

CORRELACIONES PARA TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION

Parámetros adimensionales

Nº de Reynolds: $Re = \frac{\rho VL}{\mu} = \frac{VL}{\nu}$

Nº de Grashof: $Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2}$

Nº de Nusselt: $Nu = \frac{hL}{K_f}$

Nº de Rayleigh: $Ra = Gr \times Pr$

Nº de Prandtl: $Pr = \frac{C_p \mu}{K} = \frac{\nu}{\alpha}$

Nº de Peclet: $Pe = Re \times Pr$

Correlaciones convección forzada, flujo externo

Placa plana, flujo paralelo				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
1	$\bar{Nu}_L = 0.664 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$	Flujo laminar, T_s Cte, $0.6 \leq Pr < 50$	T_f	Polhausen
2	$\bar{Nu}_L = 0.6795 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$	Flujo laminar, q_s Cte	T_f	q_s Cte
3	$\bar{Nu}_L = (0.037 Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$	Flujo laminar – turbulento, T_s Cte $0.6 \leq Pr < 60$, $5 \times 10^5 \leq Re_L < 10^7$	T_f	Chilton Colburn
4	$\bar{Nu}_L = 0.037 Re_L^{4/5} Pr^{1/3}$	Flujo turbulento, T_s Cte $0.6 \leq Pr < 60$	T_f	Chilton Colburn
5	$\bar{Nu}_L = 0.680 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$	Longitud inicial no calentada	T_f	
6	$\bar{Nu}_L = \frac{0.6774 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0.0468 / Pr)^{2/3}]^{1/4}}$	Metales líquidos, $Pe_x \geq 100$	T_f	Churchill y Ozo
Conducto circular, flujo perpendicular				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
7	$\bar{Nu}_D = C Re_D^m Pr^{1/3}$ Tabla 1	$0.4 < Re_D < 4 \times 10^5$, $0.7 \leq Pr$	T_f	Hilpert
8	$\bar{Nu}_D = C Re_D^m Pr^n (Pr/Pr_s)^{1/4}$ Tabla 2	$1 < Re_D < 10^6$, $0.7 < Pr \leq 500$ $n = 0.37$ ($Pr \leq 10$) $n = 0.36$ ($Pr > 10$)	T_f , menos Pr_s a T_s	Zhukauskas

Tabla 1. Coeficientes Correlación de Hilpert

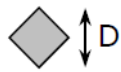
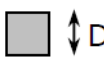
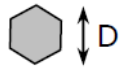
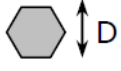

Re_D	C	m
0.4 - 4	0.989	0.330
4 - 40	0.911	0.385
40 - 4000	0.683	0.466
4000 - 40000	0.193	0.618
40000 - 400000	0.027	0.805

Tabla 2. Coeficientes Correlación de Zhukauskas

Re_D	C	m
1 - 40	0.75	0.4
40 - 1000	0.51	0.5
1000 - 2×10^5	0.26	0.6
2×10^5 - 10^6	0.076	0.7

Esfera				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
9	$\bar{Nu}_D = 2 + (0.48 Re_D^{1/2} + 0.06 Re_D^{2/3}) Pr^{0.4} (\mu / \mu_s)^{1/4}$	$3.5 < Re_D < 7.6 \times 10^4$ $0.71 < Pr < 300$ $1 < \mu / \mu_s < 3.2$	T_∞ , menos μ_s a T_s	Whitaker
Conducto no circular, flujo perpendicular				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
10	$\bar{Nu}_D = C Re_D^m Pr^{1/3}$ <i>Tabla 3</i> (Solo para gases)	$0.4 < Re_D < 4 \times 10^5$ $0.7 \leq Pr$	T_f	Hilpert

Tabla 3. Coeficientes de la correlación de Hilpert para conductos no circulares

Geometría	Re_D	C	m
Cuadrado			
$V \rightarrow$ 	$5 \times 10^3 - 10^5$	0.246	0.588
$V \rightarrow$ 	$5 \times 10^3 - 10^5$	0.102	0.675
Hexágono			
$V \rightarrow$ 	$5 \times 10^3 - 1.95 \times 10^4$	0.160	0.638
	$1.95 \times 10^4 - 10^5$	0.0385	0.782
$V \rightarrow$ 	$5 \times 10^3 - 10^5$	0.153	0.638
Placa vertical			
$V \rightarrow$ 	$4 \times 10^3 - 1.5 \times 10^4$	0.228	0.731

Banco de tubos, flujo perpendicular				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
11	$\bar{Nu}_D = 1.13C_1C_2 Re_{D,max}^m Pr^{1/3}$ Tabla 4 y 5	$2 \times 10^3 < Re_{D,max} < 4 \times 10^4$ $0.7 \leq Pr$	T_f	Grimison
12	$\bar{Nu}_D = C_1C_2 Re_{D,max}^m Pr^{0.36} (Pr/Pr_s)^{1/4}$ Tabla 6 y 7	$10^3 < Re_{D,max} < 2 \times 10^6$ $0.7 < Pr \leq 500$	T_f , menos Pr_s a T_s	Zhukauskas

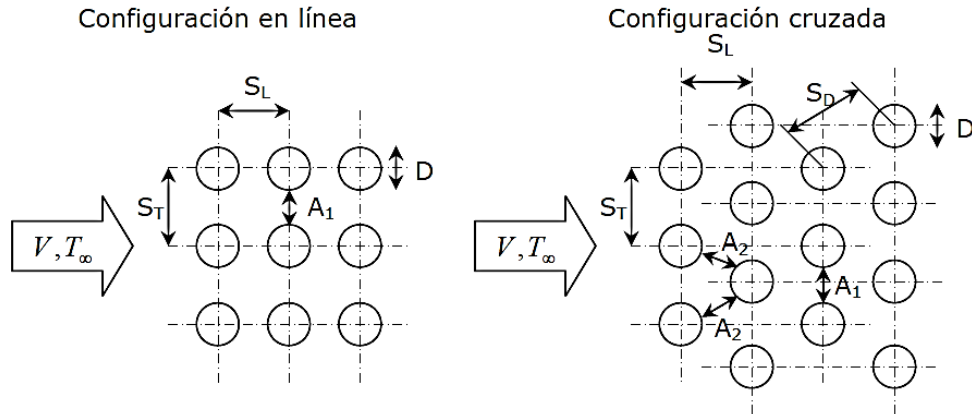


Tabla 4. Coeficiente C_1 y m de la correlación de Grimison

Distribución	S_L/D	S_T/D							
		1.25		1.50		2.00		3.00	
		C_1	m	C_1	m	C_1	m	C_1	m
En línea	1.25	0.348	0.592	0.275	0.608	0.100	0.704	0.063	0.752
	1.5	0.367	0.586	0.250	0.620	0.101	0.702	0.068	0.744
	2	0.418	0.570	0.299	0.602	0.229	0.632	0.198	0.648
	3	0.290	0.601	0.357	0.584	0.374	0.581	0.286	0.608
Cruzada	0.6	-	-	-	-	-	-	0.213	0.636
	0.9	-	-	-	-	0.446	0.571	0.401	0.581
	1	-	-	0.479	0.558	-	-	-	-
	1.125	-	-	-	-	0.478	0.565	0.518	0.560
	1.25	0.518	0.556	0.505	0.554	0.519	0.556	0.522	0.562
	1.5	0.451	0.568	0.460	0.562	0.452	0.568	0.488	0.568
	2	0.404	0.572	0.416	0.568	0.482	0.556	0.449	0.570
3	0.310	0.592	0.356	0.580	0.440	0.562	0.428	0.574	

Tabla 5. Coeficiente C_2 de la correlación de Grimison

N (nº filas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
En línea	0.64	0.80	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99
Cruzada	0.68	0.75	0.83	0.89	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99

Tabla 6. Coeficiente C_1 y m de la correlación de Zhukauskas

Configuración	$Re_{D,max}$	C_1	m
En línea	$10 - 10^2$	0.8	0.4
Cruzada	$10 - 10^2$	0.9	0.4
En línea/Cruzada	$10^2 - 10^3$	Considerar como tubos aislados	
En línea ($S_T/S_L > 0.7$)	$10^3 - 2 \times 10^5$	0.27	0.63
Cruzada ($S_T/S_L < 2$)	$10^3 - 2 \times 10^5$	$0.35(S_T/S_L)^{1/5}$	0.6
Cruzada ($S_T/S_L > 2$)	$10^3 - 2 \times 10^5$	0.4	0.6
En línea	$2 \times 10^5 - 2 \times 10^6$	0.021	0.84
Cruzada	$2 \times 10^5 - 2 \times 10^6$	0.022	0.84

Tabla 7. Coeficiente C_2 de la correlación de Zhukauskas

N (nº filas)	1	2	3	4	5	7	10	13	16
En línea	0.70	0.80	0.86	0.90	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99
Cruzada	0.64	0.76	0.84	0.89	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99

Correlaciones convección forzada, flujo interno

Conducto circular				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
13	$Nu_D = 3.66$	Flujo laminar, completamente desarrollado, T_s Cte, $Pr \geq 0.6$	T_m	
14	$Nu_D = 4.36$	Flujo laminar, completamente desarrollado, Q_s Cte, $Pr \geq 0.6$	T_m	
15	$\bar{Nu}_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n$	Flujo turbulento, completamente desarrollado, $Re_D > 10000$ $0.6 \leq Pr \leq 160$, $n = 0.4$ para $T_s > T_m$ $n = 0.3$ para $T_s < T_m$, $(L/D) > 10$	T_m	Dittus – Boelter
Conducto no circular				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
16	Nu_D (Tabla 8)	Flujo laminar, completamente desarrollado	T_m	
17	$\bar{Nu}_D =$ Correlación 15 con $D = D_h = \frac{4A_C}{P}$	Flujo turbulento, completamente desarrollado, A_C : Área de la sección transversal, P : Perímetro	T_m	
Anillos concéntricos, con una superficie isotérmica y la otra superficie adiabática				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
18	Nu_D (Tabla 9)	Flujo laminar, completamente desarrollado	T_m	
19	$Nu_D =$ Correlación 15 con $D = D_h = D_o - D_i$	Flujo turbulento, completamente desarrollado	T_m	

Tabla 8. Número de Nusselt y factor de fricción, para flujo laminar completamente desarrollado, en conductos no circulares.










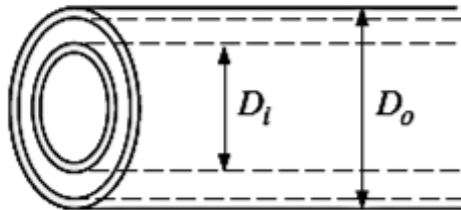
Sección transversal	$\frac{b}{a}$	$Nu_D \equiv \frac{hD_h}{k}$		$f Re_{D_h}$
		q'_s uniforme	T_s uniforme	
	-	4.36	3.66	64
	1.0	3.61	2.98	57
	1.43	3.73	3.08	59
	2.0	4.12	3.39	62
	3.0	4.79	3.96	69
	4.0	5.33	4.44	73
	8.0	6.49	5.60	82
	∞	8.23	7.54	96
	-	3.11	2.47	53

Tabla 9. Número de Nusselt, anillos concéntricos, flujo laminar.

D_i/D_o	Nu_i	Nu_o
0	-	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



Correlaciones convección natural, placa plana vertical, inclinada y horizontal.

Placa plana vertical				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
20	$\bar{Nu}_L = C Ra_L^n$ (Tabla 10)	T_s Cte	T_f	McAdams
21	$\bar{Nu}_L = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \right\}^2$	T_s Cte $10^{-1} < Ra_L \leq 10^{12}$	T_f	Churchill y Chu
22	$\bar{Nu}_L = 0.68 + \frac{0.670 Ra_L^{1/4}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$	Laminar, T_s Cte $10^{-1} < Ra_L \leq 10^9$	T_f	Churchill y Chu

Placa plana inclinada, ($\theta = \text{Ángulo de la placa con la vertical}$)				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
23	Correlaciones 20, 21 y 22 sustituyendo Ra_L por $Ra_L \cos\theta$	$0^\circ < \theta < 60^\circ$, superficie superior fría o superficie inferior caliente	T_f	
Placa plana horizontal				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
24	$\bar{Nu}_L = C Ra_L^n$ (Tabla 11)	T_s Cte, superficie superior caliente o superficie inferior fría. Longitud característica $L = A_s/P$	T_f	McAdams
25	$\bar{Nu}_L = 0.27 Ra_L^{1/4}$	T_s Cte, superficie superior fría o superficie inferior caliente. Longitud característica $L = A_s/P$	T_f	McAdams

Tabla 10. Coeficientes C y n de la correlación 20

Tipo de flujo	Ra_L	C	n
Laminar	$10^4 - 10^9$	0.59	1/4
Turbulento	$10^9 - 10^{13}$	0.10	1/3

Tabla 11. Coeficientes C y n de la correlación 24

Tipo de flujo	Ra_L	C	n
Laminar	$10^4 - 10^7$	0.54	1/4
Turbulento	$10^7 - 10^{11}$	0.15	1/3

Correlaciones convección natural, cilindro largo horizontal y esfera.

Cilindro largo horizontal				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
26	$\bar{Nu}_D = C Ra_D^n$ (Tabla 12)	Medio, T_s Cte	T_f	Morgan
Esfera				
Nº	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
27	$\bar{Nu}_D = 2 + \frac{0.589 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.469 / Pr)^{9/16}]^{4/9}}$	Medio, T_s Cte, $Ra_D \leq 10^{11}$ $Pr \geq 0.7$	T_f	Churchill

Tabla 12. Coeficientes C y n de la correlación 26

Ra_D	C	n
$10^{-10} - 10^{-2}$	0.675	0.058
$10^{-2} - 10^2$	1.020	0.148
$10^2 - 10^4$	0.850	0.188
$10^4 - 10^7$	0.480	1/4
$10^7 - 10^{12}$	0.125	1/3