

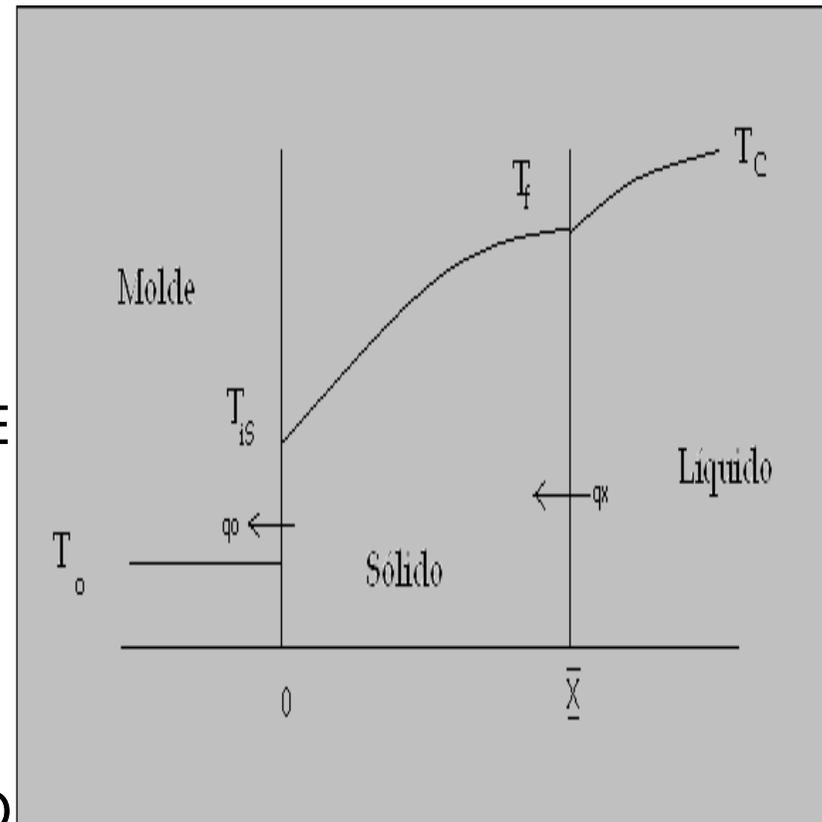
TRANSFERENCIA CALORICA EN EL SISTEMA METAL/MOLDE

Soluciones Analíticas
Aproximadas

INTRODUCCION

LAS SOLUCIONES ANALITICAS APROXIMADAS SE BASAN EN LAS SIGUIENTES SUPOSICIONES:

- 1.- UNIDIRECCIONALIDAD DEL FLUJO CALORICO.
- 2.- INEXISTENCIA DE FLUJOS DE MASA.
- 3.- PROPIEDADES FISICAS CONSTANTES.
- 4.- RESISTENCIA TERMICA FINITA.
- 5.- EL MOLDE ES CONSIDERADO UN SUMIDERO PERFECTO DE CALOR.



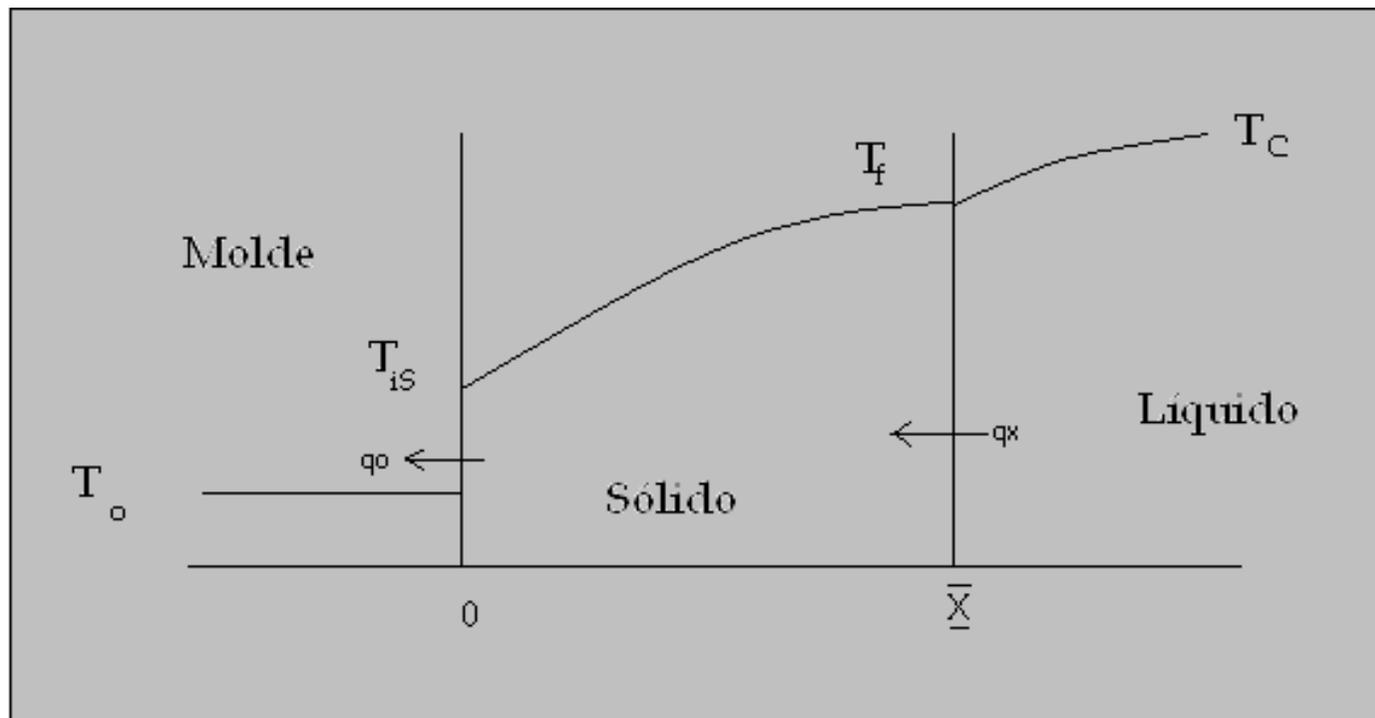


OBJETIVO

- DETERMINAR COMO VARIA LA POSICION DEL FRENTE DE SOLIDIFICACION EN FUNCION DEL TIEMPO.

Desarrollo Analítico

- Balance calórico en la capa de metal solidificado para un instante cualquiera del proceso.





■ Para $t = 0$

$$x \leq 0 \quad T_M = T_o$$

$$x \geq 0 \quad T_L = T_c$$

■ Para $t > 0$

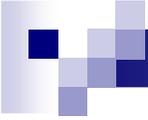
$$x = 0 \quad q^{\circ}_o = -K \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

$$x = X \quad q^{\circ}_x = -K \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) + \rho H \left(\frac{dx}{dt} \right)$$

$$0 \leq x \leq X \quad \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right)$$

Donde: $q^{\circ}_o = h_i (T_i - T_o)$

$$q^{\circ}_x = 0 \quad (\text{excepto Hrycak})$$



Forma general de las soluciones aproximadas.

- Velocidad adimensional de solidificación:

$$dx/dt = X^{o+} = F_1/(1+X^+)$$

- Espesor solidificado adimensional:

$$X^+ = F_2((1+2t^+)^{1/2} - 1)$$

F_1 y F_2 son funciones adimensionales de X^+ (o de t^+) y H^+ tales que cumplen las siguientes condiciones de borde:

$$0 \leq F_{1,2} \leq 1$$

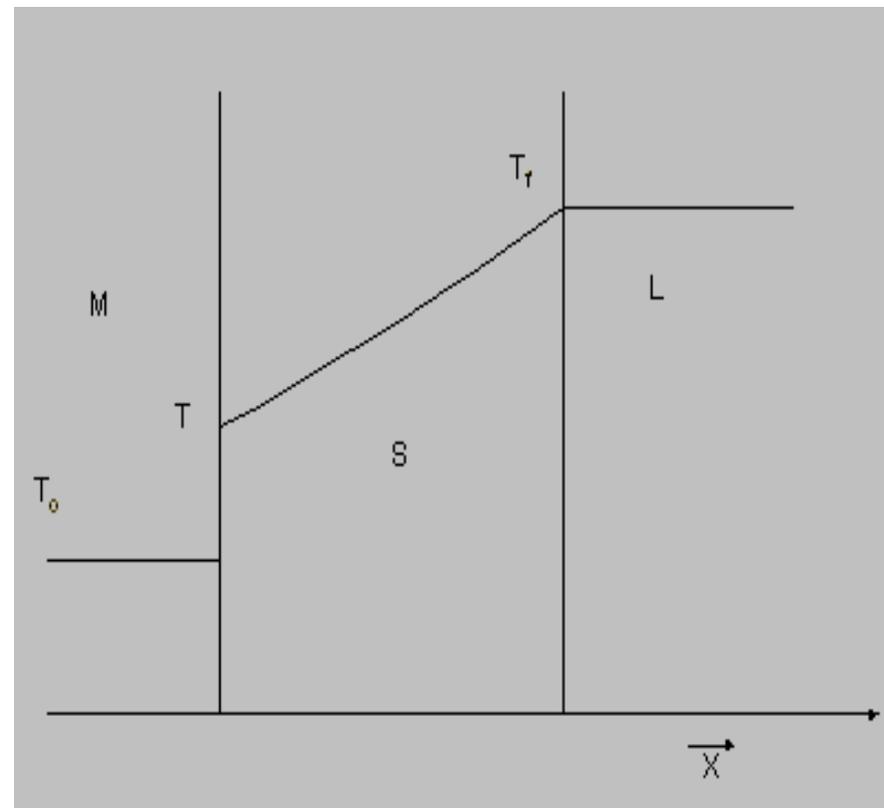


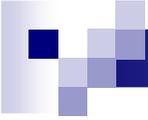
Soluciones

- 1.- London y Seban.
- 2.- Stefan (exacta).
- 3.- Adams, Megerlin y Hills.
- 4.- Hrycak.

LONDON - SEBAN

- La distribución de temperaturas en el sólido es lineal.
- La capacidad térmica del metal es despreciable comparada con el calor latente.
- $F_1 = F_2 = 1$

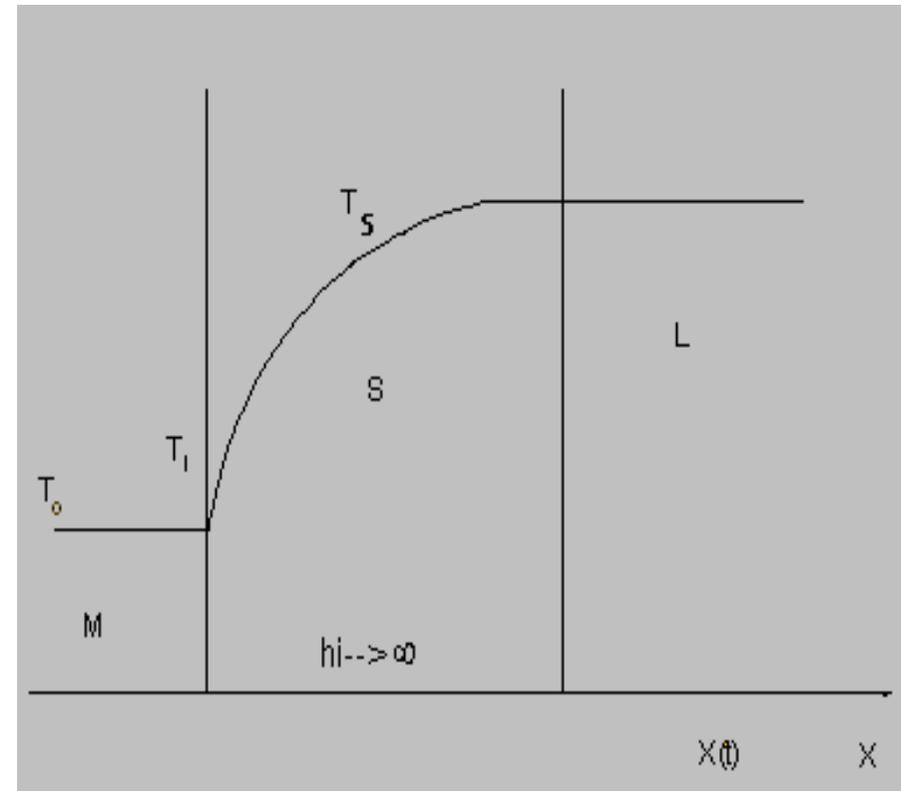


- 
- Esta aproximación se alcanza cuando $X^+ \rightarrow 0$, esto es:
 - a) La solidificación está en sus comienzos ($t \rightarrow 0$; $X^+ \rightarrow 0$);
 - b) La resistencia térmica de la interfaz metal/molde es mucho mayor que la del metal.

$$h_i/K_s \rightarrow 0 \quad ; \quad X^+ \rightarrow 0 \quad (\text{pues } h_i \rightarrow 0).$$

STEFAN

- Con el aumento de X^+ y $F_1=F_2=1$, lleva a valores mayores que los reales para X^{o+} y X^+ .
- Los límites menores de F_1 y F_2 corresponden cuando $X^+ \rightarrow \infty$ ó $h_i^+ \rightarrow \infty$.



- La solución esta dada por:

$$X^{\circ} = 2 \Phi^2 S / x$$

$$X = 2 \Phi (\alpha t)^{1/2} \quad \text{donde: } \Phi = 1 / \sqrt{(\pi) M H^+}$$

$$M = b_s / b_M$$

$$b = \sqrt{(K C_p) \rho}$$

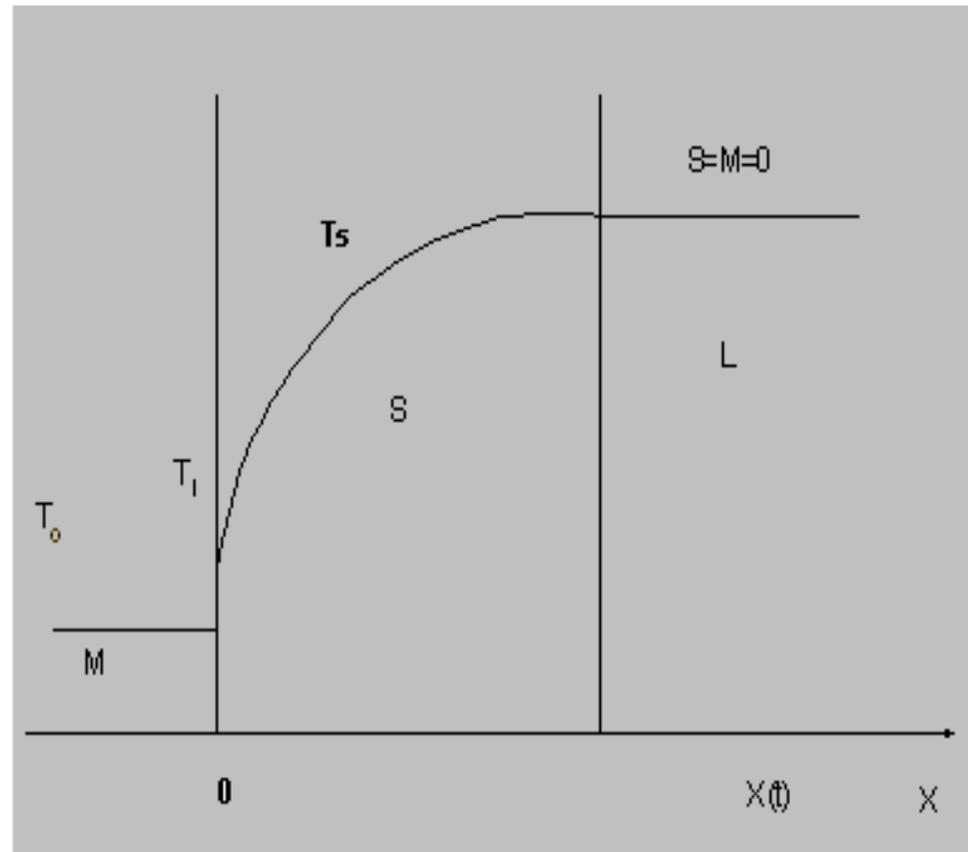
$$\text{Siendo } F_1 \rightarrow 2 \Phi^2 H (1 + h_i x) / h_i x$$

$$h_i \rightarrow \infty \quad F_1 \rightarrow 2 \Phi^2 H$$

$$F_2 \rightarrow \Phi (2H)^{1/2}$$

ADAMS, MEGERLIN Y HILLS

- Las soluciones son cuadráticas y eventualmente cúbicas, la corrección estará en el perfil de T_s .



HRYCAT

- El sólido tiene una variación lineal.
- El líquido tiene una variación cuadrática.
- Se considera $S^+ \neq 0$.

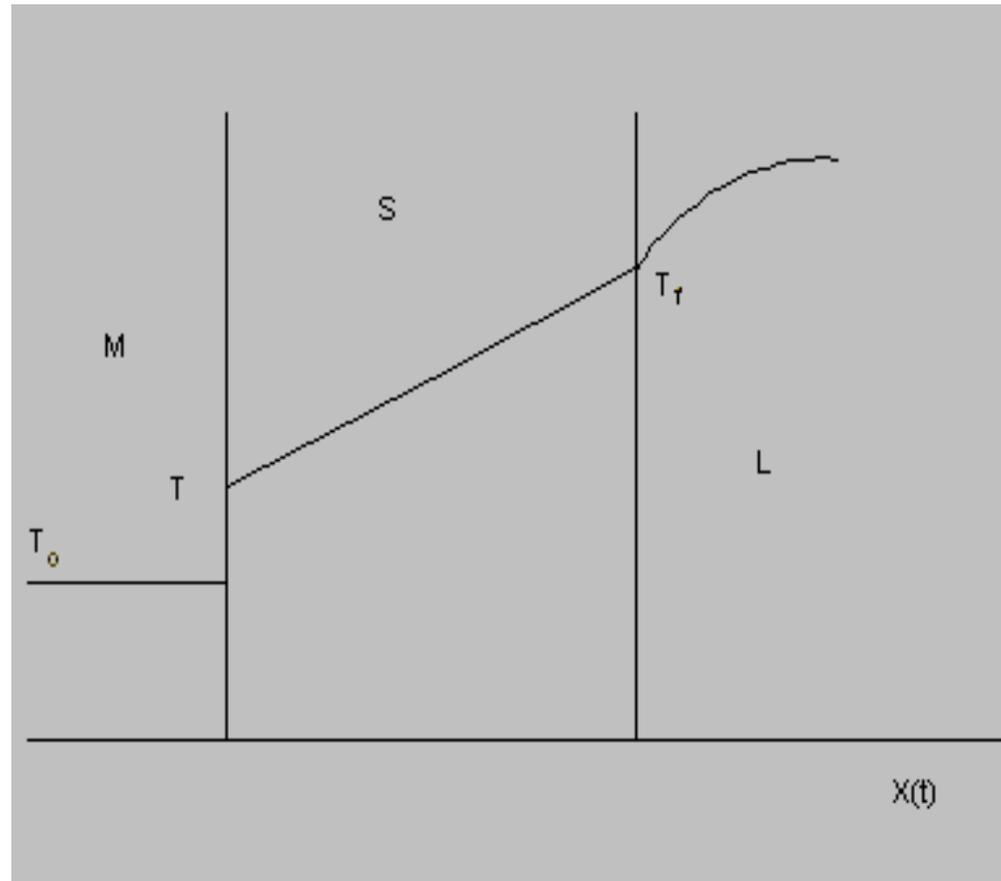


GRAFICO PARA F_1

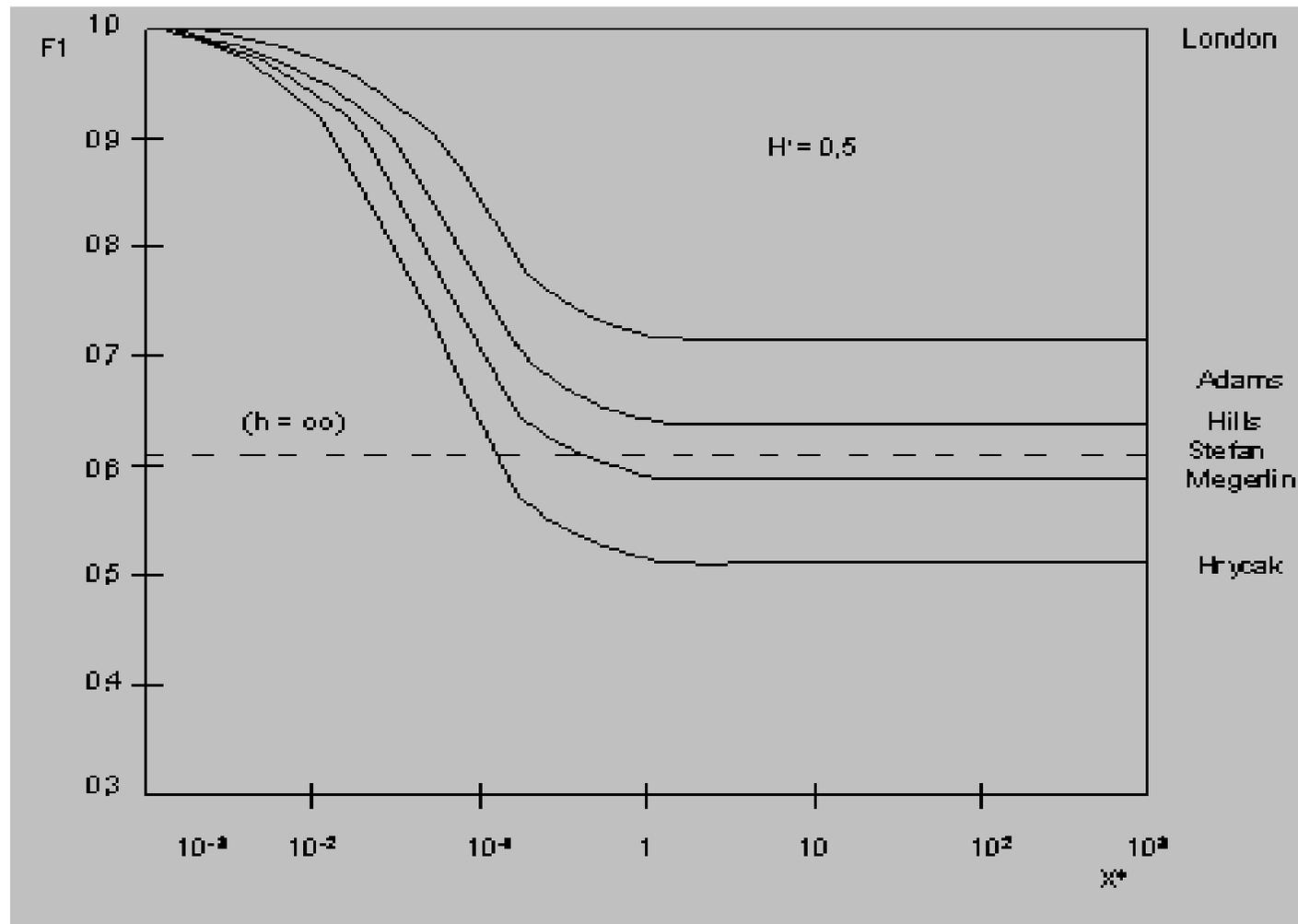
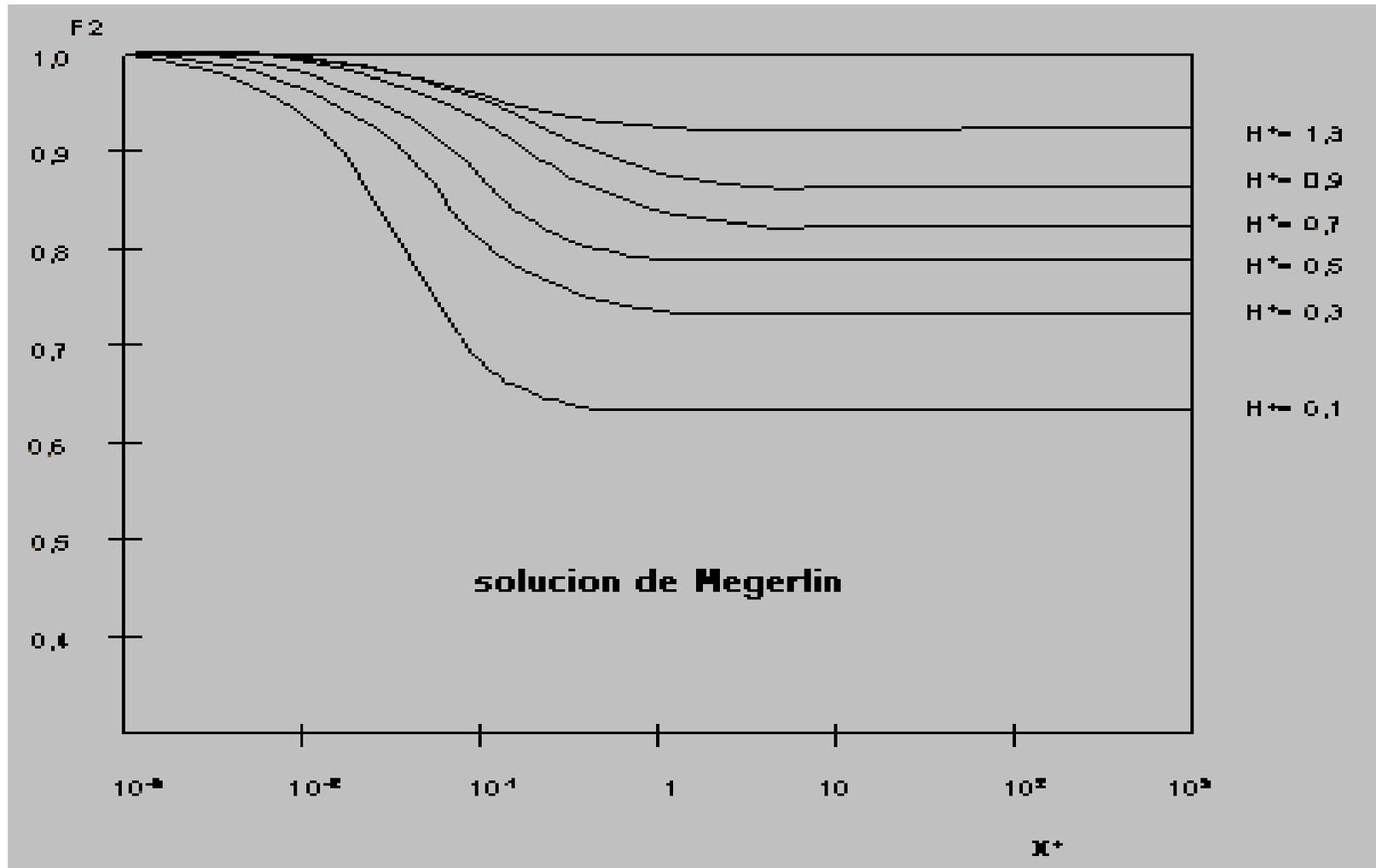
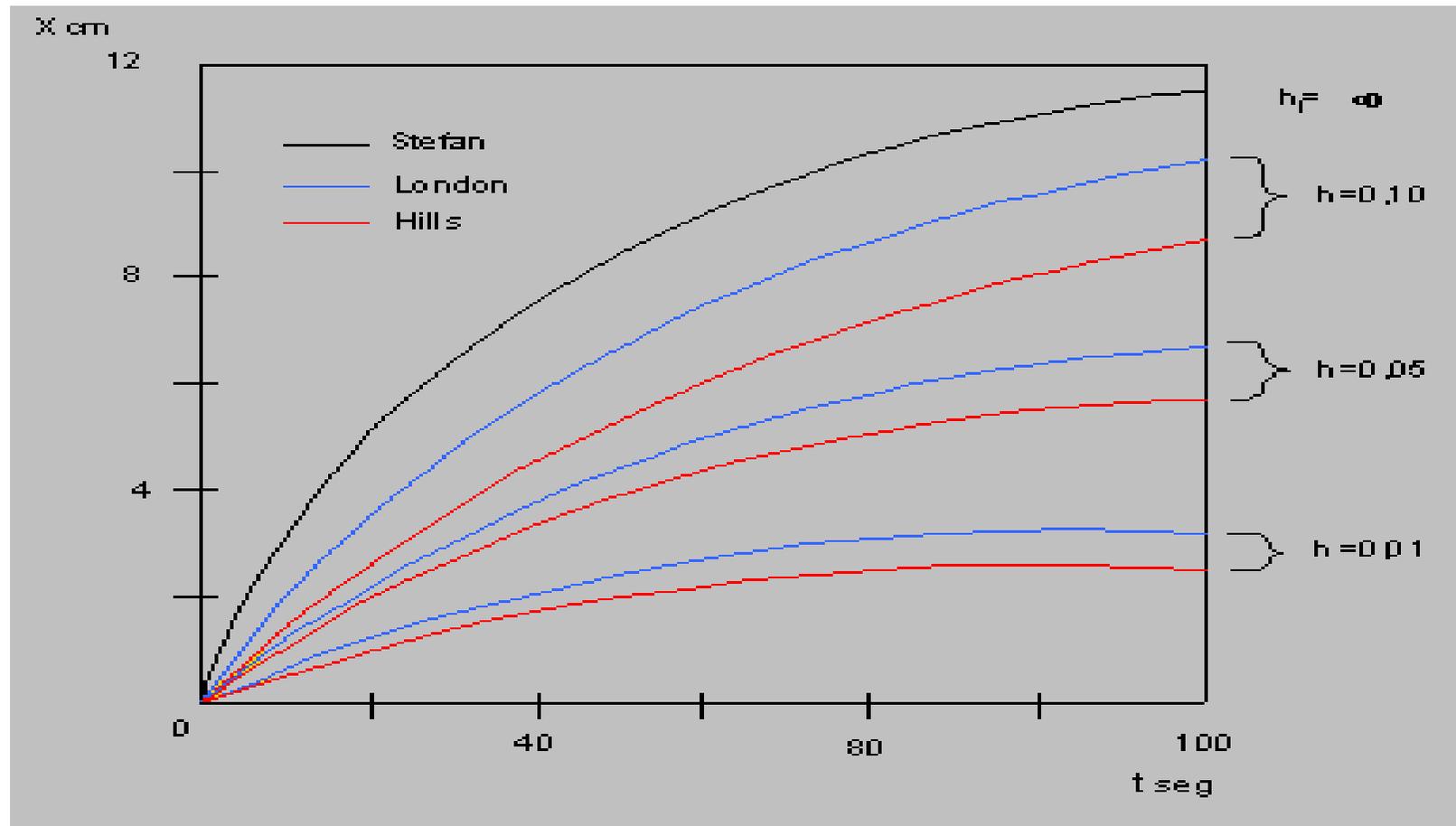
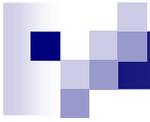


GRAFICO PARA F₂





Aplicación de la solución exacta de Stefan y las aproximaciones de Hills y London y Seban para la solidificación unidireccional del Al.



CONCLUSIONES

1. Para baja extracción calorica es preferible la solución de London y seban por su simplicidad.
2. A medida que aumenta la extracción calorica, las soluciones aproximadas deben tender a la solución de Stefan.
3. Para alta extracción calorica es preferible la solución exacta de Stefan por su simplicidad.
4. Las soluciones de Hills y Megerlyn aparecen como las soluciones mas confiables y aproximadas. Sin embargo, son complejas y exigen elevado numero de cálculos.

