

## FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

### EJERCICIOS CIRCUITOS MAGNÉTICOS

**P1.-** Un circuito magnético tiene una sección uniforme de  $8 \text{ cm}^2$  y una longitud media igual a 0,3 metros. Si la curva de magnetización del material viene expresada por la ecuación:

$$B = 1,55 \cdot H / (77 + H) \quad B \text{ en T, } H \text{ en Av/m}$$

Calcular la corriente en amperios que debe introducirse en la bobina de excitación, que tiene 100 espiras, para producir un flujo en el núcleo de  $8 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$ .

*Calculamos el campo magnético inducido por el flujo:*

$B = \Phi / A = 8 \cdot 10^{-4} / (8 \cdot 10^{-4}) = 1 \text{ T}$  y a partir de la curva de magnetización el valor de la intensidad magnética:

$$1 = 1,55 \cdot H / (77 + H) \quad \longrightarrow \quad H = 140 \text{ Av/m}$$

luego  $f.m.m = NI = H \cdot l = 140 \cdot 0,3 = 42 \text{ Av}$  y despejando la intensidad para 100 espiras

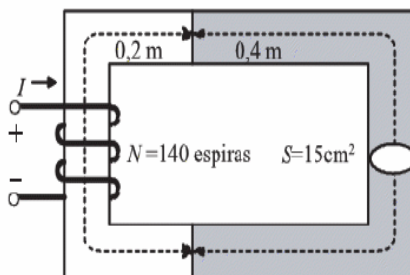
$$I = 0,42 \text{ A}$$

**P2.-** La estructura magnética de la figura está fabricada con dos tipos de materiales cuyas curvas de magnetización vienen expresadas por las ecuaciones:

$$B_1 = 1,1 \cdot H_1 / (5000 + H_1)$$

$$B_2 = 2,1 \cdot H_2 / (2000 + H_2) \quad B \text{ en T, } H \text{ en Av/m}$$

Calcular la intensidad  $I$  que debe circular por la bobina para producir un flujo de  $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$  si la sección es uniforme y vale  $15 \text{ cm}^2$ .



La inducción magnética generada por el flujo en ambos materiales será:

$$B = \Phi / A = 1,5 \cdot 10^{-4} / (15 \cdot 10^{-4}) = 0,1 \text{ T}$$

luego sustituyendo este valor en cada una de las curvas de magnetización de los materiales que forman el circuito tenemos la intensidad magnética en cada uno de ellos:

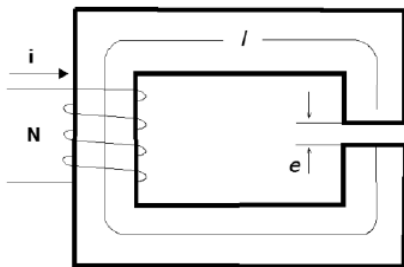
$$0,1 = 1,1 \cdot H_1 / (5000 + H_1) \longrightarrow H_1 = 500 \text{ Av/m}$$

$$0,1 = 2,1 \cdot H_2 / (2000 + H_2) \longrightarrow H_2 = 100 \text{ Av/m}$$

luego

$$f.m.m. = NI = l_1 H_1 + l_2 H_2 = 0,2 \cdot 500 + 0,4 \cdot 100 = 140 \text{ Av luego si } N = 140 \text{ la intensidad necesaria } I = 1 \text{ A}$$

**P3.-** Se desea obtener en el entrehierro del circuito magnético de la figura una inducción magnética de 1,1 T. El material del circuito es hierro cuyos valores de la curva de histéresis o magnetización (correlación entre campo magnético e intensidad del campo magnético) son los que se muestran en la tabla adjunta. Suponiendo que todo el flujo se conduce por el entrehierro y que no se dispersa, determinar la intensidad de corriente que habrá que proporcionar a la bobina de 500 espiras.



VALORES DEL ENSAYO DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA EN HIERRO FORJADO (CURVA DE MAGNETIZACIÓN)	
B(T)	H (Av/m)
0,1	80
0,3	120
0,5	160
0,7	230
0,9	400
1,1	650

Longitud media l: 27,7 cm  
Espesor entrehierro e: 0,3 cm

La fuerza magnetomotriz inducida en el circuito será:

$$f.m.m. = NI = l_{\text{nucleo}} H_{\text{nucleo}} + l_{\text{entrehierro}} H_{\text{entrehierro}}$$

donde

$H_{\text{nucleo}} = 650 \text{ Av/m}$  para un valor de inducción magnética de 1,1 T de acuerdo con la tabla del ensayo de inducción del material

$$H_{\text{entrehierro}} = B / \mu_0 = 1,1 / (4\pi \cdot 10^{-7}) = 875352,2 \text{ Av/m}$$

y para una bobina de 500 espiras tenemos:

$$500 \cdot I = 650 \cdot 0,277 + 875352,2 \cdot 0,003$$

despejando

$$I = 5,6 \text{ A}$$

**P4.-** La bobina del circuito magnético de la figura tiene 250 espiras. El núcleo magnético está formado por chapa de acero al silicio con un espesor de 15 mm. Calcula la corriente que debe circular por la bobina para que se establezca un flujo constante en el núcleo de 0,225 mWb.

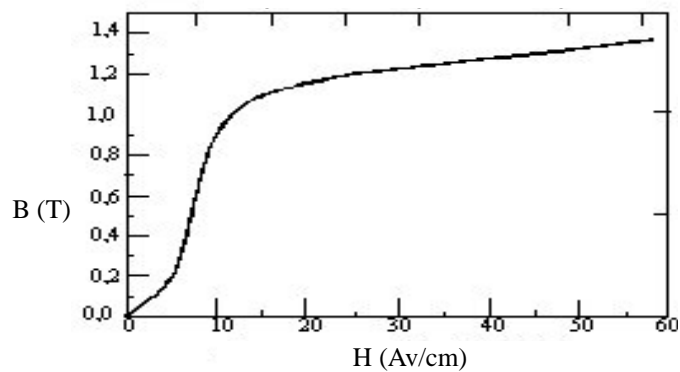
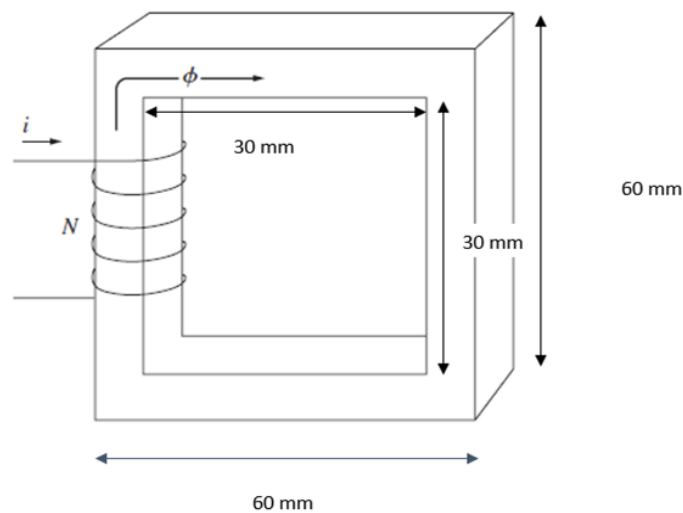


Figura 1.- Curva de magnetización del material

Datos:

$$N = 250$$

$$e = 0,015 \text{ m}$$

$$\Phi = 0,225 \text{ mWb}$$

Calculamos la sección del circuito y su longitud media:

$$A = 0,015 \cdot 0,015 = 0,225 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

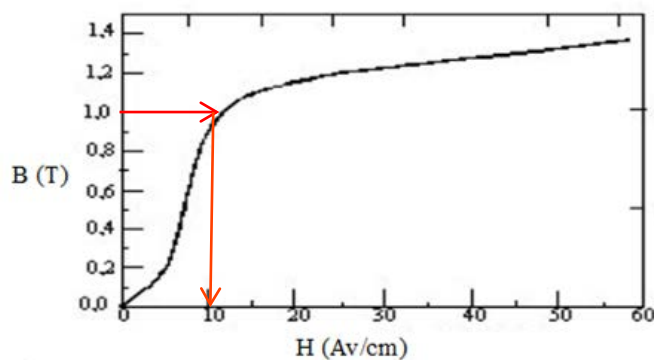
$$l_1 = 4 \cdot (60 - ((60-30)/2)) = 180 \text{ mm} = 0,18 \text{ m}$$

Las ecuaciones del circuito son las siguientes:

$$NI = Hn \cdot l_1$$

$$B = \Phi / A = 0,225 \cdot 10^{-3} / 0,225 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ T}$$

y entrando en la curva B-H



Obtenemos un valor aproximado de  $Hn$  de 1000 Av/m, luego:

$$NI = Hn \cdot l_1$$

$$250 \cdot I = 1000 \cdot 0,18$$

$$\text{De donde } I = 0,72 \text{ A}$$

**P5.-** Dado el núcleo magnético de la figura en el que existen 3 partes diferenciadas:

Parte 1 núcleo de permeabilidad relativa  $\mu_{r1} = 4000$

Parte 2 núcleo de permeabilidad relativa  $\mu_{r2} = 3000$

Parte 3 entrehierros de permeabilidad relativa  $\mu_{r3} = 1$

Determina el valor de la fuerza magnetomotriz necesaria para que el flujo en el entrehierro sea de



$$H_3 = 954929,65 \text{ Av/m}$$

siendo las longitudes medias de cada tramo del circuito

$$l_1 = 25-5+15+5 = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$l_2 = 40-10+40-10-0,2+40-25-5+40-25-5 = 79,8 \text{ cm} = 0,798 \text{ m}$$

$$l_3 = 2*0,1 = 0,2 \text{ cm} = 0,002 \text{ m}$$

luego

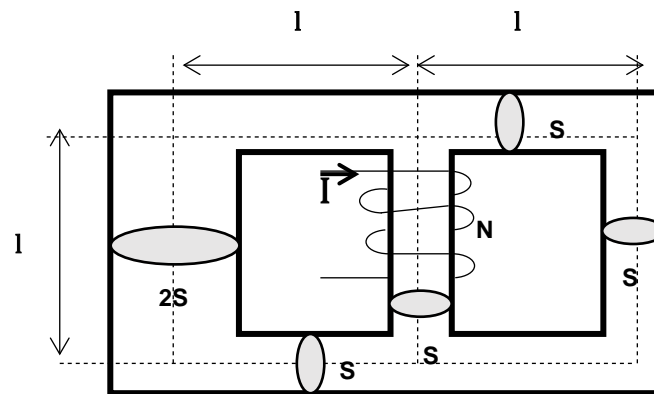
$$f.m.m. = \sum l_i H_i = 238,73*0,4+318,31*0,798+954929,65*0,002 = 2259,36 \text{ Av}$$

**P6.-** Calcular la intensidad que debe aplicarse al circuito magnético de la figura para establecer en la columna derecha un flujo de  $10^{-3} \text{ Wb}$  y el valor del flujo en el brazo central del circuito en estas condiciones. La permeabilidad relativa del material del núcleo es  $\mu_r = 400$ , siendo los valores de las secciones y las longitudes los indicados en la figura con  $S = 10 \text{ cm}^2$  y  $l = 10 \text{ cm}$ .

Datos

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

$$N = 150 \text{ espiras}$$



Calculamos por el método del equivalente eléctrico determinando las reluctancias para cada sección:

$$R_{\text{Rama derecha}} = 3l / S\mu = 3*0,1 / (10*10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) = 598631 \text{ Av Wb}^{-1} = 3R$$

$$R_{\text{Rama central}} = l / S\mu = 0,1 / (10*10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) = 198944 \text{ Av Wb}^{-1} = R$$

$$R_{\text{Rama izquierda}} = l / 2S\mu + 2l / S\mu = 0,1 / (2*10*10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) + 2*0,1 / (10*10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) = 497359 \text{ Av Wb}^{-1} = 2,5R$$

*Las ecuaciones que se pueden plantear en el circuito son las siguientes:*

$$\Phi_{\text{Rama central}} = \Phi_{\text{Rama derecha}} + \Phi_{\text{Rama izquierda}} \quad (*)$$

$$f_{mm} = NI = \Phi_{\text{Rama central}} R_{\text{Rama central}} + \Phi_{\text{Rama derecha}} R_{\text{Rama derecha}} = \Phi_{\text{Rama central}} R + \Phi_{\text{Rama derecha}} 3R \quad (**)$$

$$f_{mm} = NI = \Phi_{\text{Rama central}} R_{\text{Rama central}} + \Phi_{\text{Rama izquierda}} R_{\text{Rama izquierda}} = \Phi_{\text{Rama central}} R + \Phi_{\text{Rama izquierda}} 2,5R$$

*luego:*

$$\Phi_{\text{Rama derecha}} 3 = \Phi_{\text{Rama izquierda}} 2,5$$

*Sustituyendo en (\*)*

$$\Phi_{\text{Rama central}} = 2,2 \Phi_{\text{Rama derecha}}$$

*Y sustituyendo en (\*\*)*

$$f_{mm} = NI = 2,2 \Phi_{\text{Rama derecha}} R + \Phi_{\text{Rama derecha}} 3R = 5,2R \Phi_{\text{Rama derecha}}$$

*Sustituyendo valores:*

$$150 * I = 5,2 * 198944 * 10^{-3}$$

*Despejando:*

$$I = 6,89 \text{ A}$$

*Y sustituyendo valores en (\*\*) podemos calcular el flujo en el brazo central:*

$$150 * 6,89 = \Phi_{\text{Rama central}} 198944 + 10^{-3} * 3 * 198944$$

$$\Phi_{\text{Rama central}} = 0,0022 \text{ Wb}$$