

Plan de contingencia Pedagógica Para 4to Año  
Incluye Bibliografía y Ejercicios de Repaso



Instrucciones: Leer el material y luego tratar de resolver las actividades que se proponen.

Ante cualquier duda consultar al siguiente mail: [hugowojczys@yahoo.com.ar](mailto:hugowojczys@yahoo.com.ar)

# 6

## Máquinas eléctricas de corriente continua

**L**as máquinas eléctricas son las que transforman energía eléctrica en mecánica o viceversa, incluyendo también las que transforman las características de la corriente eléctrica. Pueden ser rotativas o estáticas. Las máquinas rotativas son aquellas que tienen una parte giratoria y las estáticas son las que no tienen partes móviles. Las máquinas rotativas pueden funcionar con corriente continua o alterna, incluso hay un tipo de motores, los universales, que pueden funcionar con los dos tipos de corriente. En función de estos parámetros que señalamos se puede realizar una clasificación de las máquinas eléctricas que estudiaremos en esta y en las siguientes unidades.

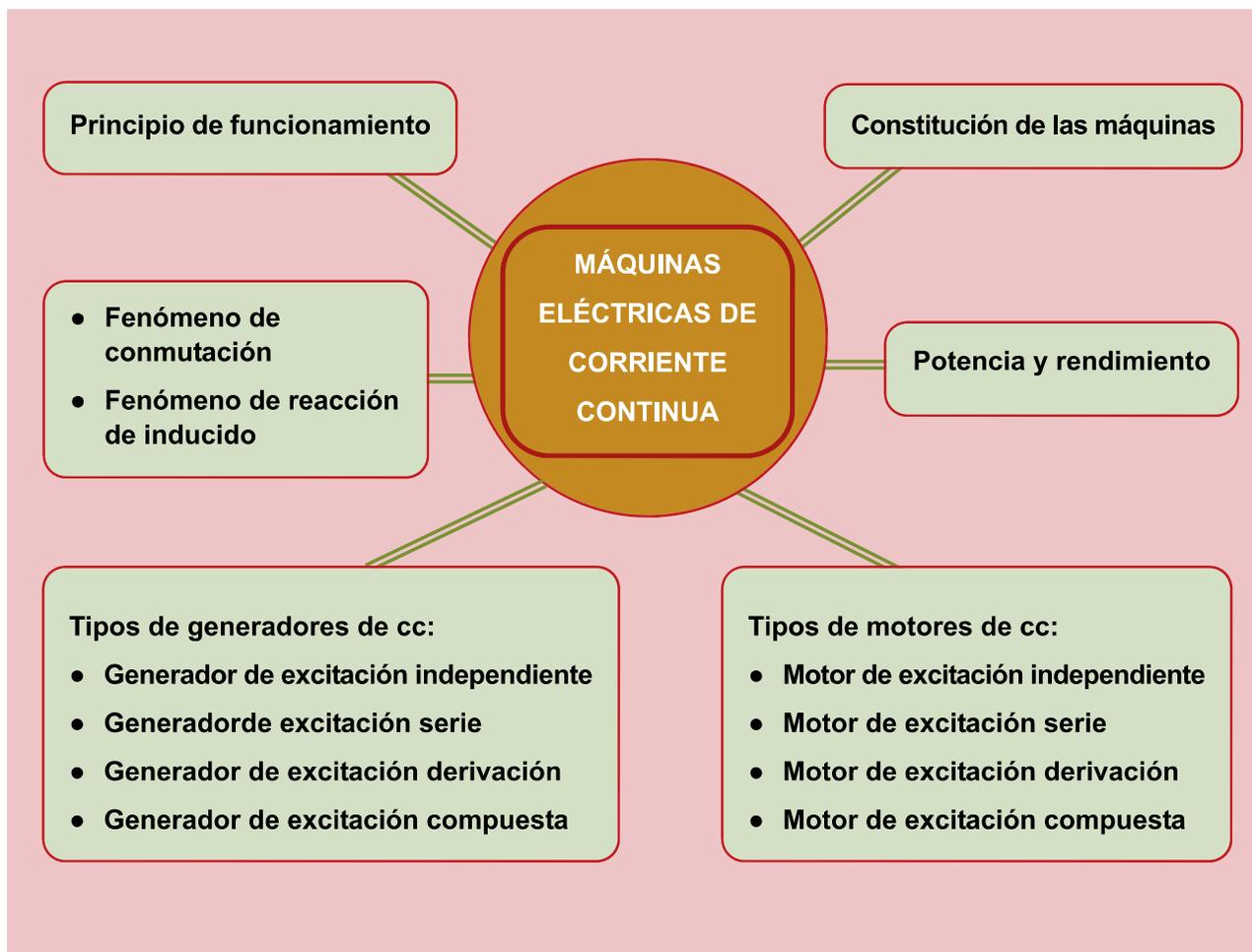


Sección de un motor de arranque de un automóvil. Detalle de rotor y colector de delgas. (A.L.B.)

- Máquinas rotativas.
  - Generadores.
    - Dinamos: generadores de corriente continua.
    - Alternadores: generadores de corriente alterna.
  - Motores.
    - De corriente continua.
    - De corriente alterna:
      - Asíncronos.
      - Síncronos.
    - Motores universales: funcionan con corriente continua y alterna.
- Máquinas estáticas.
  - Transformadores.

Los **objetivos** que nos proponemos alcanzar con el estudio de esta unidad son los siguientes:

1. Conocer los principios de funcionamiento en los que se basan las máquinas de corriente continua (cc).
2. Identificar y entender la función de las distintas partes de las máquinas de cc.
3. Calcular la potencia útil, absorbida y las pérdidas de potencia de las máquinas de cc.
4. Conocer e identificar los distintos tipos de generadores y motores de cc.
5. Calcular las magnitudes características de las máquinas de cc.

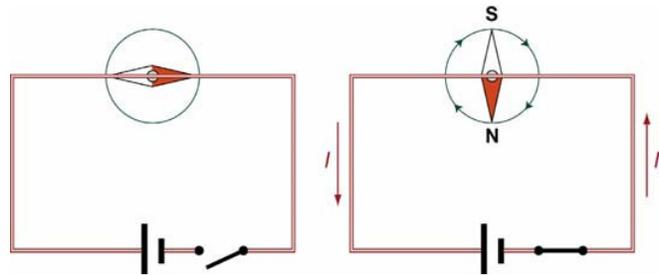


### ÍNDICE DE CONTENIDOS

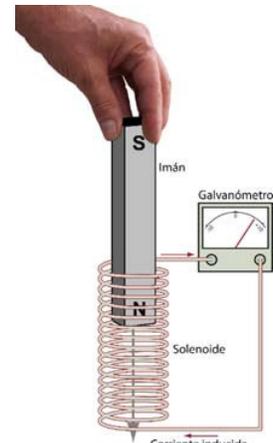
<b>1. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA</b> .....	<b>166</b>
<b>2. CONSTITUCIÓN DE UNA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA</b> .....	<b>170</b>
<b>3. FENÓMENO DE CONMUTACIÓN</b> .....	<b>171</b>
<b>4. FENÓMENO DE REACCIÓN DEL INDUCIDO</b> .....	<b>173</b>
<b>5. POTENCIA Y RENDIMIENTO</b> .....	<b>175</b>
<b>6. GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA</b> .....	<b>177</b>
6.1. Generador de excitación independiente .....	179
6.2. Generador de excitación en serie .....	180
6.3. Generador de excitación en derivación o paralelo .....	181
6.4. Generador de excitación compuesta .....	182
<b>7. MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA</b> .....	<b>185</b>
7.1. Motor de excitación independiente .....	187
7.2. Motor de excitación serie .....	187
7.3. Motor de excitación derivación .....	189
7.4. Motor de excitación compuesta .....	190
7.5. Arranque y regulación de la velocidad .....	191

# 1. Principios de funcionamiento de las máquinas de corriente continua

En 1820 el físico danés **Hans Christian Oersted** (1777-1851) descubrió el **electromagnetismo**. Mientras realizaba experimentos en su laboratorio, observó, que cuando hacía circular una corriente eléctrica por un circuito en las proximidades de la aguja imantada de una brújula, esta aguja se desviaba y se orientaba perpendicularmente al conductor. Oersted demostró con este experimento que la corriente eléctrica crea un **campo magnético** a su alrededor al que llamamos campo electromagnético. El campo electromagnético creado por la corriente eléctrica, como cualquier otro campo magnético, interactúa con otros campos magnéticos dando lugar a fuerzas de atracción o repulsión según la polaridad de ambos. Si uno de los dos campos magnéticos tiene libertad de movimiento (por ejemplo, el generado por un cable conductor que no está fijado firmemente), las fuerzas que interactúan provocarán el movimiento de dicho cable conductor y por consiguiente el del propio campo electromagnético que genera a su alrededor. Este fenómeno sirve como base para explicar el principio de funcionamiento de los motores eléctricos.



Experimento de Oersted. Electromagnetismo. (C.A.L.)



Experimento de Faraday. Inducción electromagnética. (C.A.L.)

En 1831 el físico y químico británico **Michel Faraday** (1791-1867), descubrió la **inducción electromagnética**. Observó, que si introducía una barra imantada dentro de una bobina cuyos extremos estaban conectados a un **galvanómetro**, la aguja del galvanómetro se movía mientras el imán estaba en movimiento. Lo mismo sucedía si el conductor eléctrico se movía dentro del campo magnético de un imán. Faraday conduyó que si hacía variar un campo magnético en el interior de una bobina se generaba en los extremos de esta una diferencia de potencial y que si cerraba el circuito circulaba corriente. Este fenómeno, llamado **inducción electromagnética**, sirve como base para explicar el principio de funcionamiento de los generadores eléctricos.

## a) Principio de funcionamiento de un generador

De sus experimentos, Faraday dedujo que para que exista una fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida es necesaria una variación de flujo magnético sobre la bobina; y Lenz indicó que la f.e.m. inducida es tal que siempre se opone a la variación del flujo magnético que la origina.

En la **Unidad 2** ya estudiamos los principios y conceptos en los que se basa el funcionamiento de un generador de corriente:

**Flujo magnético.**  $\Phi = B \cdot S$

**Ley de inducción de Faraday.**  $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$

**Fuerza electromotriz inducida sobre una espira en movimiento.**  $\varepsilon = B \cdot L \cdot v$

$\varepsilon$  : Fuerza electromotriz inducida en voltios (V)

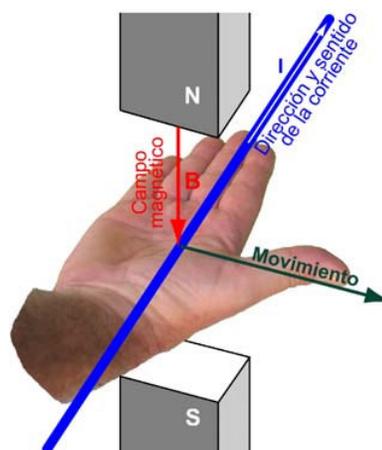
$B$  : Inducción magnética o densidad de líneas de campo en teslas (T)

$v$  : Velocidad en metros por segundo (m/s)

$L$  : Longitud del conductor en metros (m)

Esta última expresión es una particularización de las leyes de Faraday y Lenz y el **principio de funcionamiento de un generador eléctrico** y nos indica que, en un conductor de longitud  $L$  que se desplaza con una velocidad  $v$  perpendicular a un campo magnético de inducción  $B$ , se produce una fuerza electromotriz  $\varepsilon$ .

El sentido de circulación de la corriente inducida está determinado por la regla de la mano derecha, que ya vimos en la Unidad 2



Principio de funcionamiento de un generador. Regla de la mano derecha. (C.A.L.)



### Ejemplo

- Un conductor se mueve dentro de un campo magnético fijo de 5 teslas con una velocidad de 10 m/s y perpendicular al campo. Calcula el valor de la f.e.m. inducida en el conductor si tiene una longitud de 0,5 m. ¿Cuál sería la f.e.m. si el movimiento fuera paralelo al campo magnético? Justifica la respuesta.

Solución:

$$\varepsilon = B \cdot L \cdot v = 5 \cdot 0,5 \cdot 10 = 25 \text{ V}$$

Si el movimiento fuera paralelo al campo, el conductor no cortaría las líneas del campo magnético; por consiguiente no se induciría ninguna f.e.m.

$$\varepsilon = 0 \text{ V}$$

### b) Principio de funcionamiento de un motor

También en la **Unidad 2** abordamos el cálculo de la fuerza electromagnética sobre una espira elemental basándonos en la ley de Lorentz. Lo que nos llevó a determinar el **principio de funcionamiento de un motor eléctrico**, que indica que todo conductor de longitud  $L$ , por el que circule una corriente eléctrica  $I$ , que esté sometido a la acción de un campo magnético de inducción  $B$  en sentido perpendicular, está sometido a una fuerza de valor:

$$F = B \cdot I \cdot L$$

Donde tenemos:

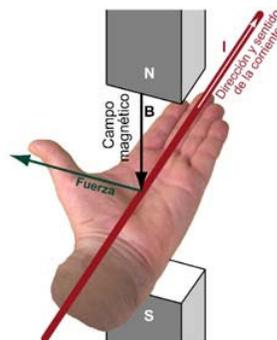
$F$ : Fuerza sobre el conductor en newtons (N)

$B$ : Inducción magnética en teslas (T)

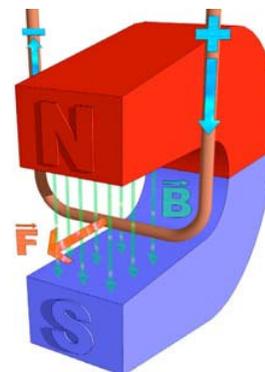
$I$ : Intensidad de corriente por el conductor en amperios (A)

$L$ : Longitud del conductor afectada por el campo magnético en metros (m)

El sentido de la fuerza está determinado por la regla de la mano izquierda.



Principio de funcionamiento de un motor. Regla de la mano izquierda. (C.A.L.)

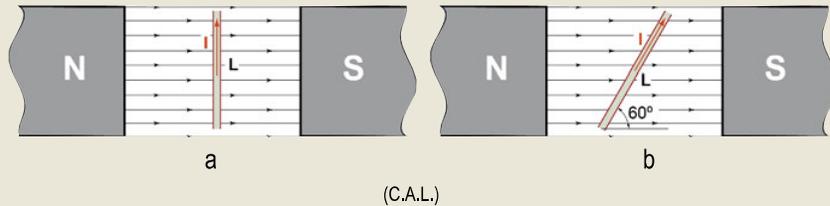


Principio de funcionamiento de un motor. Fuerza sobre un conductor. (J.A.E.-A.A.)



## Ejemplo

2. Un conductor de 0,8 m de longitud por el que circula una corriente de 2,5 A se encuentra situado en un campo magnético con una inducción de 40 T. Teniendo en cuenta que el conductor puede ocupar las posiciones que se indican en las figuras, calcula:



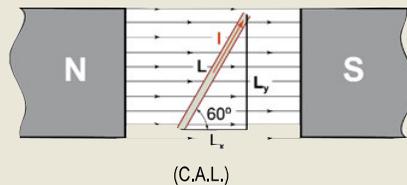
- a) El valor de la fuerza y su sentido si el conductor está posicionado perpendicular al campo como se indica en la figura a.
- b) El valor de la fuerza y su sentido si el conductor está posicionado formando un ángulo de  $60^\circ$  con el campo como se indica en la figura b.

Soluciones:

a)  $F = B \cdot I \cdot L = 40 \cdot 2,5 \cdot 0,8 = 80 \text{ N}$

El sentido de la fuerza es perpendicular al plano del papel penetrando en él.

- b) Si el conductor está inclinado respecto del campo, la influencia de este será menor. El número de líneas de campo que atraviesan el conductor se corresponde con las que atraviesan su proyección vertical  $L_y$ , tal como se visualiza en la figura.



El valor de la proyección vertical de la longitud es:  $L_y = L \cdot \text{sen } 60^\circ$

Entonces en la fórmula de la fuerza sustituimos  $L$  por  $L_y$  y calculamos:

$$F = B \cdot I \cdot L_y = B \cdot I \cdot L \cdot \text{sen } 60^\circ = 40 \cdot 2,5 \cdot 0,8 \cdot 0,866 = 69,28 \text{ N}$$

El sentido de la fuerza es el mismo que en el apartado anterior.

En la **Unidad 2** también se dedujo que si tenemos una espira rectangular, como sucede en los motores, aparece un par de fuerzas que provoca el giro de la espira, cuyo valor es:

$$\tau = b \cdot L \cdot B \cdot I \cdot \text{sen}\varphi$$

Donde tenemos:

$\tau$  : Momento o par de fuerzas en newtons-metro ( $\text{N}\cdot\text{m}$ )

$b$  : Ancho de la espira, distancia entre las fuerzas que provocan el par (m)

$L$  : Longitud del conductor en metros (m)

$B$  : Inducción magnética en teslas (T)

$I$  : Intensidad de corriente por la espira en amperios (A)

$\varphi$  : Ángulo de giro de la espira, entre  $\vec{B}$  y  $\vec{S}$  (vector normal a la superficie)



## Actividades

1. Enuncia el principio del electromagnetismo. ¿Quién lo descubrió y en que año?
2. Enuncia el principio de la inducción electromagnética. ¿Quién lo descubrió y en qué año?
3. Disponemos de un campo magnético de 30 teslas y un conductor de 1 m de longitud. Queremos conseguir una f.e.m. de 60 V.
  - a) ¿A qué velocidad tenemos que mover el conductor dentro del campo en sentido perpendicular?
  - b) ¿Cuál sería la velocidad si movemos el conductor con un ángulo de 45° respecto del sentido del campo magnético?
4. Calcula la corriente que debe circular por un conductor de 0,6 m de longitud perpendicular a un campo magnético con una inducción de 50 T, si queremos que sobre el conductor actúe una fuerza de 60 N.
5. Una espira rectangular de 6×12 cm, con la posibilidad de girar sobre su eje largo, está sometida a la acción de un campo magnético con una inducción de 50 T. Si por la espira circula una corriente de 2 A, calcula:
  - a) El par de giro cuando la espira está formando un ángulo de 0° con el campo.
  - b) El par cuando la espira está formando un ángulo de 90°.
  - c) El par cuando la espira forma un ángulo de 45°.



## Recuerda

- ✓ **Principio de funcionamiento de un generador eléctrico.** En un conductor de longitud  $L$  que se desplaza con una velocidad  $v$  perpendicular a un campo magnético de inducción  $B$  se produce una fuerza electromotriz  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = B \cdot L \cdot v$$

- ✓ **Principio de funcionamiento de un motor eléctrico.** Todo conductor de longitud  $L$  por el que circule una corriente eléctrica  $I$  que esté sometido a la acción de un campo magnético de inducción  $B$  en sentido perpendicular, está sometido a una fuerza  $F$ :

$$F = B \cdot I \cdot L$$