

$$dQ = q \cdot dt = G \cdot c \cdot d\theta + S \cdot h \cdot \theta \cdot dt$$

en la cual:

q = calor aportado por pérdidas en la unidad de tiempo.

dt = intervalo de tiempo considerado.

G = peso total del cuerpo homogéneo.

c = calor específico del cuerpo homogéneo.

$d\theta$ = incremento de temperatura en el intervalo.

S = superficie emisora total del cuerpo homogéneo.

h = coeficiente de emisión del cuerpo homogéneo.

θ = temperatura durante el intervalo dt . (Sobreelevación).

$$q = S \cdot h \cdot \theta_{mx}$$

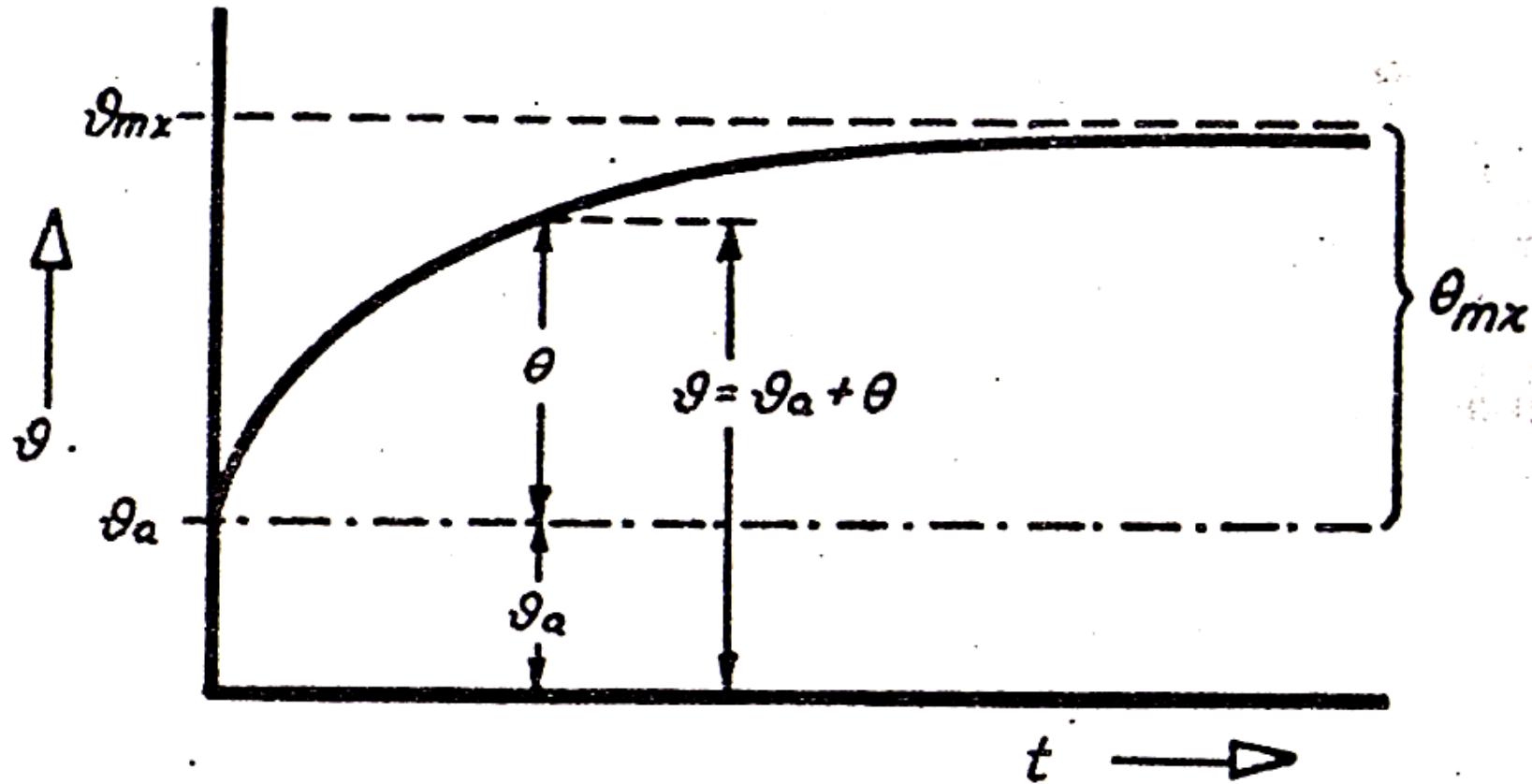
siendo para este caso θ_{mx} la sobreelevación máxima de temperatura, que despejada vale:

$$\theta_{mx} = \frac{q}{S \cdot h}$$

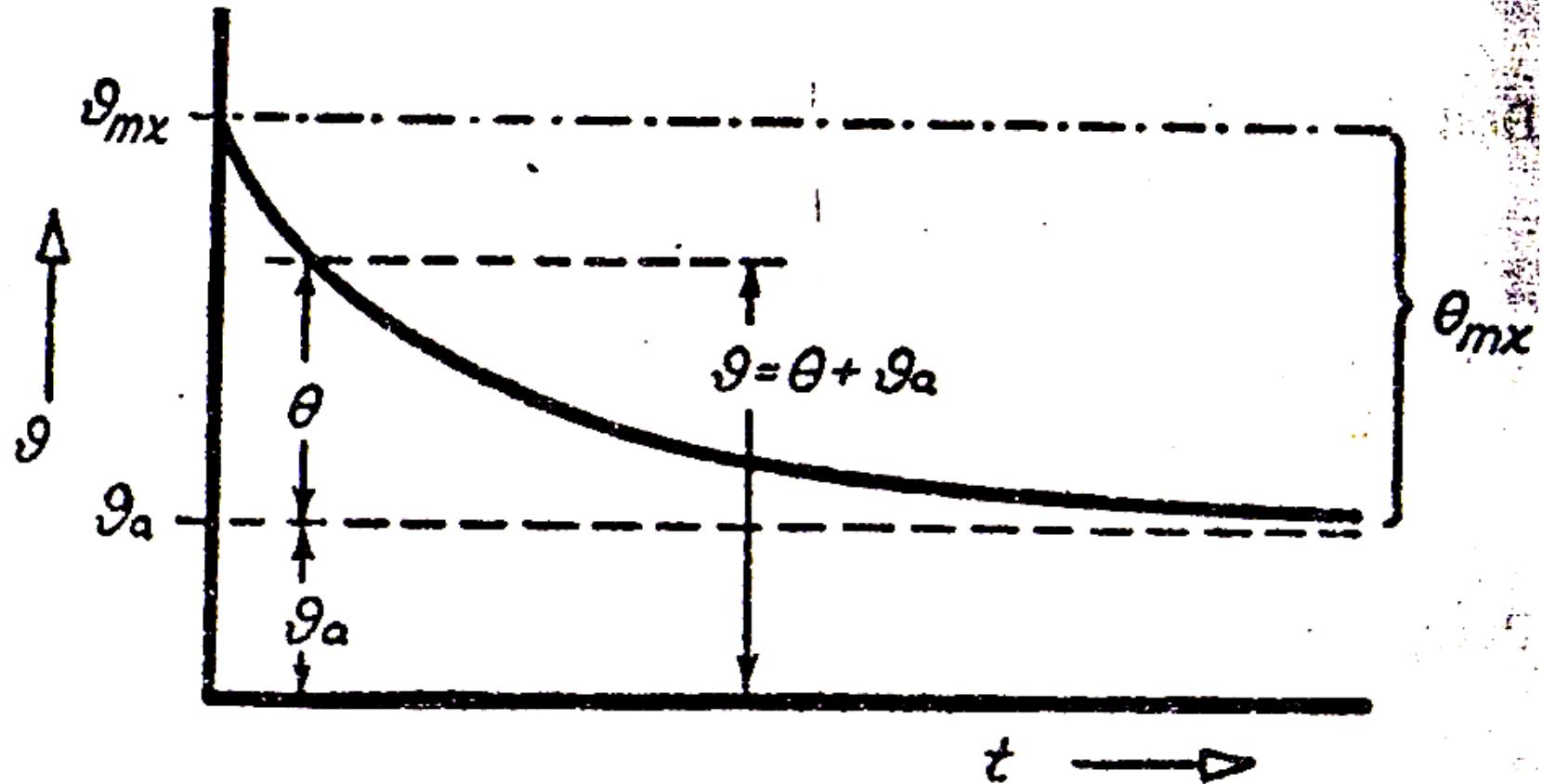
Procuraremos ahora resolver la ecuación diferencial a los efectos de encontrar la función $\theta = f(t)$ que nos interesa técnicamente. Para ello hacemos los pasos que siguen:

$$\frac{q}{S \cdot h} dt = \frac{G \cdot c}{S \cdot h} d\theta + \theta \cdot dt$$

EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS



EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS



3) **Aislantes sólidos:** se clasifican en:

Clase Y: $T_{max} = 90^{\circ}\text{C}$ - Máxima sobreelevación admisible = 50°C .

Clase A: $T_{max} = 105^{\circ}\text{C}$ - Máxima sobreelevación admisible = 65°C .

Clase E: $T_{max} = 120^{\circ}\text{C}$ - Máxima sobreelevación admisible = 80°C .

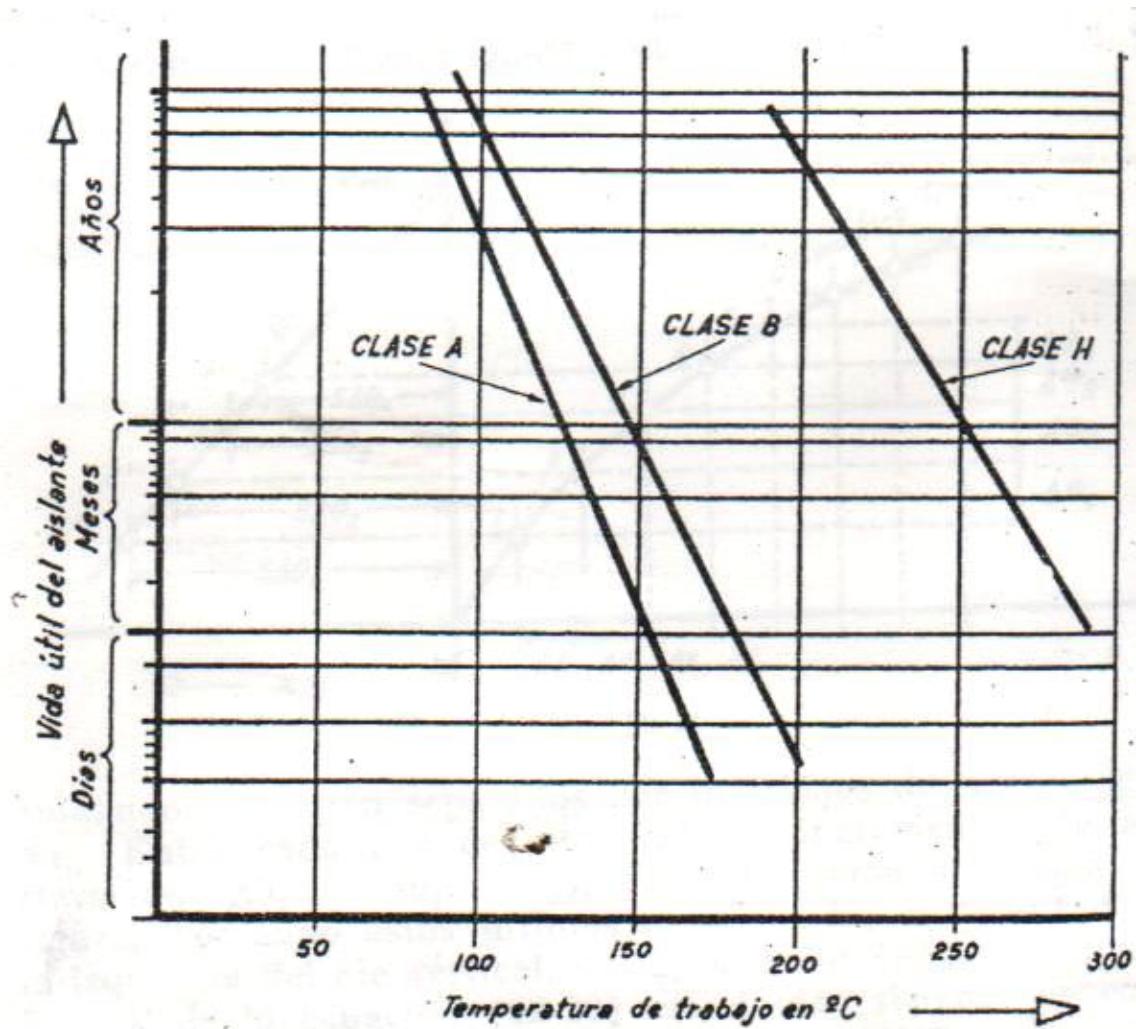
Clase B: $T_{max} = 130^{\circ}\text{C}$ - Máxima sobreelevación admisible = 90°C .

Clase F: $T_{max} = 155^{\circ}\text{C}$ - Máxima sobreelevación admisible = 115°C .

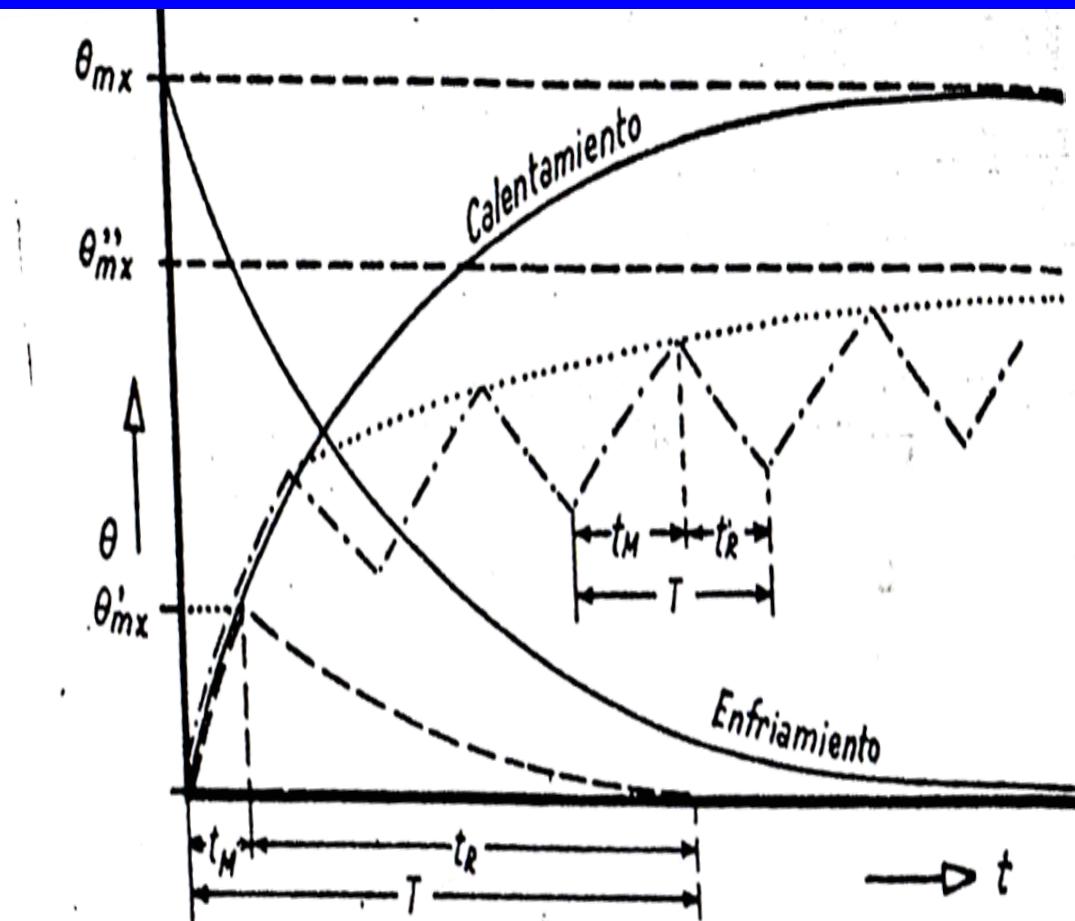
Clase H: $T_{max} = 180^{\circ}\text{C}$ - Máxima sobreelevación admisible = 140°C .

Clase C: $T_{max} > 180^{\circ}\text{C}$.

EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS



EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS



REFERENCIAS

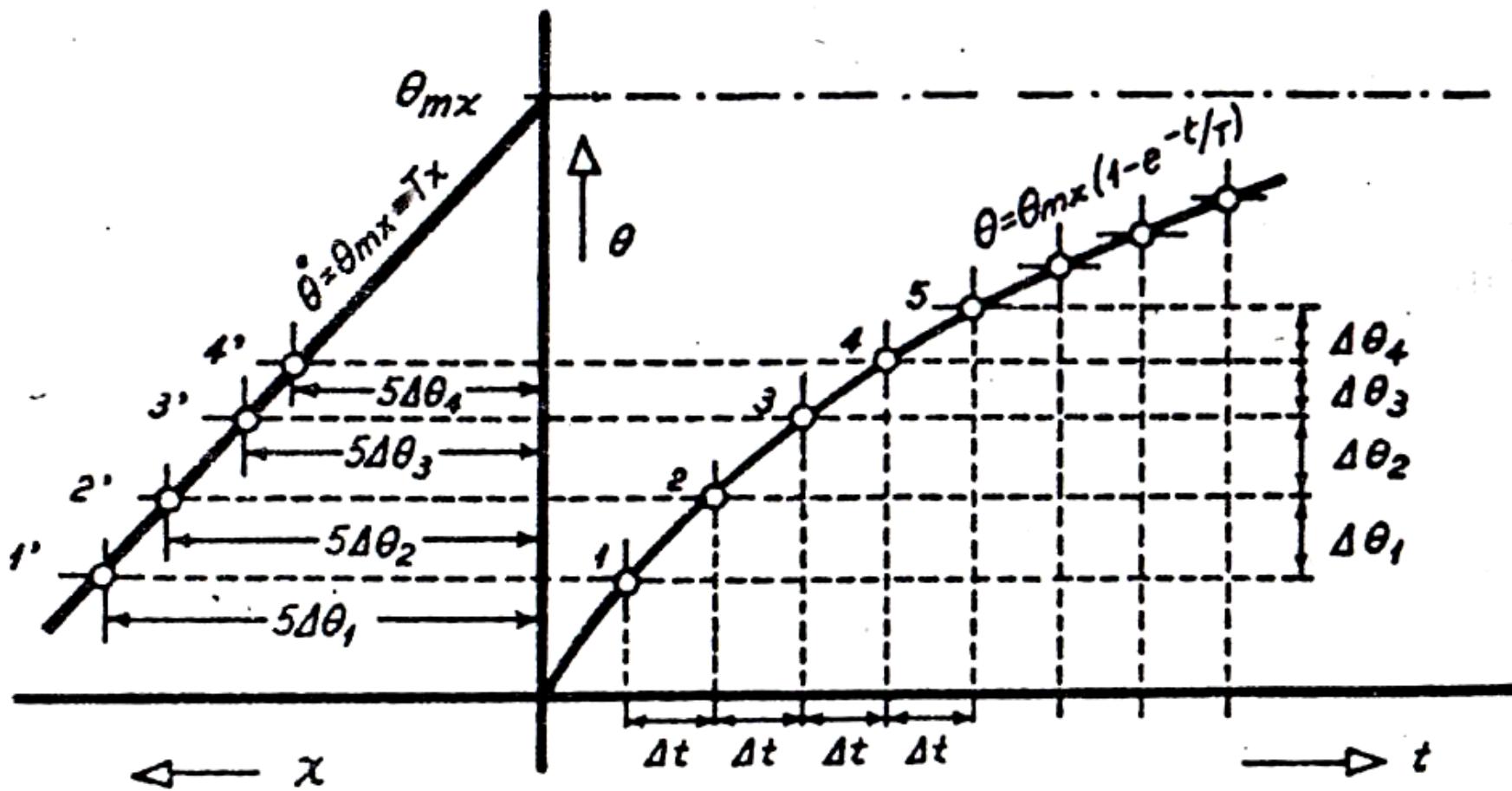
Servicio permanente	—
Servicio temporal	- - - -
Servicio intermitente	- · - -

El CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS

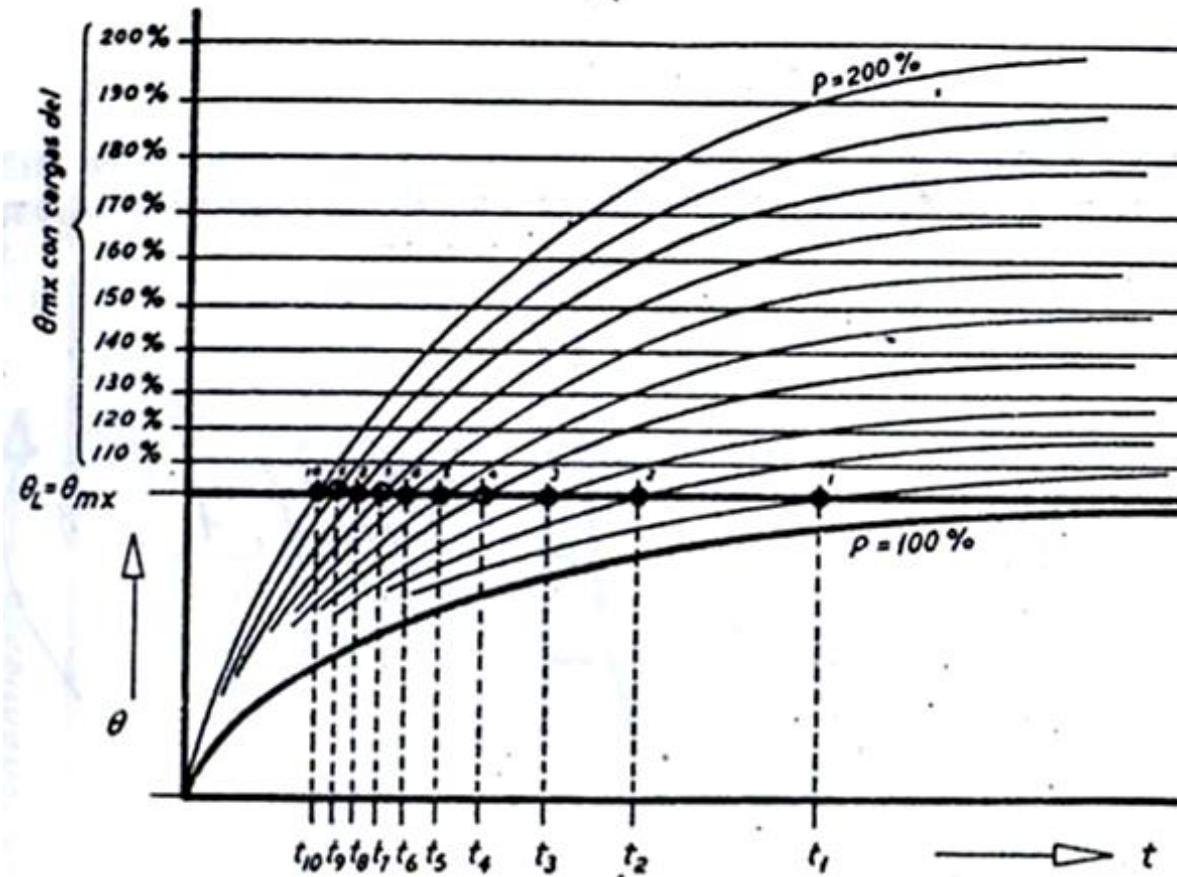
Materiales Aislantes. Clasificación según la temperatura de trabajo Norma IRAM 2018

Clase de aislación	Tmáx °C	Materiales aislantes empleados	Aglomerantes o impregnantes que entran en formación del aislante	Materiales de impregnación	Aplicación	Observación
Y	90	Algodón, seda natural, papel y productos derivados, cartón prensado, madera, PVC, Polietileno, goma natural.	Ninguno	No requiere		No se emplean casi nunca
A	105	Algodón, seda natural, papel y productos derivados, cartón prensado, madera, PVC, Polietileno, goma natural.	Ninguno	Barnices, lacas, resinas naturales o artificiales, fenólicos o alquídicos modificados.	Máquinas de carcasa de tipo abierto	Tiende a ser reemplazados por el E
Ao	115	Algodón, seda natural, papel y productos derivados, cartón prensado, madera, PVC, Polietileno, goma natural.	Ninguno	Aceites derivados de hidrocarburos, impregnantes sintéticos clorados o siliconados	Transformadores	
E	120	Esmaltes con resinas a base de formal polivinilo, poliuretano o resinas epoxídicas, nylon, ranurex, mylar, piezas moldeadas con rellenos celulósicos, laminados a base de papel o tejidos de algodón.	Resinas de melamina, formaldehído.	Resinas epoxídicas, barnices a base de asfaltos o de resinas sintéticas y de aceite.	Motores industriales de pequeña y mediana potencia	El más usado actualmente
B	130	Mica, fibra de vidrio, amianto, laminados de fibra de vidrio, moldeados con soporte mineral.	Barnices a base de resinas sintéticas y de aceites, resinas epoxídicas, masa aislante asfálticas o bituminosa.	Asfaltos y resinas sintéticas con aceite, resinas poliéster, goma laca, resinas fenólicas, melamina, epoxídicos.	Motores de gran potencia	
F	155	Mica, fibra de vidrio, amianto.	Resinas epoxídicas, resinas siliconadas, alquídicas modificadas, poliuretanos.	Resinas epoxídicas, siliconadas, alquídicas y siliconadas fenólicas.	Motores de tracción y en algunas aplicaciones industriales.	
H	180	Fibra de vidrio, amianto, mica, elastómeros de silicona.	Barnices de silicona.	Barnices de silicona.	Motores de tracción y otros especiales.	Se están desarrollando rápidamente.
C	> 180	Mica, porcelana, vidrio, cuarzo.	Ninguna.	Ligantes inorgánicos como vidrio o cementos	No son considerados como artículos normales de producción.	

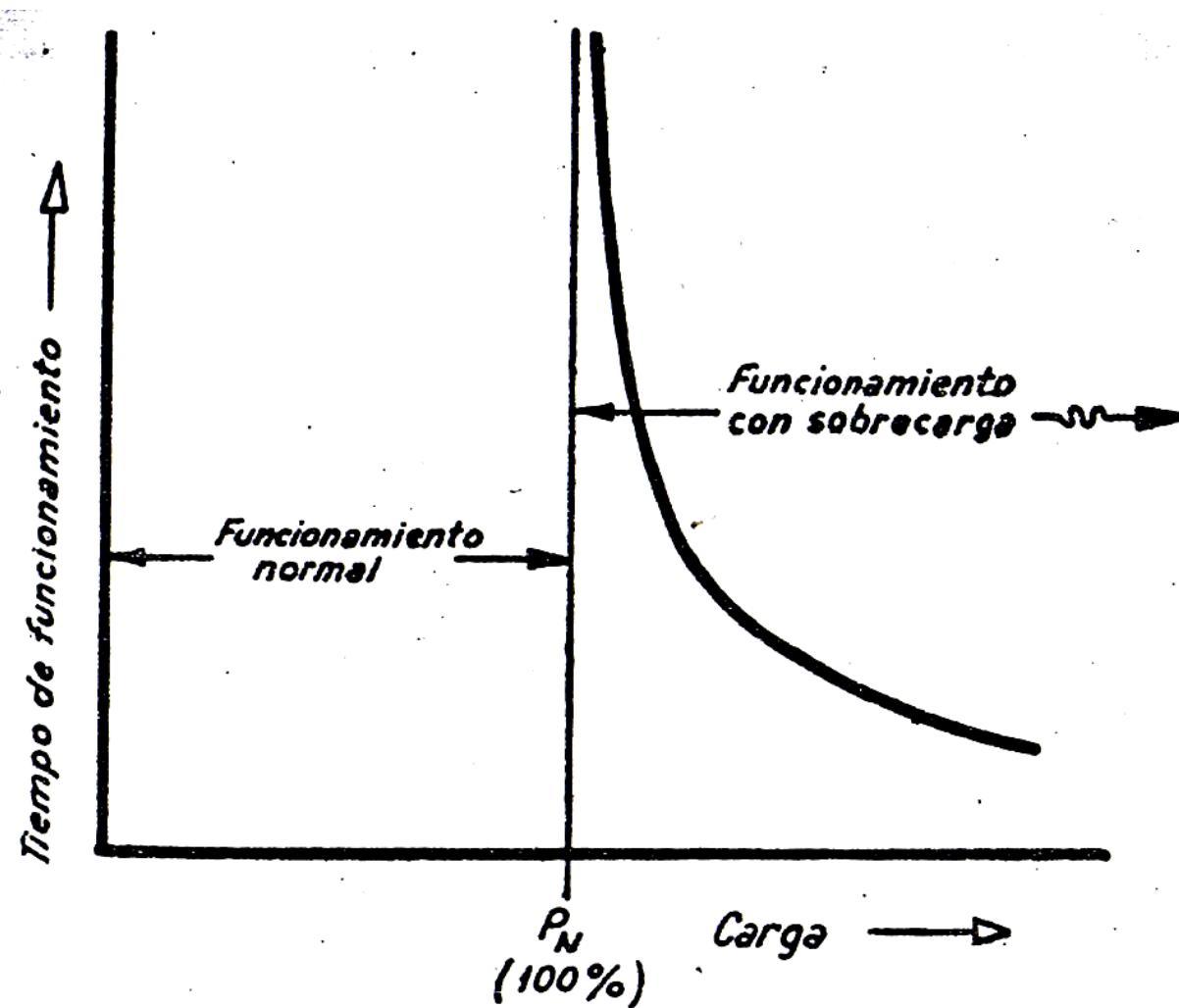
EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS

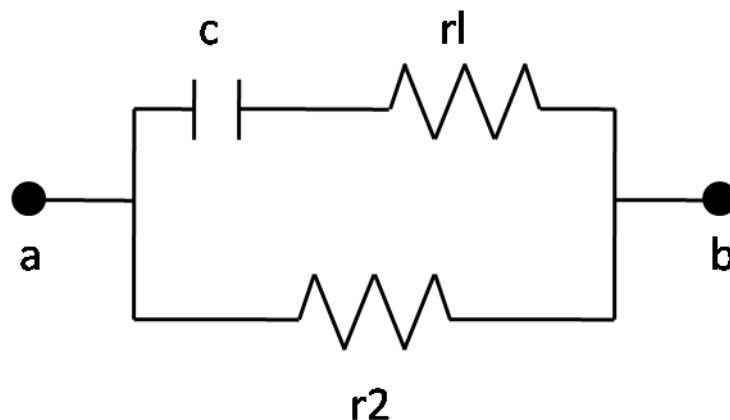


EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS



EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS





Donde:

C= Capacitor que representa la capacitancia del dieléctrico (devuelve la energía almacenada al desaparecer la fem.).

R1= Resistencia en serie con C responsable de las pérdidas por absorción en el dieléctrico ($M\Omega/cm$).

R2= Resistencia en paralelo que responde a las pérdidas superficiales o de fuga. Se ve muy afectada por la humedad y la suciedad ($M\Omega$).

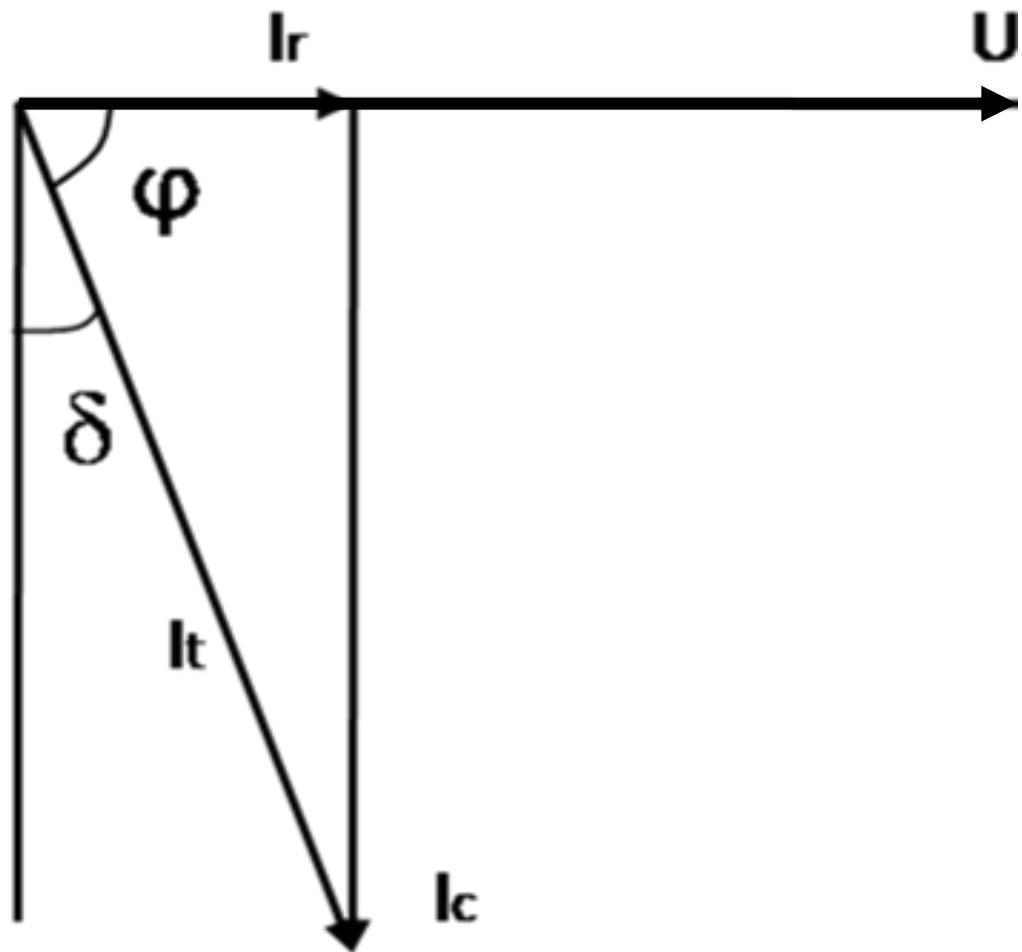
Factor de potencia del dieléctrico

$$\cos \varphi = I_r / I_t$$

$$\cos \varphi \approx \operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{sen} \delta}{\cos \delta} = \frac{I_r}{I_c}$$

Factor de disipación del dieléctrico

$$D = \operatorname{tg} \delta = R / X_c = R 2 \pi f C$$



El valor “tangente de delta” cuantifica las pérdidas por calentamiento que tiene un aislante y se utiliza para fines comparativos entre aislantes

D aprox = 0,001 es excelente aislante

entre $0,01 < D < 0,001$ es aceptable

En el rango en que se encuentran las mayoría de los aislantes la diferencia entre $\cos \varphi$ y $\operatorname{tg} \delta$ es $< 5\%$

Por lo tanto se puede intercambiar :

Factor de Disipación y Factor de Potencia

Un transformador trifásico de se somete a un ensayo de calentamiento a plena carga

$S = 750 \text{ kVA}$ $U = 3 \times 13.200 / 3 \times 2.300 \text{ V}$

$I = 38 / 192 \text{ A}$

Conexión Y / D Peso total 2.500 Kg

Pérdidas en el hierro (fijas) 3.262 W

Pérdidas en el cobre a plena carga (variables) 9.215 W

EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS

HORA	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30
t (h)	---	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ºC	18	34	43	50	54	57	60	61	61	61	61

Calcular la constante de tiempo y el calor específico promedio de la máquina.

EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS

La sobreelevación máxima $\theta_{max} = 61 - 18 = 43^{\circ}\text{C}$

La sobreelevación para $t_1 = 1 \text{ hora}$ $\theta_1 = 34^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C} = 16^{\circ}\text{C}$

$\ln X = \log e^X$ constante de tiempo.

Partiendo de la ecuación de la sobreelevación (02-15), despejamos la constante de tiempo.

Repetición o natural $T = \frac{t_1}{\ln \frac{\theta_{max}}{\theta_{max} - \theta_1}} = \frac{t_1}{2,303 \lg \frac{\theta_{max}}{\theta_{max} - \theta_1}} = \frac{1}{2,83 \times \lg 1,59} = 15 \text{ hora}$

$\theta = 2,718281\dots$

EL CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS

Pérdidas totales a plena carga.

$$p = P_{Fe} + P_{Cu} = 3.262 + 9.215 = 12.477 \text{ W}$$

$$\text{Lmx} = 23 \text{ bpx}$$

La cantidad de calor producida en la unidad de tiempo a causa de las pérdidas es

$$q = p \times 0,2388 \times 10^{-3} = 12.477 \times 0,2388 \times 10^{-3} = 2,97 \text{ kc/s}$$

Recurriendo a la (02-22)

$$c = \frac{Tq}{G \theta_{mx}} = \frac{2,86 \times 2,97 \times 3600}{2500 \times 43} = 0,2844 \text{ kc/kg.}^{\circ}\text{C}$$

(La cifra 3600 s/hora se introdujo para homogeneizar unidades).