

Curso: Procesamiento Electrónico de Potencia

# EJERCICIOS CON CIRCUITOS FERROMAGNÉTICOS EN C.D.

## Continuación

Ing. Sergio A. Morales Hernández

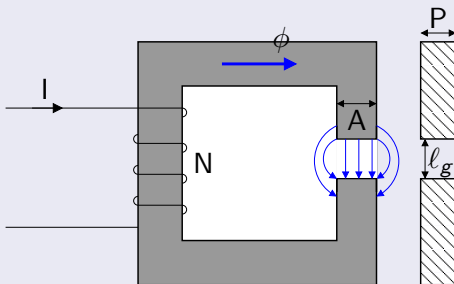
Escuela de Ingeniería Electrónica  
Tecnológico de Costa Rica

I Semestre 2021

# AGENDA

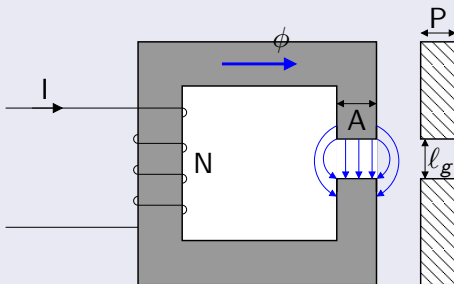
## 1 EJERCICIOS

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro



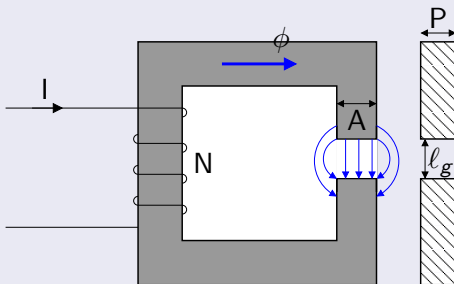
- Existen máquinas eléctricas que poseen entrehierros en su estructura, por ejemplo, un motor.

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro



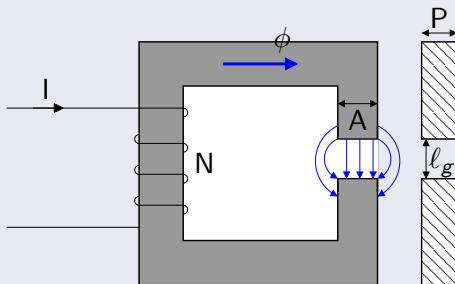
- Existen máquinas eléctricas que poseen entrehierros en su estructura, por ejemplo, un motor.
- Es una parte no deseable, pero que se debe considerar en el análisis de esas máquinas.

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro



- Existen máquinas eléctricas que poseen entrehierros en su estructura, por ejemplo, un motor.
- Es una parte no deseable, pero que se debe considerar en el análisis de esas máquinas.
- Esa zona por lo general es muy pequeña en longitud, para evitar al máximo las pérdidas.

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro

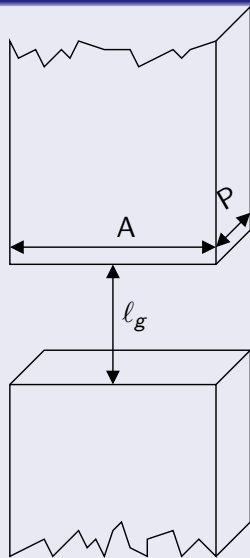


- Existen máquinas eléctricas que poseen entrehierros en su estructura, por ejemplo, un motor.
- Es una parte no deseable, pero que se debe considerar en el análisis de esas máquinas.
- Esa zona por lo general es muy pequeña en longitud, para evitar al máximo las pérdidas.
- Se producen flujos de dispersión que se deben representar de alguna forma.

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación

- Si las áreas de cada segmento de material ferromagnético son iguales y paralelas, el área efectiva del entrehierro se calcula como:

$$A_g = (A + \ell_g)(P + \ell_g).$$

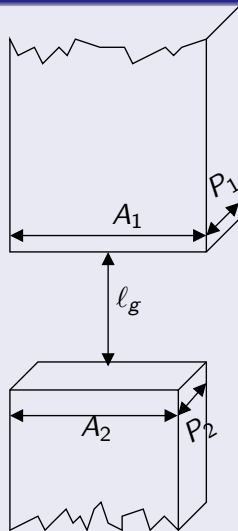


### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación

- Si las áreas de cada segmento de material ferromagnético son iguales y paralelas, el área efectiva del entrehierro se calcula como:

$$A_g = (A + \ell_g)(P + \ell_g).$$

- Si los lados opuestos del entrehierro son paralelos pero tienen diferente área, el  $A_g$  se calcula como:  $A_g = (A_2 + 2\ell_g)(P_2 + 2\ell_g)$ , donde  $A_2$  y  $P_2$  corresponden al área más pequeña.





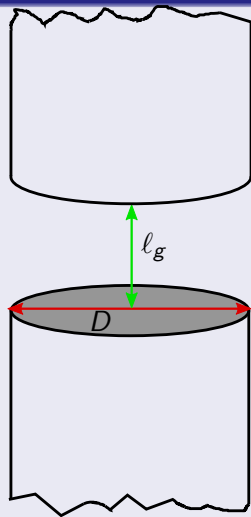
### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación

- Si las áreas de cada segmento de material ferromagnético son iguales y paralelas, el área efectiva del entrehierro se calcula como:

$$A_g = (A + \ell_g)(P + \ell_g).$$

- Si los lados opuestos del entrehierro son paralelos pero tienen diferente área, el  $A_g$  se calcula como:  $A_g = (A_2 + 2\ell_g)(P_2 + 2\ell_g)$ , donde  $A_2$  y  $P_2$  corresponden al área más pequeña.

- Si las caras del material ferromagnético fueran circulares, para el primer caso, el diámetro  $D$  para el entrehierro se debe incrementar por la longitud del entrehierro. En el segundo caso, se incrementa por el doble de la longitud del entrehierro en el área más pequeña.



### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación

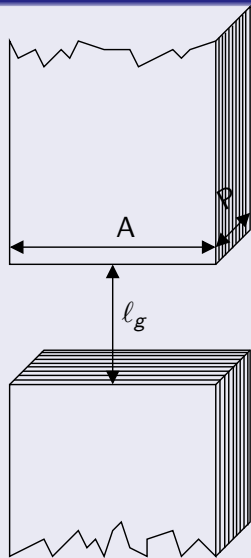
- Si las áreas de cada segmento de material ferromagnético son iguales y paralelas, el área efectiva del entrehierro se calcula como:

$$A_g = (A + \ell_g)(P + \ell_g).$$

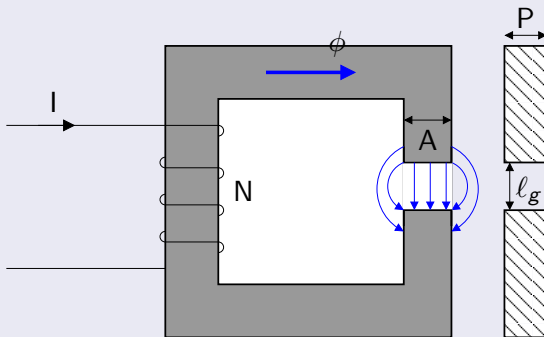
- Si los lados opuestos del entrehierro son paralelos pero tienen diferente área, el  $A_g$  se calcula como:  $A_g = (A_2 + 2\ell_g)(P_2 + 2\ell_g)$ , donde  $A_2$  y  $P_2$  corresponden al área más pequeña.

- Si las caras del material ferromagnético fueran circulares, para el primer caso, el diámetro  $D$  para el entrehierro se debe incrementar por la longitud del entrehierro. En el segundo caso, se incrementa por el doble de la longitud del entrehierro en el área más pequeña.

- Por último, si el núcleo está laminado, no debe considerarse el FA en el área del entrehierro (¿por qué?).

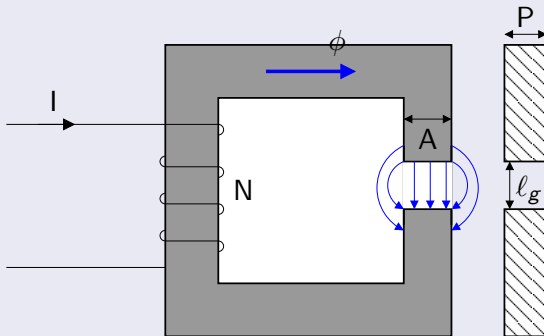


### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



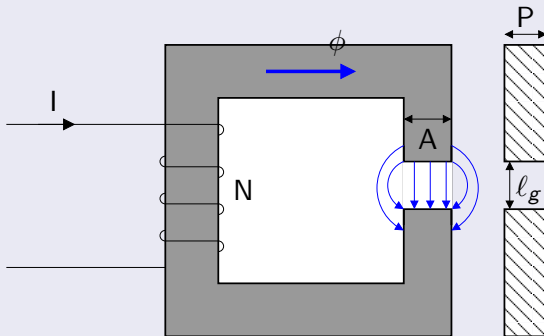
- Se tiene una máquina con núcleo de material *Carpenter 49* y está laminada, con un factor de 0,9.

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



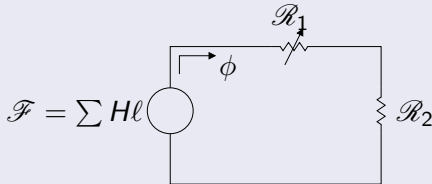
- Se tiene una máquina con núcleo de material *Carpenter 49* y está laminada, con un factor de 0,9.
- Las dimensiones son:  $A = 5\text{cm}$  y  $P = 6\text{cm}$ ,  $\ell_g = 0,5\text{cm}$ ,  $\ell_m = 1\text{m}$ .

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



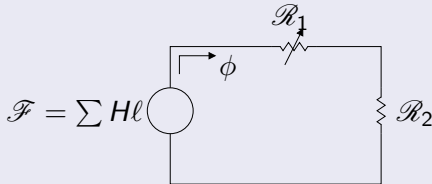
- Se tiene una máquina con núcleo de material *Carpenter 49* y está laminada, con un factor de 0,9.
- Las dimensiones son:  $A = 5\text{cm}$  y  $P = 6\text{cm}$ ,  $\ell_g = 0,5\text{cm}$ ,  $\ell_m = 1\text{m}$ .
- Determine  $\mathcal{F}$  para un  $\phi = 0,0025\text{ Wb}$  en el entrehierro.

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



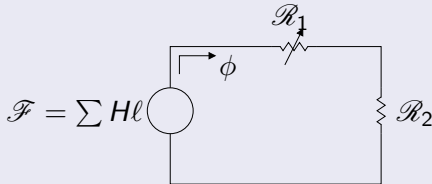
- $A_m = 27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $A_g = 35,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



- $A_m = 27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $A_g = 35,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .
- $B_m = 0,926 \text{ Wb/m}^2$ ,  $B_g = 0,7 \text{ Wb/m}^2$ .

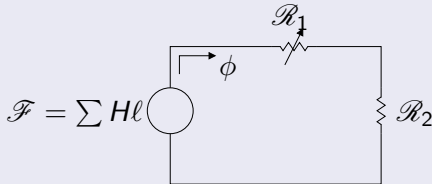
### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



- $A_m = 27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $A_g = 35,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .
- $B_m = 0,926 \text{ Wb/m}^2$ ,  $B_g = 0,7 \text{ Wb/m}^2$ .
- De la gráfica,  $H_m = 13,748 \text{ Av/m}$ . Calculando,  $H_g = 557042,3 \text{ Av/m}$ .

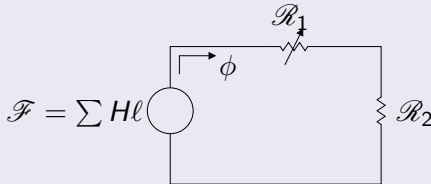


### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



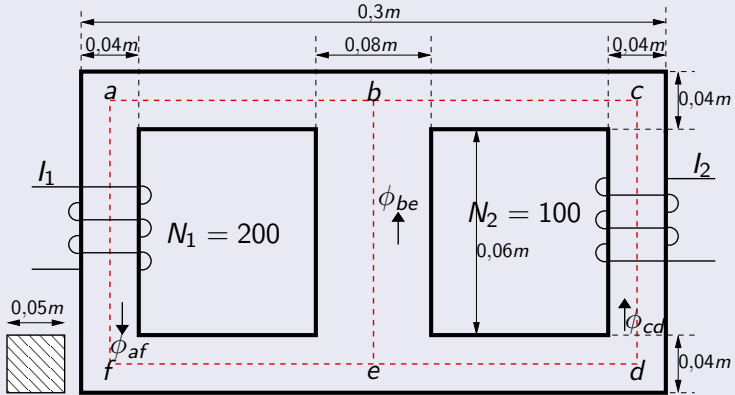
- $A_m = 27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $A_g = 35,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .
- $B_m = 0,926 \text{ Wb/m}^2$ ,  $B_g = 0,7 \text{ Wb/m}^2$ .
- De la gráfica,  $H_m = 13,748 \text{ Av/m}$ . Calculando,  $H_g = 557042,3 \text{ Av/m}$ .
- La caída de tensión en el material:  $H_m \ell_m = 13,748 \text{ Av}$ . Y la caída de tensión en el entrehierro:  $H_g \ell_g = 2785,2 \text{ Av}$

### EJERCICIO 3: Circuito con entrehierro, continuación



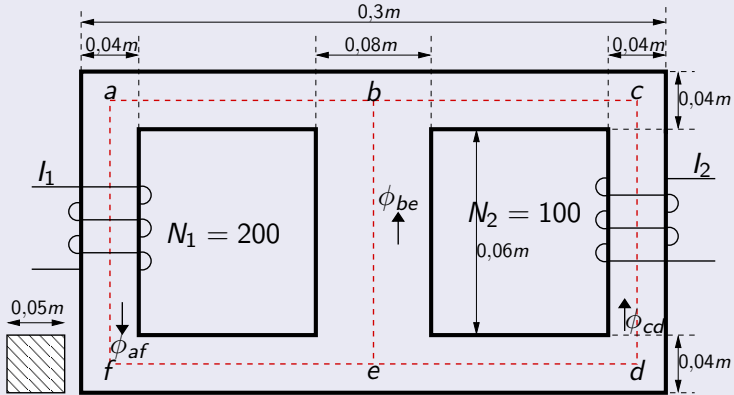
- $A_m = 27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $A_g = 35,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .
- $B_m = 0,926 \text{ Wb/m}^2$ ,  $B_g = 0,7 \text{ Wb/m}^2$ .
- De la gráfica,  $H_m = 13,748 \text{ Av/m}$ . Calculando,  $H_g = 557042,3 \text{ Av/m}$ .
- La caída de tensión en el material:  $H_m \ell_m = 13,748 \text{ Av}$ . Y la caída de tensión en el entrehierro:  $H_g \ell_g = 2785,2 \text{ Av}$
- Por lo tanto,  $\mathcal{F} = 2798,96 \text{ Av}$ .

## EJERCICIO 4: Circuito con varios bobinados



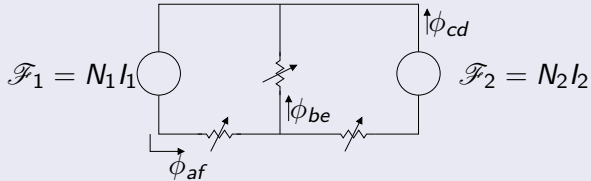
- La estructura superior tiene un núcleo de material *Carpenter 49* y está laminada, con un factor de 0,9.

## EJERCICIO 4: Circuito con varios bobinados



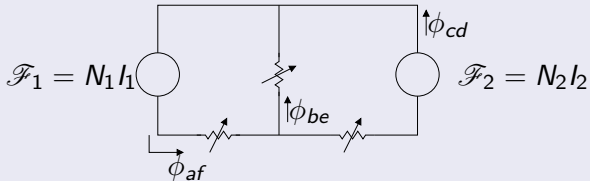
- La estructura superior tiene un núcleo de material *Carpenter 49* y está laminada, con un factor de 0,9.
- Determine la magnitud y dirección de las corrientes que deben circular en los bobinados, para que existan los siguientes flujos:  $\phi_{af} = 0,0018$  Wb,  $\phi_{be} = 0,0008$  y  $\phi_{cd} = 0,001$ .

## EJERCICIO 4: Circuito con varios bobinados



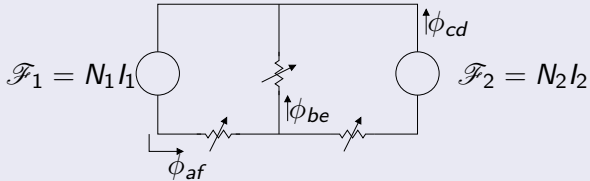
- $\mathcal{F}_1 = N_1 I_1 = H_1 \ell_1 + H_3 \ell_3$  y  $\mathcal{F}_2 = N_2 I_2 = H_2 \ell_2 - H_3 \ell_3$

## EJERCICIO 4: Circuito con varios bobinados



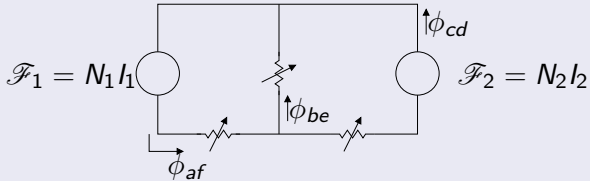
- $\mathcal{F}_1 = N_1 i_1 = H_1 \ell_1 + H_3 \ell_3$  y  $\mathcal{F}_2 = N_2 i_2 = H_2 \ell_2 - H_3 \ell_3$
- Las áreas transversales de cada columna serán:  $A_1 = A_2 = 0,0018\text{m}^2$  y  $A_3 = 0,0036\text{m}^2$ .

## EJERCICIO 4: Circuito con varios bobinados



- $\mathcal{F}_1 = N_1 I_1 = H_1 \ell_1 + H_3 \ell_3$  y  $\mathcal{F}_2 = N_2 I_2 = H_2 \ell_2 - H_3 \ell_3$
- Las áreas transversales de cada columna serán:  $A_1 = A_2 = 0,0018 \text{ m}^2$  y  $A_3 = 0,0036 \text{ m}^2$ .
- Las densidades de flujo en cada columna serán:  $B_1 = 1 \text{ Wb/m}^2$ ,  $B_2 = 0,56 \text{ Wb/m}^2$  y  $B_3 = 0,22 \text{ Wb/m}^2$

## EJERCICIO 4: Circuito con varios bobinados

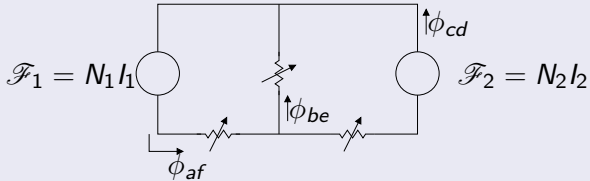


- $\mathcal{F}_1 = N_1 I_1 = H_1 \ell_1 + H_3 \ell_3$  y  $\mathcal{F}_2 = N_2 I_2 = H_2 \ell_2 - H_3 \ell_3$
- Las áreas transversales de cada columna serán:  $A_1 = A_2 = 0,0018 \text{ m}^2$  y  $A_3 = 0,0036 \text{ m}^2$ .
- Las densidades de flujo en cada columna serán:  $B_1 = 1 \text{ Wb/m}^2$ ,  $B_2 = 0,56 \text{ Wb/m}^2$  y  $B_3 = 0,22 \text{ Wb/m}^2$
- Las longitudes medias serían:  $\ell_1 = \ell_2 = 0,36 \text{ m}$  y  $\ell_3 = 0,1 \text{ m}$ .





## EJERCICIO 4: Circuito con varios bobinados



- $\mathcal{F}_1 = N_1 I_1 = H_1 \ell_1 + H_3 \ell_3$  y  $\mathcal{F}_2 = N_2 I_2 = H_2 \ell_2 - H_3 \ell_3$
- Las áreas transversales de cada columna serán:  $A_1 = A_2 = 0,0018\text{m}^2$  y  $A_3 = 0,0036\text{m}^2$ .
- Las densidades de flujo en cada columna serán:  $B_1 = 1\text{Wb/m}^2$ ,  $B_2 = 0,56\text{Wb/m}^2$  y  $B_3 = 0,22\text{Wb/m}^2$
- Las longitudes medias serían:  $\ell_1 = \ell_2 = 0,36\text{m}$  y  $\ell_3 = 0,1\text{m}$ .
- Las caídas de tensión serían:  $H_1 \ell_1 = 6,54\text{Av}$ ,  $H_3 \ell_3 = 0,3278\text{Av}$  y  $H_2 \ell_2 = 2,23\text{Av}$ .
- Por lo tanto,  $\mathcal{F}_1 = 6,869\text{Av}$ ,  $\mathcal{F}_2 = 1,9\text{Av}$ ,  $I_1 = 34,34\text{mA}$  y  $I_2 = 19\text{mA}$ .

**¡Muchas Gracias!**

