



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS.**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA.**

**SERIE DE PROBLEMAS DE**  
**ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO.**

**ING. ALFONSO A. ALVARADO C.**

**ING. GABRIEL A. JARAMILLO M.**

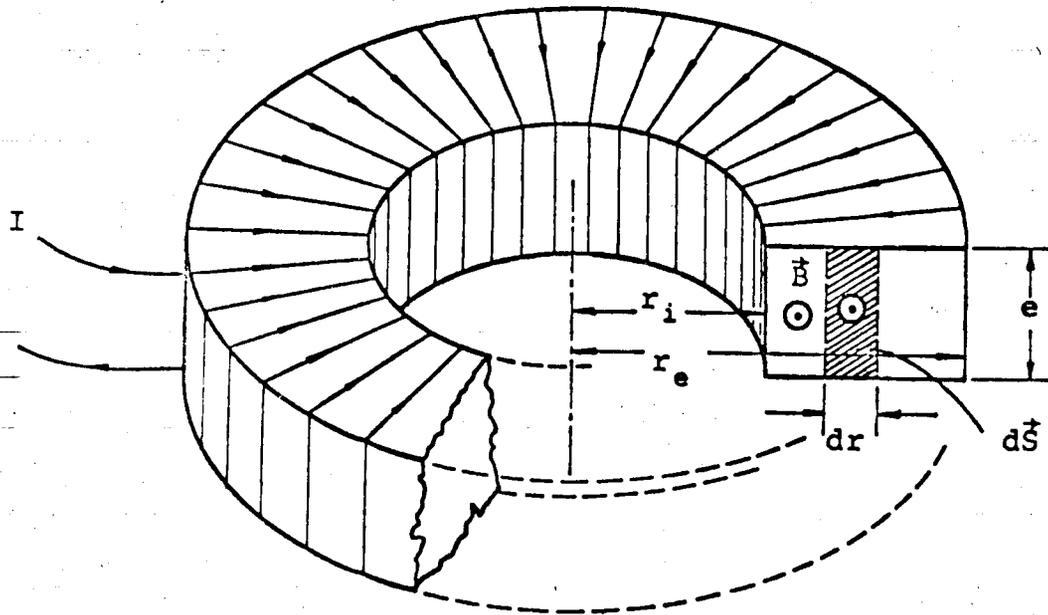
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
SERIES DE PROBLEMAS DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

127

G- 605594



FACULTAD DE INGENIERIA



ING. ALFONSO A. ALVARADO C.

ING. GABRIEL A. JARAMILLO M.

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE CIENCIAS BASICAS  
DEPARTAMENTO DE FISICA

**G- 605594**

PROLOGO

El presente conjunto de problemas, constituye un material complementario de los apuntes recientemente editados de esta asignatura, por esta razón se presentan agrupados en ocho series, cada una de las cuales corresponde a un tema de dichos apuntes.

En la parte final de este trabajo se presentan las respuestas a todos y cada uno de los ejercicios, buscando con esto que el estudiante tenga forma de verificar si ha logrado el aprendizaje pretendido.

Se recomienda recurrir a las respuestas hasta haber completado la solución del problema, ya que algunas respuestas muestran en sí mismas, parte del razonamiento que es deseable que el alumno realice.

Al igual que en el caso de los apuntes, ponemos a la consideración de la comunidad de esta Facultad, la presente obra, con el objeto de que los errores cometidos involuntariamente, así como las observaciones y críticas que motive, se nos hagan llegar a través de la Coordinación de esta asignatura.

Ing. Alfonso A. Alvarado Castellanos

Ing. Gabriel A. Jaramillo Morales

Mayo de 1983

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE CIENCIAS BASICAS  
DEPARTAMENTO DE FISICA

I N D I C E

SERIE 1	CAMPO Y POTENCIAL ELECTRICOS	1
SERIE 2	CAPACITANCIA Y DIELECTRICOS	6
SERIE 3	CORRIENTE Y RESISTENCIA	9
SERIE 4	CIRCUITOS DE CORRIENTE DIRECTA	12
SERIE 5	CAMPO MAGNETICO	16
SERIE 6	INDUCCION ELECTROMAGNETICA	21
SERIE 7	INDUCTANCIA	25
SERIE 8	PROPIEDADES MAGNETICAS DE LA MATERIA	29
	RESPUESTAS	33

SERIE 1

CAMPO Y POTENCIAL ELECTRICOS

1.1 Calcule en forma vectorial, la fuerza que ejerce cada carga puntual sobre la otra, ver la figura P1.1.

$q_1 = -10 \mu\text{C}$

$q_2 = 2.5 \mu\text{C}$

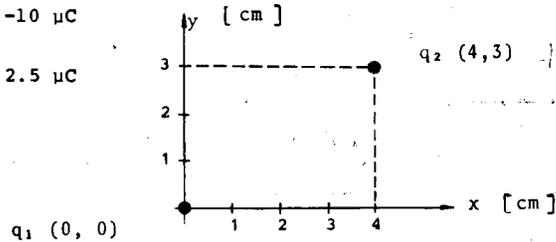


Figura P1.1

1.2 Con referencia a la figura P1.2, si al colocar un electrón ( $q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) en el punto A, la fuerza eléctrica que ejerce sobre él es  $\vec{F} = -(80 \hat{x} + 40 \hat{y}) \times 10^{-16} \text{ N}$ , calcule:

- a) El vector intensidad de campo eléctrico en el punto A.
- b) La magnitud y signo de la carga Q, que colocada en el origen produce dicho campo.

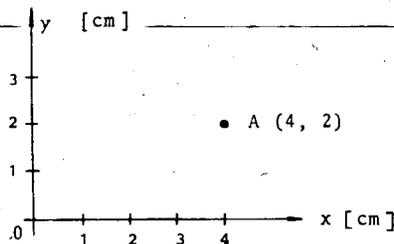
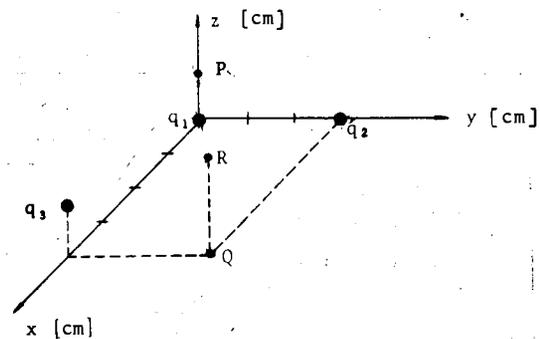


Figura P1.2

1.3 Calcule el vector intensidad de campo eléctrico en los puntos P, Q y R de la figura P1.3, debido a la presencia de las cargas puntuales  $q_1 = -8 \mu\text{C}$  colocada en  $A(0,0,0)$ ,  $q_2 = 2 \mu\text{C}$  colocada en  $B(0,3,0)$  cm, y  $q_3 = 6 \mu\text{C}$  colocada en  $C(4,0,1)$  cm.



- P (0, 0, 1) cm
- Q (4, 3, 0) cm
- R (4, 3, 2) cm

Figura P1.3

1.4 Un alambre delgado se dobla para formar un cuadrado de 6 cm de lado.

Considere el sistema de referencia mostrado en la figura P1.4, suponga que el alambre posee una densidad de carga uniforme  $\lambda = \frac{1}{3} \frac{\mu\text{C}}{\text{m}}$  y calcule:

- a) El vector intensidad de campo eléctrico en los puntos O, A y B.
- b) El vector intensidad de campo eléctrico para un punto C situado sobre el lado positivo del eje "y", a 90 cm del origen. Compare el resultado anterior, con el obtenido por medio de la suposición de que a esa distancia, el arreglo puede ser considerado como carga puntual y concluya.

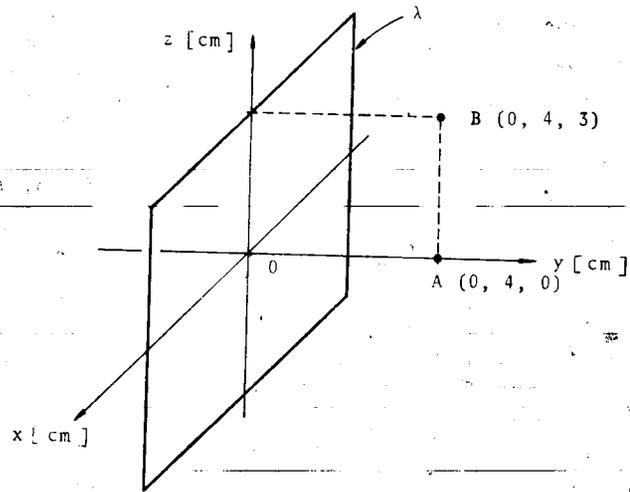


Figura P1.4

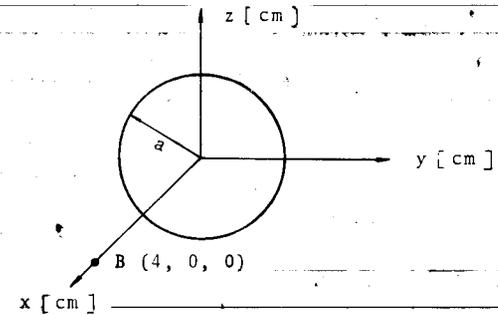


Figura P1.5

1.5 Suponga un anillo circular cargado y colocado en el plano y-z como se muestra en la figura P1.5. Si el vector intensidad de campo eléctrico en el punto B es  $\vec{E}_B = 36 \hat{i} \frac{N}{C}$ , cuando la densidad lineal de carga es uniforme, calcule:

- El radio de dicho anillo si la carga en exceso es  $Q = 12.5 \mu C$ .
- El vector intensidad de campo eléctrico en el punto C(90,0,0) cm. Use el resultado obtenido en el inciso a. Compare el resultado con la aproximación que resulta al considerar el anillo como una carga puntual y concluya.

1.6 Suponga una superficie circular de radio  $a = 20$  cm, con una carga  $Q = 40 \mu C$  uniformemente distribuida en ella. Considere el sistema de referencia de la figura P1.6, en el cual el eje "y" coincide con la perpendicular a la superficie que pasa por el centro y calcule:

- El vector intensidad de campo eléctrico  $\vec{E}$  en los puntos A(0,1,0) cm, B(0, 10, 0) cm y C(0, 400, 0) cm.
- El error involucrado en el cálculo de  $\vec{E}$ , para cada punto del inciso anterior, considerando la superficie muy grande y concluya.
- Lo mismo que en el inciso anterior, pero ahora considere a la superficie como carga puntual.

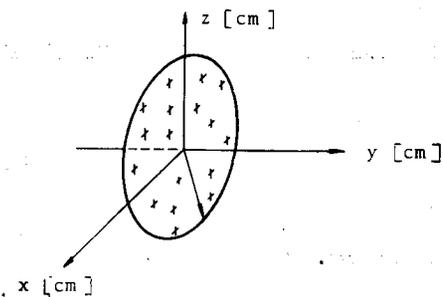


Figura P1.6

1.7 Se sabe que en el interior de una superficie cerrada de forma irregular existe carga positiva y negativa; la magnitud de la carga negativa es  $0.522 \times 10^{-8} \text{ C}$ . Si el flujo eléctrico  $\phi_e$ , a través de dicha superficie es  $2800 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$  calcule la magnitud de la carga positiva que existe en el interior de la misma.

1.8 Una esfera dieléctrica maciza de 10 cm. de radio, posee una carga uniformemente distribuida en todo su volumen, si  $\rho = \frac{2.5 \mu\text{C}}{\pi \text{ m}^3}$ , calcule la magnitud del vector intensidad de campo para puntos que distan, - del centro de la esfera, la cantidad "r" indicada.

- a) Centro de la esfera ( $r = 0$ ).
- b) Punto interior ( $r = 0.05 \text{ m}$ ).
- c) En la superficie de la esfera ( $r = 10 \text{ cm}$ ).
- d) Punto exterior ( $r = 20 \text{ cm}$ ).

1.9 Se tienen tres cargas puntuales colocadas en el plano xy de la figura P1.9, calcule:

- a) El potencial en los puntos A y B.
- b) La diferencia de potencial  $V_{BA}$ .
- c) La energía potencial eléctrica de  $q_3$ .
- d) El potencial en los puntos A y B y la diferencia de potencial  $V_{AB}$  considerando el origen como punto de potencial cero.

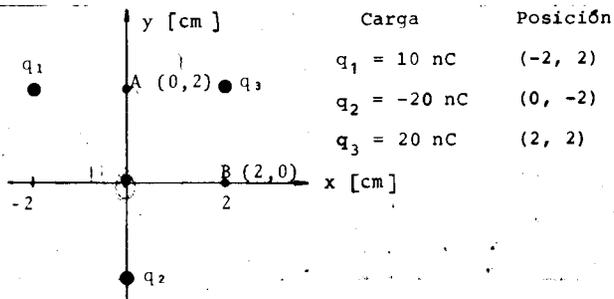


Figura P1.9

1.10 Dentro de la esfera conductora hueca de la figura P1.10, existe una pequeña esfera con carga  $Q = 100 \text{ nC}$ , si la superficie exterior se conecta a tierra mediante un alambre conductor y considerando las condiciones de equilibrio estático, calcule:

- a) La densidad superficial de carga  $\sigma$  en la superficie interior y exterior de la esfera.
- b) El potencial en las superficies interior y exterior de la esfera y en el punto "a".
- c) La diferencia de potencial entre los puntos "a" y "c".

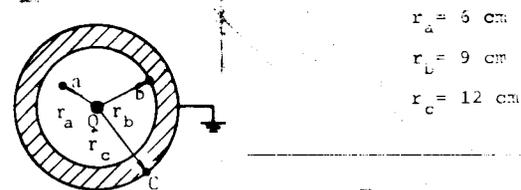


Figura P1.10

1.11 Obtenga la energía potencial eléctrica que posee el arreglo de cargas puntuales de la figura P1.11. Indique también, si fué necesario suministrar energía para lograr dicho arreglo y explique.

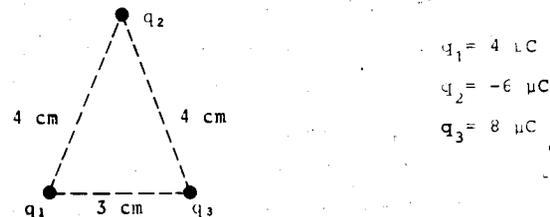


Figura P1.11

1.12 Calcule el potencial en el centro del marco conductor cargado de la figura P1.12, suponiendo que posee una distribución lineal uniforme  $\lambda = -\frac{1}{6} \times 10^{-6} \frac{C}{m}$ .

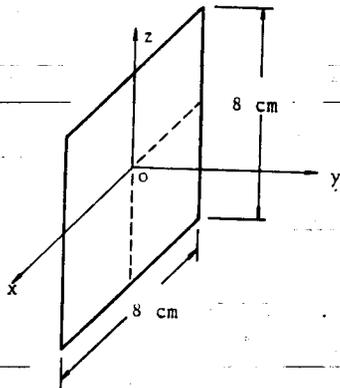


Figura P1.12

1.13 Suponga que la superficie circular de radio  $r_0 = 40 \text{ cm}$  de la figura P1.13, posee una densidad superficial uniforme de carga  $\sigma = 70.8 \frac{\mu C}{m^2}$ . Para puntos colocados sobre su eje y a las distancias indicadas:

A) Calcule los potenciales  $V_a$  y  $V_b$  así como la diferencia de potencial  $V_{ab}$  para los casos siguientes:

- a.1)  $y_a = 0.5 \text{ cm}$  ;  $y_b = 1 \text{ cm}$
- a.2)  $y_a = 40 \text{ cm}$  ;  $y_b = 50 \text{ cm}$
- a.3)  $y_a = 25 \text{ m}$  ;  $y_b = 30 \text{ m}$

B) Compare los resultados de  $V_{ab}$  de los incisos a.1 y a.3 con los obtenidos al considerar la placa muy grande o carga puntual según las distancias involucradas.

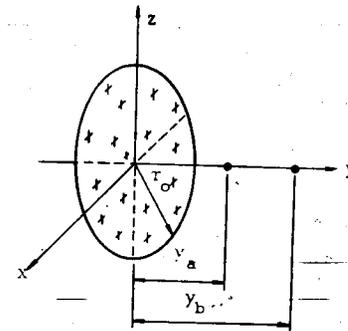


Figura P1.13

1.14 Suponga un par de cilindros conductores muy largos y coaxiales, con las dimensiones mostradas en la figura P1.14; si se les aplica una diferencia de potencial  $V_{ab} = 120 \text{ V}$  y considerando como referencia el cilindro exterior obtenga:

- a) El potencial de cada cilindro.
- b) La densidad superficial de carga en las superficies interior y exterior de cada uno de los cilindros.
- c) El exceso de carga, en 3 m de longitud del cilindro externo.
- d) El vector intensidad de campo eléctrico máximo.

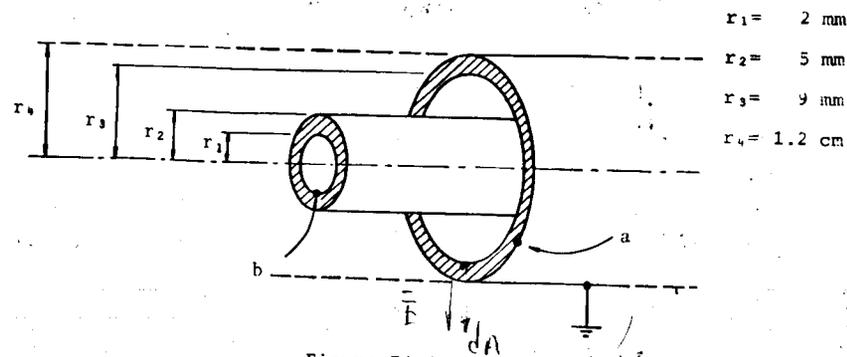


Figura P1.14

- 1.15 La gráfica de la figura P1.15 representa la variación del potencial con respecto a la distancia "x" a un cierto punto de referencia, en una zona donde existe campo eléctrico. Obtenga la variación del campo eléctrico en la dirección de "x" y represéntela en una gráfica. Explique por qué el área total dada por la integral  $A = \int E_x dx$ , debe de ser cero.

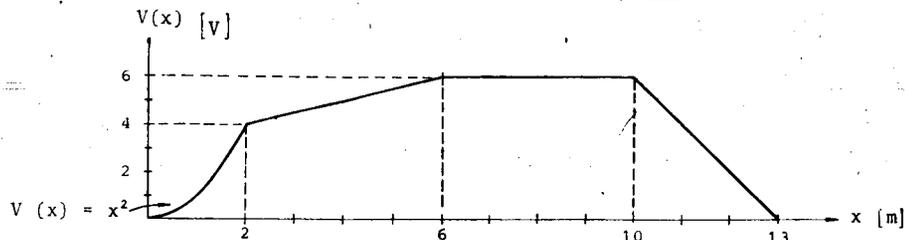


Figura P1.15

- 1.16 Considere que las líneas de la figura P1.16 son muy largas y calcule el potencial para los puntos A, B, C y D, cuando las líneas poseen densidades lineales uniformes  $\lambda$  y  $-\lambda$ .

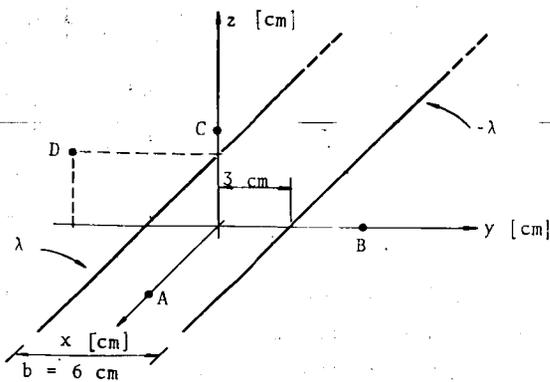


Figura P1.16

$$\lambda = \frac{1}{9} \times 10^{-6} \frac{C}{m}$$

A (4, 0, 0) cm  
 B (0, 6, 0) cm  
 C (0, 0, 4) cm  
 D (0, -6, 3) cm

- 1.17 Suponga un cable muy largo con las dimensiones mostradas en la figura P1.17, al cual se le aplica una diferencia de potencial  $V_1 = 120$  V. Calcule el vector intensidad de campo eléctrico en los puntos A, B y C.

$a = 1$  mm    A(0, -1, 0) mm  
 $d = 4$  mm    B(0, 0, 2) mm  
 C(0, -3, 0) mm

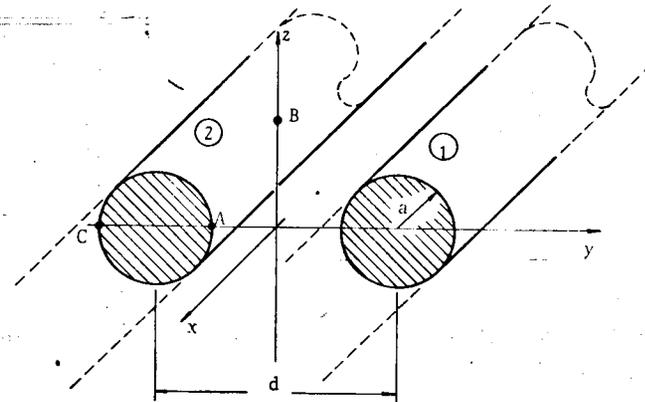


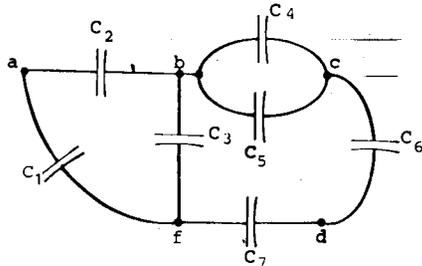
Figura P1.17

SERIE 2

CAPACITANCIA Y DIELECTRICOS

- 2.1 El potencial de una cierta esfera conductora aislada en el aire es  $2 \times 10^4$  V cuando la carga que posee es  $0.2 \mu\text{C}$ . Calcule la capacitancia y el radio de la esfera.
- 2.2 Para el arreglo de capacitores mostrado, calcule el capacitor equivalente entre los pares de puntos siguientes:

- a) a y b  
 b) b y f  
 c) c y d



$C_1 = C_2 = 4 \mu\text{F}$

$C_3 = C_4 = C_5 = 2 \mu\text{F}$

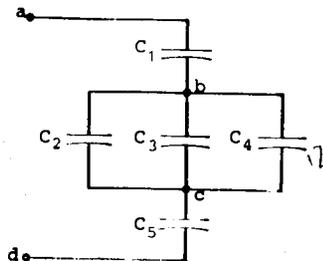
$C_6 = C_7 = 8 \mu\text{F}$

FIGURA P2.2

- 2.3 Se sabe que en el arreglo de capacitores de la figura P2.3 el capacitor  $C_4$  que posee una carga almacenada  $Q_4 = 43.2 \mu\text{C}$ .

Calcule:

- a) La diferencia de potencial que aparece en las terminales de cada capacitor.  
 b) La carga almacenada en cada uno de los capacitores restantes.  
 c) La energía almacenada en cada capacitor.  
 d) La diferencia de potencial  $V_{ad}$   
 e) La carga y la energía almacenada en el capacitor equivalente.



$C_1 = 12 \mu\text{F}$

$C_2 = 4 \mu\text{F}$

$C_3 = 2 \mu\text{F}$

$C_4 = 6 \mu\text{F}$

$C_5 = 9 \mu\text{F}$

FIGURA P2.3

- 2.4 En un cierto dispositivo eléctrico con problemas, se ha detectado la necesidad de sustituir dos capacitores por otros cuyos valores aproximados son:  $8.3 \mu\text{F}$  a 30 V máximo y  $27.2 \mu\text{F}$  a 55 V máximo. Con base en la tabla P2.4 que contiene algunos valores de capacitores comerciales y sus costos estimados, encuentre la combinación óptima en cada caso. Por simplicidad no considere la tolerancia.

TABLA P2.4

Valores en $\mu\text{F}$	Costo estimado según su voltaje máximo		
	25 V	50 V	100 V
0.1	\$ 5.00	\$ 7.00	\$ 10.00
1	5.00	7.00	10.00
5	5.00	10.00	15.00
10	6.00	10.00	20.00
25	6.00	15.00	25.00
40	6.00	15.00	25.00
50	8.00	18.00	35.00
100	10.00	20.00	40.00

- 2.5 Se sabe que el aire se ioniza con una intensidad de campo eléctrico  $E_{Ra} \approx 3 \times 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ , obtenga la carga máxima que se puede almacenar en una esfera de 15 cm de radio y la densidad superficial de carga máxima. Repita el cálculo para una esfera de 30 cm de radio y compare las densidades superficiales máximas.

- 2.6 Desprecie el efecto de los bordes y calcule la diferencia de potencial  $V_{xy}$  necesaria para ionizar el aire entre un par de placas planas conductoras y paralelas separadas en el primer caso 0.25 mm y en el segundo 0.5 mm. Calcule también la densidad superficial de carga

máxima para cada caso y compárela con la obtenida en el problema 5.

2.7 Para una configuración de placas planas con un dieléctrico entre ellas, como se muestra en la figura P2.7, la permitividad o constante dieléctrica es  $K = 4$  y su campo eléctrico de ruptura es  $E_R = 8 \times 10^6 \frac{V}{m}$ . Si se le aplica una diferencia de potencial  $V_{ab} = 120$  V, calcule:

- a) La densidad superficial de carga libre  $\sigma$ .
- b) La densidad superficial de carga inducida en el dieléctrico  $\sigma_i$ .
- c) La permitividad  $\epsilon$  del material y la susceptibilidad eléctrica  $\chi$ .
- d) La energía almacenada en el arreglo y la densidad de energía en el dieléctrico.
- e) ¿Hasta que valor se puede aumentar  $V_{ab}$  sin que se dañe el dieléctrico?

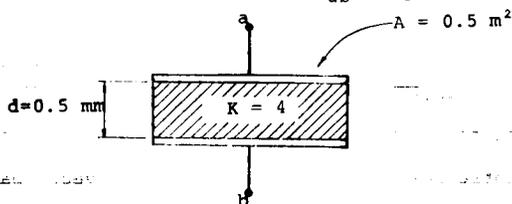


FIGURA P2.7

2.8 Se desea comparar las dimensiones de tres tipos de capacitores con igual capacitancia, dichos capacitores se construyen usando el mismo dieléctrico de permitividad  $\epsilon = 3.54 \times 10^{-11} C^2/N \cdot m^2$  y de espesor igual a 0.2 mm. Para un capacitor de 20nF calcule las dimensiones siguientes:

- a) El área necesaria si el capacitor se construye con un par de placas planas.
- b) La magnitud de los radios si el capacitor es esférico.
- c) La magnitud de los radios si el capacitor es cilíndrico y de 20 cm de longitud.

2.9 Indique a cual de los dieléctricos mencionados en la tabla P2.9 se le puede aplicar mayor diferencia de potencial, si cada dieléctrico se coloca separando un par de placas planas paralelas. En base a los resultados obtenidos, si se requiere un dieléctrico que soporte una diferencia de potencial de 1400V con un 20% de seguridad, indique cuál escogería y explique la razón.

TABLA DE DIELECTRICOS P2.9

Dieléctrico	K	$E_R$ en kV/mm	espesor mm	Costo supuesto por cada $m^2$
Papel	3.6	12	0.09	\$15.00
Baquelita	4.8	16	0.08	30.00
Polietileno	2.3	40	0.06	20.00
Poliestireno	2.6	20	0.07	25.00
Mica	5.2	50	0.05	40.00

2.10 Suponga que se desean aislar dos placas planas cargadas con densidades superficiales de carga iguales y opuestas  $\sigma = \pm 300 \frac{\mu C}{m^2}$ . Seleccione de la tabla de dieléctricos el más adecuado si se desea un margen de seguridad del 10%. Explique su selección.

2.11 Use la tabla de dieléctricos P2.9 para diseñar los capacitores planos que se indican. Calcule además el área necesaria para obtener las capacitancias deseadas con el dieléctrico seleccionado.

- a) Capacitor que funcione a 1200 V máximo y tenga una capacitancia de 40 nF.
- b) Capacitor que funcione a 2000 V máximo y tenga una capacitancia de 80 nF.

2.12 Con los datos de la tabla de dieléctricos P2.9, obtenga la capacitancia y el voltaje máximo que soporta el arreglo de la figura.

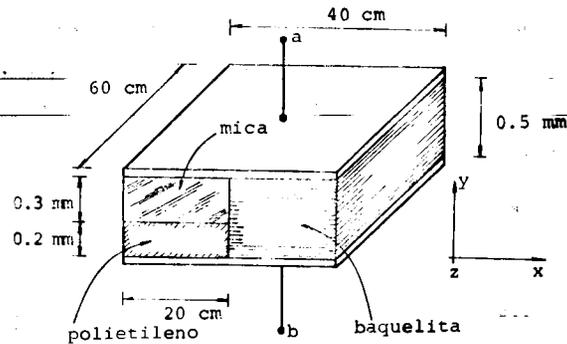


FIGURA P2.12

2.13 Si al arreglo del problema anterior se le aplica una diferencia de potencial  $V_{ab} = -400$  V, calcule:

- El vector intensidad de campo eléctrico en cada dieléctrico.
- El vector polarización en cada dieléctrico.
- El vector desplazamiento eléctrico en cada dieléctrico.
- La densidad de energía en cada dieléctrico.

2.14 Un cable coaxial se compone normalmente de un alambre conductor cubierto con un material aislante; sobre éste último se coloca una malla conductora que a su vez se cubre con un segundo aislamiento.

Para el cable coaxial de la figura P2.14 calcule:

- La capacitancia por metro de longitud
- La diferencia de potencial máxima que se puede aplicar a los conductores.

c) La energía eléctrica que almacena el cable, por metro de longitud, cuando se le aplica una diferencia de potencial  $V_{xy} = 120$  V.

$$E_{R1} = 10 \frac{kV}{mm} \quad a = 1 \text{ mm}$$

$$E_{R2} = 6 \frac{kV}{mm} \quad b = 3 \text{ mm}$$

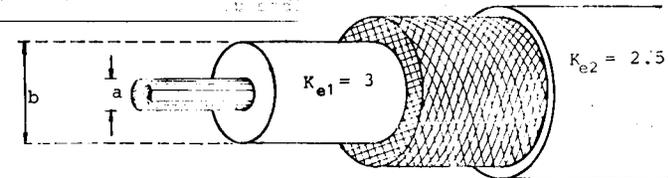


FIGURA P2.14

2.15 Calcule la capacitancia por metro de longitud de un cable dúplex, como el de la figura P2.15; considere que la permitividad relativa del material entre los alambres es  $K_e = 2.4$ . Aproveche parte de los cálculos realizados en el problema 1.17.

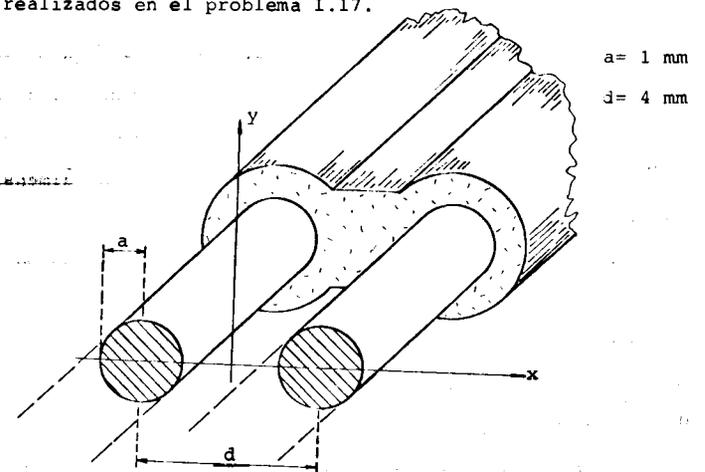


FIGURA P2.15

SERIE 3

CORRIENTE Y RESISTENCIA

3.1 Suponga que al conectar un alambre de cobre AWG # 40 (diámetro nominal de 0.079 mm) a una diferencia de potencial, la velocidad promedio de los electrones es  $v_p = 0.02$  mm/s. El número de electrones libres en cada  $\text{cm}^3$  de cobre es  $8.38 \times 10^{22}$ . Considerando el sistema de referencia mostrado en la figura P3.1, obtenga el vector densidad de corriente en un punto cualquiera dentro del conductor y la corriente que circula en el alambre indicando su sentido.

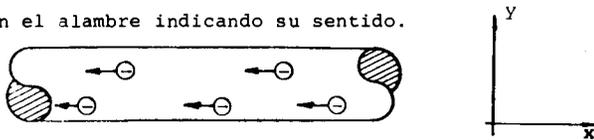


FIGURA P3.1

3.2 Un alambre de plata transporta una corriente de 16 mA. ¿Cuántos electrones cruzan una sección transversal cualquiera del alambre en medio segundo? ¿Cambiaría el resultado obtenido anteriormente, al cambiar el material y/o el diámetro del alambre?

3.3 Una corriente de 500 mA circula a través de un alambre AWG # 20 (diámetro nominal = 0.813 mm). Calcule la velocidad de arrastre o promedio, en alambres de los siguientes materiales: cobre, aluminio y plata. Repita el cálculo para alambres AWG # 30 ( $d_n = 0.254$  mm) En cada caso considere un electrón libre por cada átomo.

ELEMENTO	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>	MASA ATOMICA g/mol
Cu	8.9	64
Al	2.7	27
Ag	10.5	108

3.4 Por un alambre de cobre AWG # 20 de 40 m de longitud circula una corriente de 50 mA. Calcule a 20°C ( $\rho_{\text{Cu}} = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  a 20°C):

a) La magnitud de la densidad de corriente en el conductor.

- b) La magnitud del campo eléctrico en el interior del conductor.
- c) La velocidad de arrastre de los portadores de carga.
- d) La movilidad de los electrones.
- e) La diferencia de potencial  $V_{xy}$  entre los extremos del conductor.

La corriente que circula en una varilla con las dimensiones mostradas en la figura P3.5, es de 1.4 A cuando la diferencia de potencial en sus extremos es de 700 mV. Calcule la resistencia entre los extremos de la varilla y la conductividad del material.

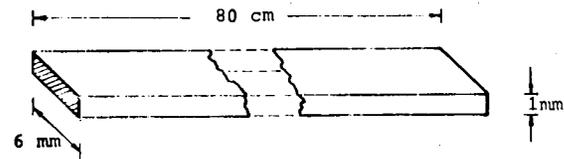


FIGURA P3.5

3.6 Calcule la resistencia entre los extremos de un tubo cilíndrico de aluminio a 20°C ( $\rho_{\text{Al}} = 2.83 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  a 20°C) con las dimensiones mostradas en la figura P3.6.

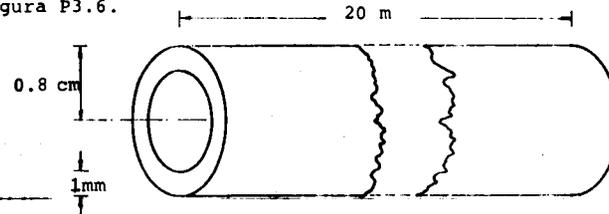


FIGURA P3.6

3.7 Calcule la resistencia, por metro de longitud, del aislamiento del cable coaxial de la figura P3.7.

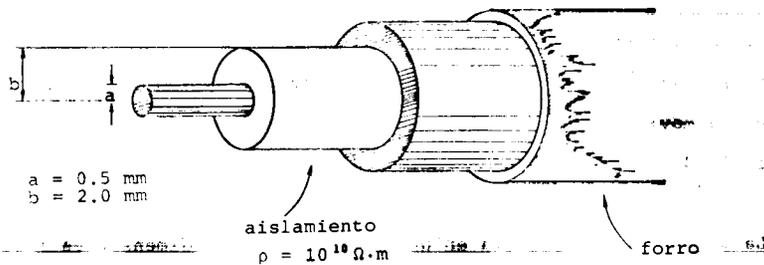


FIGURA P3.7

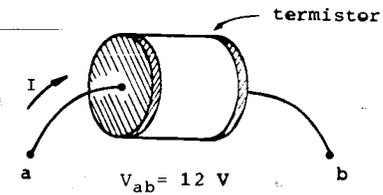


FIGURA P3.10

3.8 Obtenga la resistencia de 180 m de alambre de aluminio AWG # 35 ( $d_n = 0.142 \text{ mm}$ ) a las temperaturas siguientes:  $0^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$  y  $90^\circ\text{C}$ . Considere que a  $20^\circ\text{C}$   $\rho_{Al} = 2.83 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  y  $\alpha_{Al} = 4.1 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

3.9 Calcule el error involucrado en el cálculo de la resistencia de un alambre de cobre, cuando la temperatura de éste se eleva de  $20^\circ\text{C}$  a  $60^\circ\text{C}$  y no se considera la dilatación térmica. Las dimensiones del alambre son: 100 m de longitud y  $d_n = 2.588 \text{ mm}$  (AWG # 10) a  $20^\circ\text{C}$ . El coeficiente de dilatación lineal para el cobre es  $17 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  y su coeficiente de variación de resistividad es  $0.00393 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  a  $20^\circ\text{C}$ .

3.10 Un termistor es un resistor con coeficiente negativo de variación de resistividad con la temperatura. Si un termistor es conectado a una diferencia de potencial  $V_{ab} = 12 \text{ V}$  como se muestra en la figura P3.10, calcule la temperatura para la cual el valor de la corriente que circula a través de él es  $I = 80 \text{ mA}$ . Suponga que su resistividad varía proporcionalmente con la temperatura ( $\alpha_0 = -0.02^\circ\text{C}^{-1}$ ) para el rango de temperaturas considerado en el problema y que su resistencia a  $20^\circ\text{C}$  es de  $200 \Omega$ .

3.11 Suponga que posee cuatro resistores de  $1000 \Omega$  cada uno. Obtenga todos los valores posibles de resistencia que se pueden obtener, combinando ya sea dos, tres ó cuatro resistores a la vez.

3.12 Para el arreglo de resistores mostrado en la figura P3.12, obtenga el resistor equivalente entre los pares de puntos siguientes:

- a) a y b
- b) a y d
- c) b y c
- d) b y e

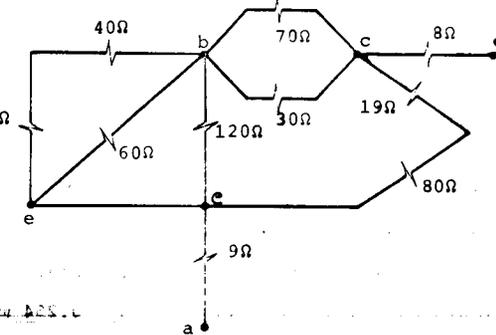


FIGURA P3.12

3.13 Algunos resistores comerciales son diseñados para soportar, sin dañarse, una potencia de  $1/2 \text{ W}$  máxima. Calcule el valor mínimo de resistencia que debe poseer un resistor de  $1/2 \text{ W}$ , para poder ser conectado a una diferencia de potencial de  $120 \text{ V}$ , sin que se dañe.

3.14 En un departamento se utilizan para la iluminación 12 focos de  $100 \text{ W}$ , los cuales operan a  $120 \text{ V}$  durante 2 horas en promedio cada día. Calcule:

- a) La resistencia de cada foco a su temperatura de operación.

- b) El costo bimestral (61 días) considerando que cada kilowatt-hora -  
cuesta \$1.20.
- c) El dinero ahorrado bimestralmente, si se sustituyen los focos por  
6 de 60 W y 6 de 40 W.

3.15 Una cierta batería produce una diferencia de potencial de 9.3 V en cir-  
cuito abierto. Cuando se conecta un resistor de  $30 \Omega$  a sus terminales,  
la diferencia de potencial que aparece en el resistor es de 9.0 V. Cal-  
cule:

- a) La resistencia interna de la fuente.
- b) La diferencia de potencial que aparecerá en las terminales de un re-  
sistor de  $10 \Omega$  al ser conectado a dicha batería.
- c) El valor del resistor que conectado a la batería, obtendrá la máxima  
potencia.

SERIE 4

CIRCUITOS DE CORRIENTE DIRECTA

4.1 Para la conexión de resistores de la figura P4.1, calcule la corriente, la diferencia de potencial y la potencia en cada resistor si  $V_{ab} = 120 \text{ V}$ .

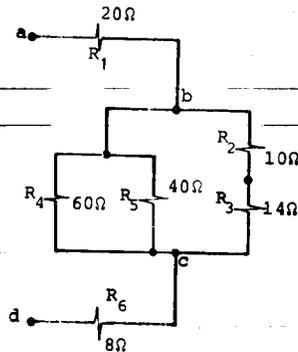
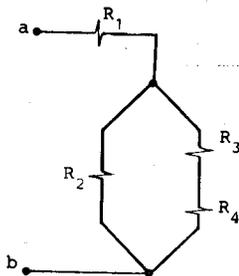


FIGURA P4.1

4.2 Suponga un arreglo de resistores como el de la figura P4.2 y obtenga la diferencia de potencial  $V_{ab}$  máxima que soporta el arreglo sin dañarse. Indique también cual resistor se dañaría primero por elevación excesiva en su temperatura, en caso de exceder la diferencia de potencial calculada.



- $R_1 = 200 \Omega, 1/2 \text{ W}$
- $R_2 = 1.5 \text{ k}\Omega, 1/2 \text{ W}$
- $R_3 = 1 \text{ k}\Omega, 1/2 \text{ W}$
- $R_4 = 2 \text{ k}\Omega, 1/2 \text{ W}$

FIGURA P4.2

4.3 Para el circuito de la figura P4.3, obtenga las diferencias de potencial siguientes:  $V_{13}$ ,  $V_{48}$ ,  $V_{51}$  y  $V_{32}$ . Compruebe que por las dos trayectorias posibles, los resultados son los mismos. Seleccione el nodo 2 como referencia y calcule el potencial en cada uno de los nodos restantes. A partir de los potenciales obtenidos, calcule nuevamente las diferencias de potencial solicitadas con anterioridad.

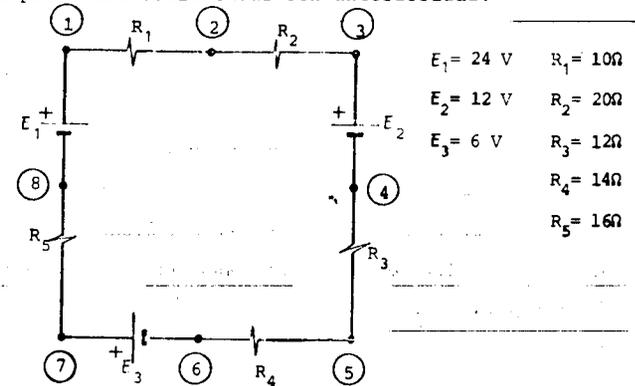


FIGURA P4.3

4.4 La figura P4.4 muestra un circuito en el cual se desea conocer la corriente y la diferencia de potencial en cada elemento. Resuelva el circuito por el método de mallas y verifique que al aplicar el método de nodos los resultados son idénticos. Demuestre también que el valor de  $V_{xy}$  calculado por las tres trayectorias existentes en el mismo.

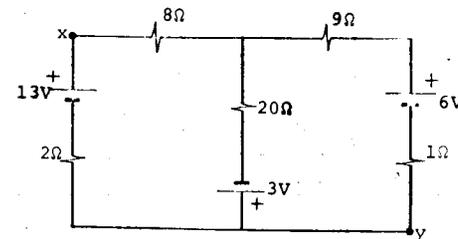


FIGURA P4.4

- 4.5 Determine la energía por segundo que está recibiendo o suministrando cada una de las fuentes de fuerza electromotriz del circuito de la figura P4.5. Compruebe que la energía suministrada por las fuentes - al resto del circuito en un segundo, es igual a la energía transformada en calor en los resistores sumada a la que se almacena en las - fuentes que reciben energía en el mismo lapso.

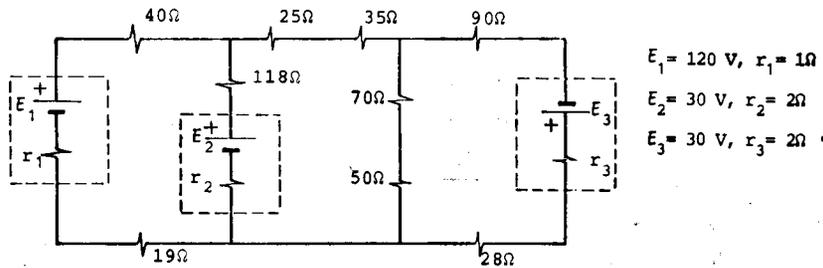


FIGURA P4.5

- 4.6 Se desea suministrar energía a un elemento resistivo  $R = 1\Omega$ , para ello se cuenta con las dos fuentes de fem de la figura P4.6. Calcule la potencia en el resistor obtenida al conectarlo a cada fuente por separado y a sus conexiones en serie y en paralelo. Obtenga una fuente equivalente de la conexión en serie de las fuentes y otra de la conexión - paralelo. Verifique que al conectar la carga resistiva a estos equivalentes, los resultados son los mismos que los obtenidos con anterioridad.

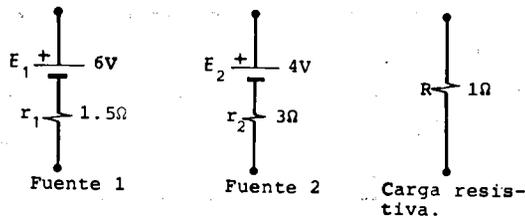


FIGURA P4.6

- 4.7 Se desea medir la corriente  $I_1$  y la diferencia de potencial  $V_{xy}$  en el circuito de la figura P4.7, para efectuar las mediciones mencionadas se utiliza un multímetro con  $8 \text{ k}\Omega$  de resistencia interna con voltímetro y  $4\Omega$  de resistencia interna como amperímetro. Calcule el error involucrado, en dichas mediciones, debido a la resistencia de los aparatos - de medición.

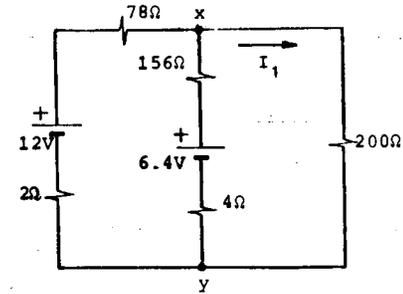


FIGURA P4.7

- 4.8 Para encender dos focos se cuenta con una batería de  $12 \text{ V}$ , la cual posee una resistencia interna de  $1\Omega$ . Si el foco F1 es de  $3\text{V}, 1.2\text{W}$  y el foco F2 es de  $6\text{V}, 3.6\text{W}$ , dibuje el diagrama del circuito con los resistores necesarios para que cada foco funcione al voltaje y potencia nominales. Tome en cuenta que si alguno de los focos se daña el otro debe permanecer encendido sin que su voltaje exceda  $10\%$  del voltaje nominal. Calcule la resistencia y la potencia de los resistores necesarios.

- 4.9 Con los elementos mostrados en la figura P4.9 se desea construir un circuito con el cual se logre el funcionamiento del motor y el foco a voltaje y potencial nominales. El fusible se funde y abre el circuito cuando se excede su corriente especificada y debe proteger al foco y al motor. El foco debe encenderse sólo cuando el motor está funcionando y apagarse cuando el motor se dañe (circuito abierto o corto circuito). Dibuje el diagrama del circuito eléctrico necesario y calcule los valores de resistencia y potencia de los resistores  $R_1$  y  $R_2$ . ¿Para qué corriente debe ser el fusible?

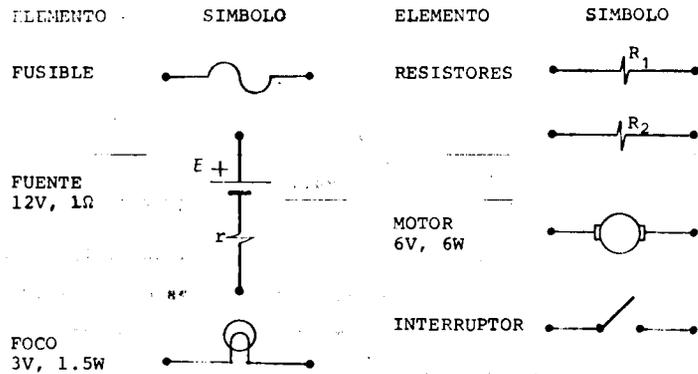


FIGURA P4.9

- 4.10 El capacitor  $C$  del circuito de la figura P4.10 está originalmente descargado. El interruptor 1 se cierra en  $t=0$  y se abre 30 s más tarde; 10 s después de abierto el interruptor 1 se cierra el 2 y permanece cerrado 20 s, al cabo de los cuales se abre el interruptor 2. Finalmente, 10 s después de abierto el interruptor 2 se cierra por segunda vez el 1. Dibuje las gráficas  $V_{ab}$ ,  $V_{bd}$ ,  $V_{bc}$ ,  $V_{cd}$ ,  $i_1$  e  $i_2$  contra  $t$  para el intervalo  $0 < t < 90$  s e indique los valores de las ordenadas cada 5 s.

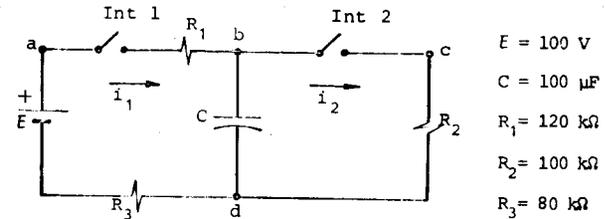


FIGURA P4.10

- 4.11 Calcule, para  $t = 0.1$  s, la diferencia de potencial  $V_{ac}$  en el circuito de la figura P4.11; considere que el interruptor se cierra en  $t = 0$ . Compruebe que para ese instante  $E = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{de} + V_{ef}$

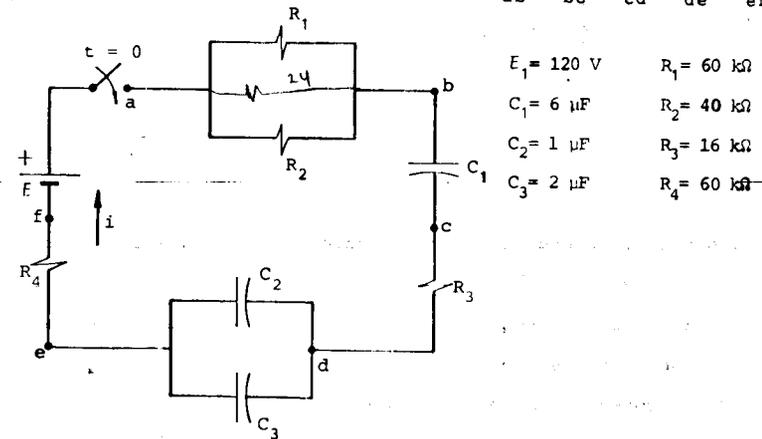
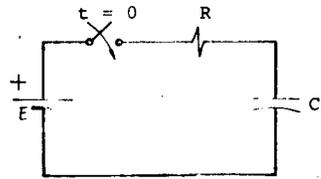


FIGURA P4.11

- 4.12 Para el circuito de la figura P4.12, suponga que el interruptor se cierra en  $t = 0$  y que  $V_C(0) = 0$ . Para el intervalo  $0 < t < 2$  s, calcule la energía almacenada en el capacitor ( $U_C$ ) la energía transformada en calor en el resistor ( $U_R$ ) y la energía suministrada por la fuente ( $U_S$ ). Compruebe el principio de conservación de la energía en el circuito, es decir que  $U_S = U_C + U_R$ .



$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C = 100 \text{ }\mu\text{F}$$

$$E = 100 \text{ V}$$

FIGURA P4.12

Jose

SERIE 5

CAMPO MAGNETICO

5.1 Cuando un electrón ( $q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) se mueve con velocidad constante en una zona donde el campo magnético es  $\vec{B} = 0.5 \hat{i} - 0.8 \hat{j} \text{ T}$ , experimenta una fuerza magnética  $\vec{F}_m = (-3.84 \hat{x} - 2.40 \hat{y}) \times 10^{-17} \text{ N}$ . Determine la velocidad del electrón.

5.2 Una partícula  $\alpha$  ( $q_\alpha = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) se mueve con velocidad constante  $\vec{v} = (4 \hat{y} + 3 \hat{z}) \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ; suponga que para un cierto instante su posición es la mostrada en la figura P5.2 y calcule el vector inducción magnética  $\vec{B}$  en los puntos A(4, 4, 0) mm, B(0, 4, 0) mm, C(0, 0, 3) mm y O(0, 0, 0) mm.

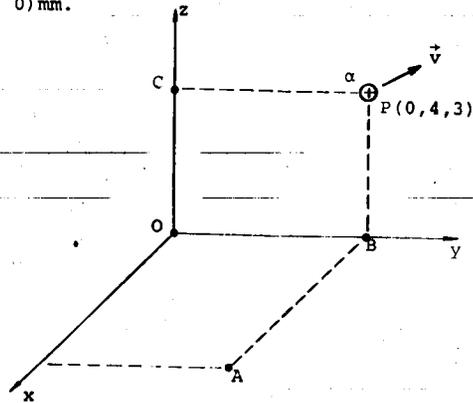
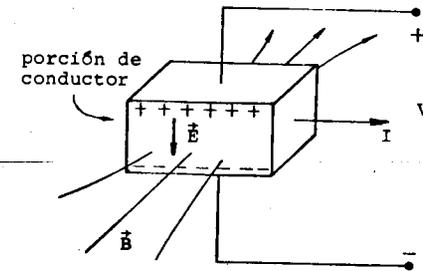


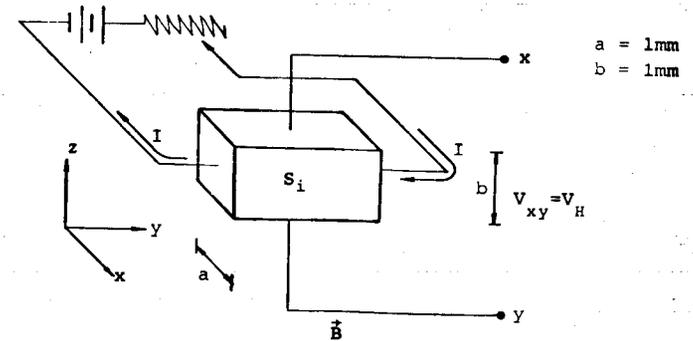
FIGURA P5.2

5.3 Cuando un conductor que transporta corriente es colocado en una región donde existe un campo magnético, los portadores de carga que se desplazan son desviados por una fuerza magnética, dando por resultado la aparición de un campo eléctrico, debido a la acumulación de carga, como se indica en la figura P5.3a, para una porción del conductor.

Dicha acumulación de carga cesa cuando la fuerza eléctrica (que actúa sobre cada portador) iguala a la fuerza magnética, es decir,  $q \vec{E} = q \vec{v} \times \vec{B}$ , a esta acumulación se le conoce como efecto Hall. Suponga que se desea medir un campo magnético por medio de un arreglo como el de la figura P5.3b y que el voltaje Hall medido es  $V_H = 32.8 \mu\text{V}$ , cuando la corriente es  $I = 10 \text{ mA}$ . Considere además, que el material usado es silicio y que a la temperatura de la medición su relación  $\frac{1}{nq}$  vale  $4.1 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$ ; donde  $n$  es el número de portadores de carga por unidad de volumen y  $q$  es la carga de cada portador. Determine la magnitud y dirección del campo magnético  $B$ .



(a)



(b)

FIGURA P5.3

5.4 Un espectrómetro de masa es un dispositivo para separar partículas de la misma carga y diferente masa (isótopos ionizados). Las partículas son inyectadas con una velocidad conocida  $\vec{v}$  dentro de una zona de campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , como se muestra en la figura P5.4. Las partículas con mayor masa chocan con la pantalla fosforescente a mayor distancia del punto de entrada.

- a) Si las dimensiones de la pantalla son las indicadas en la figura P5.4 y  $B = 0.8 \text{ T}$ , calcule las velocidades máxima y mínima que permiten a un deuterón ( $q_d = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  y  $m_d = 2 (1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})$ ) chocar con la pantalla.
- b) Al ingresar dos partículas "x" cargadas ( $q_x = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) con la misma velocidad, se observa una diferencia de 24 cm entre los puntos de choque. Calcule la diferencia de masa entre las dos partículas, si la más ligera chocó a 12 cm del punto de ingreso.

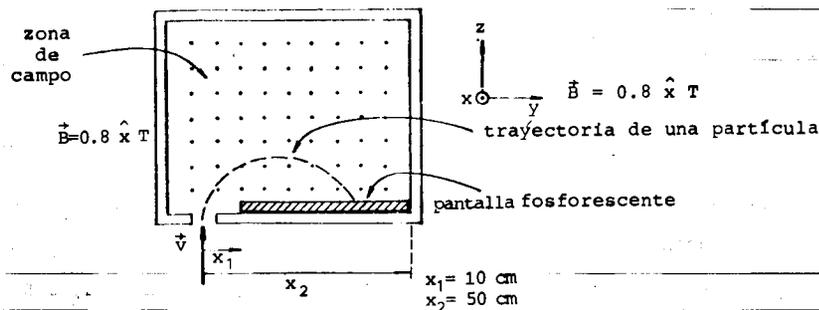


FIGURA P5.4

5.5 En la figura P5.5 se muestran en corte tres conductores rectos, paralelos y muy largos con su eje perpendicular al plano del dibujo. Si la corriente en cada conductor tiene la magnitud y sentido indicado, determine el vector inducción magnética en los puntos A, B, C y D.

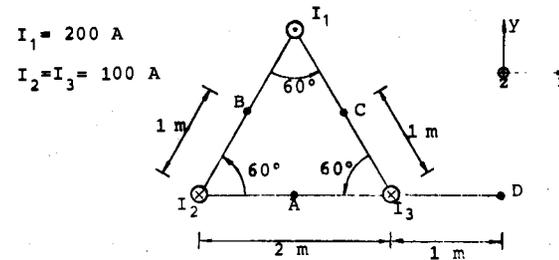


FIGURA P5.5

5.6 Para la espira cuadrada plana de la figura P5.6, haga una gráfica de la variación de la magnitud del campo magnético  $\vec{B}$  a lo largo del eje "y" sobre el plano de la espira, en función de la distancia "r" al centro de la misma. Considere el intervalo  $-15 \leq r \leq 15 \text{ cm}$  y calcule valores de B, cada 3 cm.

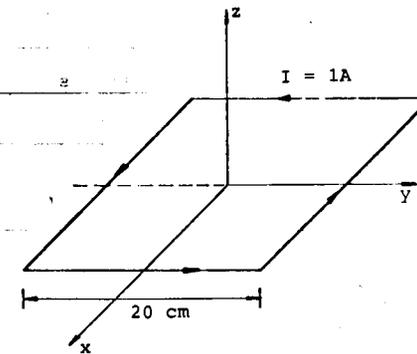


FIGURA P5.6

5.7 Considere la espira cuadrada mostrada en la figura P5.7 cuyo centro coincide con el origen del sistema de referencia, y calcule el vector densidad de flujo magnético  $\vec{B}$  para los puntos A, B, C y D.

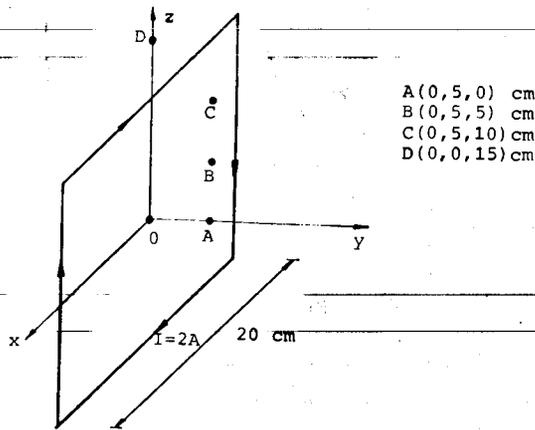


FIGURA P5.7

- 5.8 Obtenga el valor de la corriente  $I$  que debe circular en la bobina de la figura P5.8, la cual es coplanar al plano  $xz$  y cuyo centro coincide con el origen, para que el campo magnético  $\vec{B}$  en el punto A sea  $\vec{B}_A = -12 \hat{y}$  mT.

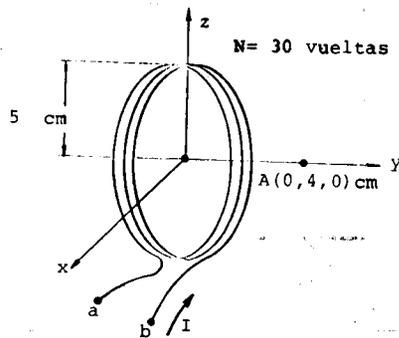


FIGURA P5.8

- 5.9 El arreglo conocido como bobinas de Helmholtz se obtiene con dos bobinas circulares iguales y paralelas, con sus centros separados una distancia igual a su radio, como se muestra en la figura P5.9. Tal dispositivo permite obtener una zona de campo magnético uniforme alrededor del punto O del arreglo. Obtenga la expresión que permite obtener  $\vec{B}$  en puntos sobre el eje "y" el cual pasa por los centros de las bobinas y compruebe que  $B_0 = \frac{\mu_0 NI}{a} (0.8)^{\frac{3}{2}}$ .

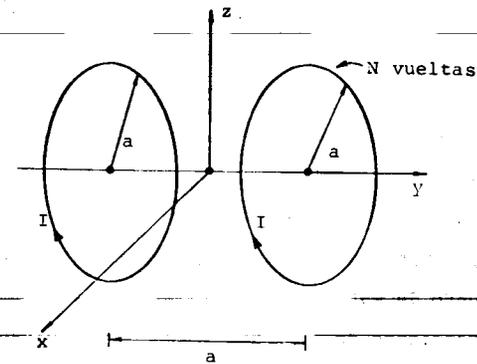


FIGURA P5.9

- 5.10 Para el solenoide de la figura P5.10 y con base en el sistema de referencia indicado, calcule el campo magnético  $\vec{B}$  para los puntos A, B, C y D.

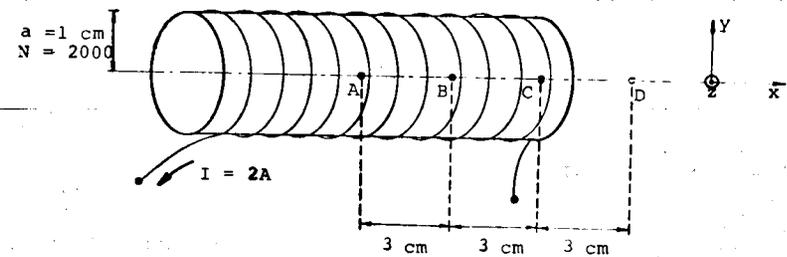


FIGURA P5.10

- 5.11 Se desea construir un solenoide con alambre magneto cuyo diámetro, incluyendo el esmalte, es de 0.8611 mm (AWG # 20). Si las características deseadas en el solenoide son: 10 cm de longitud, 0.5 cm de radio menor y 5 capas de embobinado. Determine:
- El número de vueltas  $N$  del solenoide.
  - La resistencia del solenoide a  $20^\circ\text{C}$ , si se dejan 15 cm adicionales de alambre al final y al principio del embobinado, para conexiones. Considere que a  $20^\circ\text{C}$  la resistencia del alambre es de  $33.2 \Omega$  por cada km.
  - El campo  $B$  en el centro y en el extremo del eje del solenoide si

la corriente en el mismo es de 1 A.

- 5.12 Un tubo conductor cilíndrico hueco y largo, con las dimensiones mostradas en la figura P5.12, transporta una corriente  $I$  uniformemente distribuida en su sección transversal. Obtenga las expresiones que determinan la magnitud del campo magnético  $B$  en función de  $r$  para los intervalos siguientes:

$r \leq r_1$ ,  $r_1 \leq r \leq r_2$  y  $r \geq r_2$ . Considere que  $\mu_{\text{cond}} = \mu_0$ .

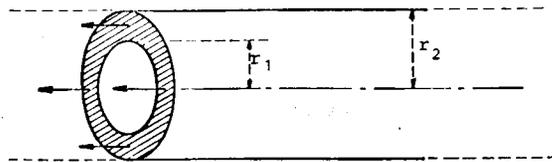


FIGURA P5.12

- 5.13 Un toroide de 4000 vueltas enrolladas uniformemente, posee las dimensiones mostradas en la figura P5.13, determine:

- Los valores máximo y mínimo de la inducción magnética producida por el toroide para puntos interiores del mismo.
- El flujo magnético que cruza la superficie "S" señalada en la misma figura.

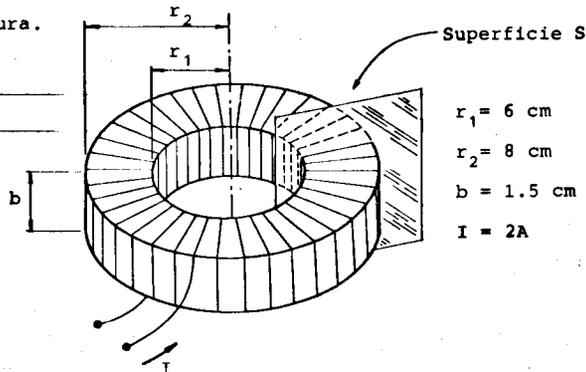


FIGURA P5.13

- 5.14 Con base en las características del solenoide mostrado en la figura P5.14, calcule el flujo magnético a través de las superficies  $S_1$  y  $S_2$  indicadas en la misma figura.

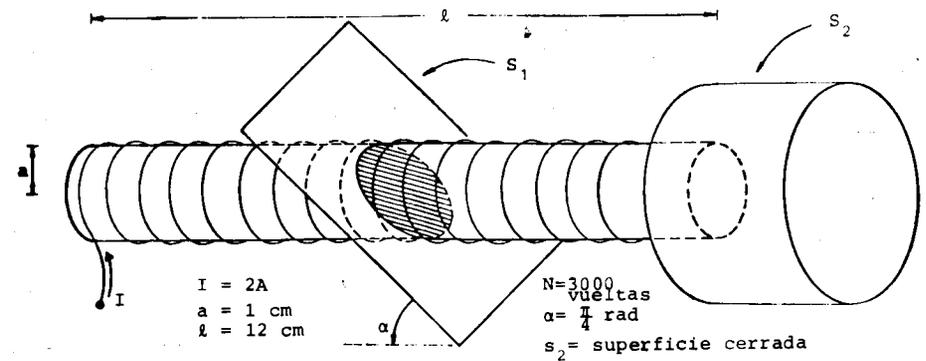


FIGURA P5.14

- 5.15 Suponga dos conductores rectos y muy largos paralelos al eje "x" del sistema de referencia de la figura P5.15 y calcule el flujo magnético a través de la superficie sombreada.

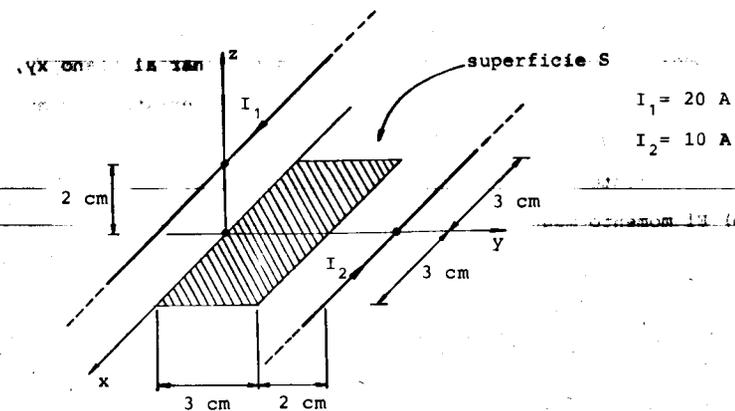


FIGURA P5.15

5.16 Obtenga la fuerza magnética, que actúa sobre cada lado de la bobina rectangular rígida contenida en el plano  $xy$ , mostrada en la figura P5.16, debida al conductor recto y muy largo.

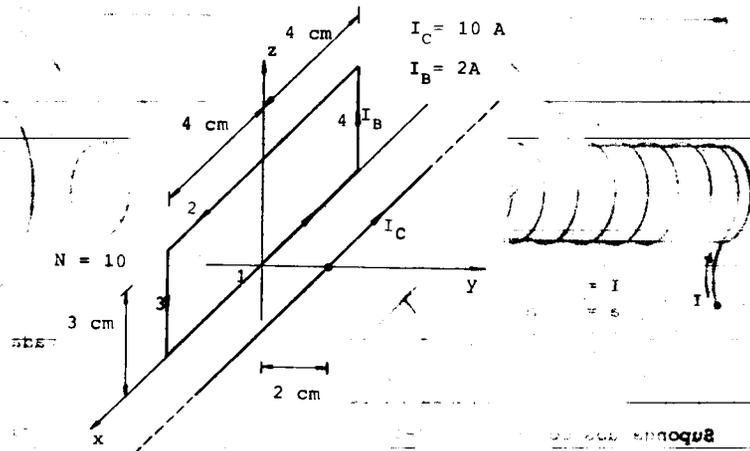


FIGURA P5.16

5.17 Suponga una bobina rígida de 30 vueltas coplanar al plano  $xy$ , como se indica en la figura P5.17. Si en la región existe un campo magnético  $\vec{B} = 0.3 \hat{x} + 0.4 \hat{y}$  T, calcule:

- El momento dipolar magnético de cada espira.
- El momento magnético total de la bobina.

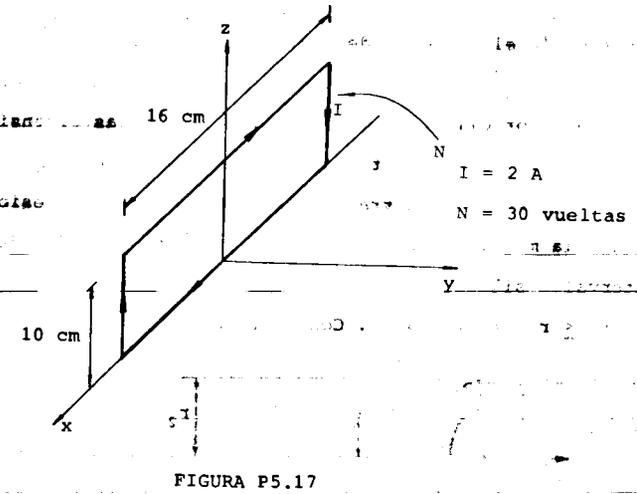


FIGURA P5.17

SERIE 6

INDUCCION ELECTROMAGNETICA

6.1 Un embobinado de  $N$  espiras cuadradas, se encuentra dentro de una región de campo magnético uniforme pero variable en el tiempo, según la relación  $B = 0.02 + 0.8 t$ , donde  $B$  y  $t$  están expresados en teslas y segundos respectivamente. La normal al plano del embobinado es colineal a la dirección del campo magnético, como se indica en la figura P6.1

Determine:

- El flujo magnético a través del embobinado en el instante  $t = 0$ .
- La diferencia de potencial  $V_{ab}$  en el instante  $t = 10$  s.
- Si en el mismo instante ( $t = 10$  s) se conecta el resistor "R" y el amperímetro "A" a las terminales a y b, determine el valor de la resistencia del embobinado si la corriente medida fue de 1.85 A.
- ¿En qué sentido circula la corriente inducida al pasar por R?
- ¿Cambiaría el valor de la corriente inducida para  $t = 100$  s?, explique.

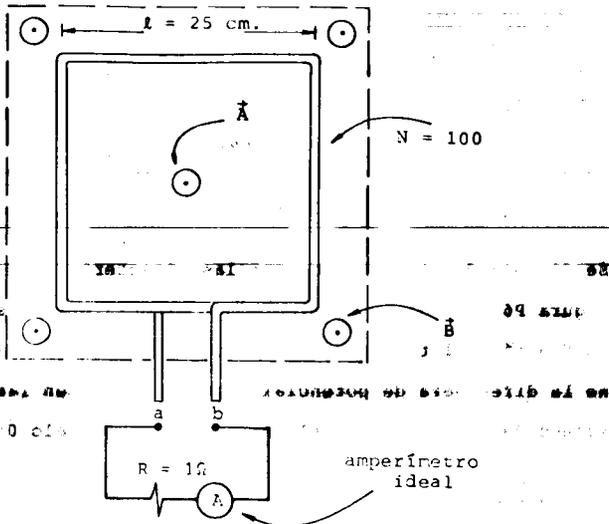


FIGURA P6.1

6.2 Una barra metálica se desliza sin fricción sobre un conductor doblado en forma de U, como se muestra en la figura P6.2. Si la diferencia de potencial medida entre los puntos "c" y "d" es  $V_{cd} = 3$  V y se sabe que la resistencia de cada metro de conductores es  $1.5 \Omega$ , y la de cada metro de barra es de  $0.5 \Omega$ . Calcule.

- La corriente inducida e indique el sentido en que circula.
- La diferencia de potencial inducida entre los puntos "a" y "b" de la barra.
- La velocidad de la barra en magnitud y dirección.
- La diferencia de potencial inducida entre los extremos "e" y "f" de la barra.

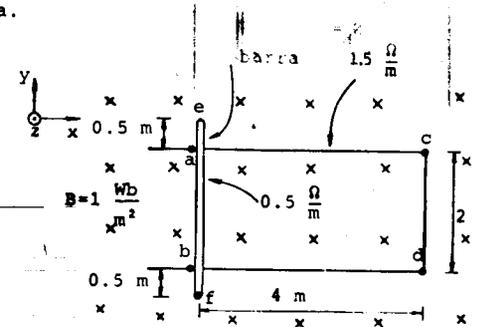
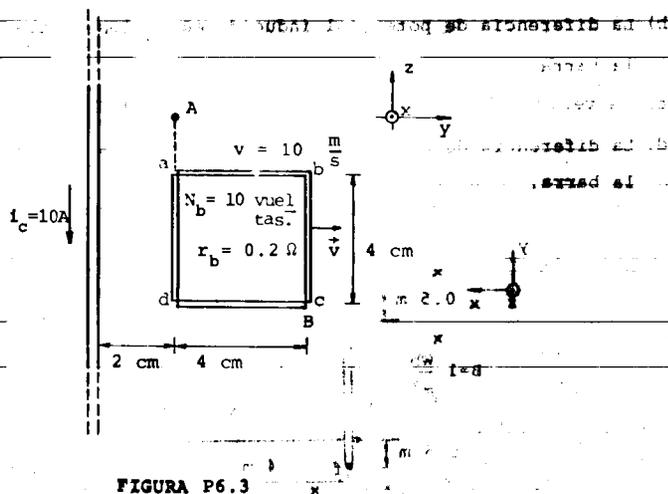


FIGURA P6.2

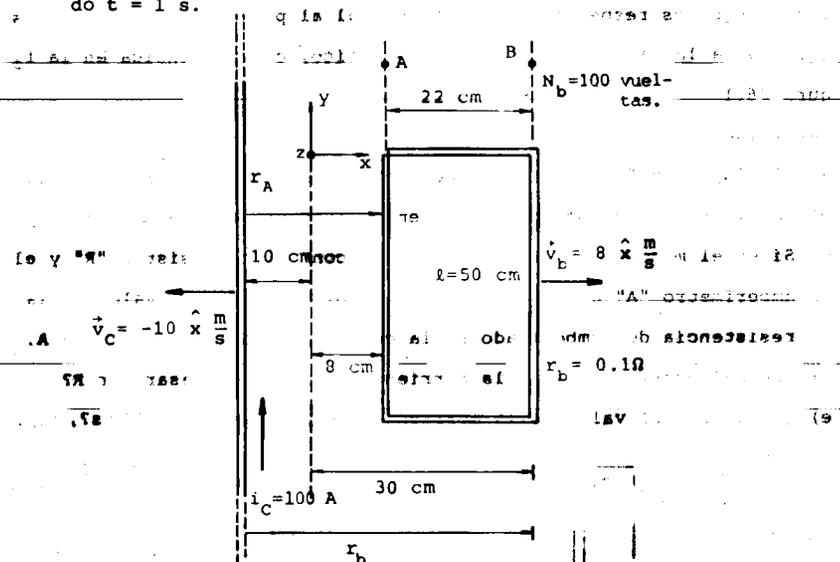
6.3 En la figura P6.3 se muestra parte de un conductor recto y muy largo y una bobina de espiras cuadradas cuyas terminales se han unido. El conductor y la bobina se encuentran en un mismo plano. La bobina tiene una resistencia total de  $0.2 \Omega$  y se mueve con una velocidad  $\vec{v} = 10 \hat{y} \text{ m/s}$ , como se muestra en la figura mencionada. Para la posición mostrada, calcule:

- El vector campo magnético en el punto A, debido al conductor recto.
- La f.e.m. inducida neta en la bobina, indicando su sentido.
- La fuerza de origen magnético neta (en magnitud y dirección) que

- actúa sobre la bobina.
- La potencia mecánica necesaria para desplazar la bobina a la velocidad indicada.
  - ¿Qué habría que hacer para invertir el sentido de la corriente inducida en la bobina?



- El flujo magnético a través de la bobina en función del tiempo.
- El flujo magnético en la bobina para el instante mostrado en la figura P6.4, ¿Cuánto vale  $t$  en este instante?
- El valor y sentido de la corriente inducida en la bobina, cuando  $t = 1$  s.



- 6.4 En la figura P6.4 se muestra un cierto instante, una bobina rectangular cuyo lado largo es paralelo a un conductor recto y muy largo. El conductor tiene una velocidad de  $-10 \hat{x} \frac{m}{s}$  y la bobina se mueve con velocidad  $8 \hat{x} \frac{m}{s}$ , ambos movimientos con respecto al sistema de referencia mostrado. El conductor, la bobina y sus movimientos son coplanarios. De acuerdo con los datos proporcionados en la figura antes citada y considerando que en  $t = 0$   $r_A \hat{x} 0$  y  $r_B = 0.22$  m, calcule

- 6.5 Se dispone de un solenoide con las características indicadas en la figura P6.5a. Si la corriente que circula por el solenoide varía en función del tiempo, como se muestra en la figura P6.5b, determine la diferencia de potencial inducida " $V_{xy}$ " en las terminales del solenoide, y dibuje su gráfica para el intervalo  $0 < t < 29.2$  ms.

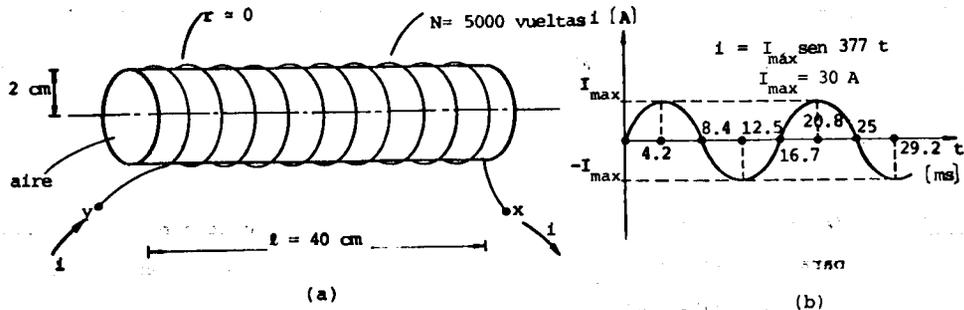


FIGURA P6.5

6.6 En el arreglo mostrado en la figura P6.6a se muestra un toroide de 2300 vueltas devanadas uniformemente con núcleo de aire. Sobre una porción del toroide, se tiene enrollada una bobina de 200 vueltas. Considere las dimensiones del arreglo indicadas en la figura y que la corriente en el toroide varía con el tiempo en la forma mostrada.

Calcule la diferencia de potencial inducida "V<sub>xy</sub>" en las terminales de la bobina y dibuje una gráfica de V<sub>xy</sub> contra el tiempo t para el intervalo 0 < t < 35 ms.

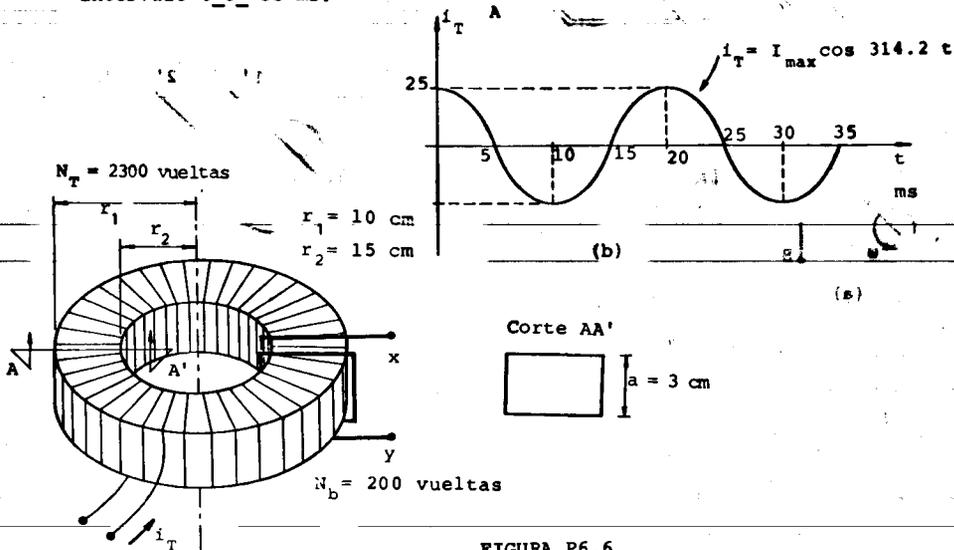


FIGURA P6.6

6.7 Un transformador es diseñado con dos solenoides devanados sobre un núcleo metálico cilíndrico macizo, como el mostrado en la figura P6.7a. Si la corriente en el devanado primario (inductor) es de la forma  $i_1 = I_{\max} \sin \omega t$ , determine:

- La expresión para el cálculo de la energía disipada en forma de calor, en cada unidad de tiempo, por el núcleo en función de las dimensiones y material del mismo, así como de la frecuencia angular  $\omega$  y del valor máximo de la inducción magnética  $B_{\max}$ .
- Calcule la disipación de energía en cada segundo para un núcleo de aluminio con  $R = 3 \text{ cm}$ ,  $l = 45 \text{ cm}$ ,  $\mu_{Al} = \mu_0$  y  $\rho = 2.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ , si el solenoide inductor tiene una corriente  $i_1 = 5 \sin 377 t$ . Considere al solenoide con longitud  $l$  y  $N = 10^3$  vueltas.
- Si el núcleo macizo se sustituye por 30 alambres del mismo material aislados con barniz, de igual longitud pero de radio  $r = 0.005 \text{ m}$ , como se muestra en la figura P6.7b, ¿Cuál sería la potencia disipada por dicho núcleo en las condiciones indicadas en el inciso "b"? ¿Qué porcentaje representa esta potencia respecto a la calculada en el inciso anterior?

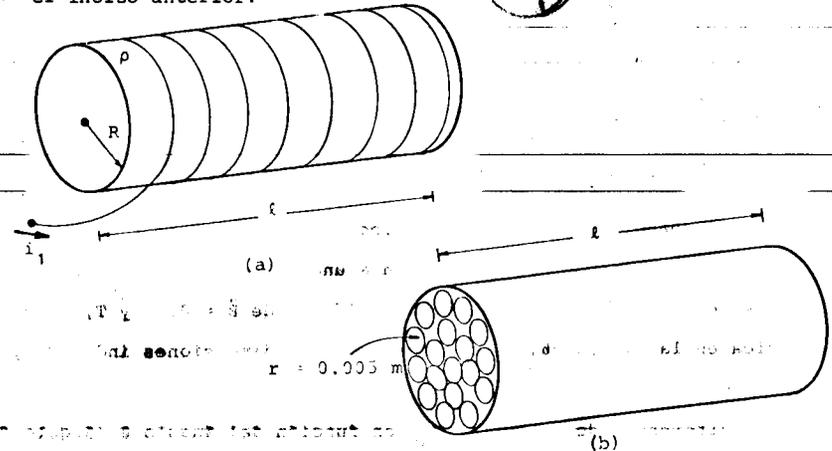
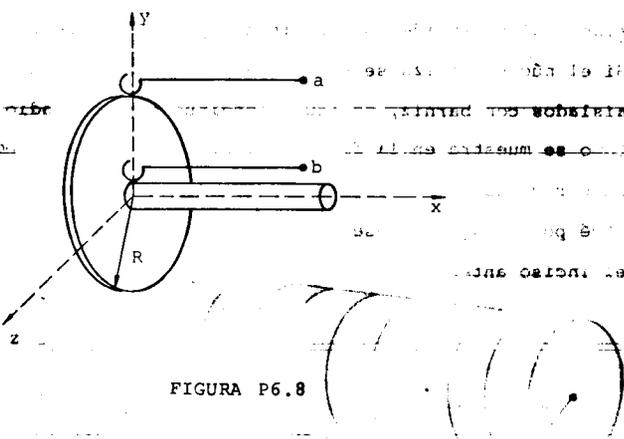


FIGURA P6.7

6.8 Se dispone de un disco metálico de radio  $R = 20$  cm montado sobre un eje, como se muestra en la figura P6.8. Además se cuenta con un dispositivo capaz de producir una inducción magnética uniforme de  $B = 0.1$  T en toda el área del disco. Si se desea obtener una fuerza electromotriz inducida de 12 V ( $V_{ab} = 12$  V) en las terminales de las escobillas, determine:

- La dirección en que debe ser colocado el campo magnético.
- La velocidad angular a que debe girar el disco, en rad/s y en revoluciones/s. Indique en qué sentido debe girar el disco considerando la dirección del campo  $\vec{B}$  determinada en el inciso a.

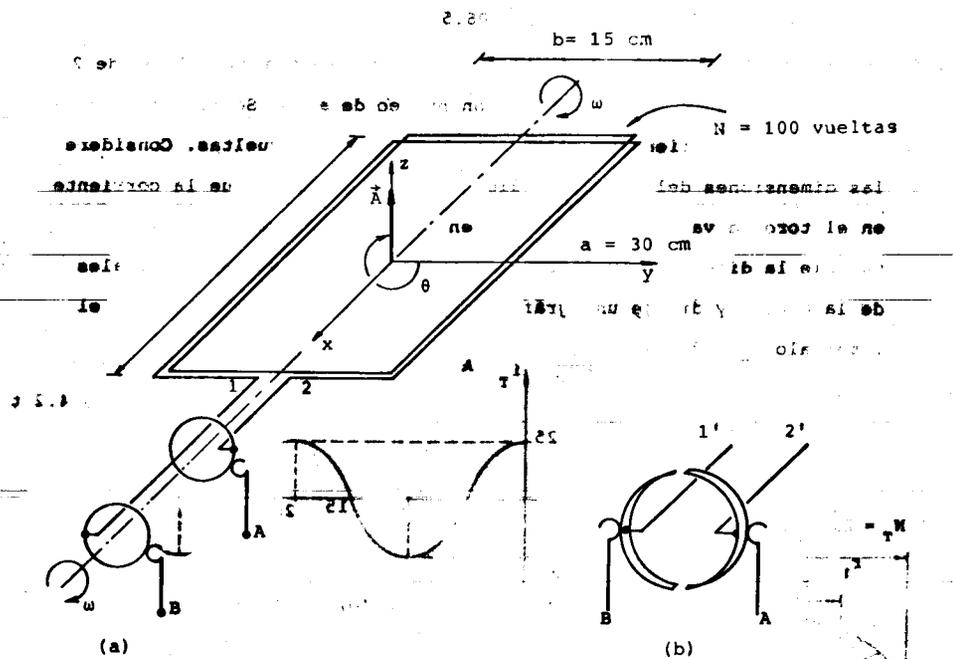


6.9 Se ha diseñado un generador eléctrico elemental que está formado por 100 espiras rectangulares que giran a una velocidad angular  $\omega = 60$  rev/s dentro de un campo magnético uniforme de  $\vec{B} = 0.15 \hat{y}$  T, como se indica en la figura P6.9a. Considerando las dimensiones indicadas, calcule:

- La diferencia de potencial  $V_{ab}$  en función del ángulo  $\theta$  (ángulo for-

mado por la normal  $\vec{A}$  al plano de la bobina y la dirección  $y$ ). Dibuje una gráfica de  $V_{ab}$  contra  $\theta$  para el intervalo  $0 \leq \theta \leq \frac{5}{2}\pi$  rad.

- Si las terminales 1 y 2 de la bobina, para la posición mostrada, se conectan a un conmutador como el mostrado en la figura P6.9b, dibuje una gráfica de la diferencia de potencial  $V_{AB}$  contra el ángulo  $\theta$ , para el mismo intervalo del inciso anterior. Exprese  $V_{AB}$  en función de  $\theta$  para este caso.



SERIE 7

INDUCTANCIA

7.1 Calcule la inductancia propia de un solenoide construido con alambre magneto AWG # 18, de diámetro nominal incluyendo el esmalte de 1.077 mm. El embobinado se realiza con tres capas de alambre de 150 vueltas muy juntas por cada capa, la primera de ellas se embobina sobre un cilindro de plástico  $\mu_p = \mu_0$  de 1 cm de radio, como se muestra en la figura P7.1.

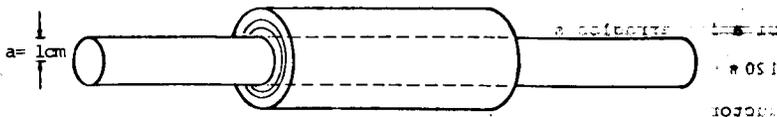


FIGURA P7.1

7.2 Obtenga el número de vueltas necesario para que el toroide de la figura P7.2, tenga una inductancia  $L_t = 575.36 \mu\text{H}$ . Calcule además el diámetro máximo (que incluya el esmalte) del alambre con el cual es posible enrollar el número de vueltas obtenido anteriormente en una sola capa.

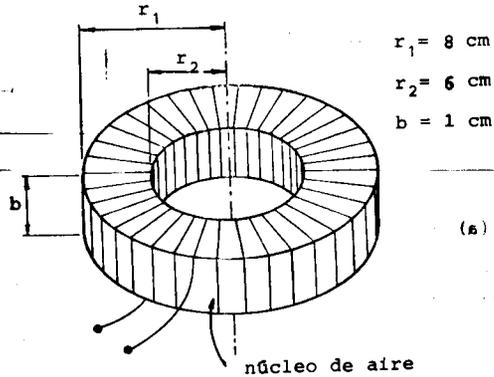


FIGURA P7.2

7.3 Calcule la inductancia mutua entre los dos solenoides coaxiales y sobrepuestos de la figura P7.3.

- $\ell_1 = 20 \text{ cm}$
- $\ell_2 = 12 \text{ cm}$
- $a = 1 \text{ cm}$
- $N_1 = 1800 \text{ vueltas}$
- $N_2 = 900 \text{ vueltas}$

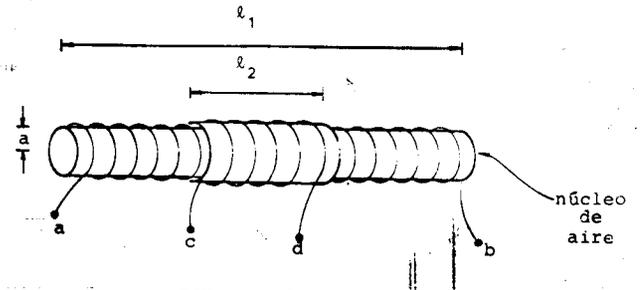


FIGURA P7.3

7.4 Obtenga el coeficiente de inducción mutua para el arreglo del toroide y el conductor recto y largo de la figura P7.4.

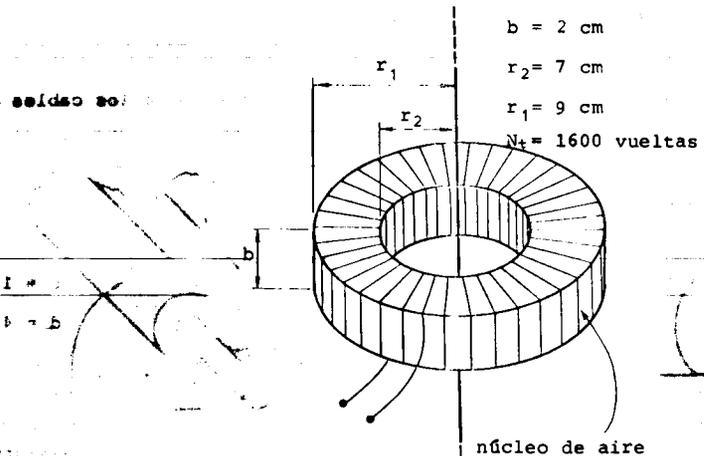


FIGURA P7.4

7.5 Obtenga la inductancia mutua entre las dos bobinas cuadradas mostradas en la figura P7.5

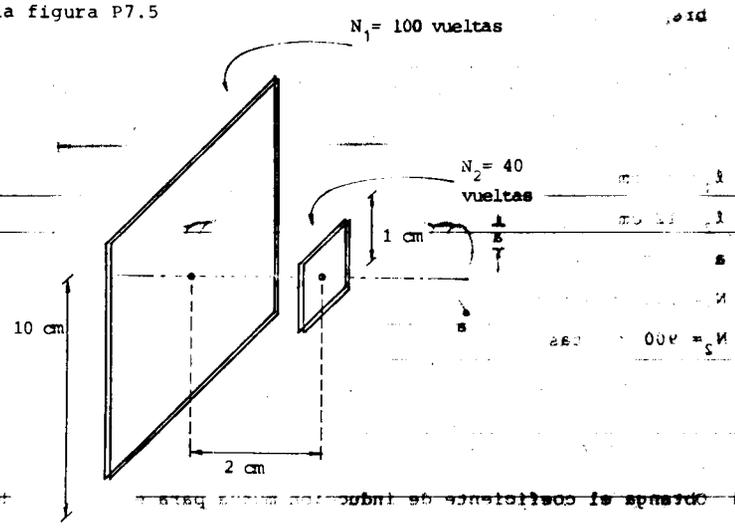


FIGURA P7.5

7.6 Calcule las inductancias propias por metro de longitud para los cables coaxial y dúplex de la figura P7.6.

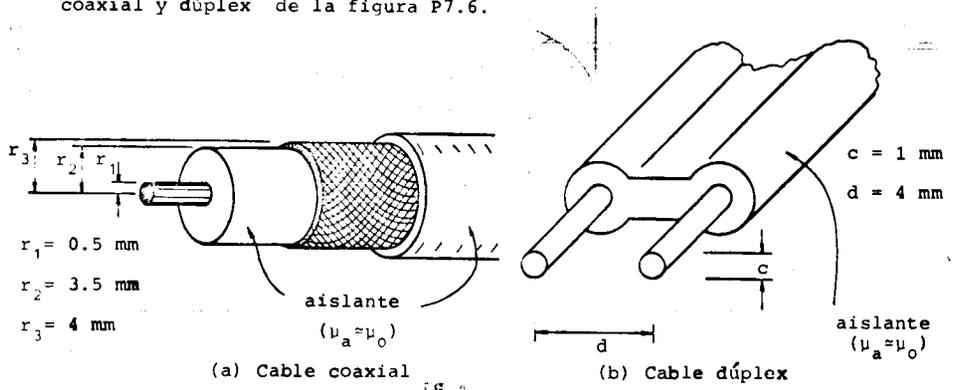


FIGURA P7.6

7.7 Suponga que los solenoides del problema 7.3 se conectan en serie, uniendo la terminal b con la d y haga una representación simbólica del arreglo. Calcule también el coeficiente de acoplamiento y el inductor equivalente.

7.6 Considere dos inductores ideales (sin resistencia)  $L_1$  y  $L_2$ , los cuales se conectan primero en serie y posteriormente en paralelo, dando por resultado los coeficientes de acoplamiento indicados en la figura P7.8. Si a los arreglos se les aplica una diferencia de potencial  $V_{xz} = 10 \text{ sen } 120\pi t \text{ V}$ , calcule la corriente y la diferencia de potencial en cada inductor.

$L_1 = 9 \text{ H}$  y  $L_2 = 4 \text{ H}$

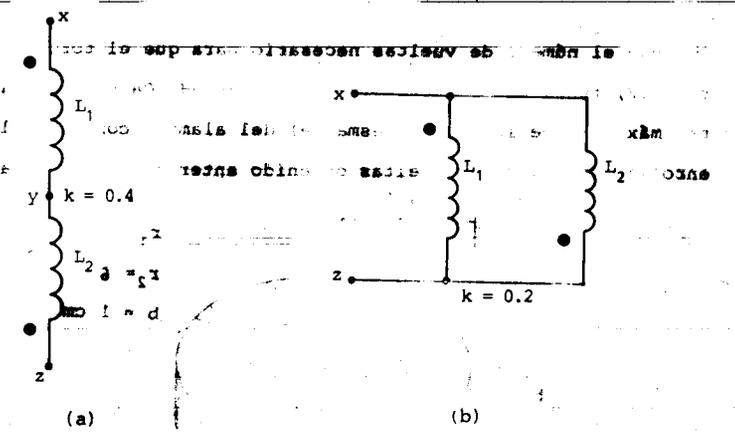


FIGURA P7.8

7.9 Si la corriente en el primario del transformador de la figura P7.9a, varía como se indica en la figura P7.9b y es posible despreciar las resistencias de los embobinados, obtenga:

- La relación de transformación  $N$ .
- Los voltajes inducidos en el primario y en el secundario, para el intervalo  $0 \leq t < 70$  ms.
- La energía máxima almacenada por el transformador.

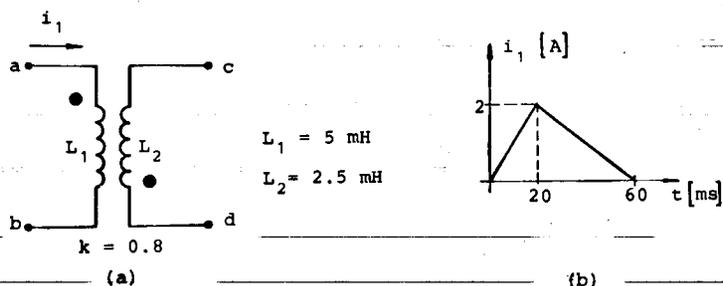


FIGURA P7.9

7.10 Un solenoide de inductancia propia  $L_s = 0.5$  H y resistencia  $R_s = 1 \Omega$  se conecta a una fuente de 12 V con resistencia interna  $r = 1 \Omega$  como se muestra en la figura P7.10. Dibuje las gráficas de  $i$ ,  $V_{ab}$  y  $V_{cb}$  contra el tiempo, para el intervalo  $0 \leq t < 1.4$  s. Indique las magnitudes de las variables cada 0.2 s.

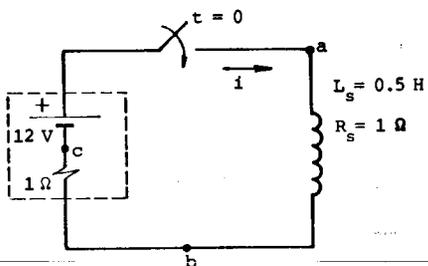


FIGURA P7.10

7.11 Al circuito RL de la figura P7.11a se le aplica una señal de voltaje  $v(t)$  que varía como se observa en la figura P7.11b. Dibuje las gráficas del voltaje en el resistor ( $V_{ab}$ ), el voltaje en el inductor ( $V_{bc}$ ) y la corriente  $i$  en el circuito contra el tiempo, para el intervalo  $0 \leq t \leq 6$  s, calculando valores de voltaje y corriente cada 0.5 s.

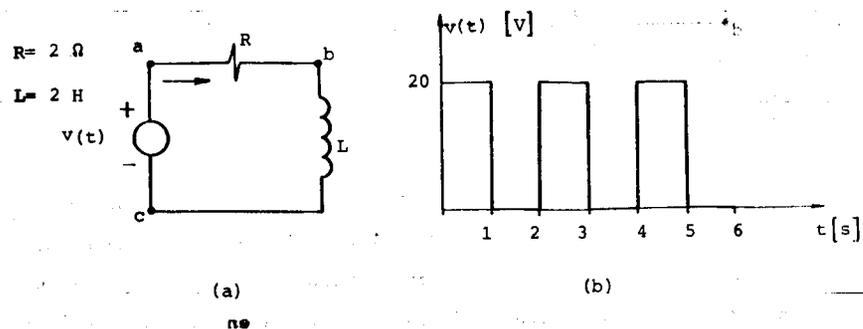


FIGURA P7.11

7.12 Se conecta la combinación en serie de tres inductores con resistencia, a una fuente de voltaje continuo de 100 V y con resistencia interna de  $2 \Omega$ , como se muestra en la figura P7.12. Si los coeficientes de acoplamiento son los indicados, calcule para  $t = 50$  ms.

- La diferencia de potencial  $V_{ac}$ .
- La energía almacenada por  $L_1$ .

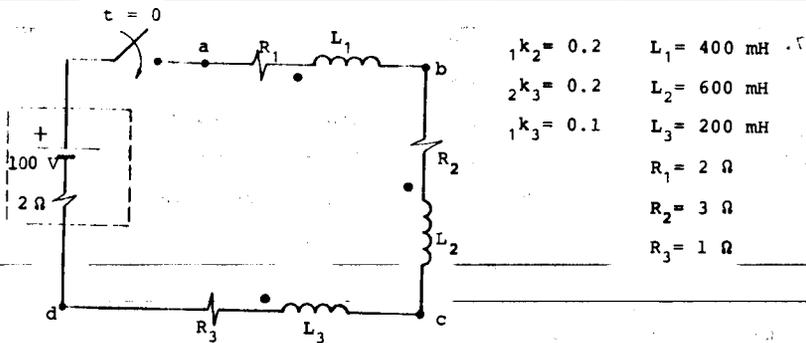


FIGURA P7.12

7.13 Las características del transformador de la figura P7.13a son:  $L_p = 1 \text{ H}$ ,  $r_p = 10 \Omega$ ,  $L_s = 0.25 \text{ H}$ ,  $r_s = 1 \Omega$  y el coeficiente de acoplamiento es  $k = 0.8$ . Si al primario del transformador se le aplica una señal de voltaje  $V(t)$  que varía como se indica en la figura P7.13b, obtenga las ecuaciones que determinan los valores de  $i_p$ ,  $V_p$  y  $V_s$  para el intervalo  $0 \leq t \leq 200 \text{ ms}$  y dibuje una gráfica de cada una de estas funciones del tiempo, en dicho intervalo.

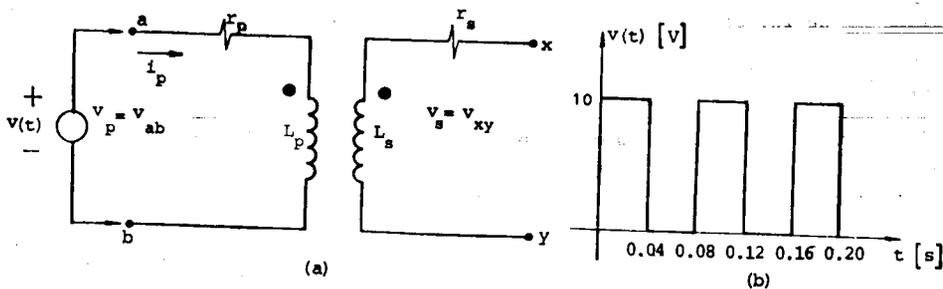


FIGURA P7.13

SERIE 8

PROPIEDADES MAGNETICAS DE LA MATERIA

- 8.1 Considerando que la órbita del electrón de un átomo de hidrógeno es circular, concéntrica al núcleo, de radio  $r = 5.3 \times 10^{-11}$  m y que su velocidad angular es constante, determine la magnitud del momento dipolar magnético producido por el electrón, debido a su movimiento orbital.
- 8.2 El deuterio ( ${}^2\text{D}$ ) es un isótopo del hidrógeno, el cual posee un neutrón dentro de su núcleo. Considerando por separado a las partículas subatómicas que constituyen al deuterio (protón, neutrón y electrón) determine la magnitud del momento dipolar magnético de cada una de ellas debido al giro sobre su propio eje.
- 8.3 Suponga que el momento dipolar magnético neto de un átomo de hierro es  $9.1 \times 10^{-24}$  A·m<sup>2</sup> y considere que en un gramo de la misma sustancia, existen  $3 \times 10^{23}$  átomos. Para una muestra de hierro en forma de paralelepípedo rectángulo, de masa 50 gramos, colocada dentro de un campo magnético  $\vec{B}$  como se muestra en la figura P8.3, determine la magnetización máxima que puede ocurrir en el bloque.

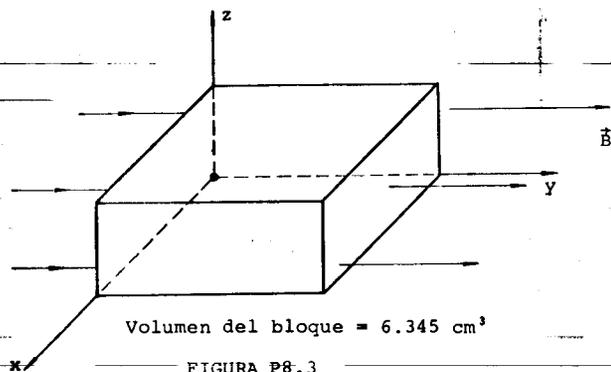


FIGURA P8.3

- 8.4 En la figura P8.4 se muestra un solenoide largo con núcleo ferromagnético y devanado uniforme, al medir el valor del campo magnético en el extremo se obtuvo que  $B = 28.85$  mT, cuando  $I = 2$  A en la dirección indicada.

Considere la magnetización uniforme en todo el núcleo y calcule:

- La magnetización del núcleo
- La corriente de magnetización
- Los vectores intensidad de campo y densidad de flujo magnéticos en el centro del solenoide.

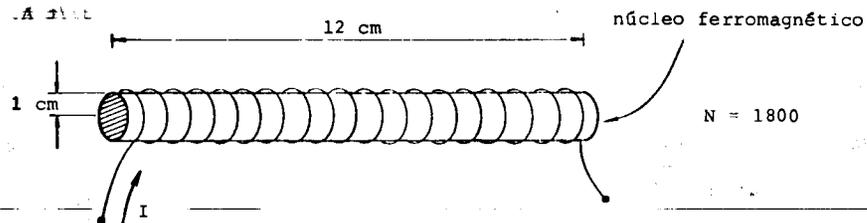


FIGURA P8.4

- 8.5 Suponga que un imán de barra como el de la figura P8.5, posee una magnetización uniforme  $\vec{M} = 1500 \hat{y} \frac{\text{A}}{\text{m}}$  y calcule los vectores  $\vec{B}$  y  $\vec{H}$  para los puntos A, B y C.

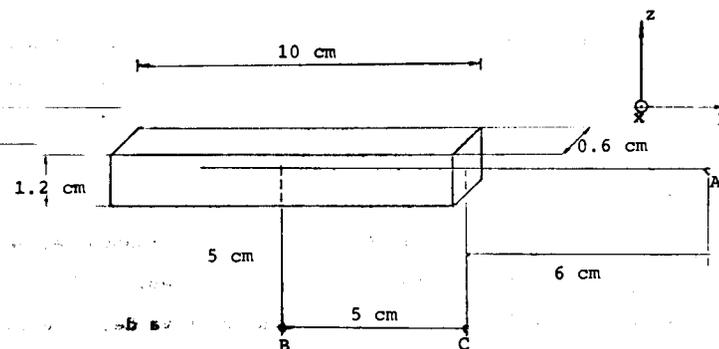


FIGURA P8.5

8.6 Considere un arreglo de toroide de enrollamiento uniforme y bobina, con las dimensiones mostradas en la figura P8.6 y calcule la permeabilidad, la permeabilidad relativa y los vectores magnetización, intensidad de campo e inducción magnética en el centro de la bobina para los casos siguientes:

- Núcleo de aire ( $\chi_{m1} = 0.4 \times 10^{-6}$ )
- Núcleo de platino ( $\chi_{m2} = 290 \times 10^{-6}$ )
- Núcleo de bismuto ( $\chi_{m3} = -170 \times 10^{-6}$ )

Calcule también para cada caso la diferencia de potencial inducida

$V_{xy}$  máxima si la corriente del toroide vale  $i_t = 0.8 \text{ sen } 377t \text{ A}$ .

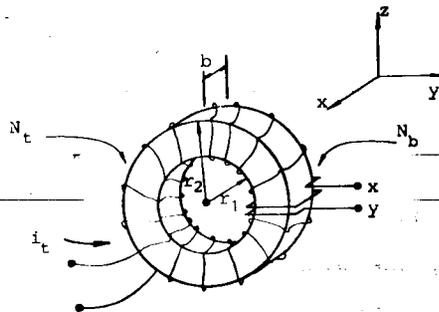
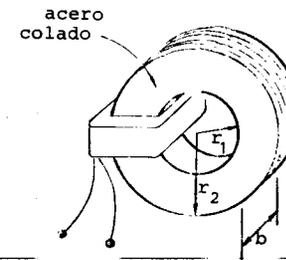


FIGURA P8.6

8.7 El núcleo toroidal de la figura P8.7 está contruido con acero colado. Si la bobina posee 400 vueltas y la corriente a través de ella es de 0.5 A, determine con ayuda de la curva de magnetización del material lo siguiente:

- Las magnitudes de los vectores  $\vec{B}$  y  $\vec{H}$  en el núcleo.
- El flujo magnético a través de la sección transversal del núcleo.
- La magnitud de la magnetización en el núcleo.
- La permeabilidad y la permeabilidad relativa del material para las condiciones del problema.
- La energía almacenada por el arreglo.



$r_1 = 2 \text{ cm}$   
 $r_2 = 4 \text{ cm}$   
 $b = 2 \text{ cm}$

FIGURA P8.7

8.8 Utilizando el concepto de área aparente para el entrehierro del circuito magnético mostrado en la figura P8.8, calcule la corriente necesaria para obtener un flujo magnético, en dicho entrehierro, de 0.6 mWb.

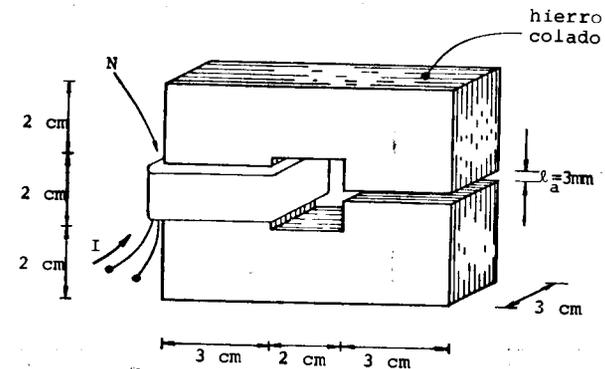


FIGURA P8.8

- 8.9 Se tiene un circuito magnético construido con dos materiales ferromagnéticos distintos, como el mostrado en la figura P8.9. Utilice la información de las curvas de magnetización de cada material y obtenga el número de vueltas necesario para que el flujo a través del acero colado sea  $\phi_a = 0.4 \text{ mWb}$ . Calcule también las magnitudes de  $\vec{B}$  y  $\vec{H}$  en cada material.

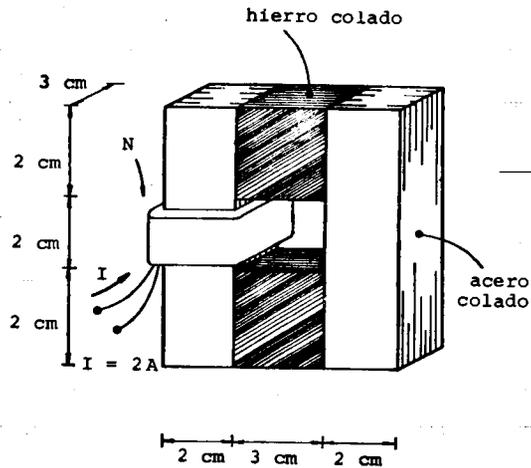


FIGURA P8.9

- 8.10 Suponga que en un circuito magnético como el de la figura P8.10, construido con acero laminado en frío, se desea calcular el flujo magnético, la intensidad de campo y la densidad de flujo magnético en el entrehierro y en cada brazo del núcleo. Utilice la información de la curva de magnetización del material y el concepto de área aparente.

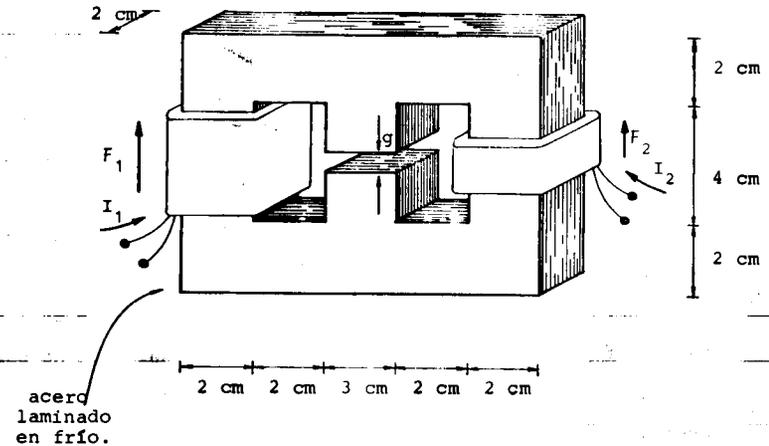


FIGURA P8.10

- 8.11 Se desea obtener el número de vueltas necesario en la bobina del electroimán de la figura P8.11, para que éste sea capaz de levantar un peso total de  $50 \text{ kg}_f$  con una corriente de 4 A. Considere un núcleo construido con acero colado y una longitud de los entrehierros de 3 mm. No desprecie la reluctancia del núcleo frente a las de los entrehierros.

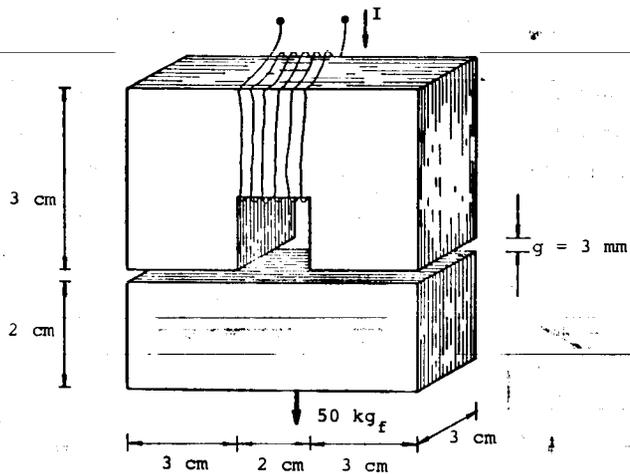


FIGURA P8.11

8.12 Se desea construir un inductor, utilizando el núcleo laminado de acero de transformador mostrado en la figura P8.12. La inductancia promedio deseada es  $L_p = 1.2 \text{ H}$  cuando la corriente es  $i = 0.4 \text{ sen } 120\pi t \text{ A}$ . Considere que el núcleo originalmente no posee magnetización y determine el número de vueltas necesario para la bobina.

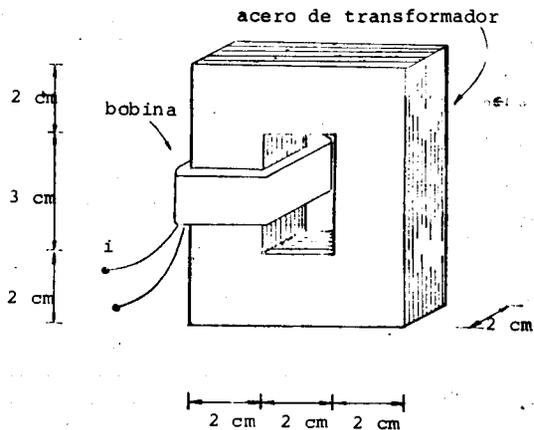


FIGURA P8.12

8.13 La figura P8.13, muestra un transformador con un núcleo laminado de acero-silicio. Desprecie la resistencia de las bobinas e indique cuánto debe valer la inductancia promedio del primario si se desea una corriente en el primario  $i_p = 0.1 \sqrt{2} \text{ sen } 120\pi t$  cuando se conecta a una diferencia de potencial  $V_p = V_{ab} = 120 \sqrt{2} \text{ sen } 120\pi t$ . Considere un coeficiente de acoplamiento entre las bobinas del primario y del secundario de  $k = 0.85$  y determine cuántas vueltas se deben enrollar en cada bobina para obtener un voltaje a la salida  $V_{cd} = 6 \sqrt{2} \text{ sen } 120\pi t$ , cuando las condiciones en el primario son las enunciadas con anterioridad.

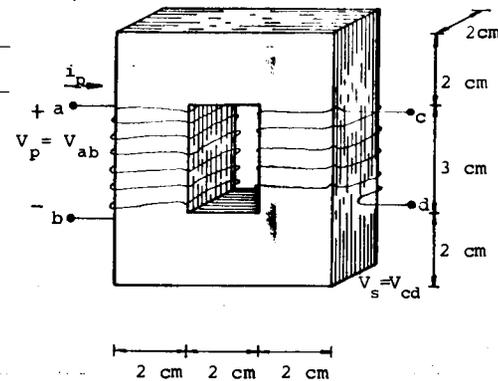


FIGURA P8.13

RESPUESTAS

SERIE 1

1.1  $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} = -72 \hat{x} - 54 \hat{y} \text{ N}$

1.2 A)  $\vec{E}_A = (50 \hat{x} + 25 \hat{y}) 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

B)  $Q = 12.423 \text{ nC}$

1.3  $\vec{E}_P = (-33.75 \hat{x} - 17.08 \hat{y} - 714.31 \hat{z}) 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$\vec{E}_Q = (-11.79 \hat{x} + 33.95 \hat{y} - 17.08 \hat{z}) 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$\vec{E}_R = (-10.39 \hat{x} + 37.4 \hat{y} + 11.88 \hat{z}) 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

1.4 A)  $\vec{E}_O = 0$

$\vec{E}_A = -1.976 \times 10^5 \hat{y} \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$\vec{E}_B = -(18.147 \hat{y} + 6.977 \hat{z}) 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

B)  $\vec{E}_C = -886.92 \hat{y} \frac{\text{N}}{\text{C}}$   
 $\vec{E}_C = -888.89 \hat{y} \frac{\text{N}}{\text{C}}$

1.5 A)  $a = 3 \text{ cm}$

B)  $\vec{E}_C = 0.1387 \hat{x} \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$\vec{E}'_C = 0.1389 \hat{x} \frac{\text{N}}{\text{C}}$

1.6 A)  $\vec{E}_A = 17.09 \times 10^6 \hat{y} \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$\vec{E}_B = 9.94 \times 10^6 \hat{y} \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$\vec{E}_C = 2.24 \times 10^6 \hat{y} \frac{\text{N}}{\text{C}}$

B) 5.2% , 80.9% y 81 643.7%

C) 22 740.4% , 26.22% y 0.4%

1.7  $Q_{\text{positiva}} = 0.03 \mu\text{C}$

1.8 A)  $E = 0$

B)  $E = 1500 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

C)  $E = 3000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

D)  $E = 750 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

1.9 A)  $V_A = 9 \text{ kV}$ ,  $V_B = 4.649 \text{ kV}$

B)  $V_{BA} = -4.351 \text{ kV}$

C)  $U_3 = -35.498 \mu\text{J}$

D)  $V_A = 8.454 \text{ kV}$ ,  $V_B = 4.103 \text{ kV}$  y  $V_{AB} = 4.351 \text{ kV}$

1.10 A)  $\sigma_{\text{ext}} = 0$ ,  $\sigma_{\text{int}} = -0.982 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2}$

B)  $V_c = V_b = 0$ ,  $V_a = V_{ac}$

C)  $V_{ac} = 5 \times 10^3 \text{ V}$

1.11  $U = -6.6 \text{ J}$

1.12  $V_o = -10.58 \text{ kV}$

1.13 A) a.1  $V_a = 1.58 \times 10^6 \text{ V}$ ,  $V_b = 1.56 \times 10^6 \text{ V}$ ,  $V_{ab} = 19.625 \text{ kV}$

a.2  $V_a = 662.7 \text{ kV}$ ,  $V_b = 561.2 \text{ kV}$ ,  $V_{ab} = 101.5 \text{ kV}$

a.3  $V_a = 12.799 \text{ kV}$ ,  $V_b = 10.666 \text{ kV}$ ,  $V_{ab} = 2.133 \text{ kV}$

B) b.1  $V_{ab} = 20 \text{ kV}$

b.2  $V_{ab} = 2.135 \text{ kV}$

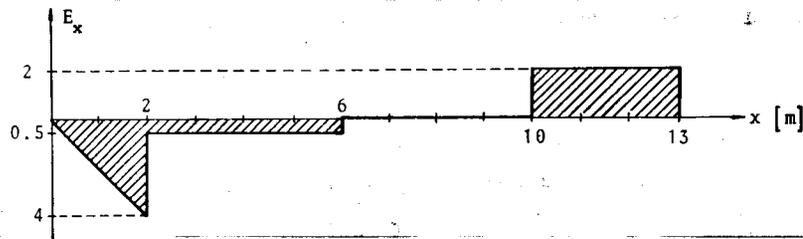
1.14 A)  $V_a = 0$ ,  $V_b = -120 \text{ V}$

B)  $\sigma_1 = 0$ ,  $\sigma_2 = -361.03 \frac{\text{nC}}{\text{m}^2}$ ,  $\sigma_3 = 200.57 \frac{\text{nC}}{\text{m}^2}$ ,  $\sigma_4 = 0$

C)  $q = 34.026 \text{ nC}$

D)  $\vec{E}_m = -40.831 \hat{r} \frac{\text{kV}}{\text{m}}$

1.15



1.16

$$V_A = 0, \quad V_B = -2.197 \text{ kV}$$

$$V_C = 0, \quad V_D = 1.609 \text{ kV}$$

1.17

$$\vec{E}_A = -78.988 \hat{y} \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$\vec{E}_B = -22.567 \hat{y} \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$\vec{E}_C = 26.326 \hat{y} \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

## SERIE 2

2.1  $C = 10 \text{ pF}, r = 9 \text{ cm}$

2.2 a)  $6 \mu\text{F}$

b)  $6 \mu\text{F}$

c)  $9.6 \mu\text{F}$

2.3 a)  $V_1 = V_2 = 7.2 \text{ V}, V_5 = 9.6 \text{ V}$

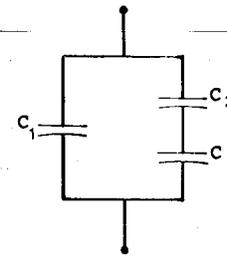
b)  $Q_1 = Q_5 = Q_2 + Q_3 + Q_4 = 86.4 \mu\text{C}$

c)  $U_1 = 0.311 \text{ mJ}$

d)  $V_{ad} = 24 \text{ V}$

e)  $Q_T = 86.4 \mu\text{C}$  y  $U_T = 1.037 \text{ mJ}$

2.4 a) Dos capacitores convenientes a 25 V en serie

b) Un arreglo como el mostrado con:  $C_1$  a 100 V,  $C_2$  a 25 V y  $C_3$  a 50 V.

2.5 a)  $Q_{m1} = 7.5 \mu\text{C}, \sigma_{m1} = 2.65 \times 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$

b)  $Q_{m2} = 30 \mu\text{C}, \sigma_{m2} = 2.65 \times 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$

2.6  $V_{xy1} = 750 \text{ V}, V_{xy2} = 1500 \text{ V}, \sigma_m = 2.65 \times 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$

2.7 a)  $\sigma = 8.496 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2}$

b)  $\sigma_1 = 6.372 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}^2}$

c)  $\epsilon = 35.4 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N}\cdot\text{m}^2}$

d)  $\chi = 3$

e)  $V_{abm} = 4 \text{ kV}$

2.8 a)  $A = 0.113 \text{ m}^2$

b)  $r_1 = 8.98 \text{ cm}, r_2 = 9 \text{ cm}$

c)  $r_1 = 9.48 \text{ cm}, r_2 = 9.5 \text{ cm}$

2.9 a) Mica

b) Polietileno

2.10 Papel

2.11 a) Papel,  $A = 0.113 \text{ m}^2$

b) Mica,  $A = 0.087 \text{ m}^2$

2.12 a) 17.54 nF

b) 8 kV

2.13 a)  $\vec{E}_b = 800 \hat{y} \frac{kV}{m}$ ,  $\vec{E}_m = 531.8 \hat{y} \frac{kV}{m}$ ,  $\vec{E}_p = 1202.3 \hat{y} \frac{kV}{m}$

b)  $\vec{P}_b = 26.9 \hat{y} \frac{\mu C}{m^2}$

c)  $\vec{D}_b = 33.98 \hat{y} \frac{\mu C}{m^2}$

d)  $u_b = 13.59 \frac{J}{m^2}$

2.14 a)  $C = 0.152 \text{ nF}$

b)  $V_{abm} = 5493.1 \text{ V}$

c)  $U = 1.094 \mu\text{J}$

2.15  $C = 0.0507 \text{ nF}$

SERIE 3

3.1  $\vec{J} = 268.16 \hat{x} \frac{kA}{m^2}$ ,  $I = 1.314 \text{ mA}$  hacia la derecha

3.2 a)  $50 \times 10^{15}$  electrones

b) No

3.3 a)  $v_{pCu} = 0.072 \frac{mm}{s}$ ,  $v_{pAl} = 0.10 \frac{mm}{s}$ ,  $v_{pAg} = 0.103 \frac{mm}{s}$

3.4 a)  $J = 96.316 \frac{kA}{m^2}$

b)  $E = 1.657 \frac{mV}{m}$

c)  $v_p = 0.431 \frac{mm}{minuto}$

d)  $\mu = 4.335 \times 10^{-3} \frac{m^2}{V \cdot s}$

e)  $V_{xy} = 66.28 \text{ mV}$

3.5  $R = 0.5 \Omega$ ,  $\sigma = 266.67 \times 10^3 \frac{S}{m}$

3.6  $R = 0.012 \Omega$

3.7  $R = 2206.4 \text{ M}\Omega$

3.8 a)  $R_o = 295.28 \Omega$

b)  $R_{40} = 348.03 \Omega$

c)  $R_{90} = 413.97 \Omega$

3.9 a) Sin considerar dilatación  $R = 0.3784 \Omega$

b) Considerando dilatación  $R = 0.3781 \Omega$

c) Error 0.068%

3.10  $T = 27.5 \text{ }^\circ\text{C}$

3.11  $R = 250, 333.3, 500, 600, 750, 1333.3, 1500, 2000, 2500, 3000 \text{ y } 4000 \Omega$ .

3.12 a)  $33 \Omega$

b)  $50.66 \Omega$

c)  $18.06 \Omega$

d)  $24 \Omega$

3.13  $R_{min} = 28.8 \text{ k}\Omega$

3.14 a)  $R = 144 \Omega$

b) Costo \$175.68

c) Ahorro \$87.84

3.15 a)  $r_i = 1 \Omega$

b)  $8.45 \text{ V}$

c)  $R = r_i$

SERIE 4

4.1  $V_{ab} = 60 \text{ V}$ ,  $V_{bc} = 36 \text{ V}$ ,  $V_{cd} = 24 \text{ V}$

$I_{R1} = 3 \text{ A}$ ,  $I_{R4} = 0.6 \text{ A}$ ,  $I_{R5} = 0.9 \text{ A}$ ,  $I_{R2} = 1.5 \text{ A}$

4.2 a)  $V_{abm\&x} = 32.86 \text{ V}$

b)  $R_2$

4.3 a)  $V_{13} = 7.5 \text{ V}$ ,  $V_{48} = 4.5 \text{ V}$ ,  $V_{51} = -22.5 \text{ V}$ ,  $V_{32} = -5 \text{ V}$

b) Si  $V_2 = 0$

$V_1 = 2.5 \text{ V}$ ,  $V_8 = -21.5 \text{ V}$ ,  $V_7 = -17.5 \text{ V}$ ,  $V_6 = -23.5 \text{ V}$

$V_5 = -20.0 \text{ V}$ ,  $V_4 = -17.0 \text{ V}$  y  $V_3 = -5.0 \text{ V}$

4.4  $V_{xy} = 11.8 \text{ V}$

4.5 Potencia suministrada por  $E_1 = P_{S1} = 111.62 \text{ W}$

Potencia almacenada por  $E_2 = P_{A2} = 8.6 \text{ W}$

Potencia suministrada por  $E_3 = P_{S3} = 13.18 \text{ W}$

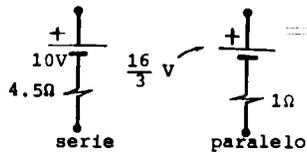
4.6 a) Sólo la fuente 1,  $P = 5.76 \text{ W}$

b) Sólo la fuente 2,  $P = 1.0 \text{ W}$

c) Conexión serie,  $P = 3.31 \text{ W}$

d) Conexión paralelo,  $P = 7.11 \text{ W}$

e) Fuentes equivalentes



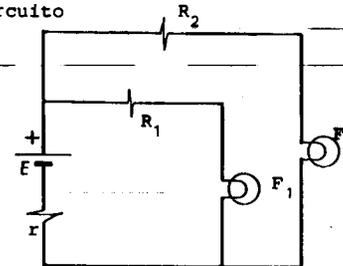
4.7  $V_{xy\text{medida}} = 7.958 \text{ V}$

$I_{1\text{medida}} = 39.378 \text{ mA}$

% de error en  $V_{xy} = -0.52 \%$

% de error en  $I_1 = -1.55 \%$

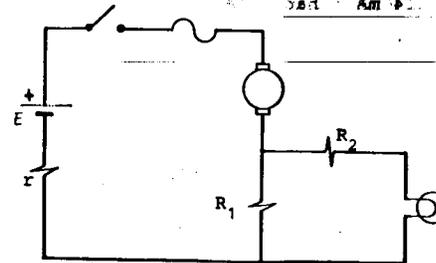
4.8 Circuito



$R_1 = 20 \Omega$   $P_{R1} > 3.2 \text{ W}$

$R_2 = 8.33 \Omega$   $P_{R2} > 3 \text{ W}$

4.9 Circuito



$R_1 = 10 \Omega$

$R_2 = 4 \Omega$

$P_{R1} \geq 2.5 \text{ W}$

$P_{R2} \geq 1.0 \text{ W}$

Fusible de 1 A

4.10  $V_{ad} = E - R_3 i_1$

$i_1 = 0.5 e^{-0.05 t} \text{ mA}$

$i_1 = 0$

$i_1 = 0.447 e^{-0.05 t} \text{ mA}$

$V_{bd} = 100 (1 - e^{-0.05 t}) \text{ V}$

$V_{bd} = 77.687 \text{ V}$

$V_{bd} = 77.687 e^{-0.1 t'} \text{ V}$

$0 < t < 30 \text{ s}$

$30 < t < 70 \text{ s}$

$t > 70 \text{ s}$

$0 < t < 30 \text{ s}$

$30 < t < 40 \text{ s}$

$40 < t < 60 \text{ s}$

$t' = t - 40$

$$V_{bd} = 10.514 \text{ V}$$

$$V_{bd} = -89.486 e^{-0.05 t} + 100 \text{ V}$$

$$10 < t < 70 \text{ s}$$

$$t > 70 \text{ s}$$

$$t'' = t - 70$$

$$4.11 \quad V_{ac} = V_{ab} + V_{bc} = 33.207 \text{ V}$$

$$V_{ab} = 17.468 \text{ V}$$

$$V_{bc} = 15.739 \text{ V}$$

$$4.12 \quad U_c = \frac{1}{2} C v_c^2 = 373.82 \text{ mJ}$$

$$U_R = \int R i^2 dt = 490.84 \text{ mJ}$$

$$U_S = \int E i dt = 864.66 \text{ mJ}$$

#### SERIE 5

$$5.1 \quad \vec{v} = 300 \hat{z} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$5.2 \quad \vec{B}_A = (-3.072 \hat{x} + 3.072 \hat{y} - 4.096 \hat{z}) 10^{-18} \text{ T}$$

$$\vec{B}_B = -14.22 \times 10^{-18} \hat{x} \text{ T}$$

$$\vec{B}_C = 6 \times 10^{-18} \hat{x} \text{ T}$$

$$\vec{B}_D = 0$$

$$5.3 \quad B = 0.8 \text{ T}, \quad \hat{B} = \hat{x}$$

$$5.4 \quad \text{a) } v_{\min} = 1.916 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{\max} = 9.581 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{b) } m_2 - m_1 = 2m_1$$

$$5.5 \quad \vec{B}_A = 23.09 \hat{x} \mu\text{T}$$

$$\vec{B}_B = 57.73 \hat{x} - 20 \hat{y} \mu\text{T}$$

$$\vec{B}_C = 57.73 \hat{x} + 20 \hat{y} \mu\text{T}$$

$$\vec{B}_D = 9.9 \hat{x} - 15.24 \hat{y} \mu\text{T}$$

#### 5.6 Valores de B en $\mu\text{T}$

$$5.66 \hat{z}$$

$$7.74 \hat{z}$$

$$22.36 \hat{z}$$

$$-10.86 \hat{z}$$

$$-4.24 \hat{z}$$

$$5.7 \quad \vec{B}_A = -8.533 \hat{y} \mu\text{T}$$

$$\vec{B}_B = -8.421 \hat{y} - 2.839 \hat{z} \mu\text{T}$$

$$\vec{B}_C = -3.611 \hat{y} - 6.946 \hat{z} \mu\text{T}$$

$$\vec{B}_D = 4.632 \hat{y} \mu\text{T}$$

$$5.8 \quad I = 66.85 \text{ A}$$

$$5.9 \quad \vec{B} = -\frac{\mu_0 N I a^2}{2} \left[ \frac{1}{(\frac{5a^2}{4} + ay + y^2)^{3/2}} + \frac{1}{(\frac{5a^2}{4} - ay + y^2)^{3/2}} \right] \hat{y}$$

$$5.10 \quad \vec{B}_A = 41.32 \hat{x} \text{ mT}$$

$$\vec{B}_B = 40.68 \hat{x} \text{ mT}$$

$$\vec{B}_C = 20.66 \hat{x} \text{ mT}$$

$$\vec{B}_D = 1.02 \hat{x} \text{ mT}$$

$$5.11 \quad \text{a) } N = 580 \text{ vueltas}$$

$$\text{b) } R = 0.875 \Omega$$

$$\text{c) } B_c = 7.218 \text{ mT}, \quad B_e = 3.636 \text{ mT}$$

$$5.12 \quad B = 0 \quad r \leq r_1$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \frac{r^2 - r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \quad r_1 < r < r_2$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad r \geq r_2$$

5.13 a)  $B_{\min} = 20 \text{ mT}$ ,  $B_{\max} = 26.67 \text{ mT}$

b)  $\phi_m = 6.9 \text{ } \mu\text{Wb}$

5.14  $\phi_1 = 19.74 \text{ } \mu\text{Wb}$

$\phi_2 = 0$

5.15  $\phi_1 = \frac{\mu_0 I_1 b}{2\pi} \ln \frac{\sec \theta_1}{\sec \theta_2} = 141.43 \text{ nWb}$

$\phi_2 = \frac{\mu_0 I_2 b}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} = 109.95 \text{ nWb}$

$\phi_s = \phi_1 + \phi_2 = 251 \text{ nWb}$

5.16  $\vec{F}_1 = 160 \hat{y} \text{ } \mu\text{N}$

$\vec{F}_2 = -49.2 \hat{y} + 73.8 \hat{z} \text{ } \mu\text{N}$

$\vec{F}_3 = -\vec{F}_4 = 23.6 \hat{x} \text{ } \mu\text{N}$

5.17  $\vec{p}_m = -32 \hat{y} \text{ mA}\cdot\text{m}^2$

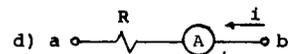
$\vec{t}_m = 288 \hat{z} \text{ mJ}$

SERIE 6

6.1 a)  $\phi_b = 1.25 \text{ mWb}$

b)  $V_{ab} = -5 \text{ V}$

c)  $r = 1.7 \text{ } \Omega$



e) No, porque  $\frac{dB}{dt} = \text{constante}$

6.2 a)  $i = 1 \text{ A}$  en el sentido de las manecillas del reloj

b)  $V_{ab} = 15 \text{ V}$

c)  $\vec{v} = 8 \hat{x} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

d)  $V_{ef} = 23 \text{ V}$

6.3 a)  $\vec{B}_A = 10^{-4} \hat{x} \text{ T}$

b)  $E = 2.67 \times 10^{-4} \text{ V}$  de "a" hacia "d"

c)  $\vec{F}_{bc} = -3.56 \times 10^{-8} \hat{y} \text{ N}$

d)  $P = 3.56 \times 10^{-7} \text{ W}$

e) Invertir la velocidad de la barra

Invertir el sentido de  $i_c$

Mover conductor y bobina de tal forma que la velocidad relativa

sea  $\vec{v} = 10 \hat{y}$

6.4 a)  $\phi = \frac{\mu_0 i_c \ell}{2\pi} \ln \frac{V_{bc} t + 0.22}{V_{bc} t}$

b)  $\phi(t) \Big|_{t=0.015} = 7.985 \text{ } \mu\text{Wb}$

c)  $i = 1.21 \times 10^{-4} \text{ A}$



6.5  $V_{xy} = -1.12 \times 10^8 \cos 377 t$

6.6  $V_{xy} = -8.79 \text{ sen } 314.2 t$

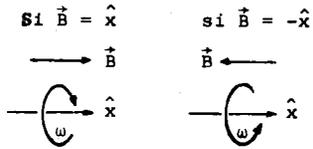
6.7 a)  $P = \frac{(w B_{\max})^2 \pi \ell R^4}{16 \rho} w$

b)  $P_R = 70.8 \text{ W}$

c)  $P_r = 1.64 \text{ W}$ , 2.3% aprox.

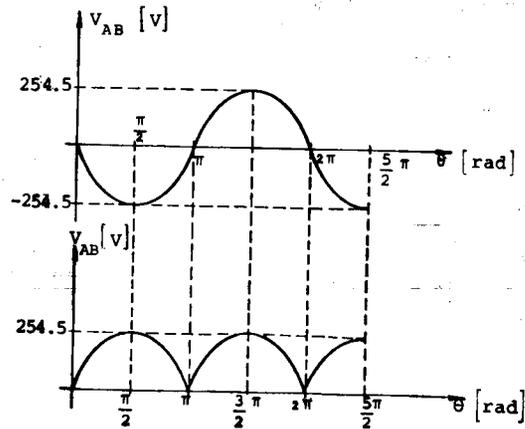
6.8 a) Direcciones  $\hat{x}$  o  $-\hat{x}$

b)  $\omega = 6000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 955 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$



6.9 a)  $V_{AB} = -254.5 \text{ sen } \omega t$

b)



SERIE 7

7.1  $L = 495 \mu\text{H}$

7.2  $N = 1000$  vueltas

$d_{\text{max}} = 0.377 \text{ mm}$

7.3  $M = 3.2 \text{ mH}$

7.4  $M = 1.61 \mu\text{H}$

7.5  $M = 37.54 \text{ mH}$

7.6  $L_c = 449 \text{ nH}$

$L_d = 527 \text{ nH}$

7.7  $k = 0.77$

$L_{\bullet} = 15.45 \text{ mH}$

7.8 a)  $i_{L1} = i_{L2} = 3.235 \text{ sen } (120\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{ mA}$

$V_{xy} = 8.049 \text{ sen } 120\pi t \text{ V}$

$V_{yz} = 1.951 \text{ sen } 120\pi t \text{ V}$

b)  $i_{L1} = -3.991 \text{ cos } 120\pi t = 3.991 \text{ sen } (120\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{ mA}$

$i_{L2} = -7.829 \text{ cos } 120\pi t = 7.829 \text{ sen } (120\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{ mA}$

$V_{xz} = 10 \text{ sen } 120\pi t \text{ V}$

7.9 a)  $N = 1.77$

b)  $V_{ab} = 0.5 \text{ V} \quad 0 \leq t < 20 \text{ ms}$

$V_{ab} = -0.25 \text{ V} \quad 20 \leq t < 60 \text{ ms}$

$V_{ab} = 0 \quad 60 \leq t < 70 \text{ ms}$

$V_{cd} = -0.283 \text{ V} \quad 0 \leq t < 20 \text{ ms}$

$V_{cd} = 0.141 \text{ V} \quad 20 \leq t < 60 \text{ ms}$

$V_{cd} = 0 \quad 60 \leq t < 70 \text{ ms}$

c)  $U_{\text{max}} = 5 \text{ mJ}$

$$7.10 \quad i(t) = 6(1 - e^{-4t}) \quad t > 0$$

$$V_{ab} = 6(1 + e^{-4t}) \quad t > 0$$

$$V_{cb} = 6(e^{-4t} - 1) \quad t > 0$$

$$7.11 \quad i = 10(1 - e^{-t}) \text{ A} \quad ] \quad 0 < t < 1 \text{ s}$$

$$V_{ab} = 20(1 - e^{-t}) \text{ V}$$

$$V_{bc} = 20e^{-t} \text{ V}$$

$$i = 6.321 e^{-t_1} \text{ A} \quad ] \quad 1 < t < 2 \text{ s}$$

$$V_{ab} = 12.642 e^{-t_1} \text{ V} \quad t_1 = t - 1$$

$$V_{bc} = -12.642 e^{-t_1} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_1 < 1 \text{ s}$$

$$i = 10 - 7.675 e^{-t_2} \text{ A} \quad ] \quad 2 < t < 3 \text{ s}$$

$$V_{ab} = 20 - 15.35 e^{-t_2} \text{ V} \quad t_2 = t - 2$$

$$V_{bc} = 15.35 e^{-t_2} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_2 < 1 \text{ s}$$

$$i = 7.176 e^{-t_3} \text{ A} \quad ] \quad 3 < t < 4 \text{ s}$$

$$V_{ab} = 14.352 e^{-t_3} \text{ V} \quad t_3 = t - 3$$

$$V_{bc} = -14.352 e^{-t_3} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_3 < 1 \text{ s}$$

$$i = 10 - 7.360 e^{-t_4} \text{ A} \quad ] \quad 4 < t < 5 \text{ s}$$

$$V_{ab} = 20 - 14.72 e^{-t_4} \text{ V} \quad t_4 = t - 4$$

$$V_{bc} = 14.72 e^{-t_4} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_4 < 1 \text{ s}$$

$$i = 7.292 e^{-t_5} \text{ A} \quad ] \quad 5 < t < 6 \text{ s}$$

$$V_{ab} = 14.584 e^{-t_5} \text{ V} \quad t_5 = t - 5$$

$$V_{bc} = -14.584 e^{-t_5} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_5 < 1 \text{ s}$$

$$7.12 \quad \text{a) } V_{ac} = 83.26 \text{ V}$$

$$\text{b) } U_1 = 2.949 \text{ J}$$

$$7.13 \quad i_p = 1 - e^{-10t} \text{ A} \quad 0 < t < 40 \text{ ms}$$

$$V_p = V_{ab} = 10 \text{ V}$$

$$V_s = V_{xy} = 4 e^{-10t} \text{ V}$$

$$i_p = 329.68 e^{-10t_1} \text{ mA} \quad ] \quad 40 < t < 80 \text{ ms}$$

$$V_p = V_{ab} = 0 \quad t_1 = t - 40 \text{ ms}$$

$$V_s = V_{xy} = -1.319 e^{-10t_1} \quad ] \quad 0 < t_1 < 40 \text{ ms}$$

$$i_p = 1000 - 779.0 e^{-10t_2} \text{ mA} \quad ] \quad 80 < t < 120 \text{ ms}$$

$$V_p = V_{ab} = 10 \text{ V} \quad t_2 = t - 80 \text{ ms}$$

$$V_s = V_{xy} = 3.116 e^{-10t_2} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_2 < 40 \text{ ms}$$

$$i_p = 477.82 e^{-10t_3} \text{ mA} \quad ] \quad 120 < t < 160 \text{ ms}$$

$$V_p = V_{ab} = 0 \quad t_3 = t - 120 \text{ ms}$$

$$V_s = V_{xy} = -1.911 e^{-10t_3} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_3 < 40 \text{ ms}$$

$$i_p = 1000 - 679.0 e^{-10t_4} \text{ mA} \quad ] \quad 160 < t < 200 \text{ ms}$$

$$V_p = V_{ab} = 10 \text{ V} \quad t_4 = t - 160 \text{ ms}$$

$$V_s = V_{xy} = 2.716 e^{-10t_4} \text{ V} \quad ] \quad 0 < t_4 < 40 \text{ ms}$$

SERIE 8

$$8.1 \quad p_m = 9.27 \times 10^{-24} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$8.2 \quad \text{a) } p_{mp} = 1.409 \times 10^{-26} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{b) } p_{mn} = -0.974 \times 10^{-26} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{c) } p_{me} = -927.1 \times 10^{-26} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$8.3 \quad \vec{M} = 21.513 \frac{\text{MA}}{\text{m}}$$

$$8.4 \quad \text{a) } M = 15.916 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$$

$$\text{b) } I_m = 1200 \text{ A} \cdot \text{vuelta}$$

c)  $H = 30 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$  ,  $B = 57.7 \text{ mT}$

8.5  $\vec{H}_A = 2.05 \hat{y} \frac{\text{A}}{\text{m}}$   $\vec{B}_A = 2.58 \hat{y} \mu\text{T}$

$\vec{H}_B = -2.43 \hat{y} \frac{\text{A}}{\text{m}}$   $\vec{B}_B = -3.05 \hat{y} \mu\text{T}$

$\vec{H}_C = -0.61 \hat{y} - 3.13 \hat{z} \frac{\text{A}}{\text{m}}$   $\vec{B}_C = -1.26 \hat{y} - 2.40 \hat{z} \mu\text{T}$

8.6  $\vec{M}_1 = -4.527 \hat{z} \frac{\text{mA}}{\text{m}}$  ,  $V_{xy1} = 12.922 \text{ mV}$

$\vec{M}_2 = -3.282 \hat{z} \frac{\text{A}}{\text{m}}$  ,  $V_{xy2} = 12.925 \text{ mV}$

$\vec{M}_3 = 1.924 \hat{z} \frac{\text{A}}{\text{m}}$  ,  $V_{xy3} = 12.919 \text{ mV}$

8.7 a)  $H = 1061.03 \frac{\text{A}}{\text{m}}$  ,  $B = 1.16 \text{ T}$

b)  $\phi = 464 \mu\text{Wb}$

c)  $M = 922 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$

d)  $\mu = 1.093 \times 10^{-3} \frac{\text{Wb}}{\text{A}\cdot\text{m}}$  ,  $K_m = 870$

e)  $U = 46.4 \text{ mJ}$

8.8  $I = 2.341 \text{ A}$

8.9  $N = 86 \text{ vueltas}$

8.10  $B_g = 1.36 \text{ T}$  ,  $\phi_g = 0.96 \text{ mWb}$  ,  $H_g = 1085.15 \frac{\text{MA}}{\text{m}}$

Brazo central

$B_s = 1.3 \text{ T}$  ,  $\phi_s = 0.96 \text{ mWb}$  ,  $H_s = 2425 \frac{\text{A}}{\text{m}}$

8.11  $N = 1024 \text{ vueltas}$

8.12  $N = 864 \text{ vueltas}$

8.13  $L_p = 3.183 \text{ H}$  ,  $N_p = 840 \text{ vueltas}$   $N_s = 42 \text{ vueltas}$