

Fig. 24

En resumen, los materiales ferromagnéticos presentan las siguientes propiedades:

a) Pueden imanarse más fácilmente que los demás materiales (tienen una gran permeabilidad relativa):

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

b) Tienen una inducción magnética intrínseca (β) muy elevada.

c) Tienen una relación no lineal entre el campo magnético (H) y la densidad de flujo (β) que aquél produce.

d) Un aumento en el campo magnético les origina un incremento en la densidad de flujo diferente al producido por una disminución igual de campo magnético.

e) Conservan imanación al suprimirse el campo magnético aplicado.

f) Tienden a oponerse a variar su estado de imanación o desimanación (fenómeno de HISTERESIS o inercia magnética).

La permeabilidad de una sustancia ferromagnética disminuye al aumentar la temperatura. La temperatura a la cual la permeabilidad relativa de una sustancia es prácticamente la unidad es

conocida por TEMPERATURA DE CURIE. Por encima de su temperatura de Curie, el hierro es paramagnético (1 043 °K).

1.8 CURVA DE IMANACION

Al someter una muestra de material ferromagnético a la influencia de un campo magnético (H), Fig. 25, se inducirá en ella una densidad de flujo (β) que dependerá de la intensidad de H . Como se mencionó anteriormente, el valor de H crecerá en forma no lineal con respecto a β , sin embargo, esta situación no será constante, ya que a partir de determinado valor de H , los incrementos que se podrán lograr en el material serán despreciables con respecto a los incrementos en H . Cuando el material presente la situación anterior, se dice que se encuentra en un estado magnéticamente saturado. Este se manifiesta en la curva de imanación como la porción recta final de la misma.

A la relación gráfica que expresa el comportamiento de la densidad de flujo con respecto al campo magnético se le llama CURVA DE IMANACION DEL MATERIAL.

A la relación matemática entre la densidad de flujo (β) existente en un medio determinado y el campo magnético (H) que la induce, se le conoce como PERMEABILIDAD del medio (μ).

$$\beta = \mu H$$

1.11

La permeabilidad es la propiedad de un medio específico que manifiesta la facilidad con que se pueden establecer en él las líneas de flujo magnético. La permeabilidad del espacio libre (vacío) varía de acuerdo al sistema de unidades utilizado (Tabla I). En la práctica, la permeabilidad de todos los materiales no magnéticos (paramagnéticos y diamagnéticos) como el cobre, el aluminio, la lana, el vidrio y el aire, es la misma que la del espacio libre. A la permeabilidad definida por la

TK 25
B4

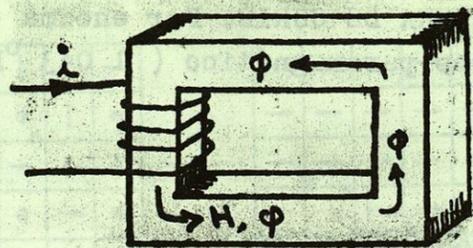


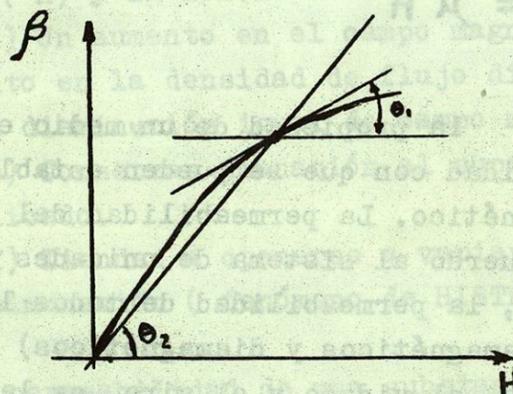
Fig. 25 Excitación magnética de un material.

Ec. 1.11 se le denomina también PERMEABILIDAD ESTÁTICA. La permeabilidad estática en un punto cualquiera de la curva de imanación, es la pendiente de una recta trazada del origen al punto de la curva de imanación.

Si la muestra ha de ser sometida a excitaciones continua y alterna superpuestas, se introduce una nueva expresión que es la PERMEABILIDAD INCREMENTAL ($\mu_{c.A.}$) y se define por la siguiente expresión:

$$\mu_{c.A.} = \frac{dB}{dH} \approx \frac{\Delta B}{\Delta H} \quad 1.12$$

Esta expresión define que la permeabilidad incremental en un punto P de la curva de imanación es igual a la pendiente de la recta tangente a la curva en ese punto. La Fig. 26 ilustra estos conceptos.



$$\text{tg } \theta_1 = \mu_{c.A.} (\text{en } P)$$

$$\text{tg } \theta_2 = \mu_{estática}$$

Fig. 26 Curva de imanación normal de un material ferromagnético.

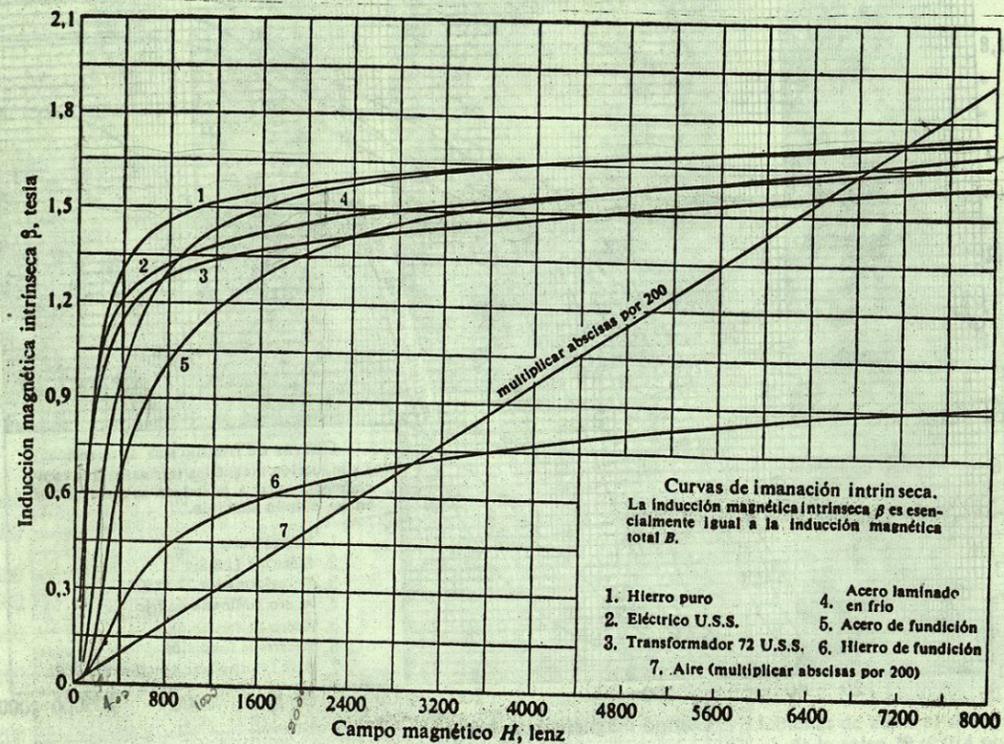


Fig. 27

TK25
B4

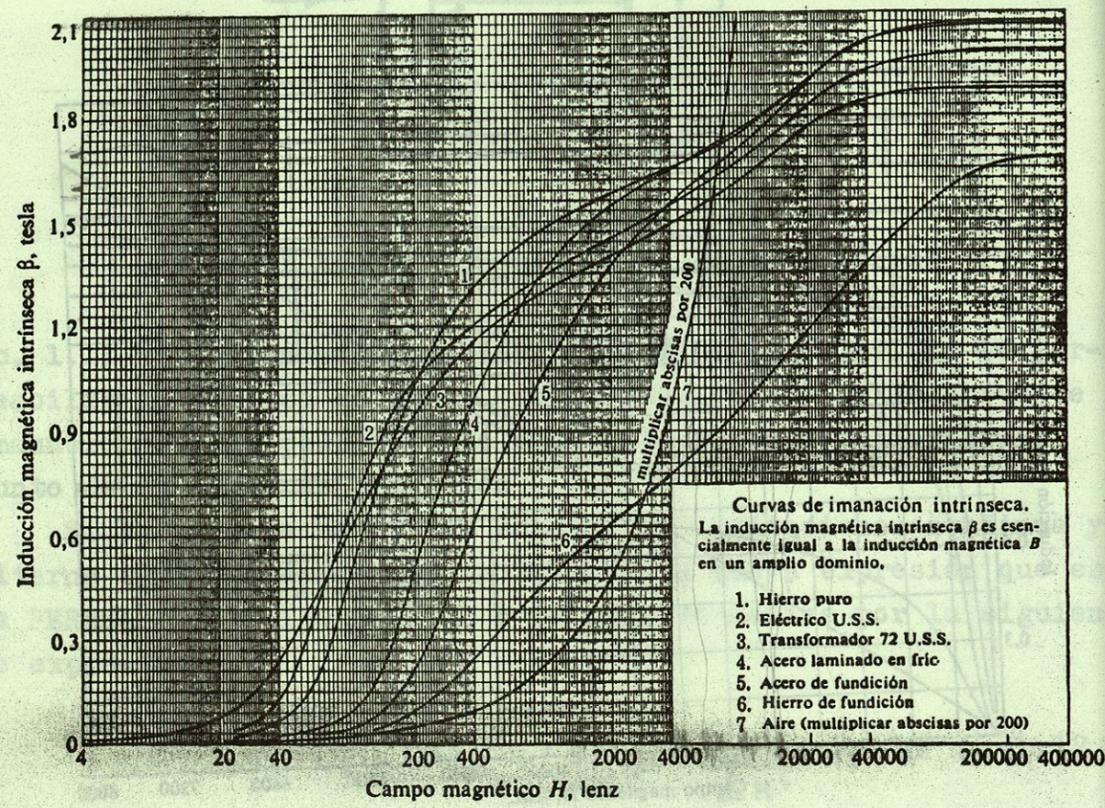


Fig. 28

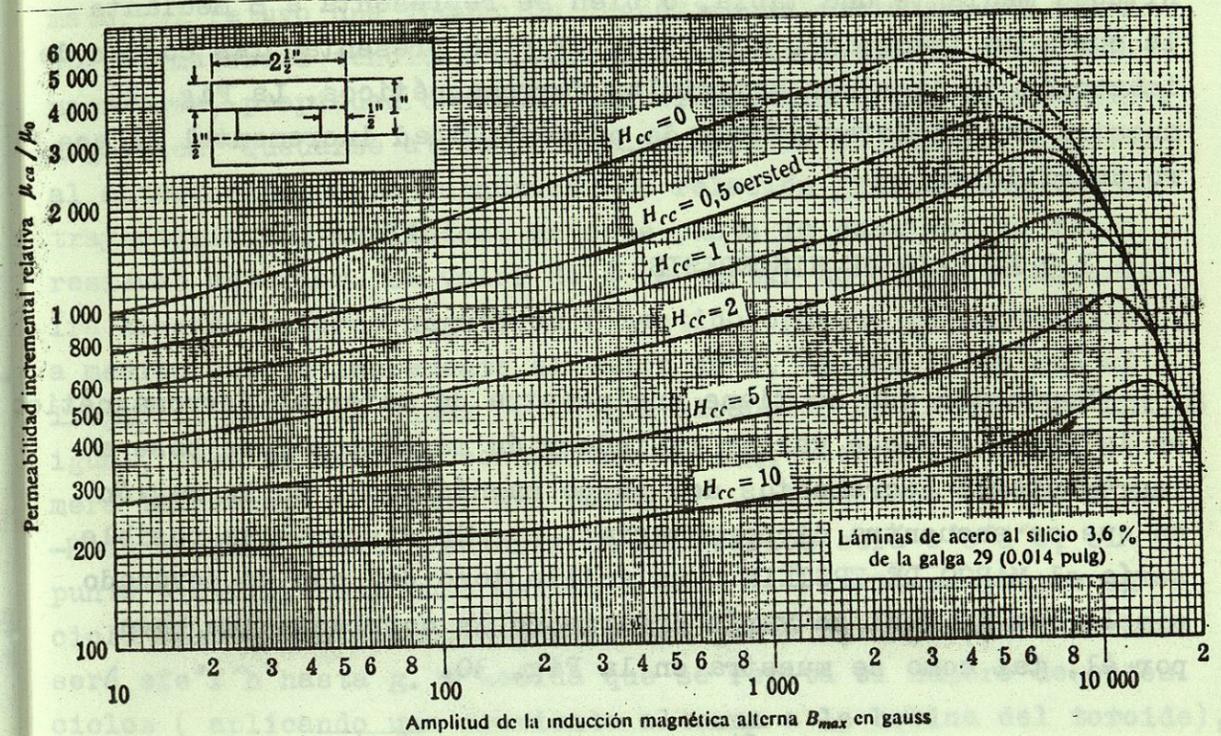


Fig. 29

Fig. 26 Curva de imanación normal de un material ferromagnético.

Por razones cuyo análisis excede el nivel de este escrito, la permeabilidad incremental real es menor que el valor teórico dado por la pendiente de la curva de imanación, por lo que se hace necesario el uso de curvas de μ_{ca} real al hacer cálculos prácticos.

Como se puede apreciar en la Fig. 29, en los materiales ferromagnéticos la permeabilidad incremental real es menor que la teórica, no se puede esperar a la vez que se obtenga una relación lineal de μ_{ca} con B_{max} en el caso de la velocidad de variación de B_{max} .

Fig. 30 Curva $B(H)$ para un material ferromagnético.