

TABLA 11-1

Valores representativos de los coeficientes totales de transferencia de calor en los intercambiadores de calor

Tipo de intercambiador de calor	$U, \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^*$
Agua hacia agua	850-1 700
Agua hacia aceite	100-350
Agua hacia gasolina o queroseno	300-1 000
Calentadores de agua de alimentación	1 000-8 500
Vapor de agua hacia combustóleo ligero	200-400
Vapor de agua hacia combustóleo pesado	50-200
Condensador de vapor de agua	1 000-6 000
Condensador de freón (agua enfriada)	300-1 000
Condensador de amoniaco (agua enfriada)	800-1 400
Condensadores de alcohol (agua enfriada)	250-700
Gas hacia gas	10-40
Agua hacia aire en tubos con aletas (agua en los tubos)	30-60 [†] 400-850 [‡]
Vapor de agua hacia aire en tubos con aletas (vapor de agua en los tubos)	30-300 [†] 400-4 000 [‡]

* Multiplíquense los valores de la lista por 0.176 para convertirlos en $\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$.

† Con base en el área superficial del lado del agua.

‡ Con base en el área superficial del lado del agua o del vapor de agua.

*Nota del RT: La inversa h_i representaría R , la que controla la transferencia de calor, donde a h_i se le conoce, para este ejemplo, como coeficiente de película controlante.

TABLA 11-2

Factores de incrustación representativos (resistencia térmica debida a la incrustación para una unidad de área superficial)

Fluido	$R_f, \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$
Agua destilada,	
agua de mar, agua	
de río, agua de	
alimentación	
para calderas:	
Por debajo de 50°C	0.0001
Arriba de 50°C	0.0002
Combustóleo	0.0009
Vapor de agua (libre	
de aceite)	0.0001
Refrigerantes (líquido)	0.0002
Refrigerantes (vapor)	0.0004
Vapores de alcohol	0.0001
Aire	0.0004

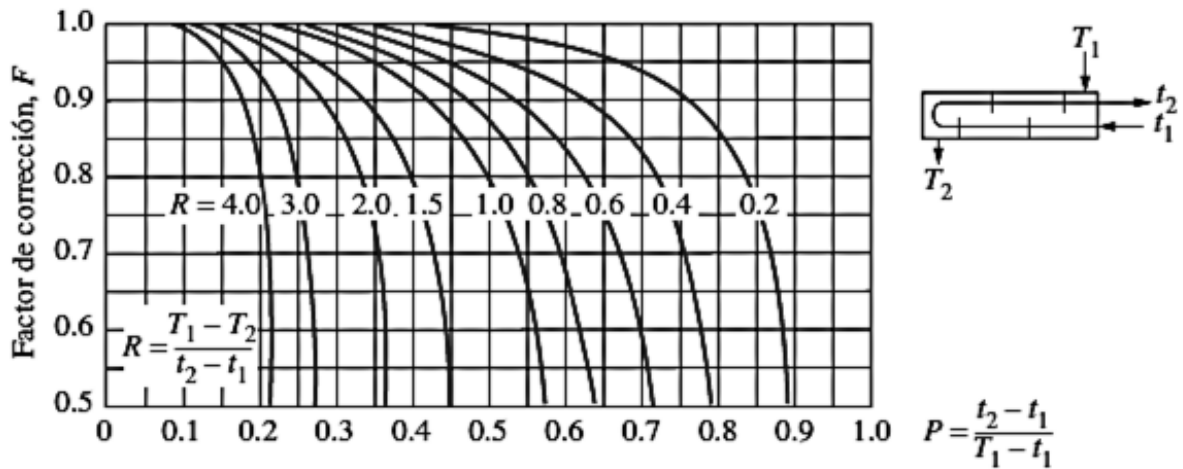
(Fuente: Tubular Exchange Manufacturers Association.)

TABLA 11-3

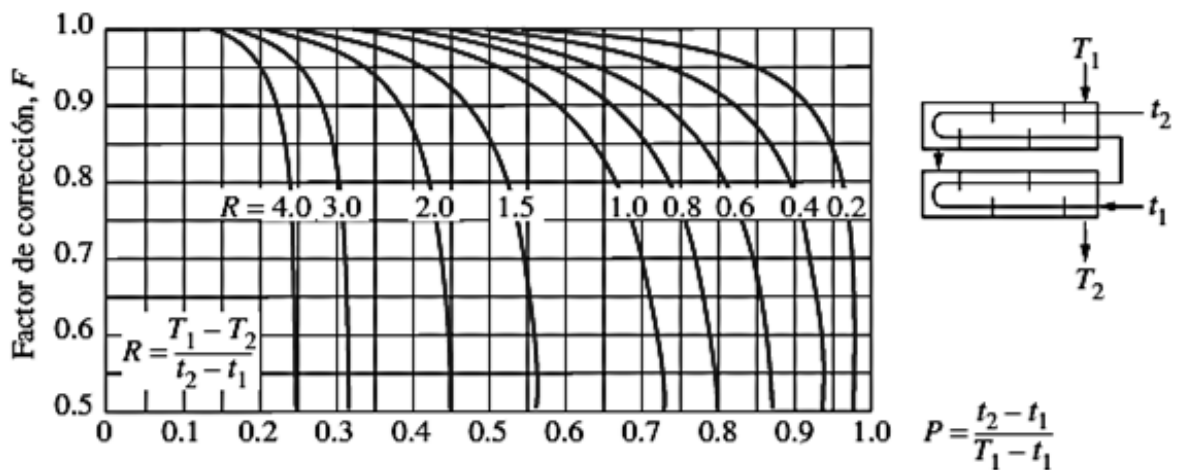
Número de Nusselt para flujo laminar completamente desarrollado en una corona circular con una de las superficies aislada y la otra isotérmica (Kays y Perkins, 1972).

D_i/D_o	Nu_i	Nu_o
0.00	—	3.66
0.05	17.46	4.06
0.10	11.56	4.11
0.25	7.37	4.23
0.50	5.74	4.43
1.00	4.86	4.86

Diagramas del factor de corrección F para intercambiadores de calor de Coraza y Tubos

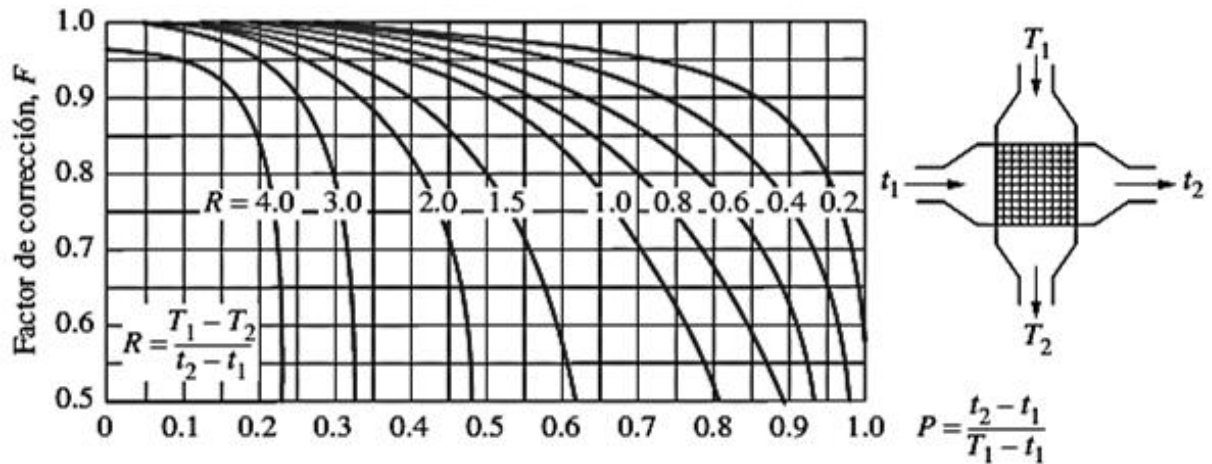


a) Un paso por la coraza y 2, 4, 6, etc. (cualquier múltiplo de 2) pasos por los tubos

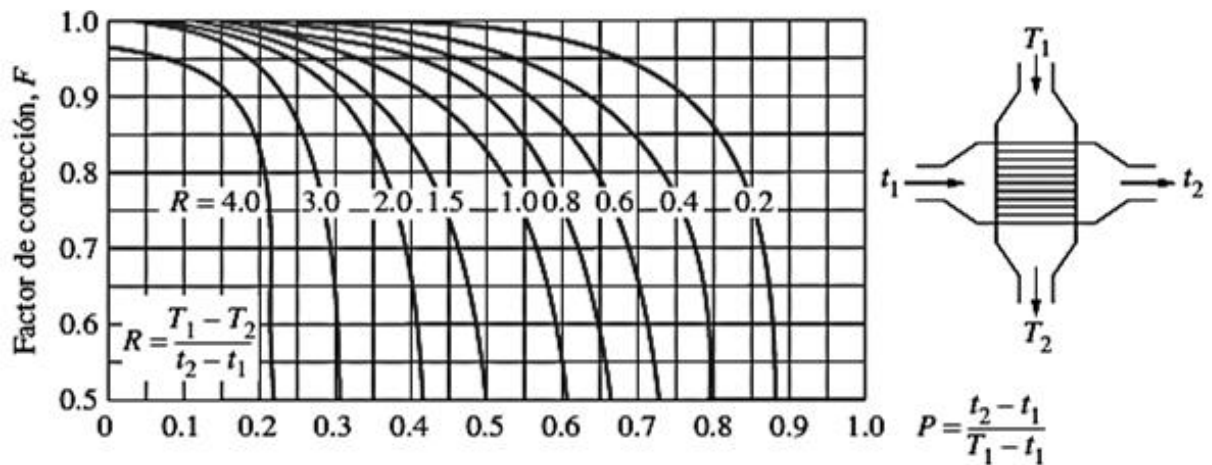


b) Dos pasos por la coraza y 4, 8, 12, etc. (cualquier múltiplo de 4) pasos por los tubos

Diagramas del factor de corrección F para intercambiadores de calor de Flujo Cruzado



c) Flujo cruzado de un solo paso con los dos fluidos de flujo no *mezclado*



d) Flujo cruzado de un solo paso con uno de los fluidos de flujo *mezclado* y el otro no *mezclado*

TABLA 11-4

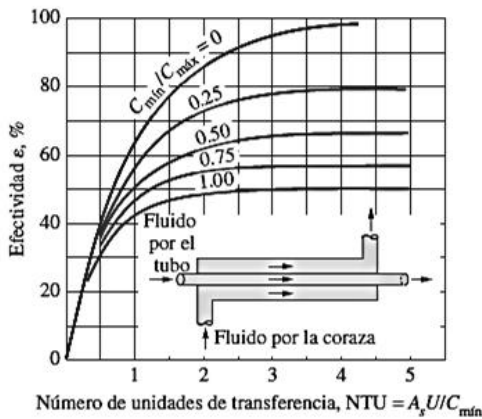
Relaciones de la efectividad para los intercambiadores de calor:

$$NTU = UA_s/C_{\min} \text{ y } c = C_{\min}/C_{\max} = (\dot{m}c_p)_{\min}/(\dot{m}c_p)_{\max}$$

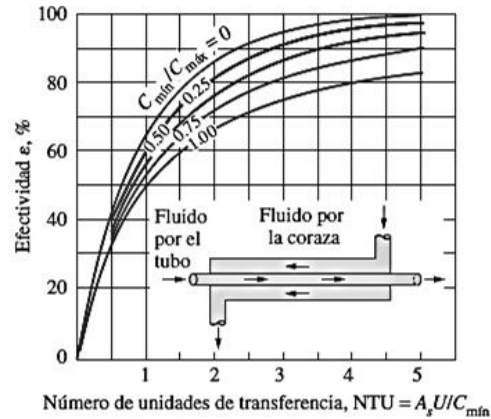
Tipo de intercambiador de calor	Relación de la efectividad
1 <i>Doble tubo:</i>	
Flujo paralelo	$\epsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 + c)]}{1 + c}$
Contraflujo	$\epsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 - c)]}{1 - c \exp[-NTU(1 - c)]}$
2 <i>Tubos y coraza:</i>	
Un paso por la coraza y	
2, 4, . . . pasos por los tubos	$\epsilon = 2 \left\{ 1 + c + \sqrt{1 + c^2} \frac{1 + \exp[-NTU\sqrt{1 + c^2}]}{1 - \exp[-NTU\sqrt{1 + c^2}]} \right\}^{-1}$
3 <i>Flujo cruzado (un solo paso):</i>	
Los dos fluidos en flujo no mezclado	$\epsilon = 1 - \exp \left\{ \frac{NTU^{0.22}}{c} [\exp(-c NTU^{0.78}) - 1] \right\}$
C_{\max} mezclado, C_{\min} no mezclado	$\epsilon = \frac{1}{c} (1 - \exp \{1 - c[1 - \exp(-NTU)]\})$
C_{\min} mezclado, C_{\max} no mezclado	$\epsilon = 1 - \exp \left\{ -\frac{1}{c} [1 - \exp(-c NTU)] \right\}$
4 <i>Todos los intercambiadores con $c = 0$</i>	$\epsilon = 1 - \exp(-NTU)$

Tomada de W. M. Kays y A. L. London. *Compact Heat Exchangers*, 3a. ed. McGraw-Hill, 1984. Reimpreso con autorización de William M. Kays.

Efectividad para los Intercambiadores de Calor

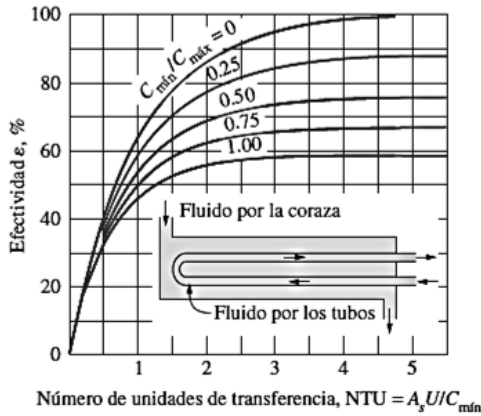


a) Flujo paralelo

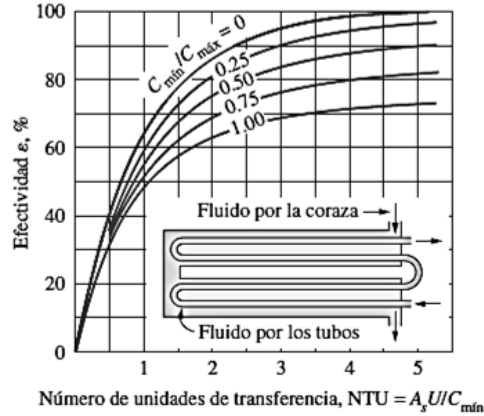


b) Contraflujo

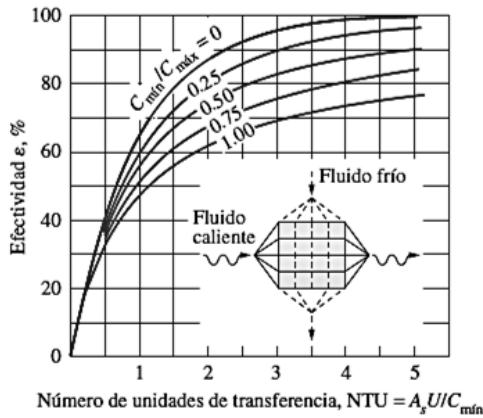
Efectividad para los Intercambiadores de Calor



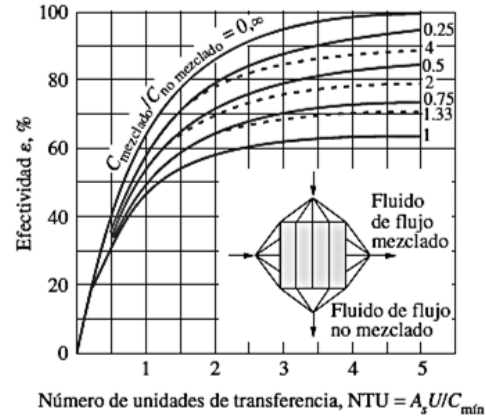
c) Un paso por la coraza y 2, 4, 6, . . . pasos por los tubos



d) Dos pasos por la coraza y 4, 8, 12, . . . pasos por los tubos



e) Flujo cruzado con los dos fluidos de flujo no mezclado



f) Flujo cruzado con uno de los fluidos de flujo mezclado y el otro no mezclado

TABLA 11-5

Relaciones del NTU para los intercambiadores de calor, $NTU = UA_s / C_{\min}$
y $c = C_{\min} / C_{\max} = (\dot{m} c_p)_{\min} / (\dot{m} c_p)_{\max}$

Tipo de intercambiador de calor	Relación del NTU
1 <i>Doble tubo:</i> Flujo paralelo	$NTU = -\frac{\ln [1 - \varepsilon(1 + c)]}{1 + c}$
Contraflujo	$NTU = \frac{1}{c - 1} \ln \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon c - 1} \right)$
2 <i>Tubos y coraza:</i> Un paso por la coraza y 2, 4, . . . pasos por los tubos	$NTU = -\frac{1}{\sqrt{1 + c^2}} \ln \left(\frac{2/\varepsilon - 1 - c - \sqrt{1 + c^2}}{2/\varepsilon - 1 - c + \sqrt{1 + c^2}} \right)$
3 <i>Flujo cruzado (un solo paso):</i> C_{\max} mezclado, C_{\min} no mezclado	$NTU = -\ln \left[1 + \frac{\ln(1 - \varepsilon c)}{c} \right]$
C_{\min} mezclado, C_{\max} no mezclado	$NTU = -\frac{\ln [c \ln(1 - \varepsilon) + 1]}{c}$
4 <i>Todos los intercambiadores con $c = 0$</i>	$NTU = -\ln(1 - \varepsilon)$

Tomada de W. M. Kays y A. L. London. *Compact Heat Exchangers*, 3a. ed. McGraw-Hill, 1984. Reimpreso con autorización de William M. Kays.