

ACCEDE - INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PROBLEMA N° 5

SITUACIÓN

Se desea esterilizar una lata de conserva que inicialmente se encuentra a 25 °C en un equipo que opera a 125°C. Para que el contenido sólido se esterilice adecuadamente debe permanecer por lo menos 30 minutos, a una temperatura superior a 115 °C. Con el objeto de no alterar la calidad del producto su temperatura no debe sobrepasar en ningún momento 124.5 °C.

INFORMACIÓN A TENER EN CUENTA

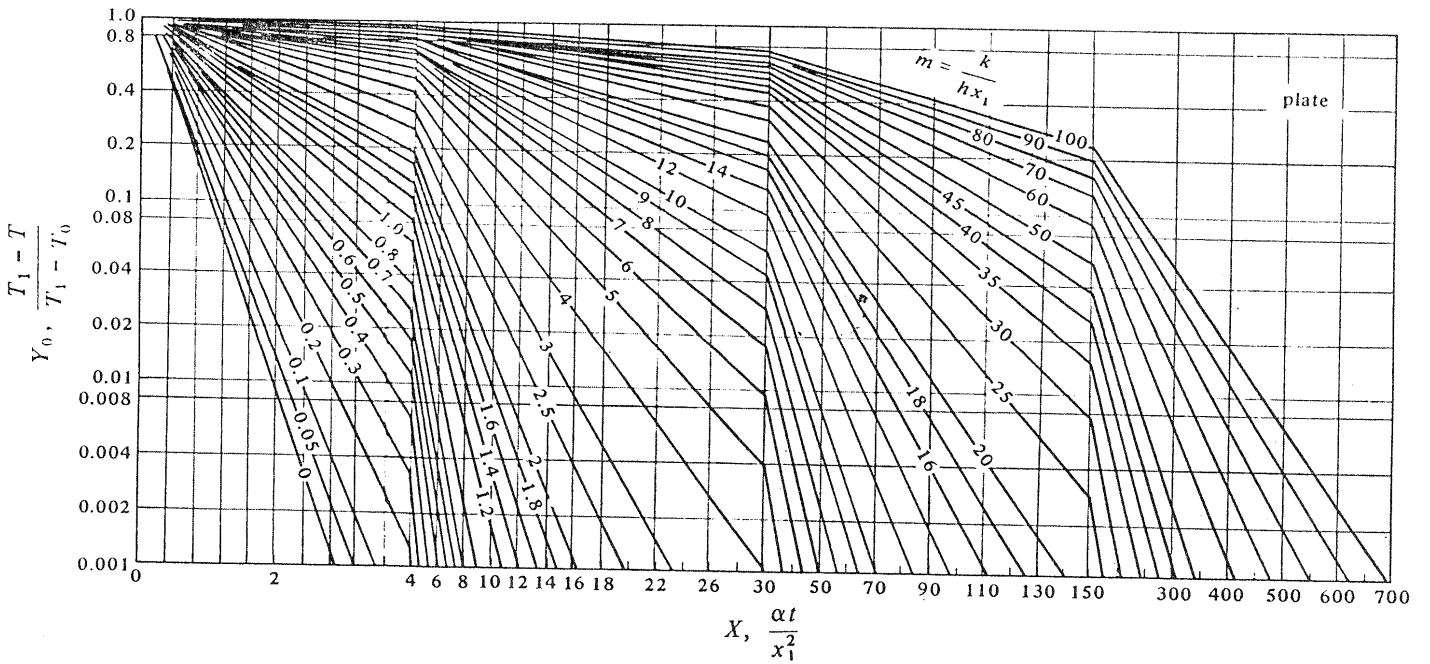
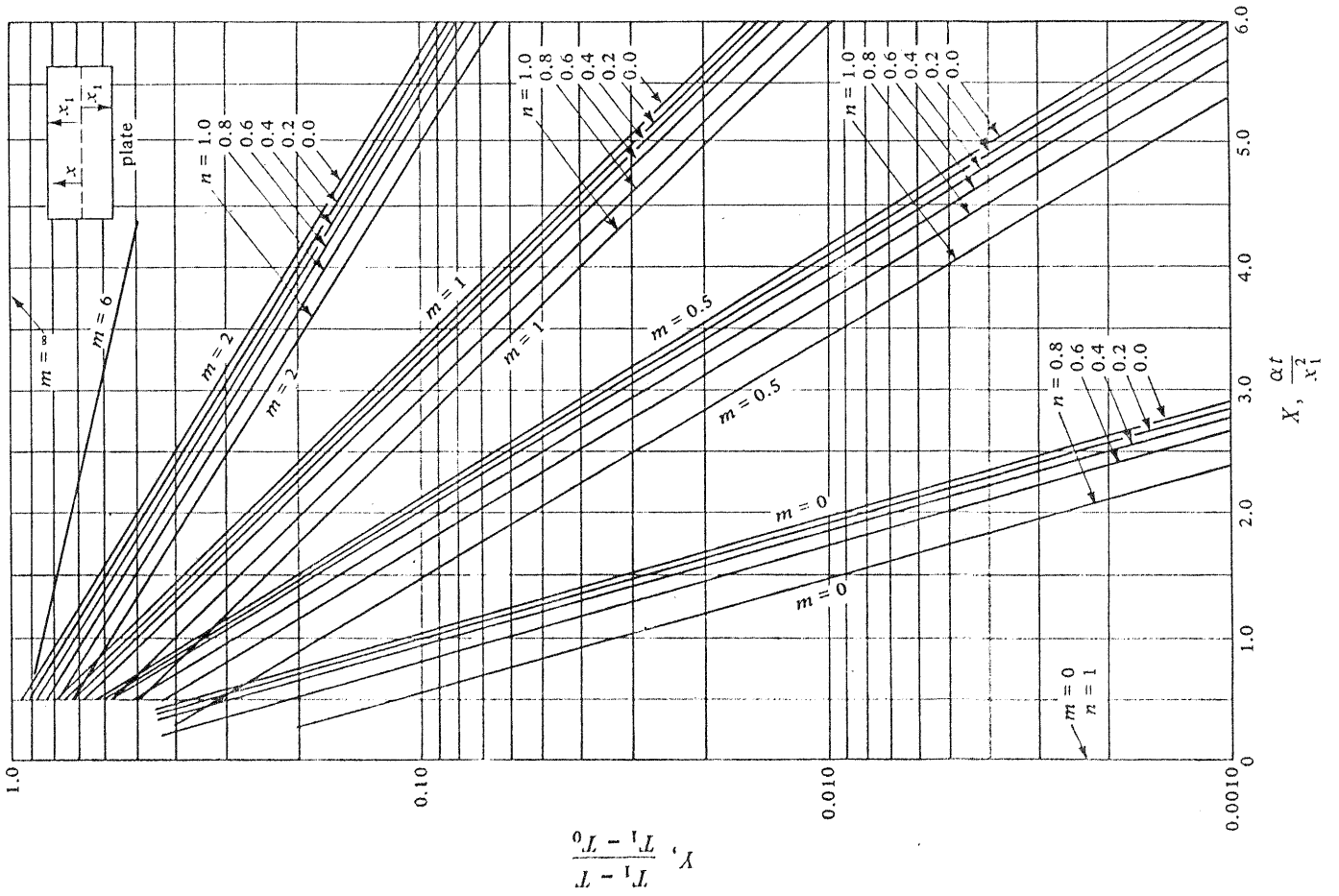
Propiedades del producto: $\rho=900 \text{ Kg/m}^3$; $C_p= 0.84 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$; $k=0.75 \text{ Kcal/h m } ^\circ\text{C}$

El coeficiente externo de transferencia calórica en la interfase $h= 30 \text{ Kcal/h m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

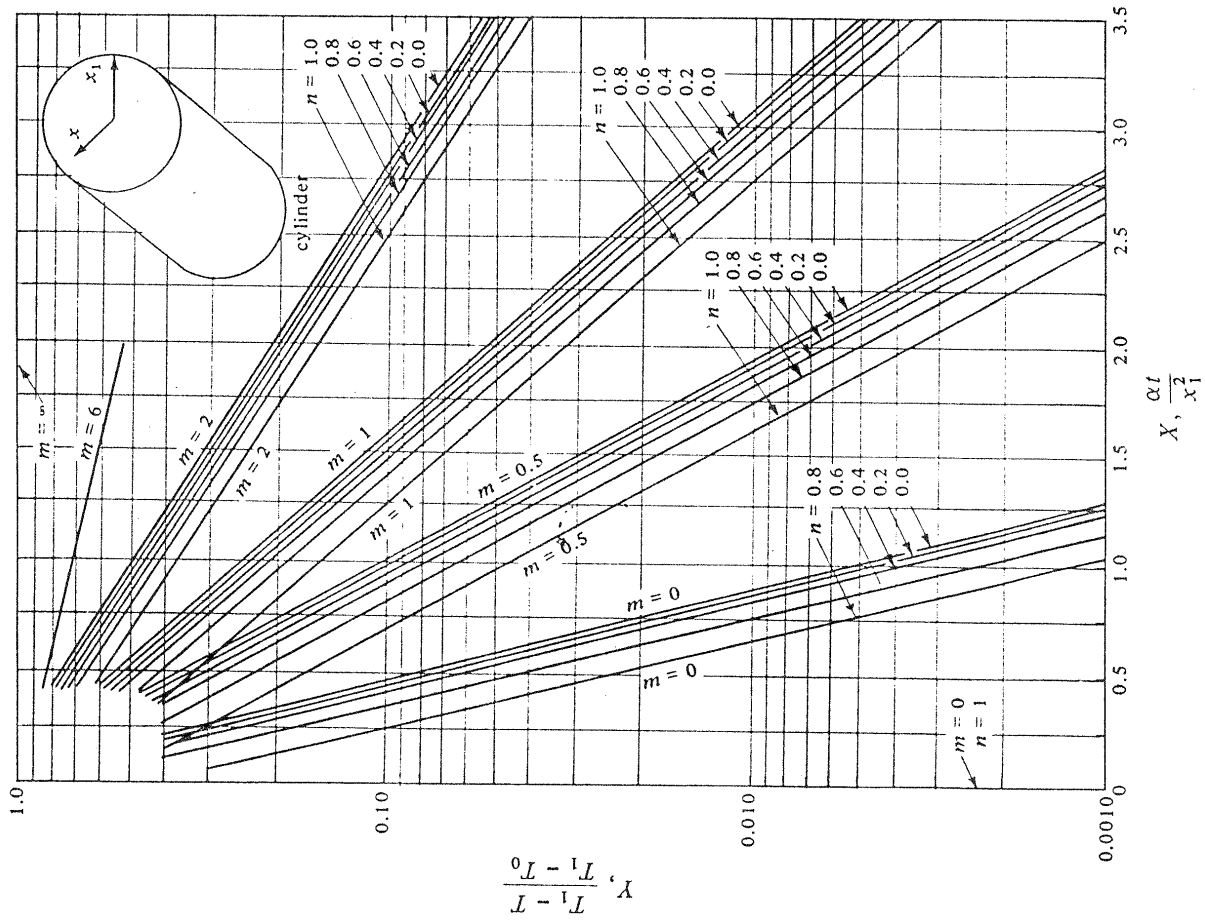
Se adjuntan los gráficos que permiten calcular para placa plana y cilindro infinito:

Temperatura adimensional $(T-T_f)/(T_i- T_f)$ vs. Tiempo adimensional $t^*_x= \text{alfa } t /L^2$;
 $t^*_r= \text{alfa } t /R^2$

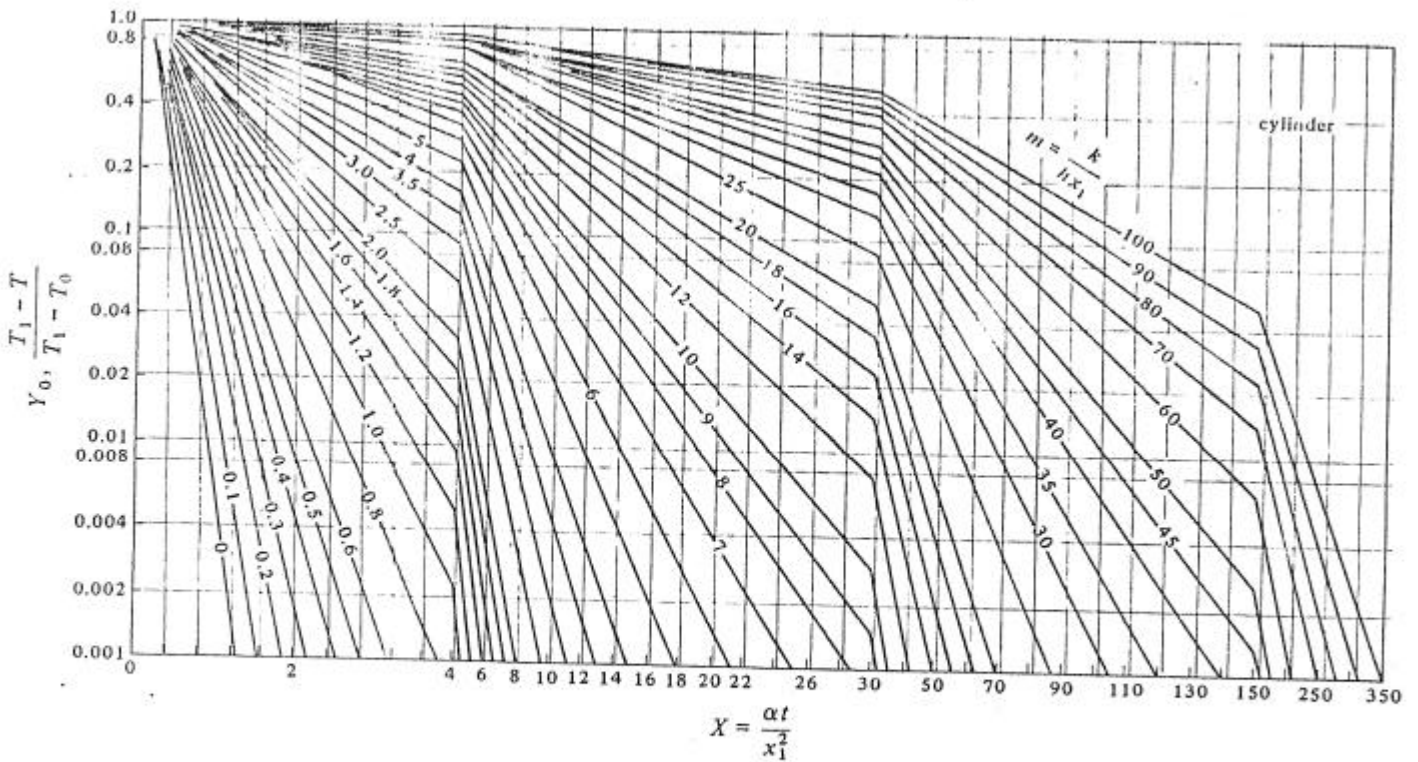
Alfa= difusividad térmica $k/\rho C_p$; T_f =Temperatura externa, T_i = temperatura inicial.



Temperatura en $x=0$



Unsteady-state heat conduction in a long cylinder. [From H. P. Gurney and J. Lurie, *Ind. Eng. Chem.*, **15**, 1170 (1923).]



Temperatura del eje central

SUBPROBLEMA 5.1

Evalúe si es posible la esterilización con los requisitos anteriores si el recipiente puede asimilarse a un cubo de 10 cm de lado.

RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 5.1

Tinicial= 25 °C ; Texterna 125 °C; T requerida= 115 °C en el centro durante 30 min.
Temperatura en el borde no debe superar 124.5°C

Cubo de 10 cm de lado; L= semiespesor de cada placa plana= 5 cm

$$T^*_{\text{del cubo}} = (125-115)/(125-25) = 0.1 = (T^*_x)^3$$

$$T^*_x = (0.1)^{1/3} = 0.46 \text{ (Valor para ingresar al gráfico de placa plana)}$$

$$\text{Biot} = \text{Bi} = hL/k = 30 \cdot 0.05 / 0.75 = 2; \quad m = 1/\text{Bi} = 0.5; \quad n = x^*/L = 0 \text{ (centro)}$$

Ingresando al gráfico de placa plana con $T^*_x = 0.46$ y $m = 0.5$ se obtiene:

$$Tx^* = \alpha t/L^2 = 0.75 \text{ de donde resulta } t = 1.89 \text{ horas}$$

$$\text{siendo } \alpha = k/\rho C_p = 0.75 / 900 \times 0.84 = 9.92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{hora}$$

El tiempo de proceso total es (1.89 + 0.50) horas= 2.39 horas (es decir se suman los 30 min que indica el enunciado).Averiguaremos qué temperatura alcanza el borde en ese tiempo?

$$\text{Al borde le corresponde } n=1 \text{ a un tiempo de 2.39 horas } Tx^* = \alpha t/L^2 = 0.95$$

El gráfico de placa plana para ese tiempo adimensional da un valor de $Tx^* = 0.18$ en el borde de una placa plana. Para el cubo $T^* = (0.18)^3 = 0.0058$

$$\text{Desadimensionalizando la temperatura se obtiene } T_{\text{borde}} = 125 - 0.0058(125 - 25) = 124.4 \text{ °C}$$

Rta: Durante el tiempo requerido para cumplir con la condición del centro, como la temperatura del borde es menor que 124.5 °C el proceso se puede llevar a cabo.

SUBPROBLEMA 5.2

Si el recipiente es cilíndrico y la altura es igual al diámetro = 10cm analice si se cumplen los requerimientos después de un tiempo de calentamiento de 1.5 horas

RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 5.2

Cilindro finito

$$\text{Radio} = H = 0.05\text{m} \quad \text{Bix} = hL/k = 2 \quad m_x = 1/2; \quad \text{Bir} = hR/k = 2 \quad m_r = 1/2$$

$$t = 1.5 \text{ horas}; \quad t^*_z = \alpha t/L^2 = t^*_r = 9.92 \cdot 10^{-4} \cdot 1.5 / (0.05)^2 = 0.5952$$

Ingresando al gráfico de cilindro infinito y de placa plana, con $n=0$ (centro) se obtienen los siguientes valores: $Tr^* = 0.30$; $Tz^* = 0.58$

$$\text{Aplicando la regla de Newman resulta para el centro del cilindro: } Tr^* Tz^* = 0.30 \times 0.58 = 0.174$$

Desadimensionalizando la temperatura en el centro del cilindro resulta: $107.6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Luego en ese tiempo no se alcanza la temperatura de $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ necesaria en el centro del cilindro.

El proceso no puede llevarse a cabo.