

Detección de necesidades de caracterización magnética de materiales en el país y estrategias para satisfacerlas

Laboratorio de Magnetismo

Centro Nacional de Metrología

Ing. Mario G. Alatorre M., Dr. Marco Antonio Escobar V.

Temas a tratar

1.- Objetivo

2.- **Introducción:** detección de necesidades en cuanto a caracterización magnética de materiales se refiere, proyectos orientados a satisfacer algunas de estas necesidades

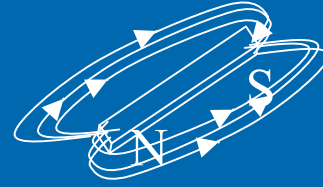
3.- Descripción de los proyectos

4.- Conclusiones

5.-Referencias

1.- Objetivo :

Dar a conocer algunas de las necesidades metrológicas detectadas en diversos sectores industriales del país, en el campo de las mediciones magnéticas y presentar algunos proyectos orientados a satisfacer algunas de estas necesidades .



Detección de necesidades en la industria eléctrica, metalmecánica, del acero, de enseres domésticos y automotriz

- * Caracterización magnética de aceros, en corriente continua, para la determinación de propiedades tales como: **permeabilidad magnética relativa μ_r** , **inducción magnética remanente B_r** , y **campo coercitivo H_c**
- * Caracterización magnética de aceros al silicio de grano orientado (GO) y de grano no orientado (GNO), en corriente alterna, para la determinación de propiedades magnéticas tales como: **pérdidas totales específicas (P_s)**, **potencia aparente específica (S_s)**, **inducción y polarización magnética (\hat{B} y \hat{J})**
- * Caracterización magnética de imanes permanentes, para la determinación de propiedades tales como: **polarización e inducción magnética remanente, J_r y B_r** , **campo coercitivo H_c** y **la energía magnética dada por el producto BH_{max}**

Proyectos

- 1.-Determinación de las propiedades magnéticas de aceros, en corriente alterna, por el método del cuadro Epstein normalizado.
- 2.- Determinación de las propiedades magnéticas del hierro y del acero, en corriente continua, por el método normalizado del toroide
- 3.- Medición de las propiedades magnéticas de imanes permanentes, en circuito cerrado

1.- Determinación de las propiedades magnéticas de aceros, en corriente alterna, por el método del cuadro Epstein normalizado. (Norma Internacional IEC 404-2)

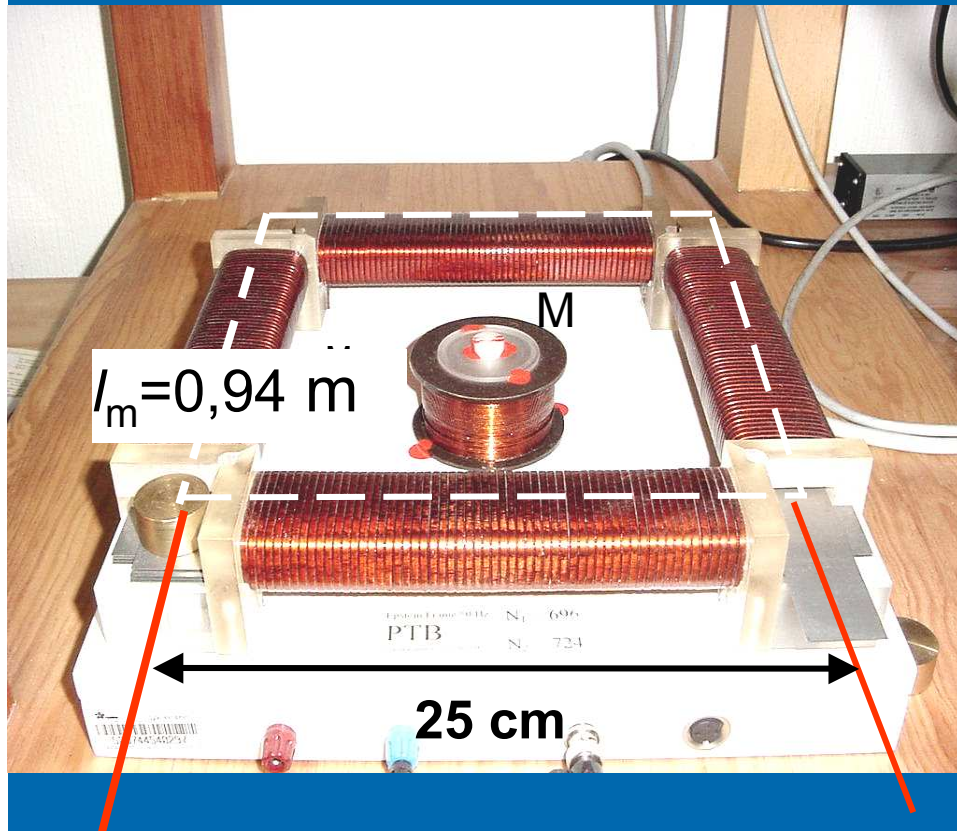
Objetivo :

Caracterización magnética de aceros al silicio, de grano orientado y de grano no orientado.

Magnitudes que pueden ser medidas :

- * valor pico de la inducción magnética B (T),
- * valor pico de la polarización magnética J (T),
- * valor pico de la intensidad de campo magnético H (A/m),
- * las pérdidas totales específicas P_s (W/kg),
- * la potencia aparente específica S_s (VA/kg)

Cuadro Epstein



$$A = \frac{m}{4/d}$$

Donde:

A= Área de cruce seccional de la muestra

m = es la masa total de la muestra, en kg,

l = es la longitud de las láminas muestra, en m,

d = densidad del material en kg/m³

$$m_a = \frac{l_m}{4l} m$$

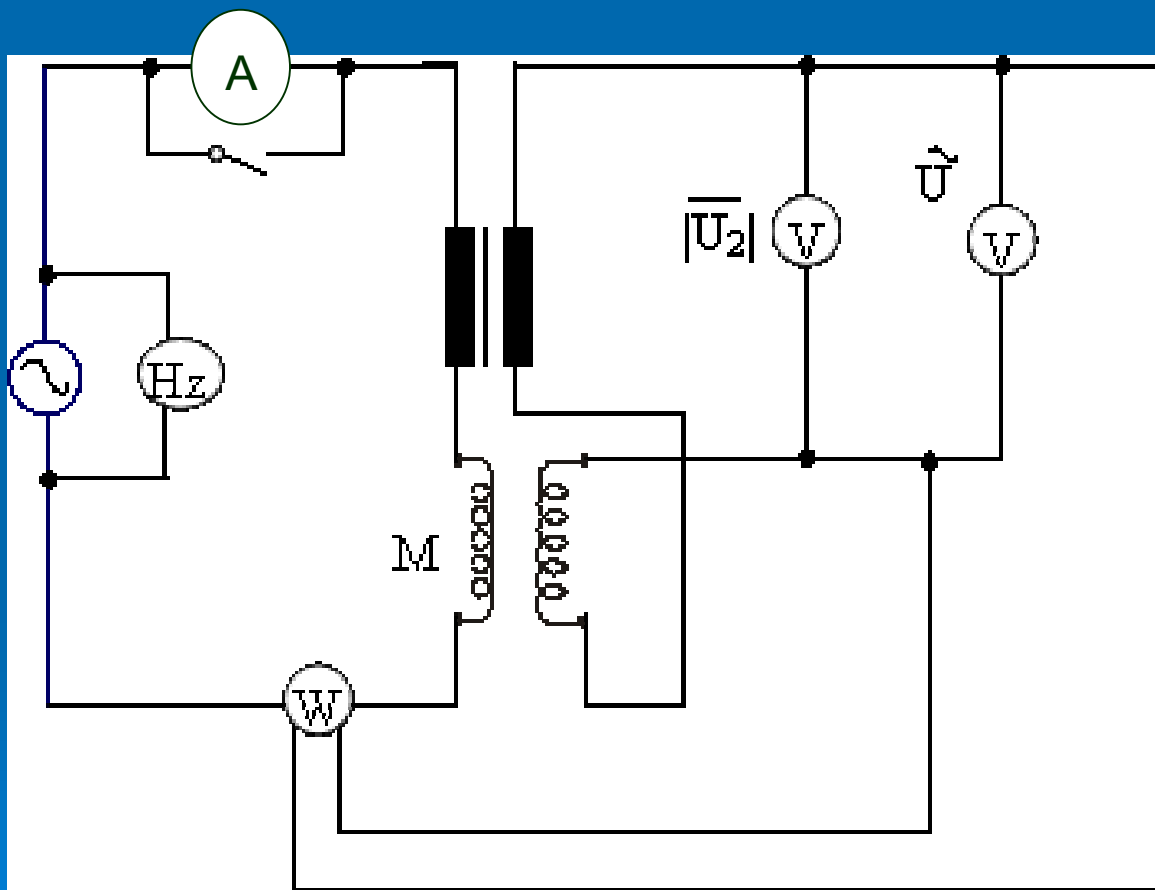
Donde:

m_a: masa activa de la muestra

l_m: es la longitud efectiva (convencional) del camino magnético (l_m=0,94 m);

Circuito de medición de pérdidas totales específicas

Método del wattmetro



$$|\overline{U_2}| = 4fN_2 \frac{R_i}{R_i + R_t} A \hat{J}$$

$|\overline{U_2}|$: es el valor rectificado de la tensión inducida en el embobinado secundario, en volts;

\hat{J} : es el valor pico de la polarización magnética;

R_i : es la resistencia total en el embobinado secundario

R_t : es la resistencia serie del embobinado secundario y del inductor mutuo M.

PÉRDIDA TOTAL CALCULADA DE LA MUESTRA

$$P_c = \frac{N_1}{N_2} P_m - \frac{(1,111|\overline{U}_2|)^2}{R_i}$$

Donde:

P_c : es la pérdida total calculada de la muestra, en watts;

N_1 : es el número total de vueltas en el embobinado primario;

N_2 : es el número total de vueltas en el embobinado secundario;

P_m : es la potencia medida por el wattmetro, en watts;

R_i : es la resistencia total en el embobinado secundario, en ohms;

$|\overline{U}_2|$: es el valor rectificado de la tensión inducida en el embobinado secundario, en volts;

PÉRDIDA TOTAL ESPECÍFICA DE LA MUESTRA

$$P_s = \frac{P_c}{m_a} = \frac{P_c l}{m l_m}$$

Donde:

P_s : es la pérdida total específica de la muestra, en watts por kilogramo;

l : es la longitud de la muestra, en metros;

l_m : es la longitud del camino magnético efectivo convencional, en metros

($l_m = 0,94 \text{ m}$);

m : es la masa total de la muestra, en kilogramos;

m_a : es la masa activa de la muestra en kilogramos;

P_c : es la pérdida total de la muestra, en watts

2.- Método normalizado del toroide. (Norma Internacional IEC 404-4)

Objetivo :

Establecer un sistema de medición de referencia para la caracterización magnética de materiales como el hierro y el acero, en corriente continua.

Magnitudes que pueden ser medidas :

- * el valor de la intensidad de campo magnético H , en A/m
- * el valor de la polarización magnética J de la muestra, en tesla,
- * el valor de la inducción magnética B de la muestra, en teslas,
- * el valor de la inducción remanente B_r , en tesla, y
el valor del campo coercitivo H_c , en A/m

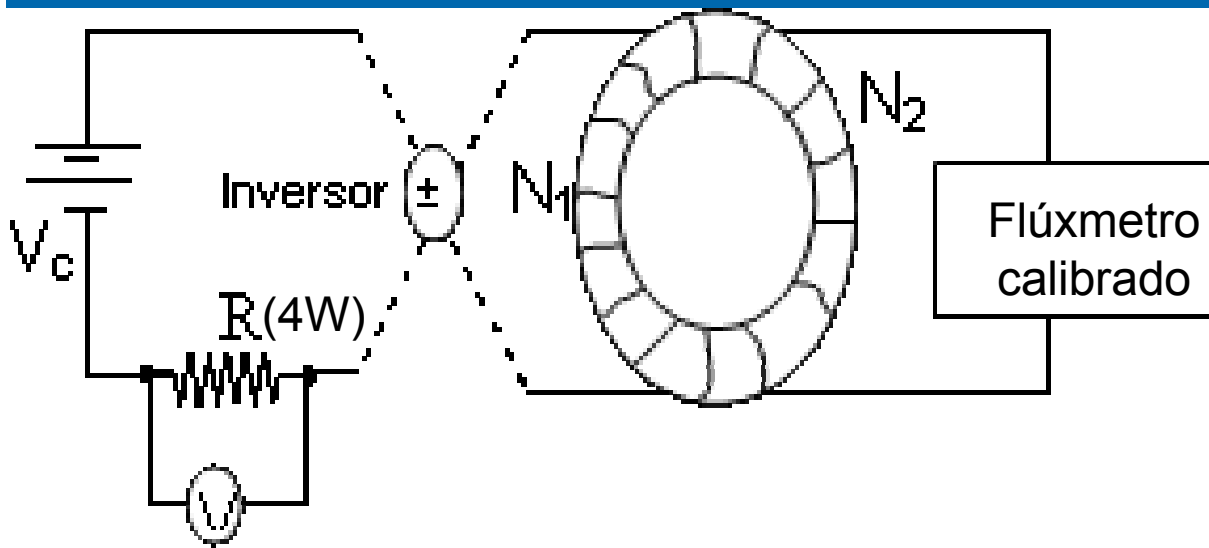
2.- Método normalizado del toroide.

Constitución de las muestras :

1.- La muestra a caracterizar se constituye por un toroide homogéneo, sin soldadura, de sección rectangular o circular. Generalmente el área de cruce seccional de las muestras es de 100 mm^2 a 500 mm^2 .

2.-La fabricación de las muestras debe realizarse tomando en cuenta todas las precauciones posibles, para evitar introducir cambios estructurales, o un calentamiento en el material, los cuales podrían alterar las propiedades magnéticas de la muestra a caracterizar

Circuito de medición



$$H = \frac{N_1 i}{l} \quad [A/m]$$

l : es la longitud media del circuito magnético, de la muestra

$$\Delta B = \frac{k_B \alpha_B}{N_2 A} \quad [T]$$

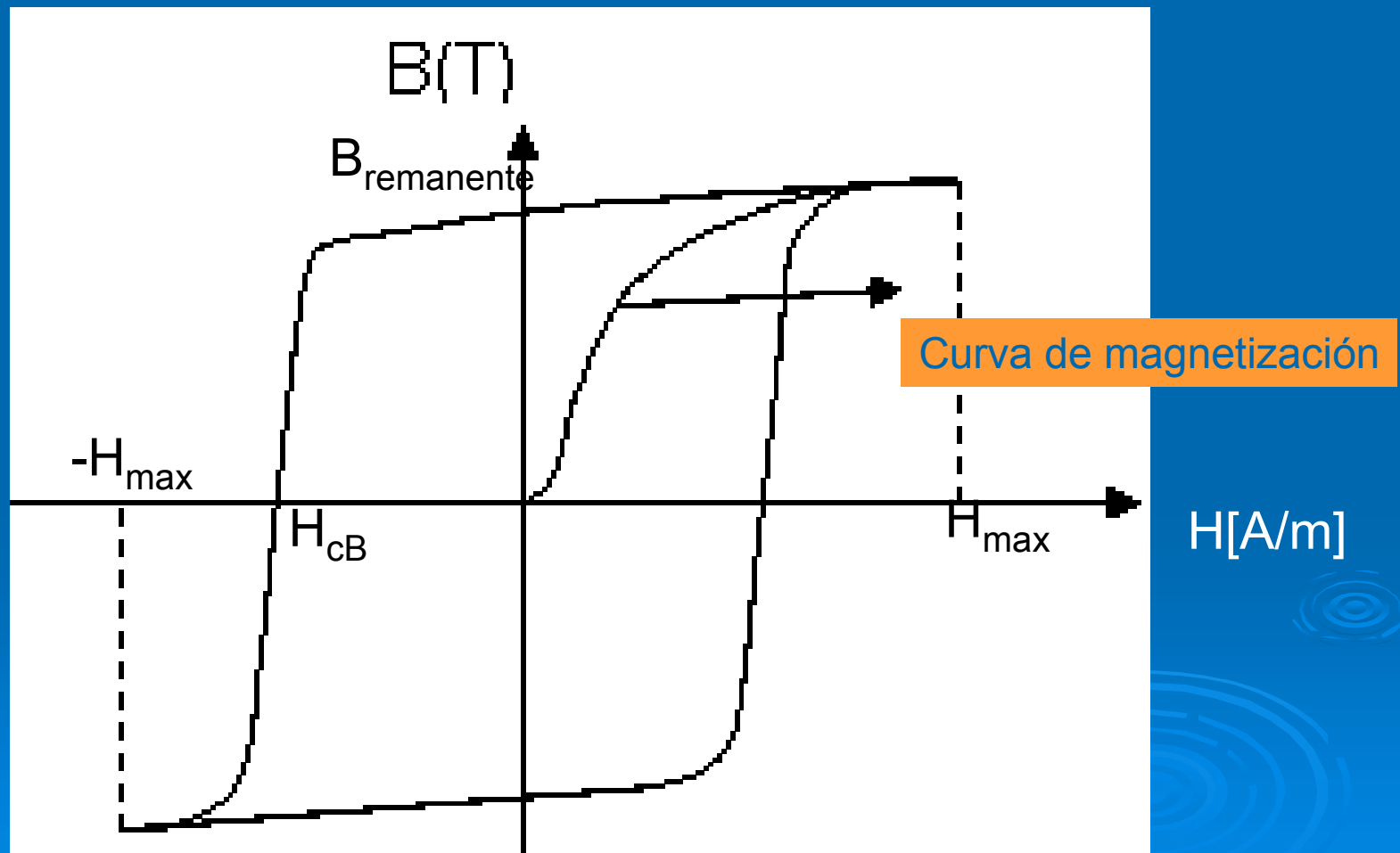
k_B = es la constante de calibración del flúxmetro

α_B = es la lectura del flúxmetro

A = es el área de la sección media del toroide

Determinación de la curva de magnetización y del ciclo de histéresis

Medición de la inducción magnética B , en función del campo magnético H .



3 Medición de las propiedades magnéticas de imanes permanentes, en circuito cerrado (Norma IEC 404-5)

Objetivo :

Establecimiento de un sistema de medición de referencia para la caracterización magnética de imanes permanentes, en circuito cerrado.

Magnitudes que pueden ser medidas :

- Inducción magnética remanente B_r
- Polarización magnética remanente J_r
- Campo coercitivo H_{CB} y H_{CJ}
- * La energía dada por el producto BH_{max}

Principio de medición y relaciones de base

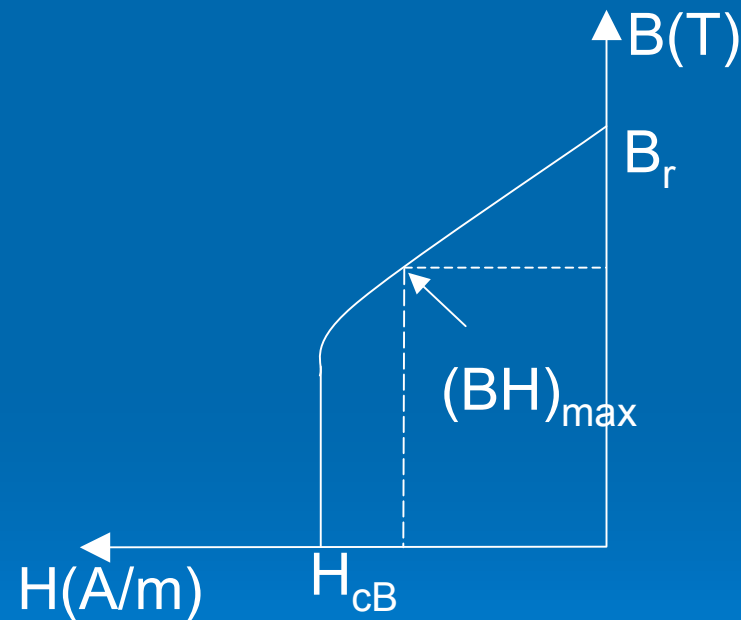
$$B = \mu_0 H + J$$

Donde:

μ_0 = constante magnética = $4\pi \times 10^{-7}$, en Vs/Am (=henry/m)

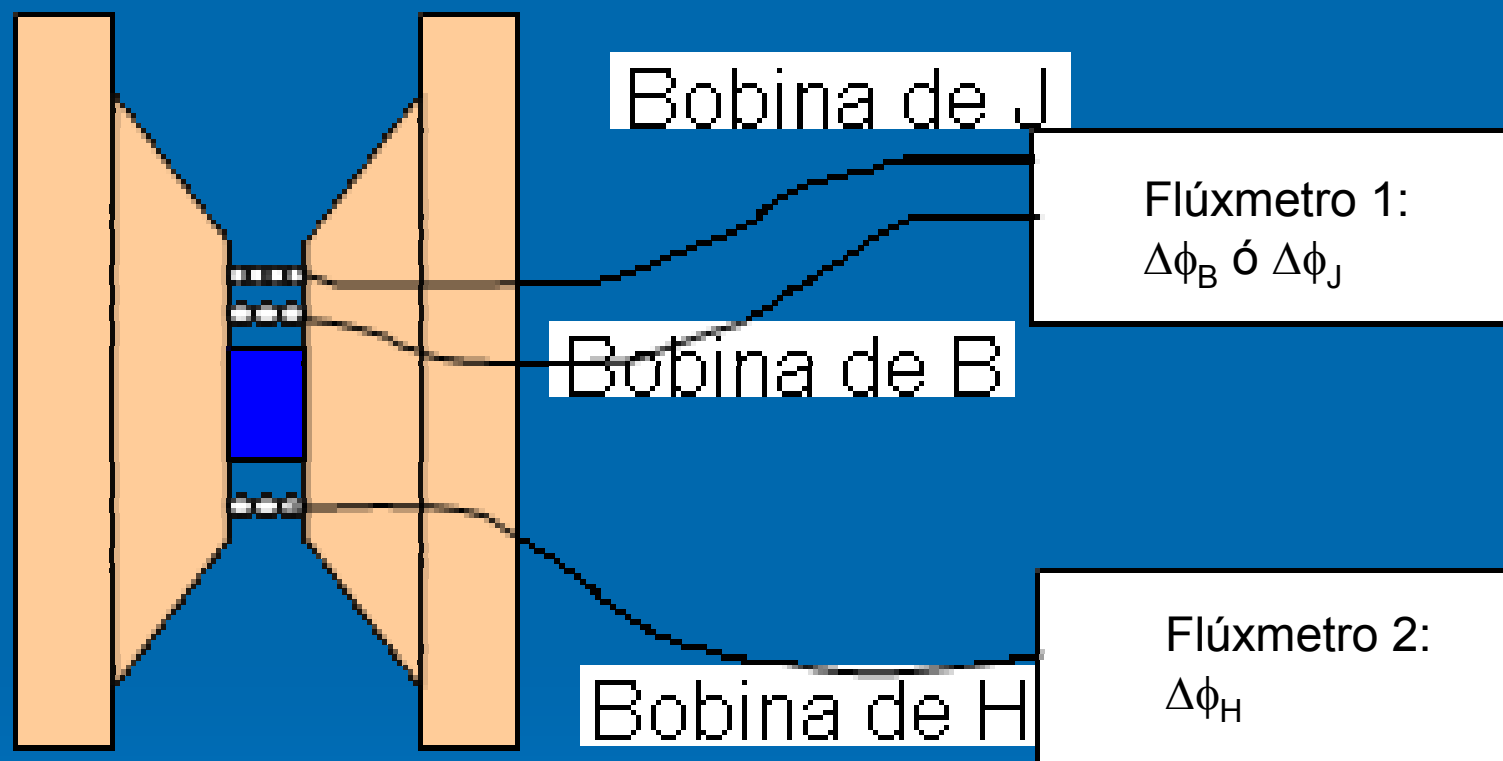
J = polarización magnética, en tesla, y

H = intensidad de campo magnético externo, en A/m



Curva de desmagnetización mostrando $(BH)_{max}$

Principio de medición



Medición de densidad de flujo magnético

Bobina de B

Integración de la tensión inducida en la primer bobina, en un intervalo de tiempo dado, debida a una variación de flujo $\Delta\phi$

$$\Delta\phi_B = N_1 S (B_2 - B_1) \quad \rightarrow \quad \Delta B = \Delta\phi_B / N_1 S$$

Medición de intensidad de campo magnético

Bobina de H

Integración de la tensión inducida en los bornes de un sistema constituido por dos bobinas de medición, colocadas alrededor de la muestra

$$\Delta\phi_H = N_2 \mu_0 H (S_2 - S_1)$$

\rightarrow

$$H = \frac{\Delta\phi_H}{\mu_0 N_2 (S_2 - S_1)}$$

Medición de polarización magnética

Bobina de J

Se integran las tensiones inducidas en los bornes de un sistema constituido por dos bobinas de medición de flujo magnético, conectadas en serie oposición al flúxmetro

$$\Delta\phi_J = (N_1 - N_3)SJ$$

→

$$J = \frac{\Delta\phi_J}{(N_1 - N_3)S}$$

Donde:

J= polarización magnética, en tesla

N_1, N_3 = son respectivamente el número de espiras de la primera y tercer bobina.

S= área de la sección de la muestra en m²

4. - Conclusiones

El establecimiento de los sistemas de medición de magnitudes magnéticas que se han descrito, permitirán ofrecer los siguientes servicios:

- * Caracterización magnética de materiales, en corriente alterna, como aceros al silicio de granos orientados y granos no orientados
- * Caracterización magnética de aceros, en corriente continua, utilizados principalmente en la industria metal-mecánica y eléctrica
- * Caracterización magnética de imanes permanentes, ferritas, utilizados en la industria electrónica, de enseres domésticos, automotriz y de fotocopiado.

5. Agradecimientos

-M.C. Jorge Blancas, por su colaboración en el desarrollo del sistema para medir las propiedades magnéticas de aceros, en corriente alterna, por el método del cuadro Epstein normalizado

6. Referencias

- [1] Norma Internacional IEC 404-2. "Methods of measurements of a magnetic properties of electrical steel and strip by means of an Epstein frame"
- [2] Norma Internacional IEC 404-4. "Methods of measurements of d.c. magnetic properties of iron and steel"
- [3] Norma Internacional IEC 404-5. "Permanent magnet materials. Methods of measurement of magnetic properties"
- [4] Informe interno, sobre: "Sistemas de medición para la caracterización magnética de materiales". M.A. Escobar. CENAM-LEG 2000