



UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES  
MERIDA-VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
TRANSFERENCIA DE CALOR

# CONVECCION NATURAL

PROF. FRANZ RAIMUNDO

**EN ESTA CLASE:**

## **CONVECCION NATURAL**

- **Fundamentos**
- **Aplicaciones**
- **Consideraciones físicas**
- **Parámetros adimensionales**
- **Convección libre y forzada**
- **Correlaciones**

# FUNDAMENTOS

Anteriormente se consideró la transferencia de calor por convección en corrientes de fluido que se originan de una condición de forzamiento externo, inducido por ejemplo a través de un ventilador o bomba.

Si se considera ahora la situación en la que no hay velocidad forzada y en las que no obstante, aún hay corrientes de convección dentro del fluido, nos referimos a la convección libre o natural.

Mediante el impulso de una corriente de fluido se pueden obtener coeficientes de convección mayores, lo cual podría hacer pensar que la convección libre es despreciable. Sin embargo, es de gran utilidad en muchos procesos de transferencia de calor.

# APLICACIONES

## DISPOSITIVOS ELECTRONICOS



# APLICACIONES

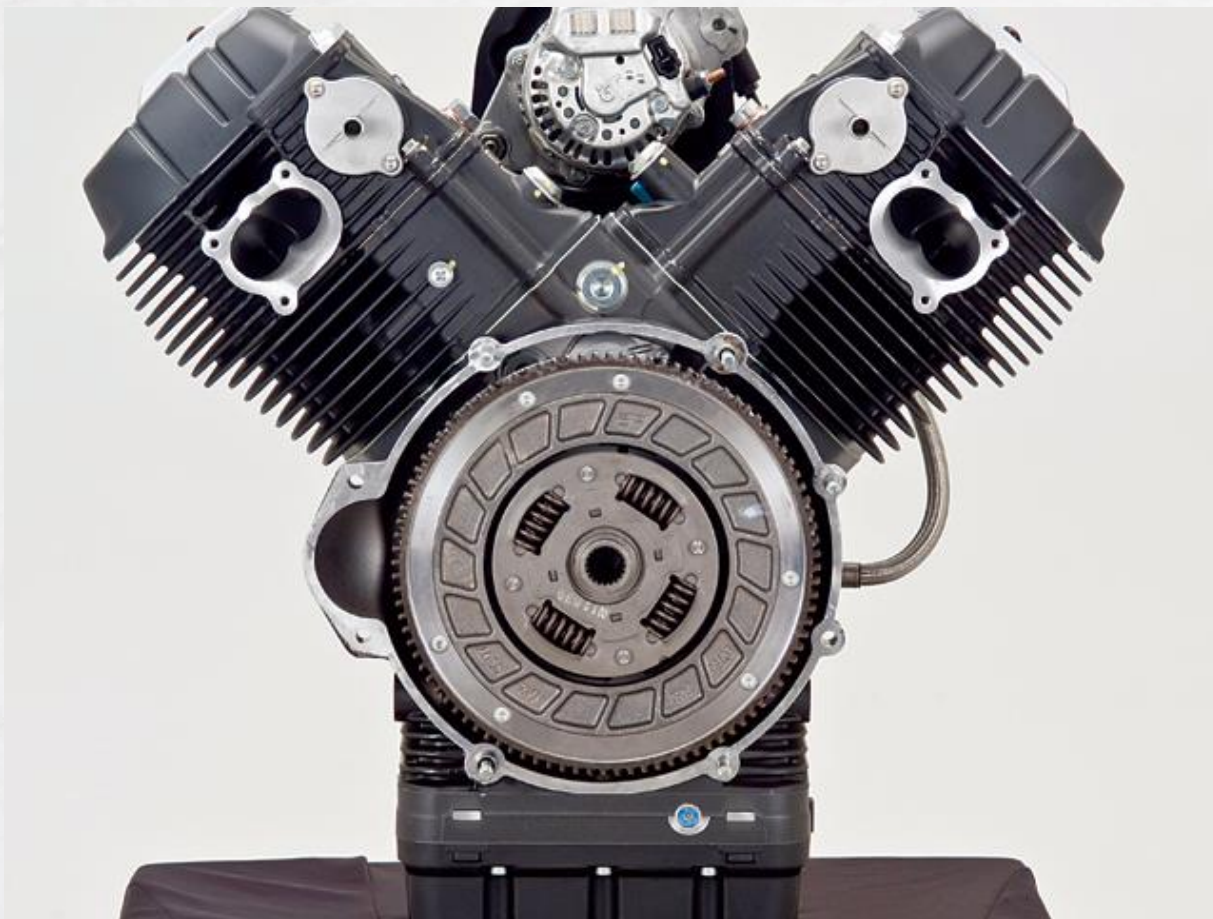
## LINEAS DE TRANSMISION





# APLICACIONES

## MOTORES

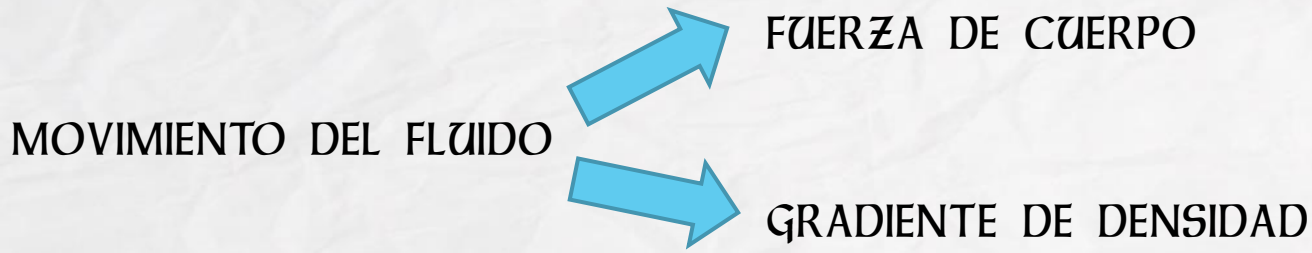


# APLICACIONES

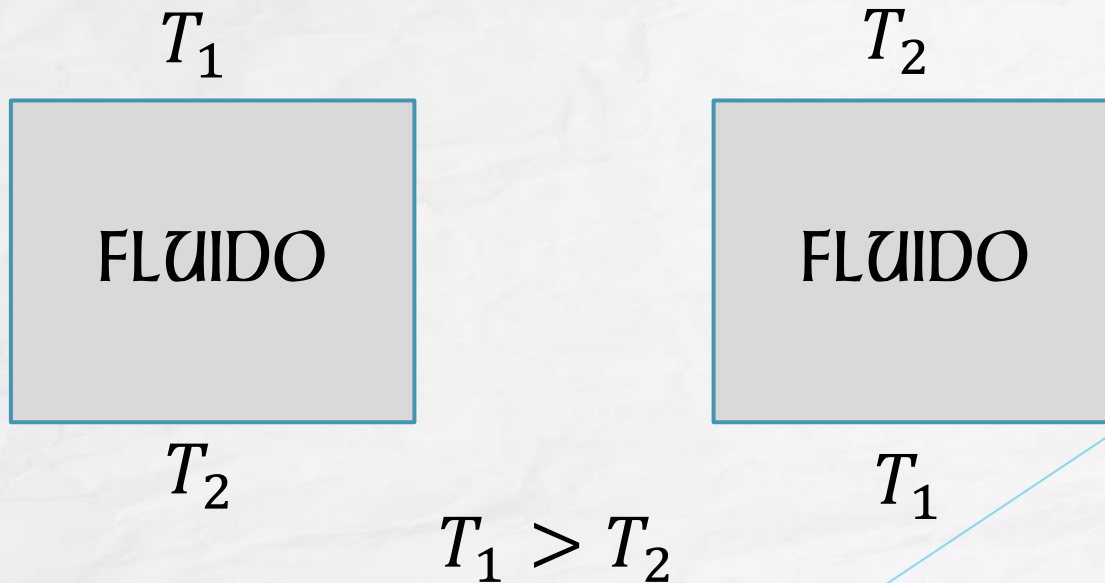
## REFRIGERACION



# CONSIDERACIONES FISICAS

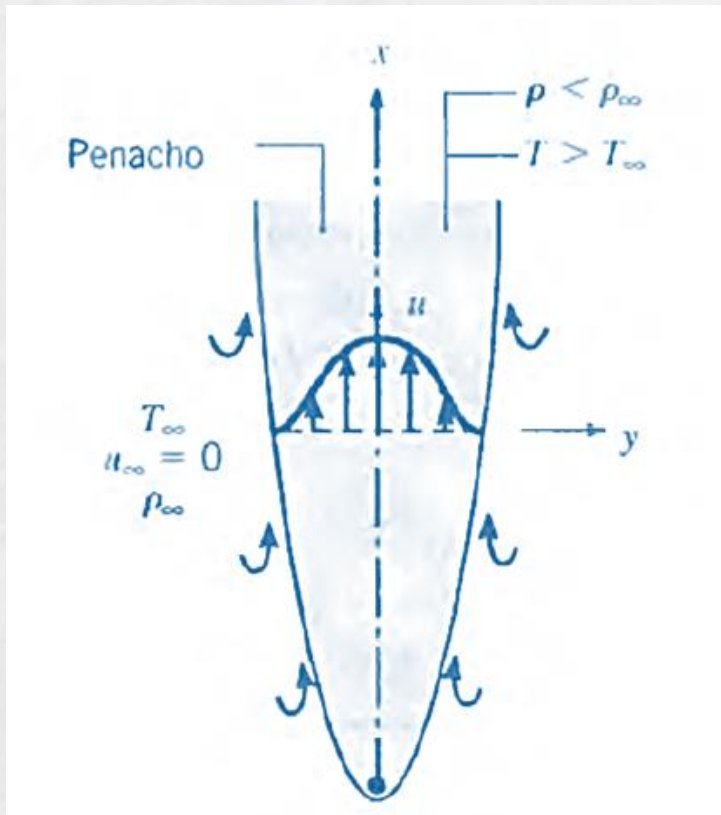


FUERZA DE CUERPO + GRADIENTE DE DENSIDAD = FUERZA DE EMPUJE

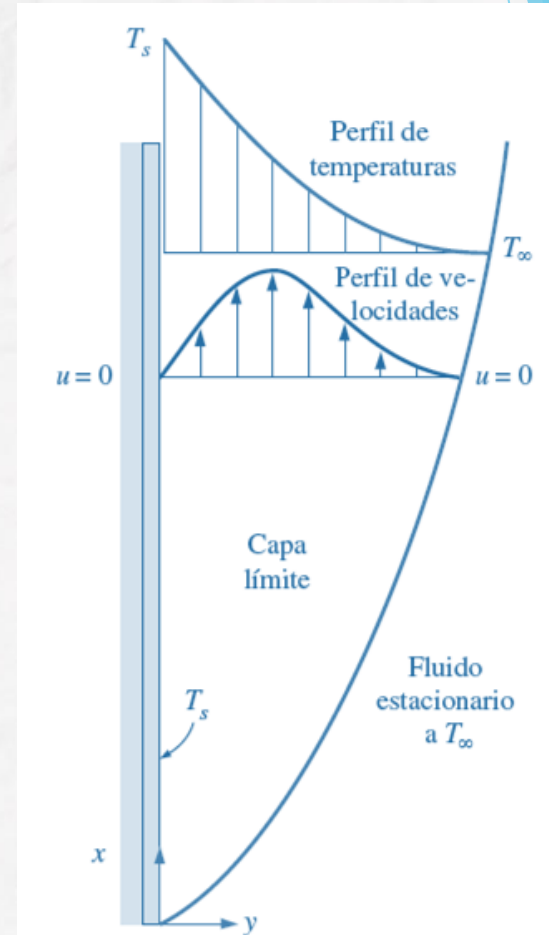




# CONSIDERACIONES FISICAS



Cilindro horizontal



Placa plana

$$T_s > T_\infty$$

# PARAMETROS ADIMENSIONALES

## NÚMERO DE GRASHOF ( $Gr$ )

$$Gr_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) \cdot L^3}{\nu^2}$$

→ FUERZA DE EMPUJE

→ FUERZA VISCOSA

*Dónde:*

$g$  = Aceleración de gravedad

$\beta$  = Coeficiente de expansión volumétrica (1/K)

$\Delta T = T_s - T_\infty$  o viceversa

$L$  = Longitud característica

$\nu$  = Viscosidad cinemática

## COEFICIENTE DE EXPANSIÓN VOLUMÉTRICA

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \cdot \left( \frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_P$$

GAS IDEAL

$$\beta = \frac{1}{T}$$

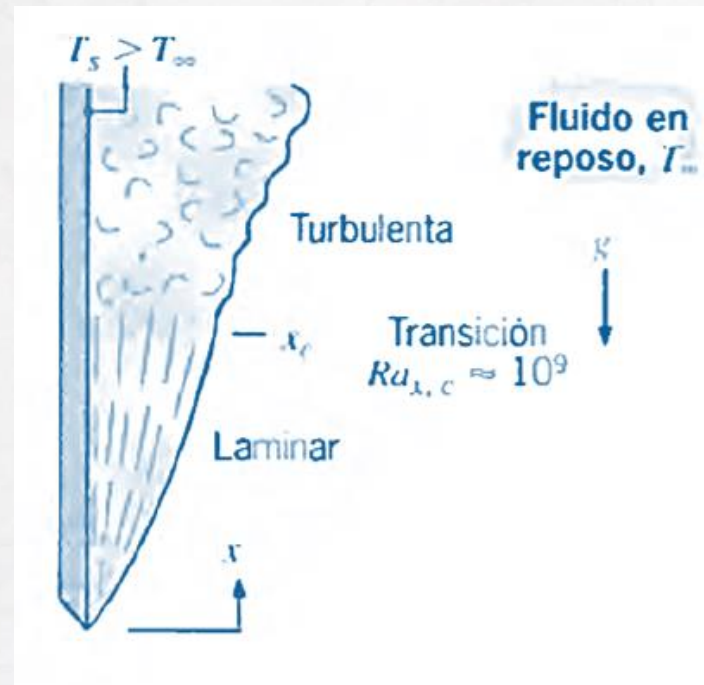
# PARAMETROS ADIMENSIONALES

NÚMERO DE RAYLEIGH (Ra)

$$Ra_L = Gr_L \cdot Pr$$

NÚMERO DE RAYLEIGH CRITICO

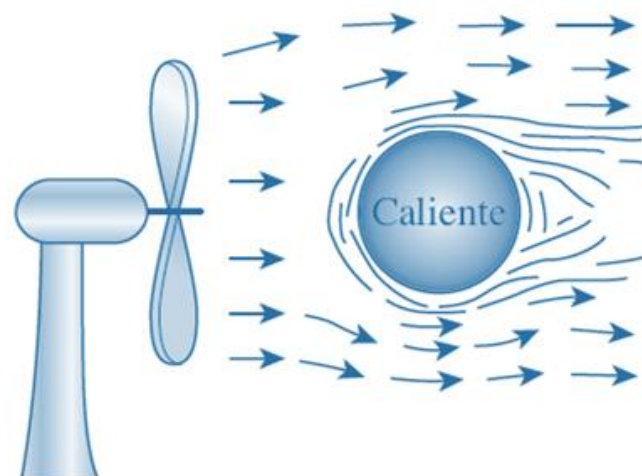
$$Ra_{x,c} = Gr_{x,c} \cdot Pr = 10^9$$



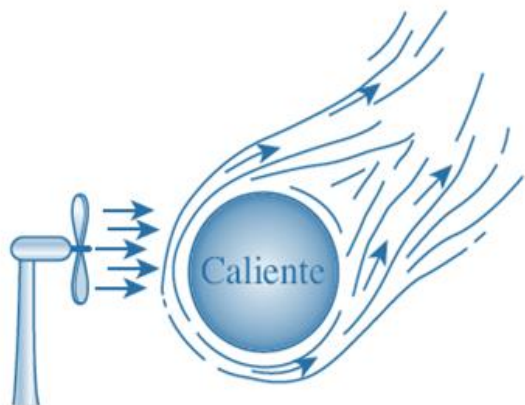
# CONVECCION LIBRE Y FORZADA



a) Convección natural ( $Gr_L / Re_L^2 \gg 1$ )



b) Convección forzada ( $Gr_L / Re_L^2 \ll 1$ )



c) Convección mixta ( $Gr_L / Re_L^2 \approx 1$ )



# CORRELACIONES

## PLACA PLANA VERTICAL

Placa plana vertical				
N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
20	$\overline{Nu}_L = C Ra_L^n$ (Tabla 10)	$T_s$ Cte	$T_f$	McAdams
21	$\overline{Nu}_L = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{[1+(0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$	$T_s$ Cte $10^{-1} < Ra_L \leq 10^{12}$	$T_f$	Churchill y Chu
22	$\overline{Nu}_L = 0.68 + \frac{0.670 Ra_L^{1/4}}{[1+(0.492/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$	Laminar, $T_s$ Cte $10^{-1} < Ra_L \leq 10^9$	$T_f$	Churchill y Chu

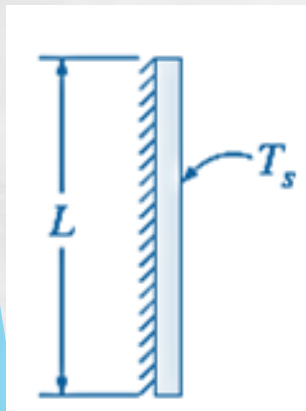
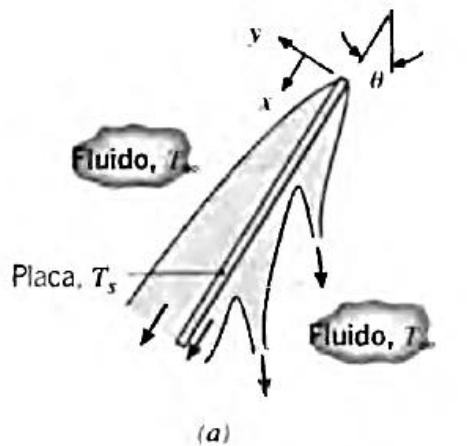


Tabla 10. Coeficientes C y n de la correlación 20

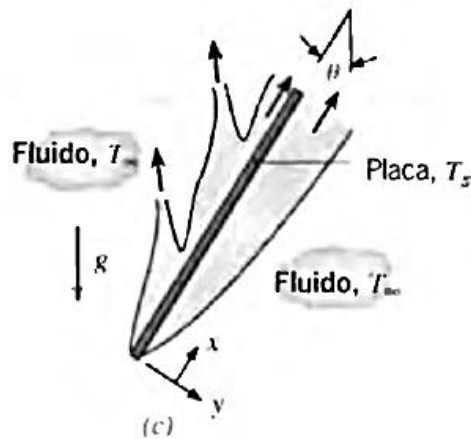
Tipo de flujo	$Ra_L$	C	n
Laminar	$10^4 - 10^9$	0.59	1/4
Turbulento	$10^9 - 10^{13}$	0.10	1/3

# CORRELACIONES

## PLACA PLANA INCLINADA



SUPERFICIE SUPERIOR FRIA



SUPERFICIE INFERIOR CALIENTE

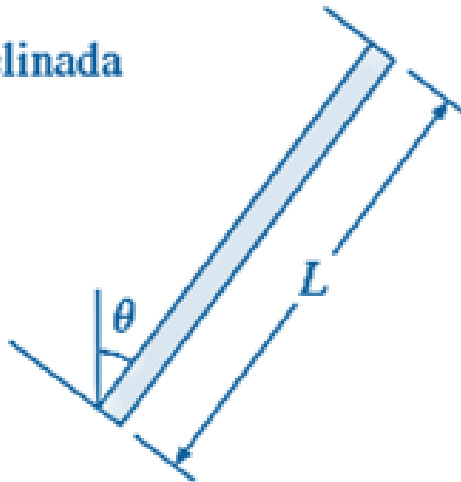
# CORRELACIONES

## PLACA PLANA INCLINADA

Placa plana inclinada, ( $\theta = \text{Ángulo de la placa con la vertical}$ )

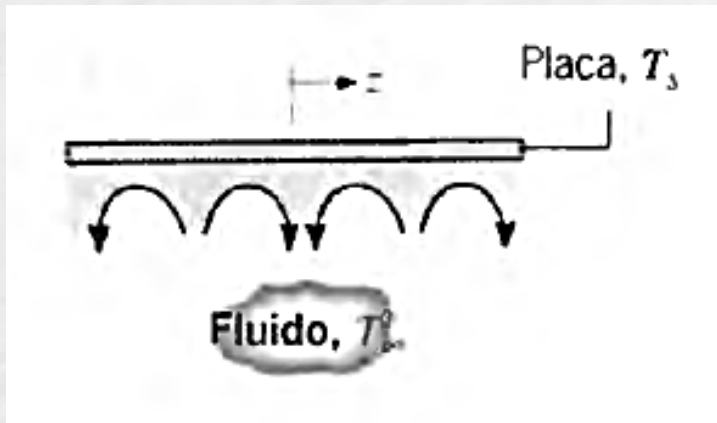
N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
23	Correlaciones 20, 21 y 22 sustituyendo $Ra_L$ por $Ra_L \cos\theta$	$0^\circ < \theta < 60^\circ$ , superficie superior fría o superficie inferior caliente	$T_f$	

Placa inclinada

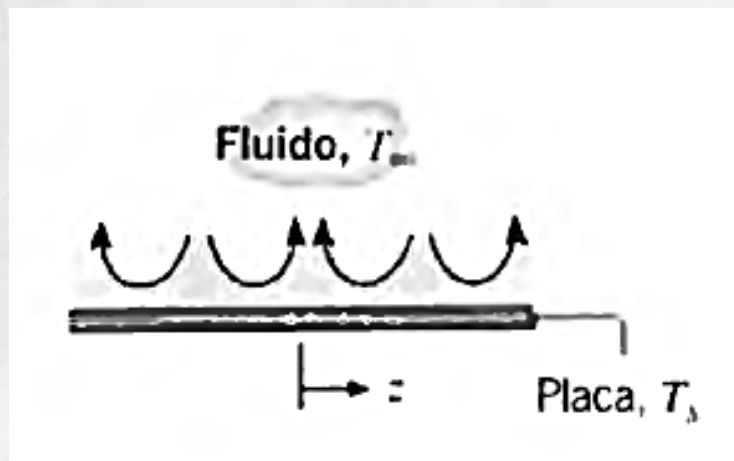


# CORRELACIONES

## PLACA PLANA HORIZONTAL



SUPERFICIE INFERIOR  
FRÍA



SUPERFICIE SUPERIOR  
CALIENTE



# CORRELACIONES

## PLACA PLANA HORIZONTAL

Placa plana horizontal				
N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
24	$\overline{Nu}_L = C Ra_L^n$ (Tabla 11)	$T_s$ Cte, superficie superior caliente o superficie inferior fría. Longitud característica $L = A_s/P$	$T_f$	McAdams
25	$\overline{Nu}_L = 0.27 Ra_L^{1/4}$	$T_s$ Cte, superficie superior fría o superficie inferior caliente. Longitud característica $L = A_s/P$	$T_f$	McAdams

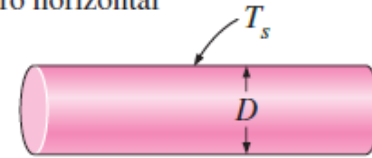
Tabla 11. Coeficientes C y n de la correlación 24

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

## CILINDRO LARGO HORIZONTAL

Cilindro horizontal



Cilindro largo horizontal				
N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
26	$\overline{Nu}_D = C Ra_D^n$ (Tabla 12)	Medio, $T_s$ Cte	$T_f$	Morgan

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

CILINDRO VERTICAL → PLACA VERTICAL →

$$D \geq \frac{35L}{Gr_L^{0,25}}$$