

Tecnología Electrónica

Ingeniería en Electrónica

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba

Inductor con Núcleo de Material

- ▶ Partimos de la ecuación:

$$L = \mu_0 * \mu_r * \frac{N^2 * A}{l}$$

- ▶ $L \rightarrow$ proporcional a la permeabilidad del material del núcleo.
 - PROS
 - Mayor Inductancia
 - Menor N
 - Menor R
 - Menores pérdidas
 - Menor dispersión del flujo magnético
 - CONTRAS
 - Pérdidas en el núcleo
 - L variable y dependiente de la corriente circulante

Inductor con Núcleo de Material

- ▶ Materiales para el Núcleo
 - Hierro Laminado
 - Fe-Si y Fe-Ni
 - Hierro Pulverizado
 - Cerámicas Magnéticas

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Filtros o Bobinas de Choque
- ▶ Laminaciones tipo E-I y U-I.
- ▶ Forma Constructiva
 - Inductor sin Junta ni Entrehierro
 - Inductor con Junta
 - Inductor con Entrehierro
- ▶ Forma Funcional
 - Con circulación de C.A.
 - Con circulación de C.A y C.C. superpuestas
 - Con circulación de C.C

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ La ecuación general quedaría:

$$L = \frac{4 * \pi * N^2 * S}{\frac{1}{\mu_r} * l} * 10^{-7} [H]$$
$$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7}$$

- ▶ Y siguiendo el análisis de la permeabilidad relativa:

$\mu = B / H \rightarrow$ permeabilidad normal

$\mu_{\Delta} = \Delta B / \Delta H \rightarrow$ permeabilidad incremental

$\mu = \mu_0 \rightarrow$ permeabilidad efectiva con entrehierro

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Permeabilidad efectiva con Corriente Alterna:

$$\mu_0 = \frac{B}{H_{total}} = \frac{B}{H_h + H_a} = \frac{1}{\frac{H_h}{B} + \frac{H_a}{B}} = \frac{1}{\frac{1}{\mu} + \frac{l_a}{l_h}}$$
$$\frac{1}{\mu_0} = \frac{1}{\mu} + \frac{l_a}{l_h}$$

$$L = \frac{4 * \pi * N^2 * S}{\left(\frac{1}{\mu} + \frac{l_a}{l_h} \right) * l} * 10^{-7} [H]$$

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Permeabilidad Efectiva con continua y alterna superpuesta

$$\mu_0 = \frac{\Delta B}{\Delta H_{total}} = \frac{\Delta B}{\Delta H_h + \Delta H_a} = \frac{1}{\frac{\Delta H_h}{\Delta B} + \frac{\Delta H_a}{\Delta B}} = \frac{1}{\frac{1}{\mu_\Delta} + \frac{l_a}{l_h}}$$
$$\frac{1}{\mu_0} = \frac{1}{\mu_\Delta} + \frac{l_a}{l_h}$$

$$L = \frac{4 * \pi * N^2 * S}{\left(\frac{1}{\mu_\Delta} + \frac{l_a}{l_h} \right) * l} * 10^{-7} [H]$$

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Y al denominador se denomina longitud efectiva del circuito magnético.

$$l_s = \left(\frac{1}{\mu_{\Delta}} + \frac{l_a}{l_h} \right) * l$$

- ▶ Por lo que L queda como

$$L = \frac{4 * \pi * N^2 * S}{l_s} * 10^{-7} [H]$$

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Proyecto Inductor sin Circulación de C.C
- ▶ Datos
 - Inductancia deseada L
 - Tensión Eficaz E
 - Frecuencia de Trabajo f
 - Curva de Magnetización $B-H$ del núcleo
- ▶ Consideraciones de Diseño
 - Se usaran laminaciones comerciales
 - Determinar la sección central en base a la Potencia

Inductores Núcleo Laminado

► Desarrollo

1 – Determinación de la corriente circulante

$$I = \frac{E}{\omega * L}$$

2 – Estimación de la sección de la rama central de la laminación

$$S_h = K * \sqrt{W}$$

$K \rightarrow$ constante entre 1 y 2

$$W = E_{ef} * I_{ef}$$

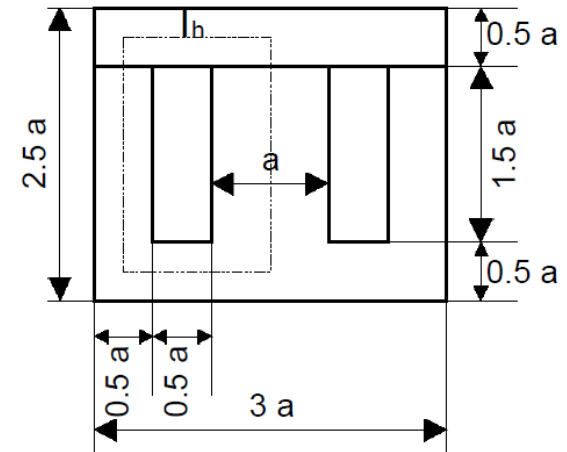
Inductores Núcleo Laminado

3 - Conociendo la sección del hierro que será cuadrada

$$S_h = 0,95 * a^2$$

► Para determinar

$$a = \sqrt{\frac{S_h}{0,95}}$$



► Y elegir la laminación que se aproxime al valor calculado.

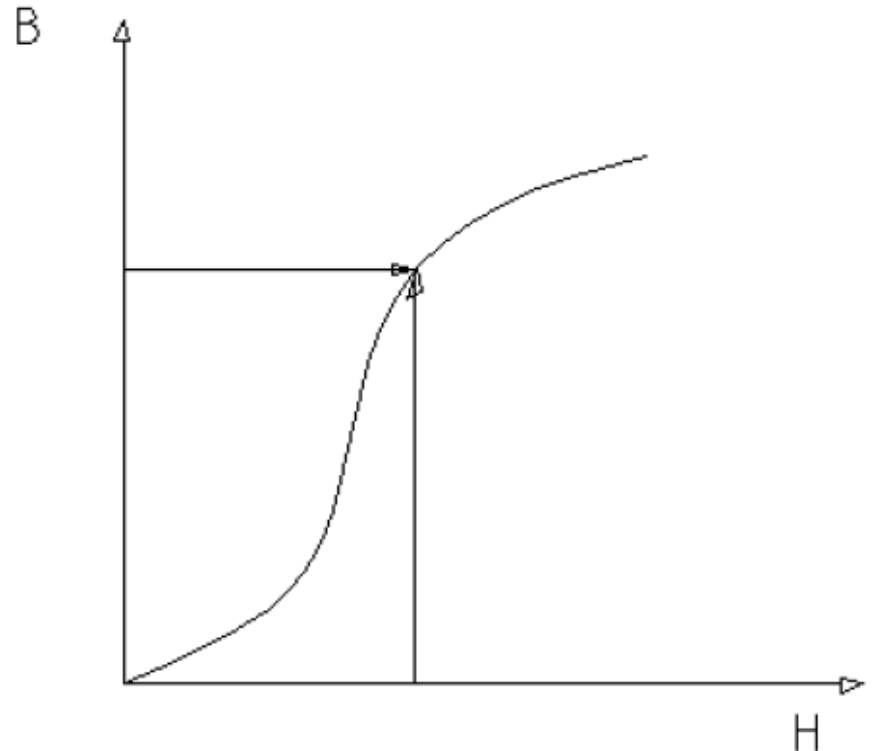
Inductores Núcleo Laminado

4 – Adopción de B

- Se elige el valor más grande posible sin saturar.

5 – Determinación de H del hierro

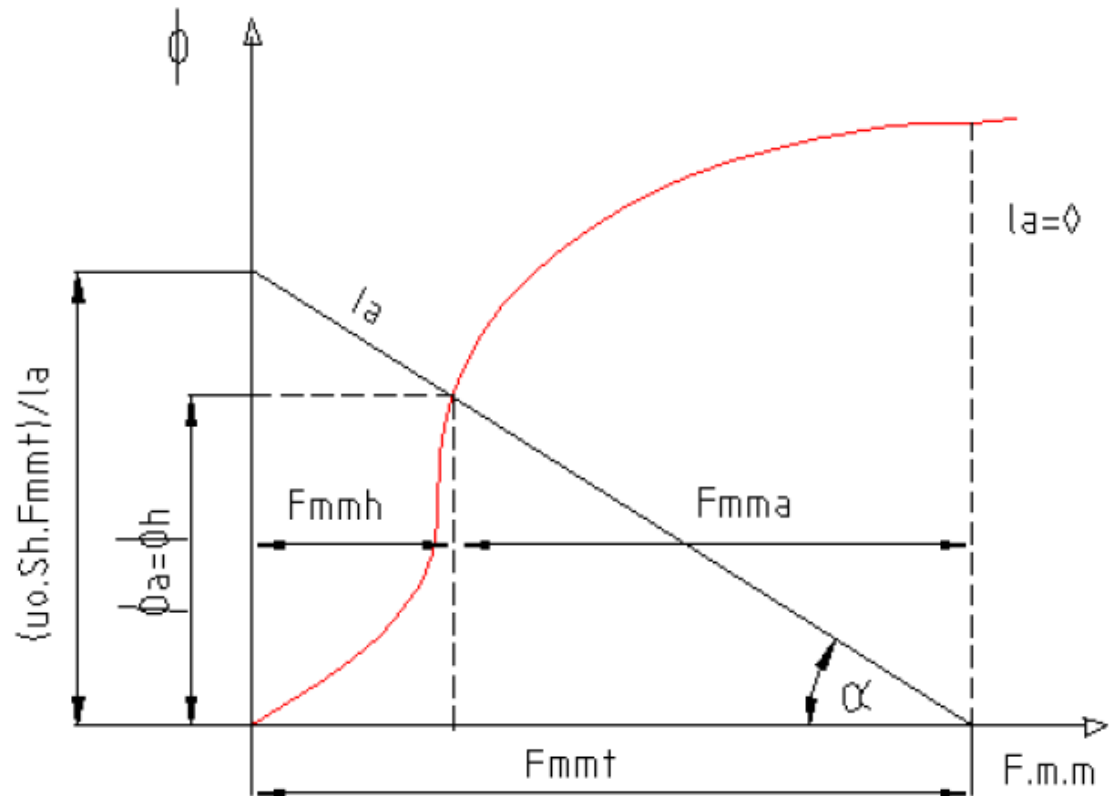
$$(N * I)_h = \frac{H_h * l_h}{0,4 * \pi}$$



Inductores Núcleo Laminado

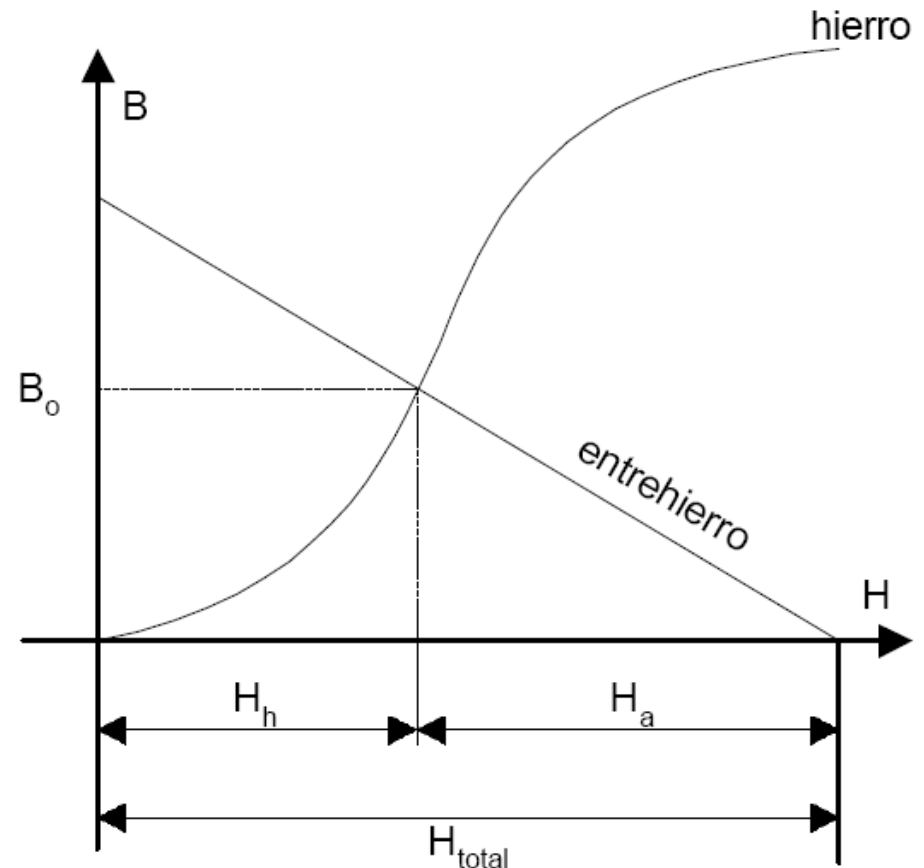
6 – Determinación de H de las juntas, a partir de la grafica B-H

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu_0 * S_h}{l_a}$$



Inductores Núcleo Laminado

6 - Determinación de H de las juntas, a partir de la grafica B-H



Inductores Núcleo Laminado

7 – Obtención de N

$$N = \frac{(N * I)_h + (N * I)_j}{I_{PICO}}$$

8 – Determinación de la sección y el diámetro del conductor

$$S_c = \frac{I}{J}$$
$$J = 2 \left[\text{Amp} / \text{mm}^2 \right]$$

Inductores Núcleo Laminado

9 – Verificación de la sección de la ventana

$$S_{CU} = N * S_C$$

Y debe cumplirse que

$$S_{CU} = S_{VENTANA} * 0,3$$

- Sección mas grande antieconómico
- Sección mas pequeña, no se puede bobinar

Inductores Núcleo Laminado

10 – Determinación del valor final de la rama central.

$$E_{ef} = 4,44 * N * B * S_H * f * 10^{-8} \text{ Voltios}$$

Despejo S_H y como sabemos además que

$$S_h = 0,95 * a * Ap$$

Entonces el ***Apilado*** (***Ap***) será un valor entre 1 y 1,5 de a

$$Ap \cong 1,5 * a$$

$$Ap = \frac{S_h}{0,95 * a}$$

Inductores Núcleo Laminado

11 – Verificación de la Sobre elevación de temperatura.

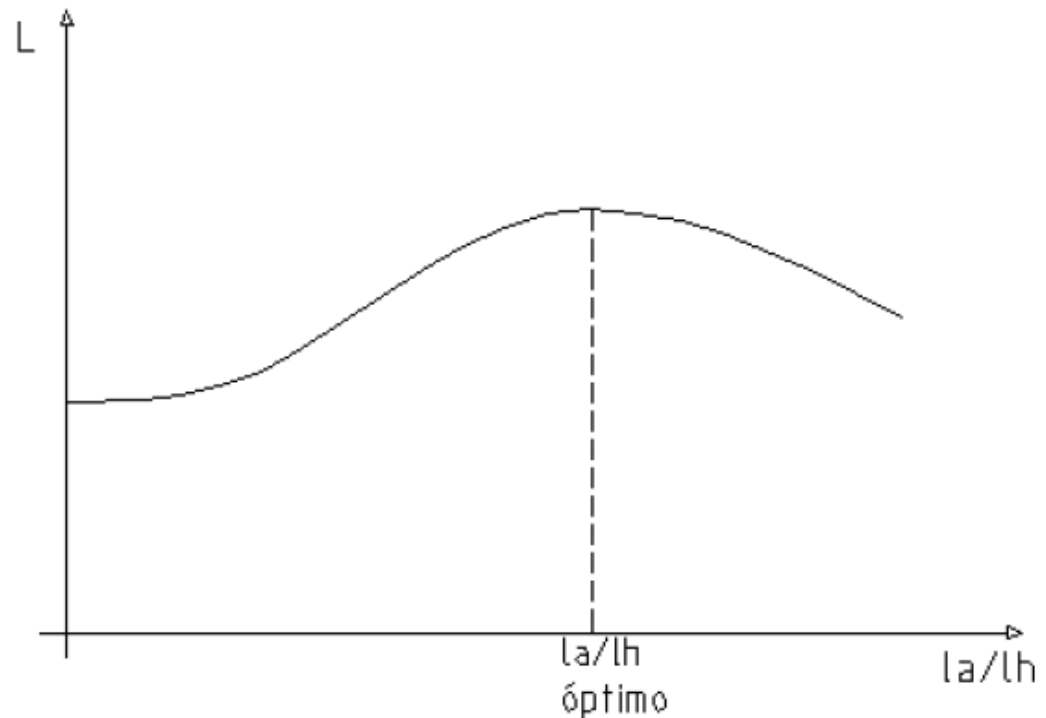
- Ajustar el valor de B o J para obtener el parámetro correcto.

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Circulación de C.C y C.A superpuestas
 - El punto de trabajo por la C.C se desplaza hacia la saturación.
 - Disminuye la permeabilidad incremental
 - Aumentar N
 - Aumentar volumen del núcleo
 - Para mantener L .
 - Para solucionar se introduce entrehierro.
 - Se aleja de la saturación
 - Existe un valor óptimo de entrehierro.

Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Valor optimo de entrehierro.
- ▶ Dos métodos para conocer esta relación óptima
 - Método Hanna
 - Método Curvas M



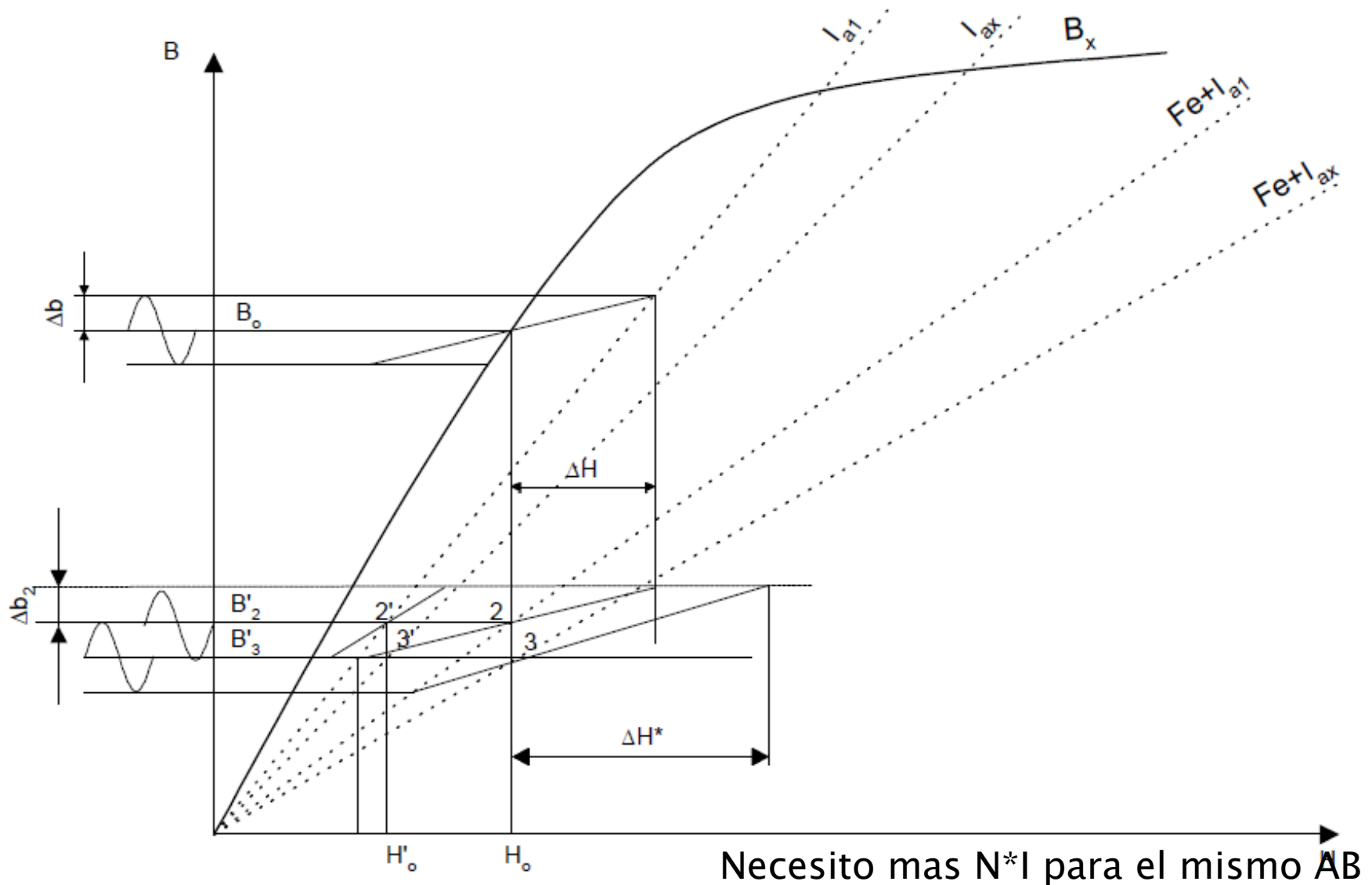
Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Entonces la ecuación podría quedar como:

$$L = \frac{4 * \pi * N^2 * S_h}{l_h} * \frac{1}{\left(\frac{1}{\mu_{\Delta}} + \frac{l_a}{l_h} \right)} 10^{-8} [H]$$

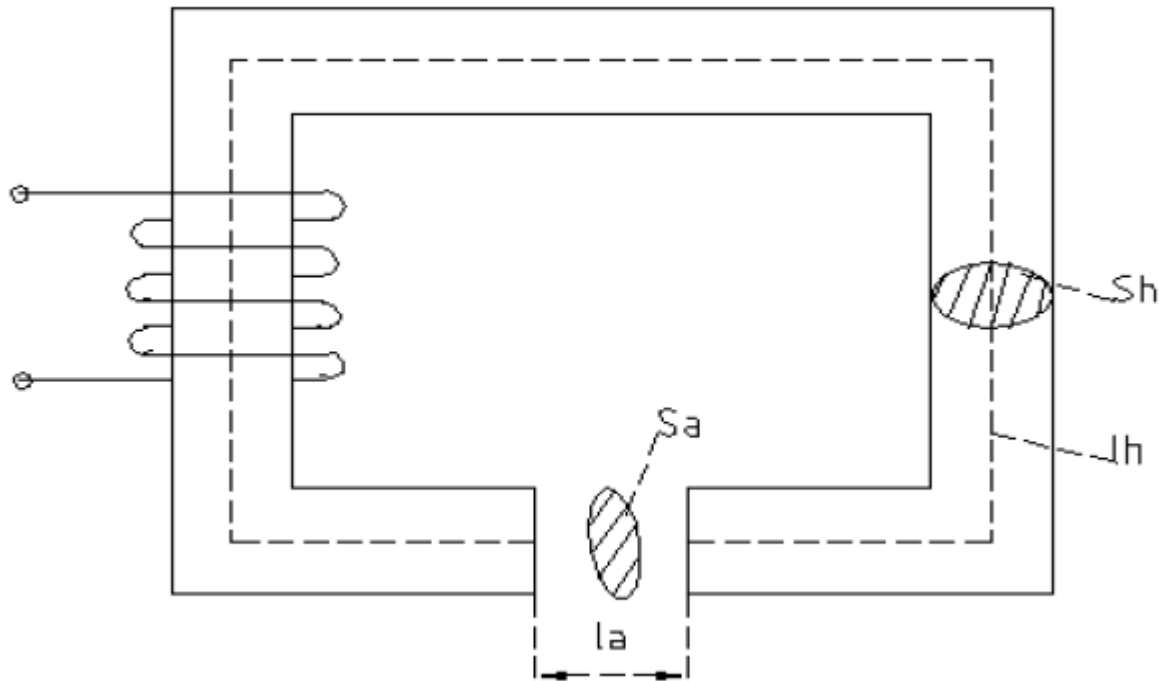
- ▶ Y sobre el gráfico se podría ver la variación de H vs B en relación a la dimensión del entrehierro.

Inductores Núcleo Laminado



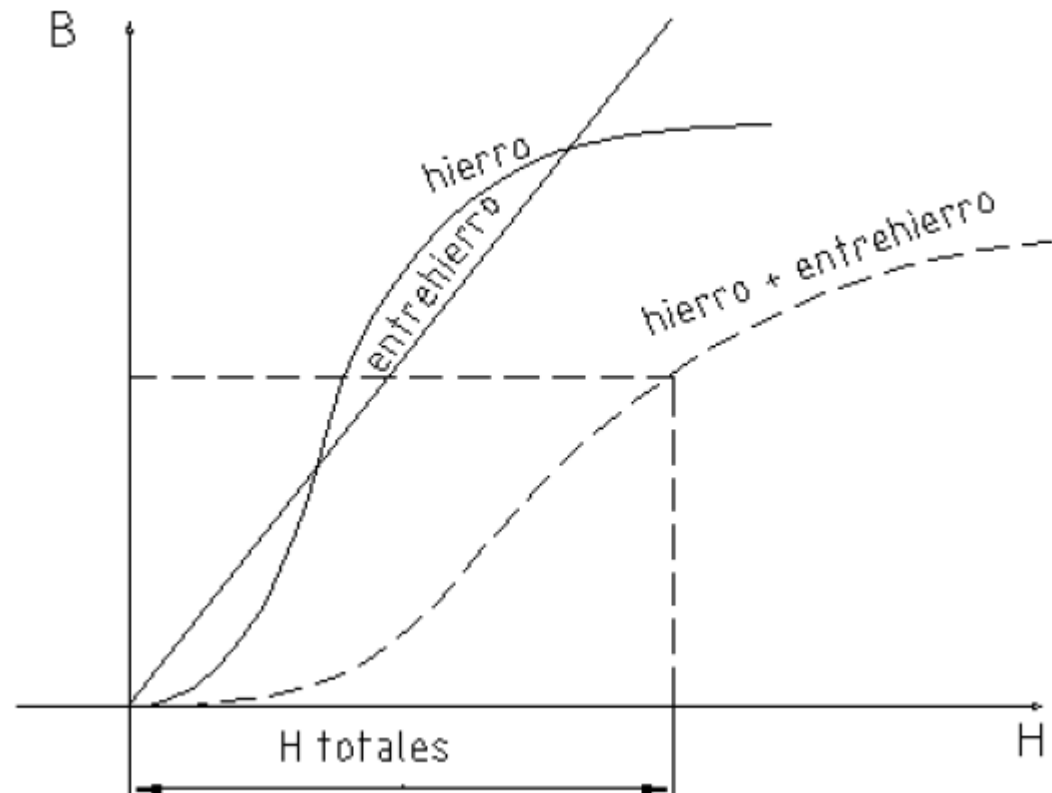
Inductores Núcleo Laminado

- Circuito Magnético resultante



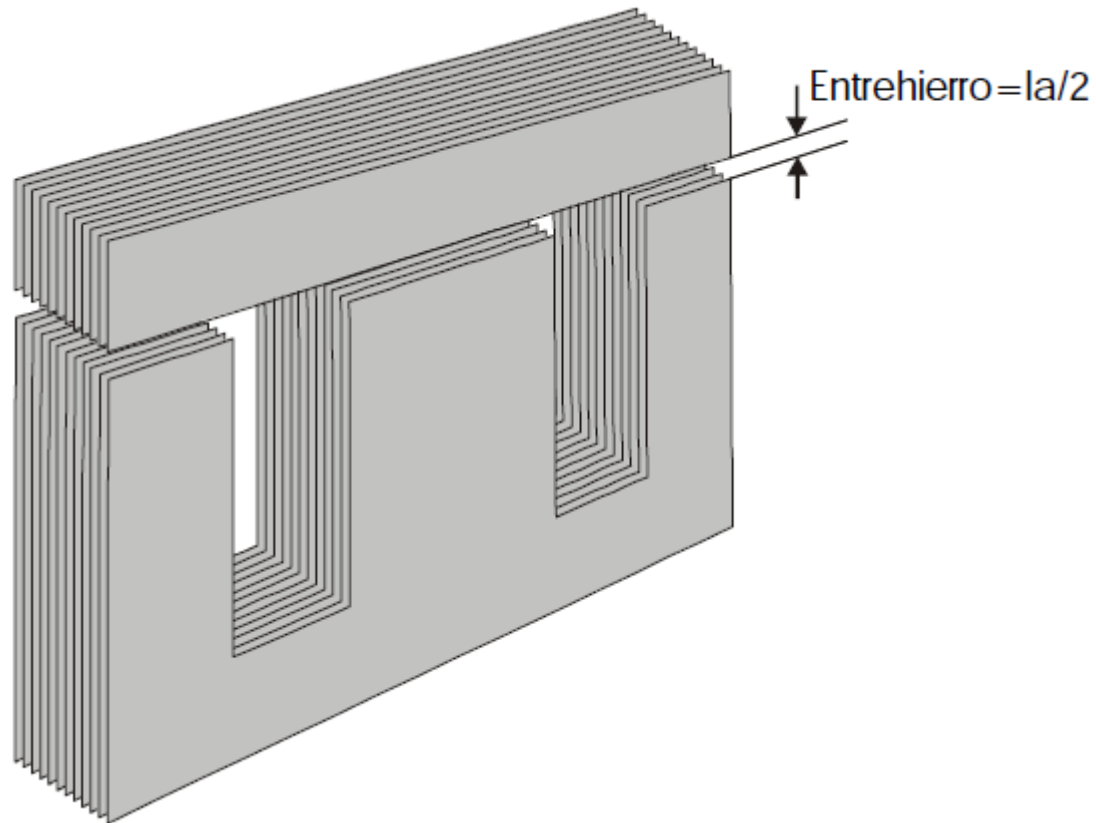
Inductores Núcleo Laminado

- Ciclo de Histéresis con entrehierro en circuito magnético



Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Apilado con entrehierro



Inductores Núcleo Laminado

- ▶ Apilado con juntas

