

Entregable EC2 Transmisión del calor curso 2020-2021

1-Un plano indefinido de 1000 K de temperatura y emisividad 0,2 radía hacía la cara anterior de una pared plana de acero de 2 cm de espesor. La otra cara (posterior) de esta pared se mantiene a la temperatura de 300 K. Si la emisividad de la cara anterior es de 0,8 y la conductividad térmica del acero es de 0,0116 W/m°C , calcular la temperatura (o la ecuación de la que se puede calcular) de la cara anterior de la pared de acero. (Dato: $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ (SI)).

2- Un intercambiador de calor constituido por unos tubos concéntricos de acero de conductividad térmica $k=200$ W/m°C , se emplean para enfriar un caudal másico de 500 kg/hr de una sustancia cuyo calor específico es 1.881 kJ/kg°C, utilizando agua como refrigerante. El agua entra por el interior de los tubos a 15°C con un caudal de 450 kg/hr en contracorriente con la sustancia que entra a 95°C. El tubo interno tiene un diámetro interno de 3cm y un espesor de 3mm, En las condiciones de operación se ha determinado los coeficientes de convección siendo el interno $h_i=2674$ W/m²°C y el externo $h_e=1744$ W/m²°C. Determinar la temperatura de salida de cada uno de los fluidos si la longitud del tubo es de 4m y el calor específico del agua igual a 4.18 kJ/kg°C.

3- Una aleta de sección cuadrada de 10 cm de lado y de longitud 1m se une a una base a 400°C y el conjunto se sitúa en un ambiente a 25°C. En régimen permanente se observa que la temperatura de la aleta en su punto a 30cm de la base es de 90°C. Si el coeficiente de conductividad del material es 300 W/m°C, cual es el coeficiente de convección entre la aleta y el exterior?. Considere la aleta de longitud infinita.

4- El muro plano de un edificio de 0.5 m de espesor, recibe desde el exterior una insolación equivalente a 750 W/m² cuando la temperatura ambiente es de 30°C y la superficie externa del muro se encuentra a 65°C. Conociendo la conductividad térmica del material del muro $k_1=7$ W/mK y su emisividad $\epsilon=0.93$ y despreciando cualquier intercambio convectivo calcula:

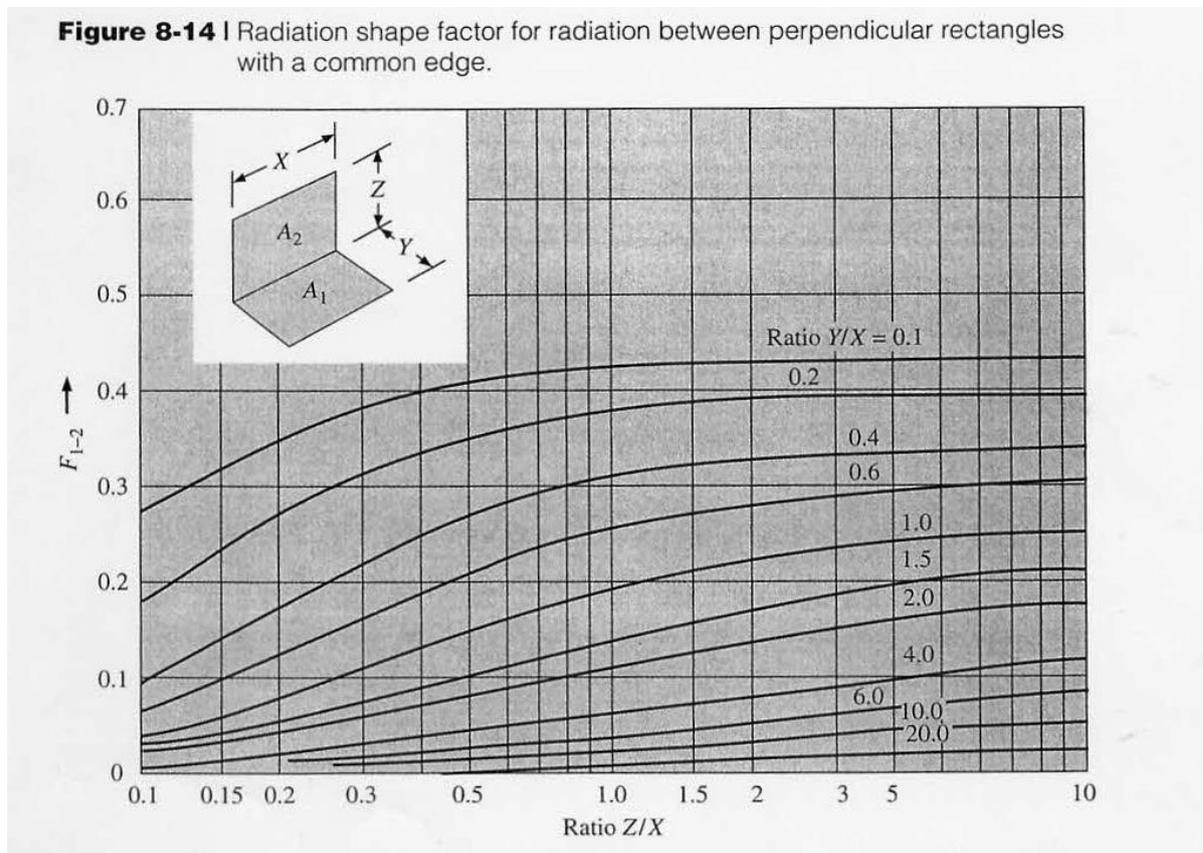
- a) El flujo radiante por unidad de superficie recibido desde el exterior por el muro.
- b) La temperatura de la cara interna del muro.
- c) Si se desea reducir un 10% la temperatura de la superficie interior del muro, calcula el espesor de una capa de material aislante de conductividad $k_2=0.5$ W/mK que debe colocarse sobre el muro para conseguir tal propósito.

5- Un local comercial de $L_1=6$ m de ancho $L_2=6$ m de fondo y $L_3=3$ m de altura, se calienta mediante un panel radiante que ocupa todo el suelo del local, el cual se comporta como un cuerpo negro a la temperatura $T_1=50^\circ\text{C}$. La fachada del local tiene un escaparate cerrado por un cristal de espesor $e=2$ cm y emisividad $\epsilon_2=0.1$, que ocupa la mitad de la pared. La conductividad térmica del vidrio es $k=0.8$ W/m°C y su cara interna se encuentra a la temperatura $T_2=15^\circ\text{C}$. Admitiendo que el resto de paredes más

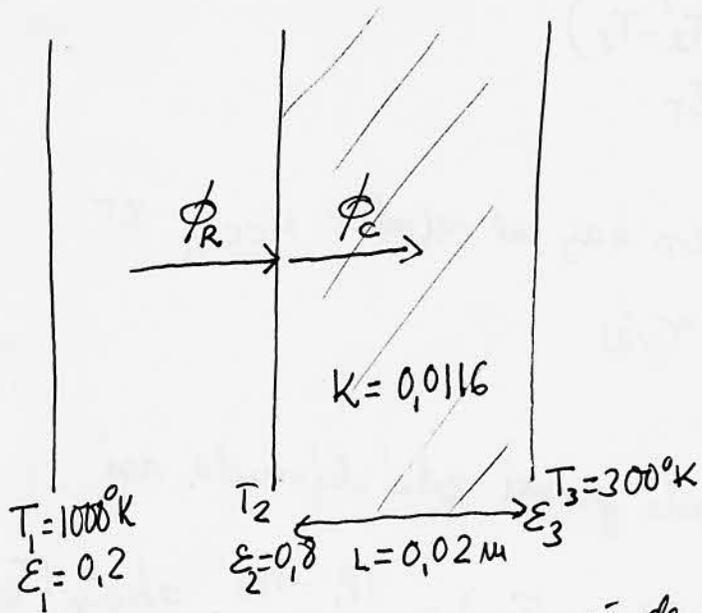
la pared del fondo y techo son cuerpos negros a la temperatura $T_3=19^\circ\text{C}$ y despreciando la convección en el interior del local, calcula:

- Factores de forma F_{21} y F_{23} y F_{13} .
- Flujo térmico intercambiado entre el suelo radiante y el cristal del escaparate.
- Flujo térmico neto emitido por el suelo radiante y el absorbido por el resto de las paredes, techo y suelo, excluido el cristal del escaparate.
- Flujo térmico neto sobre el cristal del escaparate.
- Temperatura de la cara exterior del cristal del escaparate.

Ayuda: Calcule el factor de forma entre el suelo y la pared frontal completa usando el gráfico que se proporciona a continuación y después razone como calcular F_{21} teniendo en cuenta que S_2 es la mitad de la pared frontal



1)



$$\phi_R = \phi_C \quad \text{CON}$$

$$\phi_{R/S} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

$$\phi_{C/S} = \frac{T_2 - T_3}{L/k}$$

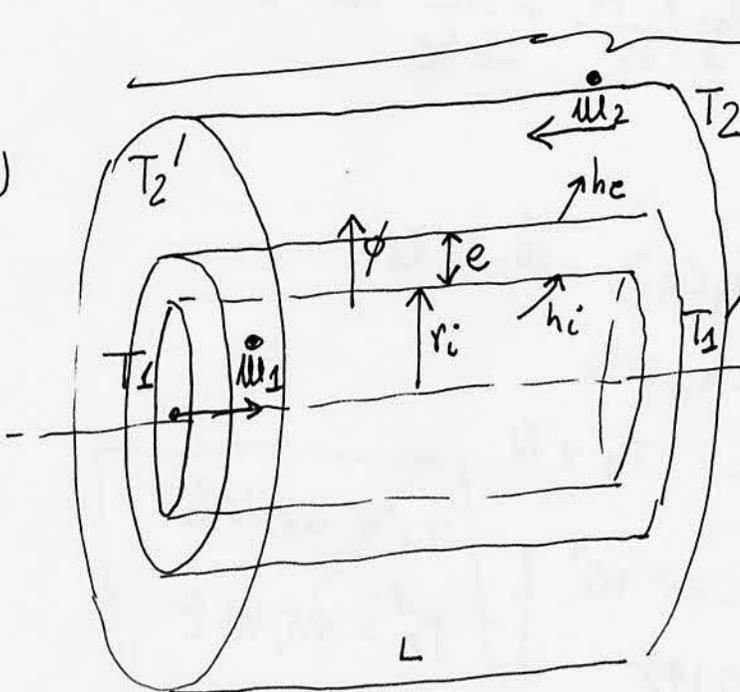
Por tanto tenemos una ecuación de grado 4 en la variable T_2

$$\frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} = \frac{T_2 - T_3}{L/k}$$

$$T_2^4 + \frac{k}{L\sigma} \left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right) T_2 - T_1^4 - T_3 \frac{k}{L\sigma} \left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right) = 0$$

$$T_2^4 + 0,537 \cdot 10^8 \cdot T_2 - 0,984 \cdot 10^{12} = 0 \Rightarrow T_2 = \underline{982,35^\circ\text{K}}$$

2)



$$\dot{m}_1 = 500 \text{ kg/h} = \frac{500}{3600} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_2 = 450 \text{ kg/h} = \frac{450}{3600} \text{ kg/s}$$

$$T_1 = 95^\circ\text{C} \quad C_{P1} = 1821 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 15^\circ\text{C} \quad C_{P2} = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$r_i = 0,015 \text{ m}$$

$$e = 0,003 \text{ m}$$

$$h_i = 2674 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

$$h_e = 1744 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

se usan las ecuaciones

$$(1) \dot{m}_1 C_{p1} \cdot (T_1 - T_2') = \dot{m}_2 C_{p2} \cdot (T_2' - T_2)$$

$$(2) T_2' - T_2 = (T_1 - T_2') \cdot e^{-U_{cc} \cdot S_T}$$

con dos incógnitas T_2' y T_2' , pero hay que calcular U_{cc} y S

$$U_{cc} = \frac{1}{\dot{m}_1 C_{p1}} - \frac{1}{\dot{m}_2 C_{p2}} = 0,0019 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$\phi = \phi_{cvi} = \phi_{cd} = \phi_{cve}$, el coeficiente global está definido así

$$U \cdot S_i \cdot (T_1(x) - T_2(x)) = h_i S_i \cdot (T_1(x) - T_{pi}) = \frac{T_{pi} - T_{pe}}{\frac{1}{2\pi KL} \log \frac{r_i + e}{r_i}} = h_e S_e (T_{pe} - T_2(x))$$

↑ temperaturas a la distancia x de la entrada
↑ pared interna

por tanto

$$\underbrace{T_1(x) - T_2(x)}_{\frac{\phi}{U S_i}} = (T_1(x) - T_{pi}) + (T_{pe} - T_{pe}) + (T_{pe} - T_2(x))$$

$$\frac{\phi}{U S_i} = \frac{\phi_{cvi}}{h_i S_i} + \frac{\phi_{cd}}{2\pi KL} \log \frac{r_i + e}{r_i} + \frac{\phi_{cve}}{h_e S_e}$$

de donde

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{S_i}{2\pi KL} \log \frac{r_i + e}{r_i} + \frac{S_i}{S_e h_e} \Rightarrow U = 1,156 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

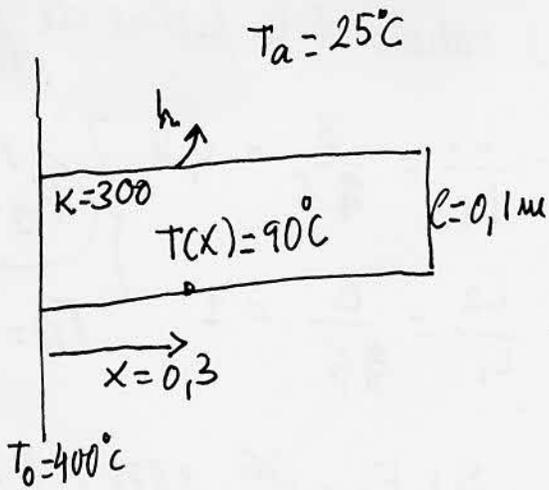
y las dos ecuaciones quedan

$$\begin{cases} \dot{m}_2 C_{p2} T_2' + \dot{m}_1 C_{p1} T_2' = \dot{m}_1 C_{p1} T_1 + \dot{m}_2 C_{p2} T_2 \\ e^{-U_{cc} S_T} T_2' + T_2' = e^{-U_{cc} S_T} T_1 + T_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 522,5 T_2' + 261,75 T_2' = 3,266 \cdot 10^4 \\ 0,37 T_2' + T_2' = 50,172 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} T_2' &= 33,18 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_1' &= 45,92 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3)



$$T(x) = T_a + (T_0 - T_a) e^{-\sqrt{\frac{hP}{kS}} x}$$

tomando logaritmos

$$-\sqrt{\frac{hP}{kS}} x = \log \frac{T(x) - T_a}{T_0 - T_a}$$

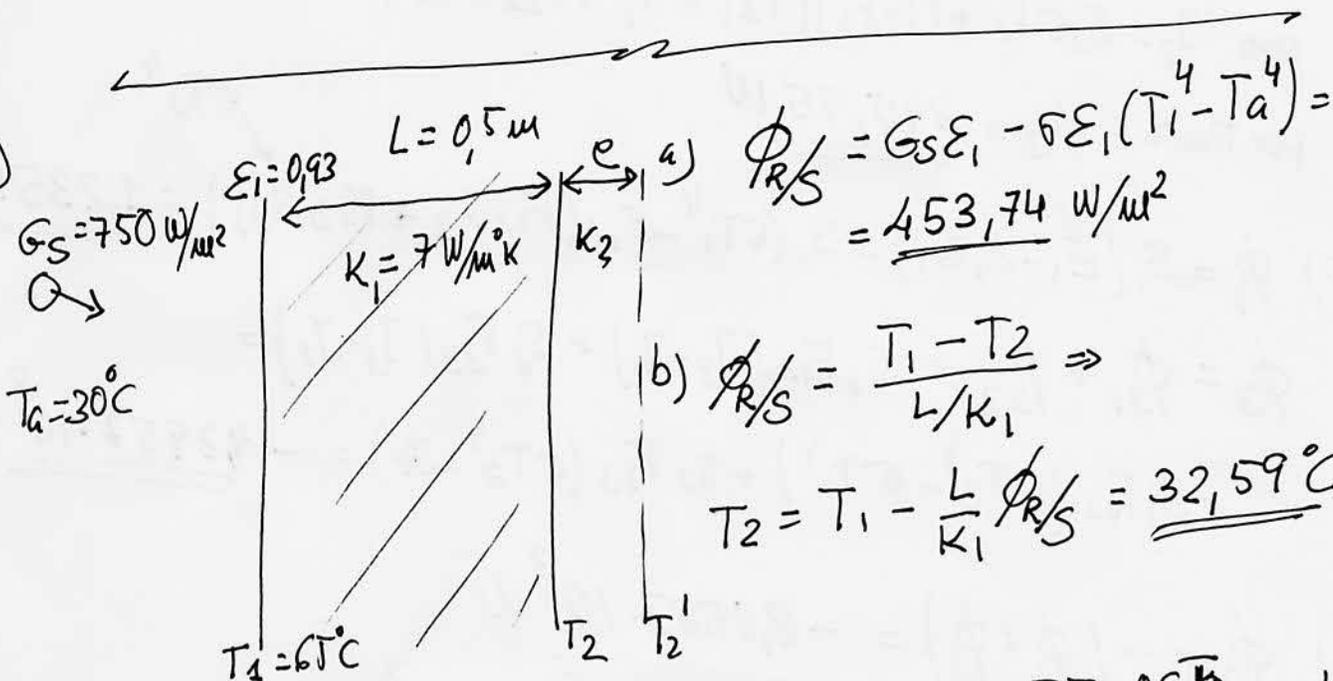
de donde se obtiene

$$h = \frac{kS}{P} \left[\frac{L}{x} \cdot \log \frac{T_0 - T_a}{T(x) - T_a} \right]^2$$

si particularizamos para $x = 0,3$

$$h = \frac{k \cdot l}{4 \times 2} \left[\log \frac{T_0 - T_a}{T(x) - T_a} \right]^2 = \underline{\underline{255,95 \text{ W/m}^2\text{°C}}}$$

4)



$$a) \phi_{R/S} = G_s \epsilon_1 - \sigma \epsilon_1 (T_1^4 - T_a^4) = \underline{\underline{453,74 \text{ W/m}^2}}$$

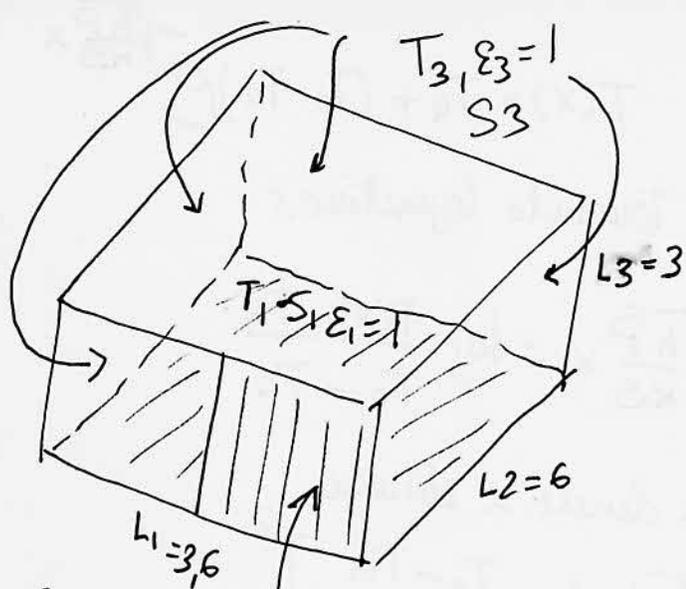
$$b) \phi_{R/S} = \frac{T_1 - T_2}{L/k_1} \Rightarrow$$

$$T_2 = T_1 - \frac{L}{k_1} \phi_{R/S} = \underline{\underline{32,59^\circ\text{C}}}$$

$$c) \phi_{R/S} = \frac{T_1 - T_2'}{\frac{L}{k_1} + \frac{e}{k_2}} = \frac{T_1 - 0,9 T_2}{\frac{L}{k_1} + \frac{e}{k_2}} \Rightarrow e = k_2 \left[\frac{T_1 - 0,9 T_2}{\phi_{R/S}} - \frac{L}{k_1} \right]$$

$$= 0,0036 \text{ m} = \underline{\underline{3,6 \text{ cm}}}$$

5)



a) calculo de los factores de forma

$$\frac{L3}{L1} = \frac{3}{3.6} = 0,5$$

$$\frac{L2}{L1} = \frac{6}{3.6} = 1$$

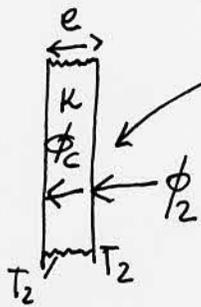
$$F_{12} = 0,15$$

$$F_{12} = \frac{F_{12} = 0,15}{2} = 0,075$$

$$F_{21} = \frac{S1}{S2} F_{12} = \frac{36}{9} \cdot 0,075 = 0,3$$

$$F_{23} = 1 - F_{21} = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$F_{13} = 1 - F_{12} = 0,925$$


 $\epsilon_2 S_2$
 T_2
 $T_1 = 323^\circ\text{K}$
 $T_2 = 288^\circ\text{K}$
 $T_3 = 292^\circ\text{K}$
 $\epsilon_2 = 0,1$

$$b) \phi_{12} = S_1 F_{12} (J_1 - J_2)$$

$$\text{con } J_1 = \sigma T_1^4$$

$$J_2 = \epsilon_2 \sigma T_2^4 + (1 - \epsilon_2) \cdot (F_{21} J_1 + F_{23} J_3)$$

$$\text{poro } J_2 = \epsilon_2 \sigma T_2^4 + (1 - \epsilon_2) (F_{21} \sigma T_1^4 + F_{23} \sigma T_3^4) = 465,33 \text{ W/m}^2$$

$$\text{por tanto } \phi_{12} = \underline{\underline{245,95 \text{ W}}}$$

$$c) \phi_1 = S_1 (\epsilon_1 - \epsilon_1 G_1) = S_1 (\sigma T_1^4 - \epsilon_1 \cdot (F_{12} J_2 + F_{13} J_3)) = \underline{\underline{1,2354 \cdot 10^4 \text{ W}}}$$

$$\phi_3 = \phi_{31} + \phi_{32} = S_1 F_{13} (J_3 - J_1) + S_2 F_{23} (J_3 - J_2) =$$

$$= S_1 F_{13} (\sigma T_3^4 - \sigma T_1^4) + S_2 F_{23} (\sigma T_3^4 - J_2) = \underline{\underline{-4,2957 \cdot 10^3 \text{ W}}}$$

$$d) \phi_2 = -(\phi_1 + \phi_3) = \underline{\underline{-8,0583 \cdot 10^3 \text{ W}}}$$

$$e) \phi_2 = k S_2 \cdot \frac{T_2 - T_2'}{e} \Rightarrow T_2' = T_2 - \frac{\phi_2 e}{k S_2} = \underline{\underline{250,69^\circ\text{K}}}$$