	Aqua (sin agitación)	35-65
Aqua caliente	Aqua (con agitación)	90-150
Aqua caliente	Aceite pesado (sin agitación)	6-25
Aceite para transferencia de calor	Órganicos (con agitación)	25-50
Salmuera	Aqua (con agitación)	50-110
Aqua (de enfriamiento)	Glicerina (con agitación)	50-75

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

**Coefficientes totales típicos 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	$U_b$	$U_x$
Agua de la camisa de motores ( $r_d = 0.001$ ) .....	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	$U_b$	$U_x$
Viscosidad, cp, a la temp. prom.		
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	$U_b$	$U_x$
Presión, psig		
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	$U_b$	$U_x$
(A la presión atmosférica y por encima de ésta)		
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	$U_b$	$U_x$
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	$U_b$	$U_x$
Amoniaco	110-7.6	130-6.1
Freón 12	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 máximas aproximadas en la cara del aire  
entre 2600 y 2800 lb/(h × ft<sup>2</sup> 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/in<sup>2</sup> manométricas.)

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

Servicio de condensación	U, Btu/h ft <sup>2</sup> °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, Reformers, 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
<b>Servicio de enfriamiento de gases</b>	
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
<b>Servicio de enfriamiento de líquidos</b>	
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
Alquitran	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)

<b>Resistencias de película</b>	
<b>Líquidos</b>	<b>R</b>
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
<b>Gases</b>	
Hidrocarburos	
A baja presión	0.0364
A alta presión	0.0200
Aire	
A baja presión	0.0500
A alta presión	0.0250
<b>Vapores en condensación</b>	
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
<b>Evaporación</b>	
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
Aqua de mar	.0005	.0005	.001	.001
Aqua 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
Aqua municipal o de pozo (como la de los Grandes Lagos)	.001	.001	.002	.002
Aqua 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
Aqua 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 forme incrustación, estos valores deben de modificarse en consecuencia.

<b>Aceites</b>	
Aceite combustible	.005
Aceite de transformador	.001
Aceite lubricante para motores	.001
Aceite para templar	.004
<b>Gases y vapores</b>	
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
<b>Líquidos</b>	
Líquidos refrigerantes	.001
Fluido hidráulico	.001
Medios orgánicos industriales de transferencia de calor	.001
Sales fundidas para transferencia de calor	.0005
<b>Resistencias de las incrustaciones para corrientes de procesos químicos</b>	
<b>Gases y vapores</b>	
Gas ácido	.001
Vapores de solventes	.001
Productos estables extraídos por arriba	.001
<b>Líquidos</b>	
Soluciones MEA y DEA	.002
Soluciones DEG y TEG	.002
Producto estable de extracción lateral o de residuo	.001
Soluciones cársticas	.002
Aceites vegetales	.003
<b>Resistencias de las incrustaciones para corrientes del proceso de gas natural-gasolina</b>	
<b>Gases y vapores</b>	
Gas natural	.001
Productos extraídos por arriba	.001
<b>Líquidos</b>	
Petróleo pobre	.002
Petróleo rico	.001
Gasolina natural y gases licuados del petróleo	.001
<b>Resistencias de las incrustaciones para corrientes de las refinerías de petróleo</b>	
<b>Crudo y gases y vapores de unidades al vacío</b>	
Vapores extraídos por arriba de la torre a la presión atmosférica	.001
Nafas 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
seco	.003	.002	.002	.003	.002
salado <sup>†</sup>	.003	.002	.002	.005	.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
seco	.004	.003	.002	.005	.004
salado <sup>†</sup>	.006	.005	.004	.007	.006

Normalmente desalado por debajo de este rango de temperatura.

<sup>†</sup>Para aplicar entre 200-299°F, 300-499°F, 500°F y más.)

Gasolina	.001
Nata 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 hidrocraqueo y de la hidrodesulfurización

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

<sup>\*\*</sup> 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 <sup>†</sup>	.003
Residuos de refinado	.001
Asfalto	.005
Fluidos pastosos parafinosos <sup>†</sup>	.003
Aceite lubricante refinado	.001

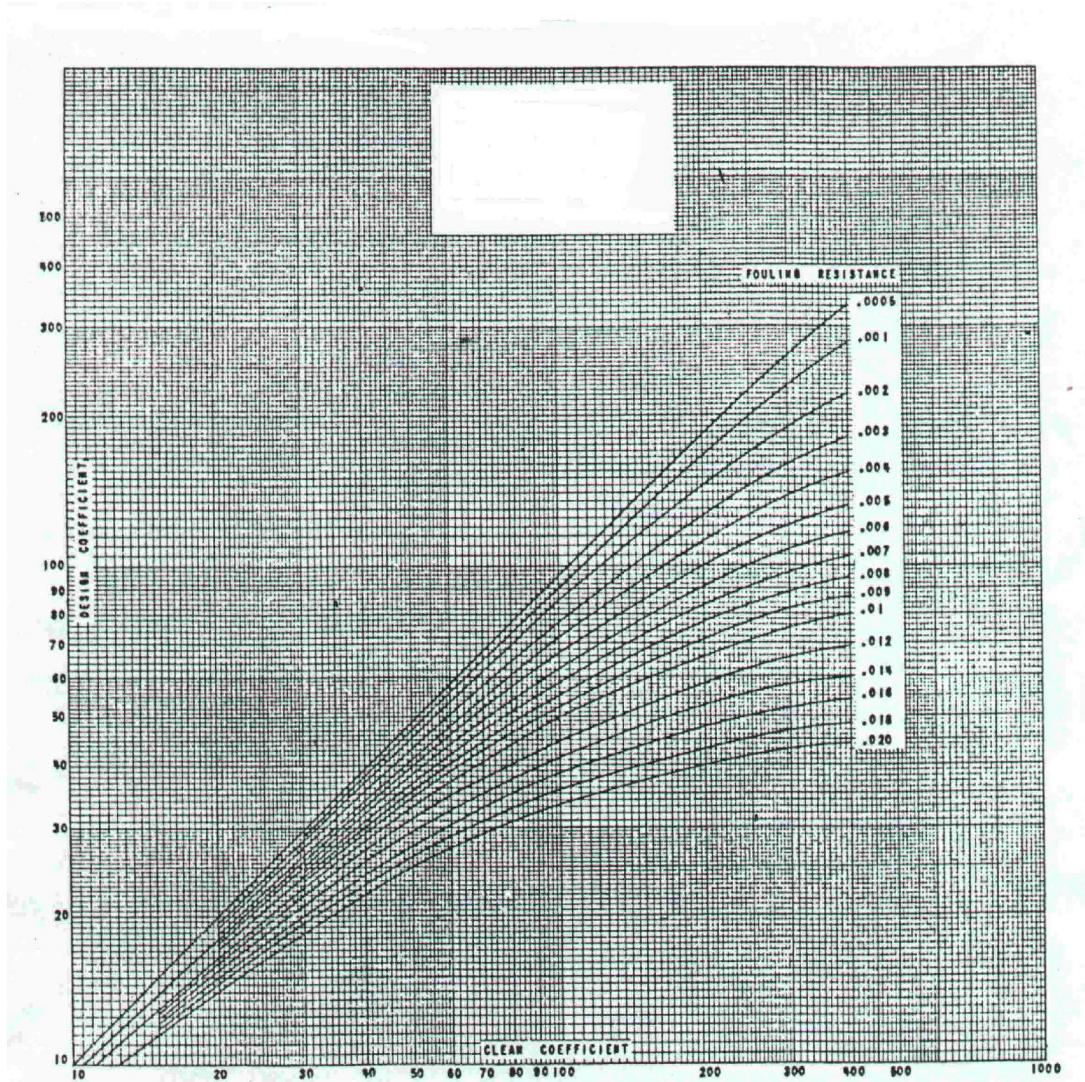
<sup>†</sup> Deben tomarse precauciones para impedir la formación de depósitos de parafina sobre las paredes frías de los tubos.

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

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 (tratada y sedimentada)	<2	0.002	0.002-0.003
	>4	0.0005-0.0015	0.001-0.0025
Recubrimiento fenólico horneado de 4 mils <sup>65</sup>		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			
En condensación			
En ebullición			
Refrigerantes (Condensación de vapores y enfriamiento de líquidos)			
		0.001	0.002
		0.001	0.0015
		0.002	0.002

(la tabla continúa)

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



**Figura V.23.** Relación entre  $U_c$  y  $U_f$  [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].

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

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

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  $90^\circ$  y  $45^\circ$
- $CL = 0.87$  para arreglo de  $30^\circ$  y  $60^\circ$

Sustituyendo en la ecuación anterior de  $N_t$ , ésta puede ser rearreglada 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 carcaza 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	23½	21½	19½	17½	15½	13½	12	10	8	I.D. of Shell (In.)	
																One-Pass Fixed Tubes	Two-Pass Fixed Tubes
1269	1143	1019	881	763	663	553	481	391	307	247	193	135	105	69	33	¾" on 1½" △	¾" on 1" △
1127	1007	889	765	667	577	493	423	343	277	217	157	117	91	57	33	¾" on 1" □	¾" on 1" □
965	865	765	665	587	495	419	355	287	235	183	139	101	85	53	33	1" on 1½" △	1" on 1½" □
699	633	551	481	427	361	307	247	205	163	133	103	73	57	33	15	1" on 1½" □	1" on 1½" □
595	545	477	413	359	303	255	215	179	139	111	83	65	45	33	17	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1242	1088	964	846	734	626	528	452	370	300	228	166	124	94	58	32	¾" on 1½" △	¾" on 1" △
1088	972	858	746	646	556	468	398	326	264	208	154	110	90	56	28	¾" on 1" □	¾" on 1" □
946	840	746	644	560	486	408	346	280	222	172	126	94	78	48	26	¾" on 1" □	¾" on 1" □
688	608	530	462	410	346	292	244	204	162	126	92	62	52	32	16	1" on 1½" △	1" on 1½" □
584	522	460	402	348	298	248	218	172	136	106	76	56	40	26	12	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1126	1008	832	768	648	558	460	398	304	234	180	134	94	64	34	8	¾" on 1½" △	¾" on 1½" □
1000	882	772	674	566	484	406	336	270	212	158	108	72	60	26	8	¾" on 1½" □	¾" on 1" □
884	778	688	586	506	436	362	304	242	188	142	100	72	52	30	12	¾" on 1" □	¾" on 1" □
610	532	460	396	340	284	234	192	154	120	84	58	42	26	8	XX	1" on 1½" △	1" on 1½" □
526	464	406	356	304	256	214	180	134	100	70	58	38	22	12	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1072	1024	904	788	680	576	484	412	332	266	196	154	108	84	48	XX	¾" on 1½" △	¾" on 1½" □
1024	912	802	692	590	508	424	360	292	232	180	134	96	72	44	XX	¾" on 1" △	¾" on 1" □
880	778	688	590	510	440	366	308	242	192	142	126	88	72	48	XX	¾" on 1" □	¾" on 1" □
638	560	486	422	368	308	258	212	176	138	104	78	60	44	24	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
534	476	414	360	310	260	214	188	142	110	84	74	48	40	24	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1092	976	852	740	622	534	438	378	286	218	166	122	84	56	28	XX	¾" on 1½" △	¾" on 1½" □
908	852	744	648	542	462	386	318	254	198	146	98	64	52	20	XX	¾" on 1" △	¾" on 1" □
852	748	660	560	482	414	342	286	226	174	130	90	64	44	24	XX	¾" on 1" □	¾" on 1" □
584	508	444	376	322	266	218	178	142	110	74	50	36	20	XX	XX	1" on 1½" △	1" on 1½" □
500	440	384	336	286	238	198	166	122	90	66	50	32	16	XX	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1106	964	844	732	632	532	440	372	294	230	174	116	80	XX	XX	XX	¾" on 1½" △	¾" on 1½" □
904	852	744	640	548	464	388	322	258	202	156	104	66	XX	XX	XX	¾" on 1" △	¾" on 1" □
818	724	634	536	400	394	324	266	212	158	116	78	54	XX	XX	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
596	514	442	382	338	274	226	182	150	112	82	56	34	XX	XX	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
434	430	368	318	268	226	184	154	116	88	66	44	XX	XX	XX	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1058	944	820	716	596	510	416	358	272	206	156	110	74	XX	XX	XX	¾" on 1½" △	¾" on 1½" □
940	826	720	626	518	440	366	300	238	184	134	88	56	XX	XX	XX	¾" on 1" △	¾" on 1" □
820	718	632	534	458	392	322	268	210	160	118	80	56	XX	XX	XX	¾" on 1" □	¾" on 1" □
562	488	426	356	304	252	206	168	130	100	68	42	30	XX	XX	XX	1" on 1½" △	1" on 1½" □
478	420	362	316	268	224	182	152	110	80	60	42	XX	XX	XX	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1040	902	790	682	576	484	398	332	258	198	140	94	XX	XX	XX	XX	¾" on 1½" △	¾" on 1½" □
902	798	694	588	496	422	344	286	224	170	124	82	XX	XX	XX	XX	¾" on 1" △	¾" on 1" □
760	662	576	490	414	352	286	228	174	132	94	XX	XX	XX	XX	XX	¾" on 1" □	¾" on 1" □
542	466	400	342	298	240	190	154	120	90	66	XX	XX	XX	XX	XX	1" on 1½" △	1" on 1½" □
438	388	334	280	230	192	150	128	94	74	XX	XX	XX	XX	XX	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
1032	916	796	688	578	490	398	342	254	190	142	102	68	XX	XX	XX	¾" on 1½" △	¾" on 1½" □
908	796	692	600	498	422	350	286	226	170	122	82	52	XX	XX	XX	¾" on 1" △	¾" on 1" □
792	692	608	512	438	374	306	254	194	146	106	70	48	XX	XX	XX	¾" on 1" □	¾" on 1" □
540	464	404	340	290	238	190	154	118	90	58	38	24	XX	XX	XX	1" on 1½" △	1" on 1½" □
456	396	344	300	254	206	170	142	98	70	50	34	XX	XX	XX	XX	1" on 1½" □	1" on 1½" □
37	35	33	31	29	27	25	23½	21½	19½	17½	15½	13½	12	10	8	I.D. of Shell (In.)	

Tabla V.14. Diámetro de carcaza 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

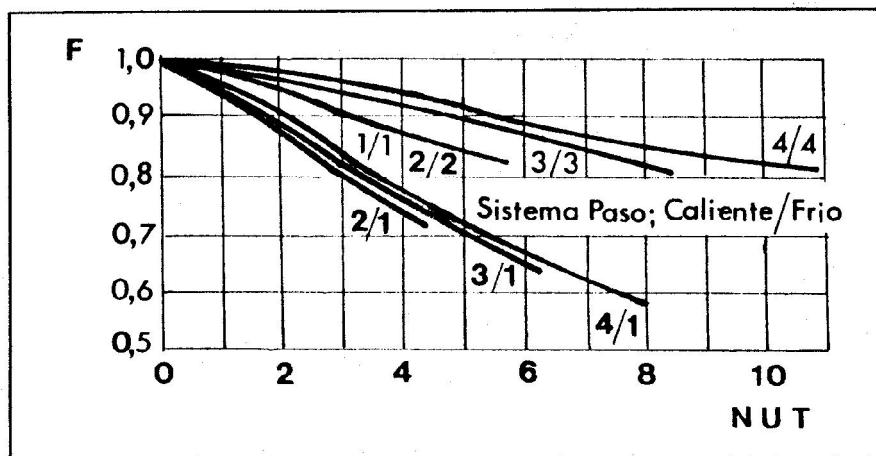


Figura V.31. Factores de corrección de  $\Delta T_{ml}$  para diferentes sistemas de paso [53].

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<sub>g</sub>, 10<sup>5</sup></i> (h.m <sup>2</sup> .°C)/ Kcal
<b>Agua</b>	
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
<b>Fluidos de proceso (en general)</b>	<b>0,2 a 1,2</b>

**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 <sup>2</sup> ):		No. of Plates:
27. Heat Load (BTU/hr):		LMTD (F):
28. Overall Coeff. (BTU/ft <sup>2</sup> *hr*F) Clean:		Corr. LMTD (F):
29. Overall Coeff. (BTU/ft <sup>2</sup> *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