

UNIDAD 1:

TRANSFERENCIA DE CALOR

Auxiliar N°4: Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección

Profesor: Tomás Vargas Valero

Transferencia de Calor por Convección

CONVECCIÓN

Traspaso de calor que ocurre por el movimiento de un fluido, que capta o cede energía de o a un cuerpo, dependiendo si el cuerpo está con mayor o menor temperatura.

Ley de Newton

$$Q = hA(T_s - T)$$

, donde: T_s = temperatura de la superficie del cuerpo

T = temperatura del fluido

h = coeficiente de transferencia de calor por convección

Convección
natural

El movimiento del fluido se debe a diferencias de densidades presentes en él, como resultado de diferencias de temperaturas

<

Convección
forzada

Esta transferencia de calor se debe al movimiento de un fluido, movimiento provocado por medio de una bomba, agitador, compresor o ventilador

Convección Natural

Convección sin cambio de fase

- **Número de Prandtl:** relaciona las propiedades de viscosidad y conductividad térmica del fluido

$$N_{PR} = \frac{C_p \mu}{k}$$

- **Número de Grashof:** relaciona fuerzas de rozamiento, inercia y flotación debidas a diferencias de densidades entre distintos puntos del fluido no isotérmico

$$N_{GR} = \frac{\beta g \rho^2 L^3 \Delta T}{\mu^2} = \frac{\beta g L^3 \Delta T}{\nu^2}$$

- **Número de Nusselt:** relaciona la transferencia de calor por convección y la por conducción

$$N_{NU} = \frac{hL}{k}$$

Reynolds

$$N_{Re} = \frac{D G}{\mu}$$

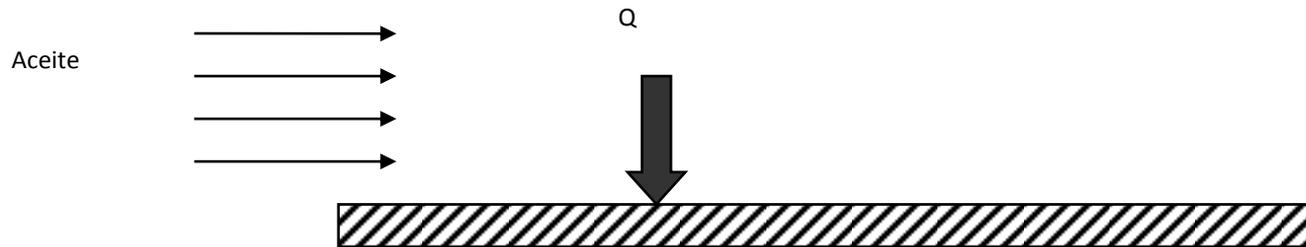
μ = viscosidad
 C_p = capacidad calorífica
 ρ = densidad
 L = longitud de la superficie
 g = aceleración de gravedad
 β = coeficiente de expansión térmica
 ν = viscosidad cinemática

Convección Natural – Forzada

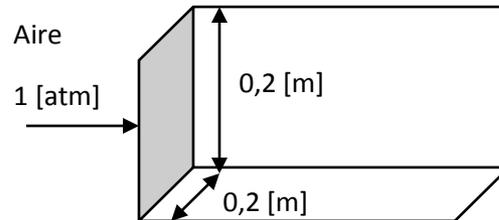
Convección sin cambio de fase

□ Superficies paralelas a un flujo

Aceite caliente viajando sobre una superficie plana...



Aire a través de un ducto de ventilación...

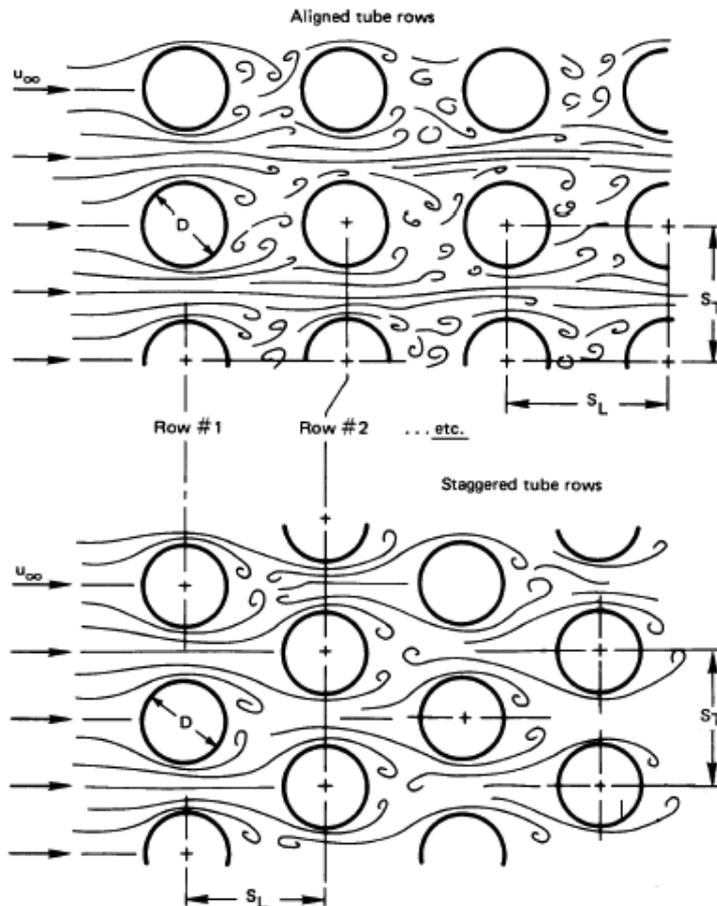


¿Cómo cambia la situación si ponemos flujo perpendicular a las superficies?

Convección Natural – Forzada

Convección sin cambio de fase

□ Banco de tubos



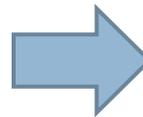
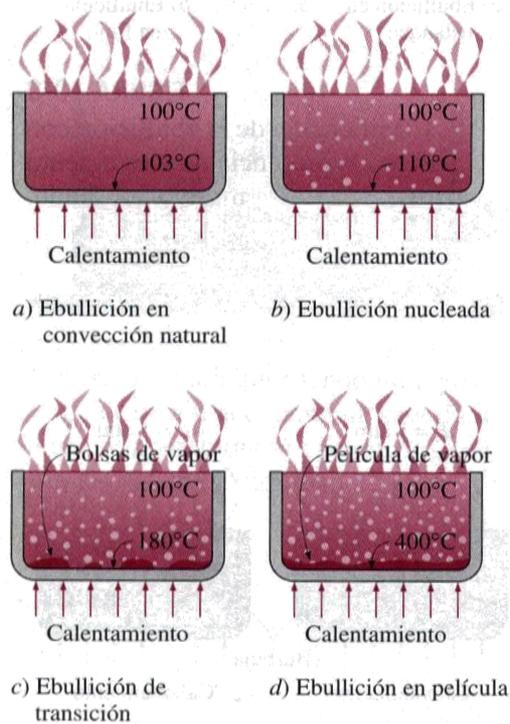
- Efectos de turbulencia importantes
- Efectos difieren según el ángulo fluido superficie

¡IMPORTANTE!
Conceptos de capa límite y
coeficiente de fricción

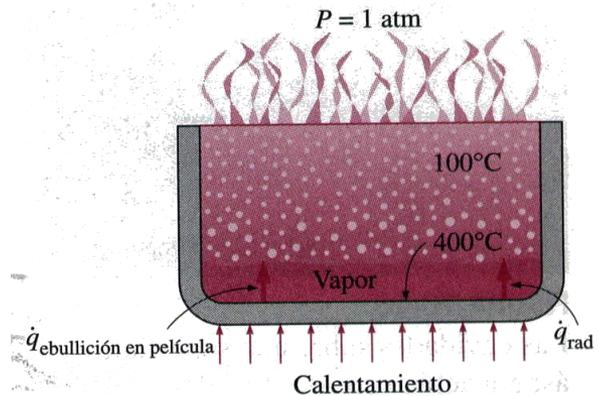
Convección Natural – Forzada

Convección con cambio de fase

□ Ebullición de líquidos



Ebullición en película



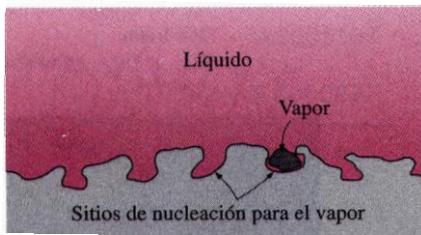
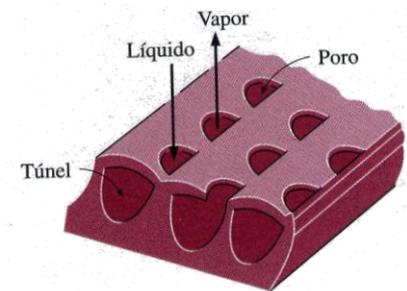
Transferencia de calor por radiación

Transcendente la formación de burbujas en los procesos de transferencia de calor

Convección Natural – Forzada

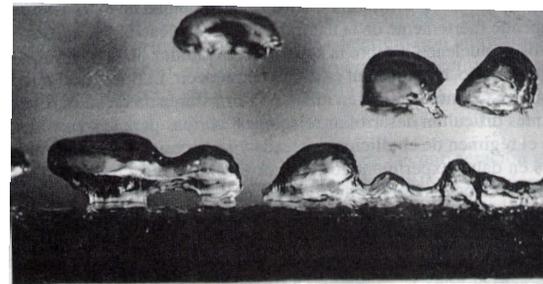
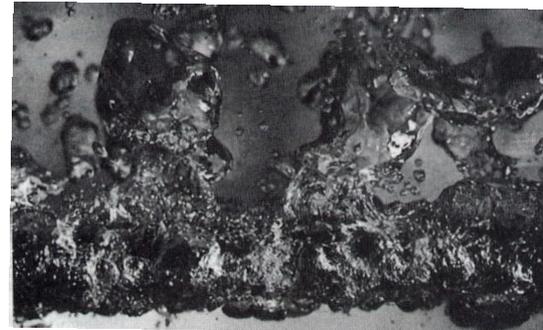
Convección con cambio de fase

□ Ebullición de líquidos



Superficies que favorecen la nucleación

Pero... ¿qué es la nucleación?
¿qué importancia tiene?

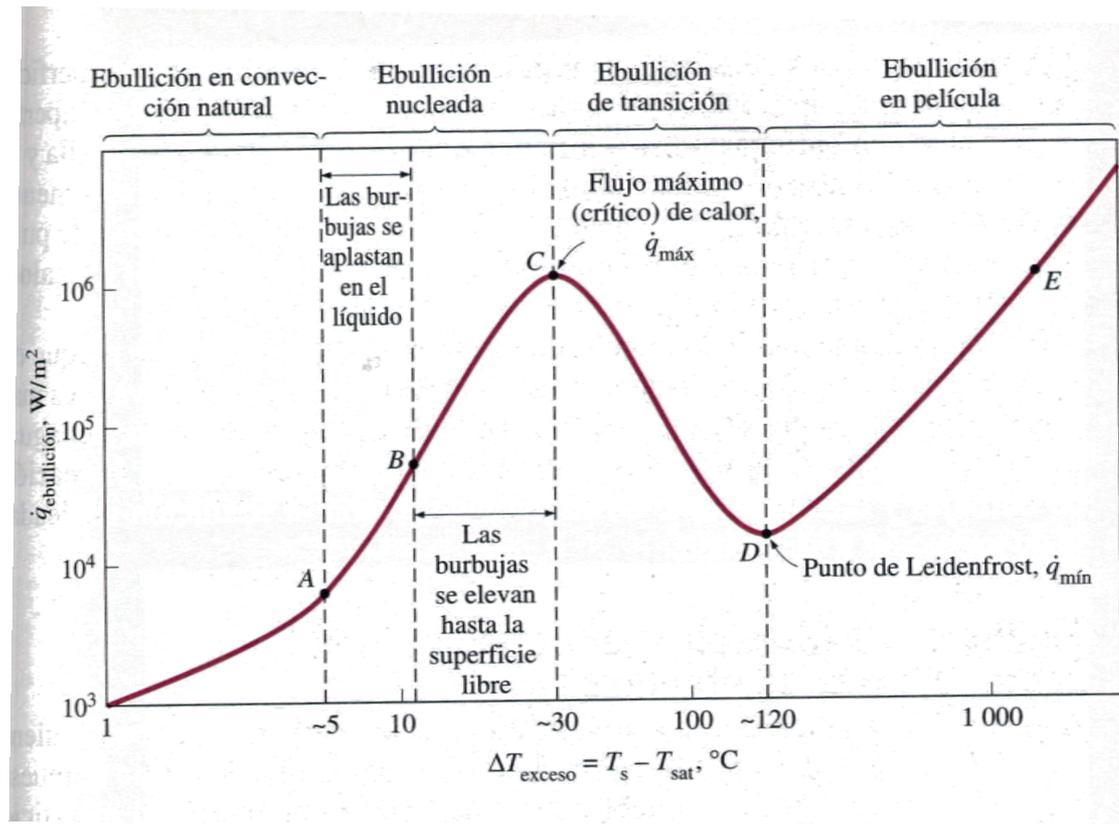


Esquema de formación de burbujas

Convección Natural – Forzada

Convección con cambio de fase

□ Ebullición de líquidos

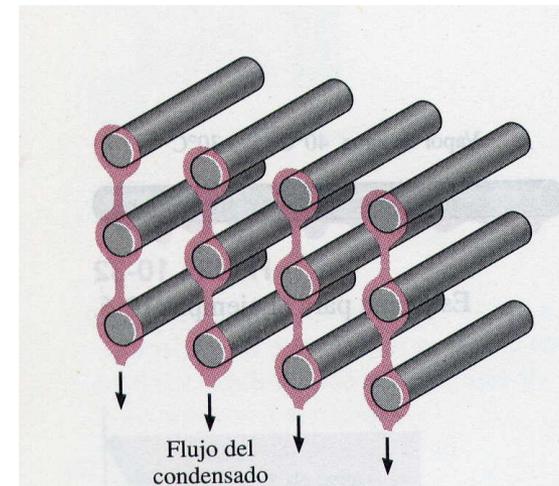
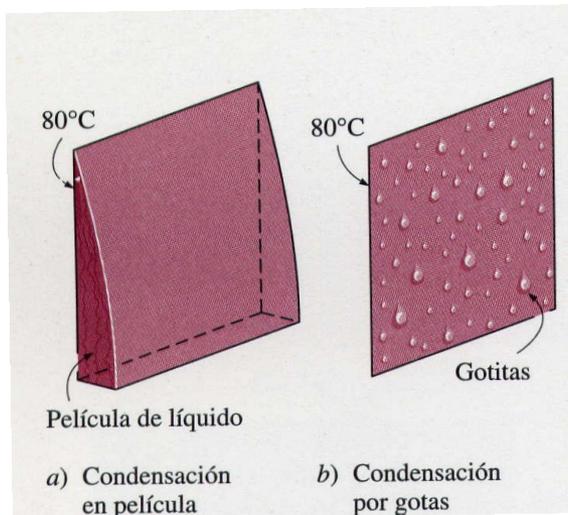


Curva típica de ebullición para agua a la presión de 1 atm

Convección Natural – Forzada

Convección con cambio de fase

□ Condensación de líquidos



El fluido cae por los tubos del equipo

Qué es más favorable: ¿vertical u horizontal?

Convección en Intercambiadores de Calor

□ Intercambiador carcasa – tubo

- Alteraciones de las velocidades del fluido y las áreas de contacto (paralelas – perpendiculares)
- Efectos de los buffles generan turbulencia y desorden en los fluidos por el exterior

Área libre para el flujo en la ventana de la placa deflectora

$$S_b = \frac{f_b \cdot \pi \cdot D_s^2}{4} - \frac{N_b \cdot \pi \cdot D_o^2}{4}$$

f_b = fracción del área de la sección transversal de la coraza ocupada por la ventana de la placa deflectora (comúnmente 0,1955)

D_s = diámetro interior de la coraza

N_b = número de tubos en la ventana de la placa deflectora

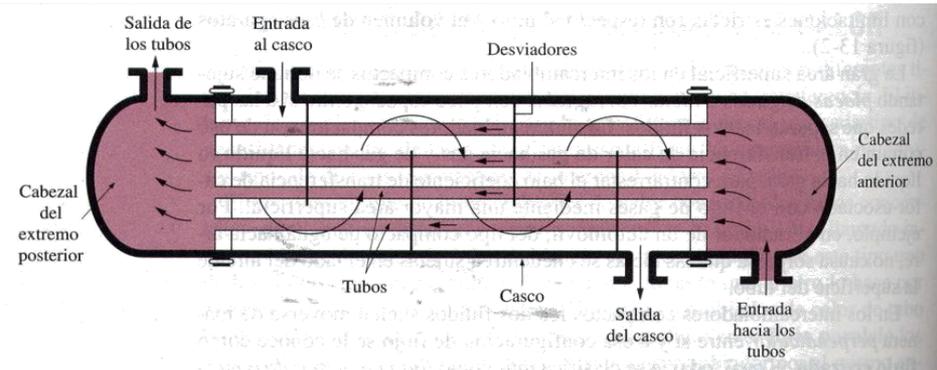
D_o = diámetro exterior de los tubos

Área para el flujo transversal entre los tubos de la hilera

$$S_c = P \cdot D_s \cdot \left(1 - \frac{D_o}{P}\right)$$

p = distancia entre centros de tubos

P = espacio (*pitch*) entre placas deflectoras



Convección en Intercambiadores de Calor

□ Intercambiador carcasa – tubo

- Alteraciones de las velocidades del fluido y las áreas de contacto (paralelas – perpendiculares)
- Efectos de los buffles generan turbulencia y desorden en los fluidos por el exterior

Flujo paralelo a los tubos

$$G_b = \frac{m}{S_b}$$

Flujo perpendicular a los tubos

$$G_c = \frac{m}{S_c}$$

Ecuación de Donohue

$$\frac{h_o \cdot D_o}{k} = 0,2 \cdot \left(\frac{D_o \cdot G_e}{\mu} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$G_e = \sqrt{G_b \cdot G_c}$$