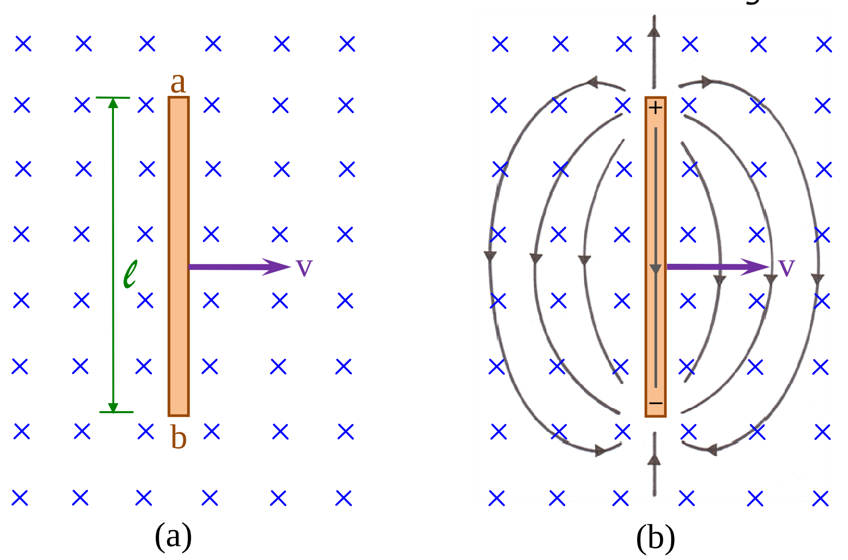
VI. Inducción Magnética

Fuerza Electromotriz producida por Movimiento:

El desarrollo de la Electrotecnia hasta alcanzar su estado actual, comenzó durante la década de 1830, cuando Michael Faraday en Inglaterra y Joseph Henry en Estados Unidos, independientemente uno del otro y casi al mismo tiempo, descubrieron los fundamentos en que se basa la producción de fuerza electromotriz inducida y los métodos por los cuales la energía mecánica puede convertirse directamente en energía eléctrica.

figura 138

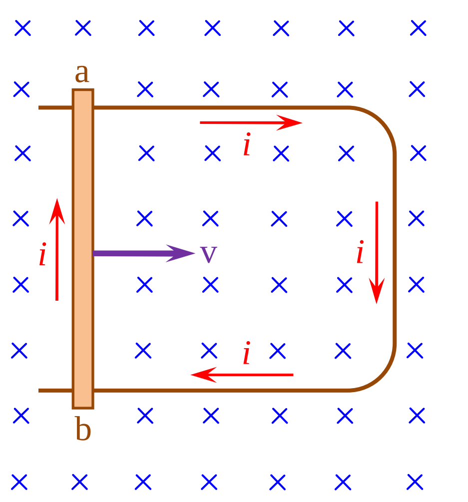


CONDUCTOR MÓVIL EN UN CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

La *figura 138* representa un <u>*conductor*</u> de *longitud* l situado en un *campo magnético uniforme*, perpendicular al plano del dibujo y en el sentido que se aleja del lector. Si se pone el conductor en <u>*movimiento*</u> hacia la *derecha*, con una *velocidad* v perpendicular a la longitud del mismo y al campo magnético, cada *partícula cargada* situada dentro del conductor experimentará una *fuerza* $F = q\,v\,B$ dirigida a lo largo del conductor. El sentido de la *fuerza* ejercida sobre una *carga negativa* es de a hacia b en la *figura 138*, mientras que ejercida sobre una *carga positiva* es de b hacia a.
El conductor está en las mismas condiciones que si se encontrase en un *campo eléc-*

trico de intensidad $v\,B$, cuyo sentido fuera de a hacia b. Los *electrones libres* se moverán en el sentido de la fuerza que actúa sobre ellos hasta que la acumulación de un *exceso de carga en los extremos* del conductor establezca un *campo eléctrico* tal que la fuerza resultante sobre *cada carga* situada dentro del conductor sea *nula*. El aspecto general de este campo se observa en la *figura 138(b)*. El *extremo superior* del conductor adquiere un exceso de *carga positiva* y el *extremo inferior* un exceso de *carga negativa*. *Esta separación de carga se ha comprobado experimentalmente cortando la barra por su centro mientras se encuentra todavía en movimiento*.

figura 139



CORRIENTE PRODUCIDA POR EL MOVIMIENTO DE UN CONDUCTOR EN UN CAMPO MAGNÉTICO

Supongamos ahora que el conductor móvil se *desliza* sobre otro conductor fijo en forma de U, tal como se observa en la *figura 139*. No hay fuerza magnética sobre las cargas que están dentro del conductor fijo, pero dado que éste se encuentra en el campo eléctrico que rodea al conductor móvil, se establecerá una *corriente* dentro del mismo, cuyo *sentido* *(convencional)* será igual que el de las *agujas del reloj*, o sea de b hacia a. Como resultado de esta corriente, el *exceso de carga* en los extremos del conductor móvil se *reduce* y el *campo eléctrico* se *debilita*, pero las fuerzas magnéticas producen un nuevo desplazamiento de electrones libres dentro de él. *Mientras se mantenga el movimiento del conductor, habrá consecuentemente un desplazamiento continuo de electrones* en sentido contrario al de las agujas del reloj, o una *corriente convencional* en el sentido de las agujas del reloj. Entonces, *el conductor móvil se comporta como un generador de fuerza electromotriz (fem)*.

Sea i la *intensidad de corriente* en el circuito de la *figura 139*. Por causa de esta corriente se ejerce una *fuerza magnética* hacia la *izquierda* sobre el *conductor móvil* y, en consecuencia, es necesaria una *fuerza exterior* suministrada por algún agente que produzca trabajo, para *mantener el movimiento*. El trabajo realizado por este agente es el efectuado sobre la carga circulante. Por lo tanto, mediante este dispositivo se obtiene la *transformación directa de energía mecánica en energía eléctrica.*

La fuerza sobre el conductor móvil es $F = i\,l\,B$

La distancia recorrida en el tiempo dt, es $ds = v\,dt$

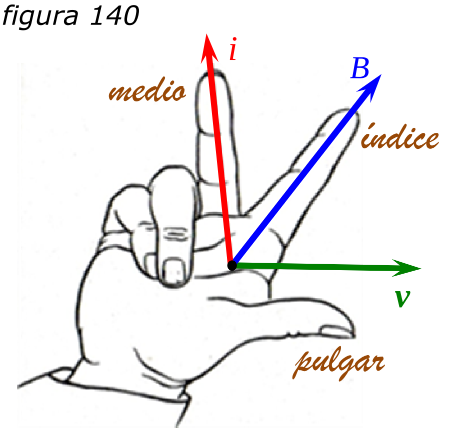
El trabajo realizado será $dW = F\,ds = i\,l\,B\,v\,dt$

Pero el producto de i por dt es la carga dq desplazada en este tiempo. Por consiguiente: $dW = B\,l\,v\,dq$

Oportunamente se definió la fem como la razón del trabajo realizado sobre la carga circulante a la cantidad de carga desplazada que pasa por un punto del circuito. Es decir, $\varepsilon = dW/dq$. Por lo tanto:

$$\boxed{\varepsilon = B\,l\,v} \qquad (166)$$

figura 140



REGLA DE LA MANO DERECHA

Los sentidos relativos de la fem, campo y movimiento, pueden recordarse por la regla de la mano derecha (figura 140). El dedo medio indica el sentido (convencional) de la corriente, si se trata de un circuito cerrado.

En este problema intervienen 2 velocidades y 2 fuerzas. Las cargas dentro del conductor móvil (figura 139) tienen una componente de velocidad (1) dirigida hacia la derecha. Como resultado de esta velocidad se origina una fuerza (1) en sentido longitudinal de la barra (hacia arriba) y si ésta forma parte de un circuito cerrado, la fuerza ocasiona un arrastre de carga a lo largo de la barra (consideramos cargas positivas). Tan pronto como las cargas adquieren una componente de velocidad (2), se produce una segunda componente de fuerza (2) que (según la regla de la mano izquierda) está dirigida hacia la izquierda. Esta fuerza es tal que se opone al movimiento de la barra hacia la derecha. En consecuencia, debe aplicarse sobre la barra una fuerza exterior para mantener su movimiento. La energía eléctrica suministrada al circuito, es precisamente el trabajo realizado por esta fuerza exterior.

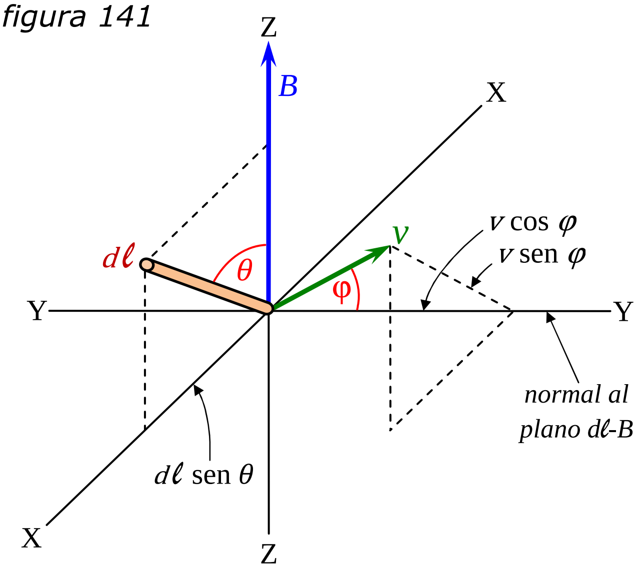
Se supone que se produce una fem en la barra aún en ausencia de circuito cerrado, aunque evidentemente no puede producirse una corriente permanente. Si el conductor forma parte de un circuito cerrado, la corriente resultante se denomina corriente inducida.

La ecuación *(166)* se dedujo para el caso especial de un campo magnético uniforme, donde *velocidad*, *conductor* y *campo* son mutuamente *perpendiculares*. La *ecuación general* es:

$$\boxed{d\varepsilon = B\ v\ dl\ sen\ \theta\ cos\ \varphi} \qquad (167)$$

Donde dl es un elemento de longitud que se mueve con la velocidad v, θ el ángulo formado por B y dl y φ el ángulo formado por v y la normal al plano determinado por B y dl *(figura 141)*. *Cuando* $\theta = 90°$ *y* $\varphi = 0$, *la ecuación (167) se reduce a la (166).*

figura 141



$$\boxed{d\varepsilon = B\ (d\ell\ sen\ \theta)\ (v\ cos\ \varphi)}$$

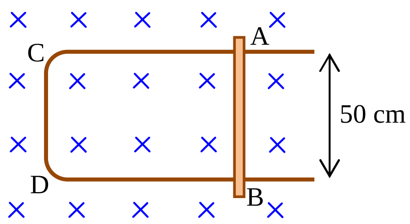
Utilizando la *notación vectorial*:

$$\boxed{d\varepsilon = \left(\vec{B} \times d\vec{l}\right) \cdot \vec{v}} \qquad (168)$$

Ejercicio Nº 98: La inducción *B* en la región comprendida entre los polos de un electroimán, es de 0,5 *T*. Calcular la fem inducida en un conductor rectilíneo de 10 *cm* de longitud, normal a *B* y que se mueve perpendicularmente a *B* y a su propia dirección longitudinal, con una velocidad de 1 *m/s*.

$$\varepsilon = B\ l\ v\ sen\ \theta\ cos\ \varphi = 0{,}5\ T \times 0{,}1\ m \times 1\ m/s = 0{,}05\ V$$

Ejercicio Nº 99: La barra conductora AB de la figura hace contacto con las guías metálicas CA y DB. El aparato se encuentra en un campo magnético uniforme de densidad de flujo 500 *mT*, perpendicular al plano de la figura. a) Calcular la magnitud y sentido de la fem inducida en la barra cuando se mueve hacia la derecha con una velocidad de 4 *m/s*. b) Si la resistencia del circuito ABCD es 0,2 *Ω (supuesta constante)*, hallar la fuerza necesaria para mantener la barra en movimiento *(no se tendrá en cuenta el rozamiento)*. c) Comparar la cantidad de trabajo mecánico por unidad de tiempo que realiza la fuerza ($F\,v$) con la cantidad de calor desarrollada por segundo en el circuito ($i^2 R$).



a) $\varepsilon = B\,l\,v = 0{,}5\,T \times 0{,}5\,m \times 4\,m/s = 1\,V$

El sentido de la fem es de B hacia A (regla de la mano derecha)

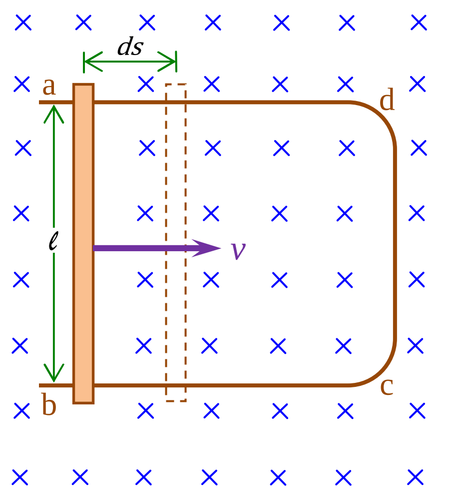
b) $\varepsilon = R\,i \quad \Longrightarrow \quad i = \varepsilon/R = 1/0{,}2 = 5\,A$

$F = i\,l\,B = 5\,A \times 0{,}5\,m \times 0{,}5\,T = 1{,}25\ N$

c) $P_R = R\,i^2 = 0{,}2 \times 5^2 = 5\ W$

$P_F = F\,v = 1{,}25 \times 4 = 5\ W$

Ley de Faraday:



Variación del flujo que atraviesa el circuito abcd

La *fem inducida* en el circuito de la *figura 139* puede considerarse desde otro punto de vista. Mientras el conductor se ha movido hacia la derecha una *distancia ds (figura 142)*, el *área* abarcada por el *circuito cerrado* *abcd* ha disminuido en $dA = l\,ds$ y la *variación del flujo magnético* que atraviesa la superficie limitada por el circuito es:

$$d\Phi = -\,B\,dA = -\,l\,B\,ds$$

Dividiendo ambos miembros de esta ecuación por dt, obtenemos:

$$-\,\frac{d\Phi}{dt} = l\,B\,\frac{ds}{dt} = l\,B\,v$$

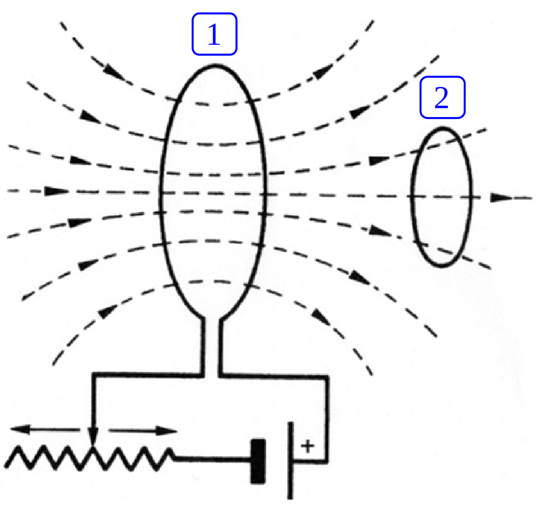
Pero el producto $l\,B\,v$ es igual a la fem inducida ε. Por consiguiente, la ecuación anterior establece que *"la fem inducida en el circuito es numérica-*

mente igual a la derivada respecto al tiempo, cambiada de signo, del flujo que lo atraviesa":

$$\boxed{\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}} \qquad (169)$$

La relación *(169)* tiene una trascendencia mucho más profunda de lo que pudiera esperarse de su deducción. Se encuentra que es aplicable a *cualquier circuito a través del cual se produce una variación de flujo por un medio cualquiera*, *aunque no haya movimiento de ninguna parte del circuito*; es decir, sin que pueda atribuirse directamente *la fem a una fuerza ejercida sobre una carga móvil*.

figura 143



Cuando varía la corriente en el circuito (1), varía el flujo magnético que atraviesa el circuito (2).

Supongamos, por ejemplo, que dos espiras de hilo conductor están colocadas como se indica en la *figura 143*. Una corriente que circula por el *circuito 1* crea un campo magnético cuyo valor en todos los puntos es proporcional a esta corriente. Una parte de este flujo pasa a través del *circuito 2*. Si la corriente en el *circuito 1* aumenta o disminuye, el flujo a través del *circuito 2* variará también.

El *circuito 2* no es móvil en un campo magnético y por consiguiente no se habrá producido fem debida al movimiento de un conductor en un campo magnético. Pero *hay una variación del flujo que lo atraviesa* y se encuentra experimentalmente que en el *circuito 2* aparece una *fem* de valor $\varepsilon = -\, d\Phi/dt$.

Normalmente se utiliza con esta ecuación el convenio de signos del tornillo. Si *miramos hacia el circuito*, se considera *positiva* la *fem* cuando ocasiona una *corriente (convencional)* que tenga el *sentido de las agujas del reloj*. La expresión $d\Phi/dt$ se considera *positiva* si hay un *aumento del flujo* que se *aleja del observador*. En la *figura 142*, el flujo que se aleja del observador disminuye y por lo tanto $d\Phi/dt$ es negativa, resultando en consecuencia la fem positiva y el sentido de la corriente igual a las agujas del reloj.

La *fem inducida* puede expresarse también como sigue:

Puesto que $$\Phi = \int B \cos\varphi \; dA$$

diferenciando ambos miembros se obtiene:

LEY DE FARADAY $\Rightarrow$ $$\boxed{\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\int \frac{d(B\cos\varphi)}{dt}\, dA} \qquad (170)$$

Utilizando la *notación vectorial*:

$$\boxed{\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\int \vec{B}\,.\,d\vec{A}} \qquad (171)$$

RESUMIENDO: Siempre que varía con el tiempo el flujo que atraviesa el circuito, se produce en él una fem inducida. El flujo puede hacerse variar de dos modos: 1) por el movimiento de un conductor (figura 139); 2) por un cambio en el valor del flujo que atraviesa un circuito fijo (figura 143). Para el primer caso, la fem puede calcularse a partir de las fórmulas (166) o (169). Para el segundo caso, la fem sólo puede calcularse por la ecuación (170).

Ley de Lenz:

Heinrich F. Lenz (1804-64) fue un científico alemán que, casi simultáneamente, reprodujo de forma independiente muchos de los descubrimientos de Faraday y Henry. La ley que lleva su nombre, no es un principio independiente sino que se deduce de la ley de Faraday. Además de constituir una regla útil para conocer el sentido de una fem inducida, suele ser más fácil de utilizar y ayuda a comprender intuitivamente diversos efectos inductivos. La ley de Lenz establece que:

"El sentido de una fem inducida es tal que se opone a la causa que la produce"

Si *la fem es producida por el movimiento de un conductor en un campo magnético, se opone a esta causa creando una corriente (siempre que exista circuito cerrado) de sentido tal que la fuerza sobre esta corriente es opuesta al sentido del movimiento del conductor. Por consiguiente, hay una oposición al movimiento del conductor.*

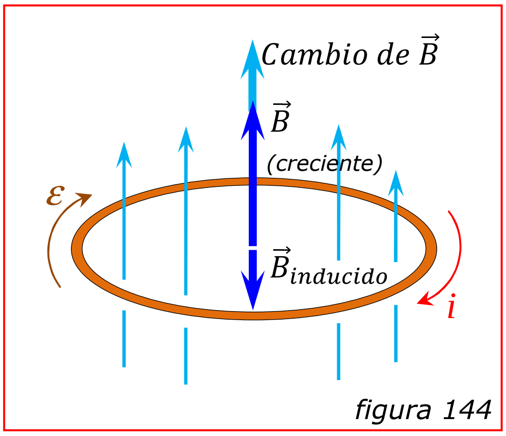


figura 144

Si la fem es producida por la variación del flujo magnético que atraviesa un circuito cerrado, la corriente resultante de dicha fem es de sentido tal que crea un flujo propio dentro del área limitada por el circuito, que:

a) se opone al flujo original si éste está aumentando (figura 144).

b) es del mismo sentido que el flujo original si éste está disminuyendo.

En consecuencia, hay una oposición a la variación del flujo (no al flujo mismo).

La ley de Lenz se refiere a las corrientes inducidas, lo cual quiere decir que se aplica solamente a circuitos cerrados. Si el circuito está abierto, ordinariamente podemos pensar en función de lo que ocurriría si fuera cerrado y de esta manera encontrar el sentido eventual de la fem inducida.

Ejercicio Nº 100: Con cierta intensidad de corriente en el circuito 1 de la *figura 143*, pasa un flujo de 5 x 10^{-4} *wb* por el circuito 2. Cuando se interrumpe el circuito 1, el flujo se anula en un tiempo de 0,001 *s*. ¿Cuál es la fem media inducida en el segundo circuito?

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{5 \times 10^{-4}\,wb}{0{,}001\,s} = 0{,}5\,V$$

Ejercicio Nº 101: Una espira circular de alambre con un radio de 14 *cm* y orientada en el plano xy horizontal, está situada en una región de campo magnético uniforme. El campo de 1,25 *T* está dirigido a lo largo de la dirección z positiva, que es hacia arriba. a) Si se saca la espira de la región del campo en un intervalo de tiempo de 2 x 10^{-3} *s*, encontrar la fem promedio que se inducirá en la espira durante la extracción. b) Si se observa la espira mirando sobre ella desde arriba, ¿fluye la corriente inducida en la espira en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario?

$$\varepsilon_m = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{0\ -(1{,}25\,T)\,\pi(0{,}14\,m)^2}{2 \times 10^{-3}\,s} = +\,38{,}5\,V$$

Observando la espira desde arriba, la corriente fluye en sentido contrario a las agujas del reloj.

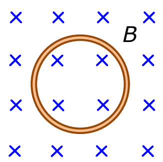
Ejercicio Nº 102: Una espira cuadrada de cobre de 13 cm por lado está situada en una región de campo magnético cambiante. La dirección del campo magnético forma un ángulo de 33º con el plano de la espira. El campo variable con el tiempo presenta la siguiente dependencia respecto al tiempo: B(t)= 0,2 *T* + (1 x 10^{-3} *T/s*) t. Determinar la fem inducida en la espira de cobre en los tiempos t > 0.

$$\Phi_B = B\ A \cos\phi \qquad (\phi = 57° \text{ es el ángulo entre } B \text{ y la normal a la espira})$$

$$|\varepsilon| = \left|\frac{d\Phi_B}{dt}\right| = (A \cos\phi)(dB/dt)$$

$$|\varepsilon| = (0{,}13\ m)^2 \cos 57°\ (1 \times 10^{-3}\ T/s) = 9{,}2 \times 10^{-6}\ V$$

Ejercicio Nº 103: Una espira circular de alambre está en una región de campo magnético uniforme, como se muestra en la figura. Determinar el sentido de la corriente inducida en la espira cuando: a) *B aumenta*; b) *B disminuye*; c) *B tiene un valor constante*.



a) *Si el campo magnético original está aumentando, el campo magnético inducido debe oponerse a ese cambio. Para generar un campo inducido de sentido opuesto al original, se requiere una corriente que tenga sentido contrario a las agujas del reloj.*

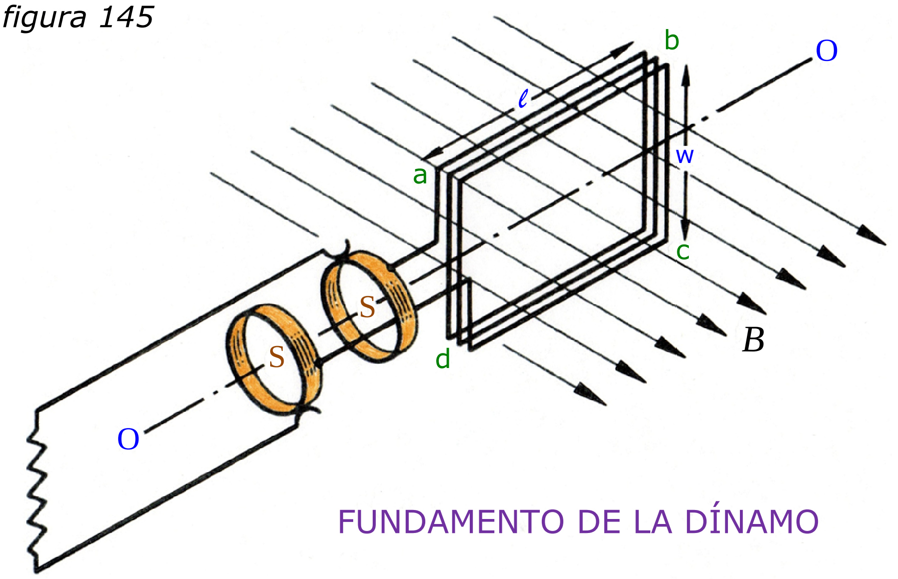
b) *Si el campo magnético original está disminuyendo, el campo magnético inducido debe oponerse a ese cambio. Para generar un campo inducido de igual sentido que el original, se requiere una corriente que tenga igual sentido que las agujas del reloj.*

c) *Si el campo magnético es constante, no existe variación de flujo. Por lo tanto, no se genera corriente en la espira.*

Fem Inducida sobre un Cuadro en Rotación:

El fundamento de la forma actual de un *generador de corriente alterna* o *alternador*, se observa en la *figura 145*. Un cuadro rectangular *abcd* de *N espiras* muy próximas gira alrededor de un *eje OO*, que es perpendicular a un *campo magnético uniforme* cuya densidad de flujo es *B*. Los terminales del cuadro están conectados a *anillos rozantes S-S*, concéntricos con el eje del cuadro y que pueden girar con él, pero aislados entre sí. *Escobillas* apoyadas contra estos anillos conectan el cuadro al *circuito exterior*. El campo magnético es creado por un *electroimán* y el cuadro está devanado sobre un *rotor cilíndrico* de hierro silicio laminado, llamándose *inducido* al conjunto *cuadro-cilindro*.

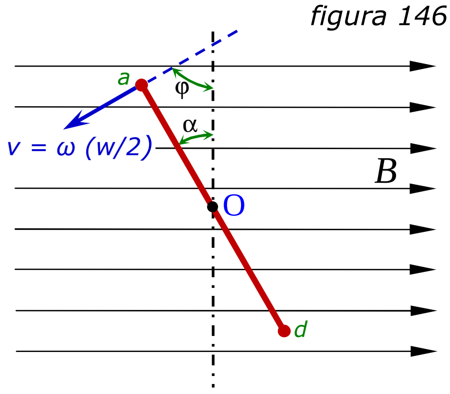
figura 145



FUNDAMENTO DE LA DÍNAMO

En el instante en que el *plano de la bobina* forma un ángulo α con la normal al campo, como se observa en la *figura 146*, el *flujo* que atraviesa el cuadro es:

figura 146



FUNDAMENTO DE LA DÌNAMO

$$\Phi = A\,B\,cos\,\alpha$$

donde $A = w\,l$ es el área del cuadro.

$$\frac{d\Phi}{dt} = -\,A\,B\,sen\,\alpha\,\frac{d\alpha}{dt}$$

La fem inducida en cada vuelta de hilo del cuadro es igual a $-\,d\Phi/dt$. Si el cuadro tiene N espiras, la fem inducida valdrá:

$$\varepsilon = -\,N\,\frac{d\emptyset}{dt} = N\,A\,B\,\omega\,sen\,\alpha \qquad (172)$$

donde $\omega = d\alpha/dt \Rightarrow$ velocidad angular del cuadro.

El valor de la fem inducida puede también calcularse a partir de las velocidades de sus lados perpendiculares al campo magnético. Si w es el ancho y l la longitud de cada espira, la velocidad tangencial de los lados ab y cd es $v = \omega\,(w/2)$. La fem engendrada por el movimiento será:

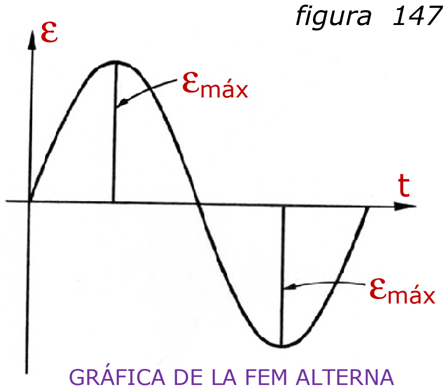
$$\varepsilon = B\,l\,v\,cos\,\varphi = \tfrac{1}{2}\,B\,l\,\omega\,w\,sen\,\alpha = \tfrac{1}{2}\,A\,B\,\omega\,sen\,\alpha$$

Puesto que estas fuerzas electromotrices están dispuestas en serie, la fem neta en las N espiras será: $\varepsilon = N\,A\,B\,\omega\,sen\,\alpha \quad \Rightarrow \quad$ *que coincide con la ecuación (172).*

Es fácil demostrar que esta ecuación se aplica a un cuadro de forma cualquiera, que gire alrededor de un eje perpendicular a un campo magnético uniforme.

La fem es máxima cuando el plano del cuadro es paralelo al campo *(ab y cd se mueven normalmente al campo)* y nula cuando es perpendicular al mismo *(ab y cd se mueven paralelamente al campo)*.

figura 147



GRÁFICA DE LA FEM ALTERNA INDUCIDA EN EL CUADRO DE LA FIGURA 145

La fem máxima es: $\varepsilon_{máx} = N\,A\,B\,\omega$

Luego: $\varepsilon = \varepsilon_{máx}\ sen\ \alpha$

Si $\omega = cte. \quad \Longrightarrow \quad \alpha = \omega t = 2\pi f t$

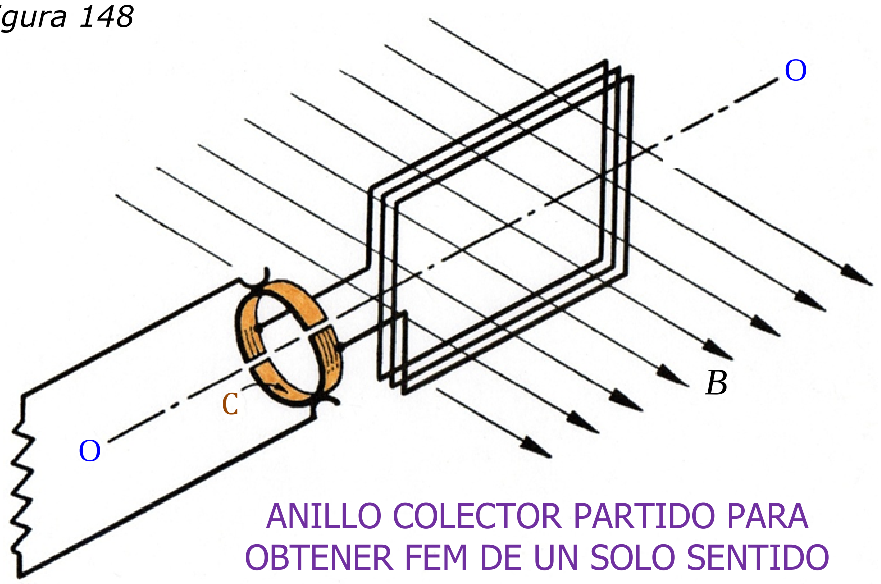
Por consiguiente:

$$\boxed{\varepsilon = \varepsilon_{máx}\ sen\ \omega t} \qquad (173)$$

Esta ecuación se ha representado gráficamente en la *figura 147.*

Generador de Corriente Continua:

figura 148

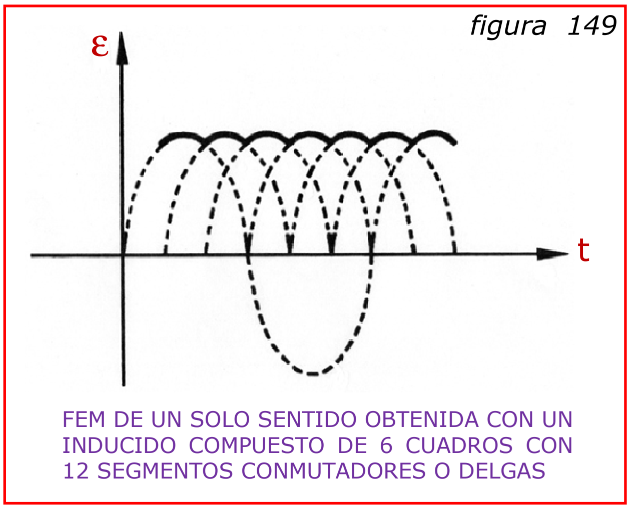


ANILLO COLECTOR PARTIDO PARA OBTENER FEM DE UN SOLO SENTIDO

Puede obtenerse fem de *un solo sentido* conectando cada terminal del cuadro a la mitad de un *anillo partido* llamado colector o conmutador, tal como se representa en la *figura 148*.

En el instante en que se invierte en el cuadro la fem, se intercambian las conexiones al circuito exterior. De esta manera, la fem entre los terminales, aunque pulsante, tiene siempre el mismo sentido.

figura 149



FEM DE UN SOLO SENTIDO OBTENIDA CON UN INDUCIDO COMPUESTO DE 6 CUADROS CON 12 SEGMENTOS CONMUTADORES O DELGAS

En la práctica, se obtiene una fem más uniforme disponiendo un gran número de cuadros *(uniformemente espaciados y con N espiras cada uno)* sobre el inducido y poniendo en contacto cada cuadro con su propio par de segmentos de conmutación. Las *escobillas* hacen conexión con las espiras de cada cuadro durante un tiempo muy corto, que corresponde al instante en que la f.e.m. se encuentra próxima a su valor máximo, como se observa en la *figura 149*.

Ejercicio Nº 104: Un cuadro de 5 espiras tiene por dimensiones 9 *cm* y 7 *cm*. Gira a la velocidad de 15 π *rad/s* en un campo magnético uniforme, cuya densidad de flujo es 0,8 wb/m^2. a) *¿Cuál es la fem máxima inducida en la bobina?* b) *¿Cuál es la fem 1/90 segundos después de alcanzar el valor nulo?* c) *Dibujar una gráfica de ε en función de t, para una rotación del cuadro, y, una gráfica ídem cuando se duplica la velocidad angular del cuadro.*

a) $\varepsilon_{1_{máx}} = N\,B\,A\,\omega = 5 \times 0{,}8\,T \times (0{,}09 \times 0{,}07)\,m^2 \times 15\,\pi = 1{,}19\ V$

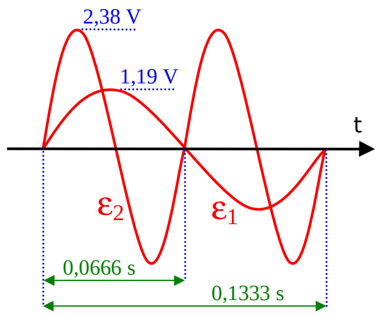
b) $\varepsilon_1 = \varepsilon_{1_{máx}}\,sen\,\omega t = 1{,}19\,V \times sen\left(15\,\pi\,\frac{rad}{s} \times \frac{1}{90}\,s\right) = 0{,}59\ V$

c) $\omega_1 = 2\pi f_1 = 15\,\pi\,rad/s \quad \Longrightarrow \quad f_1 = 7{,}5\,Hz \quad \Longrightarrow \quad T_1 = 0{,}1333\,s$

$\omega_2 = 2\pi f_2 = 2 \times 15\,\pi\,rad/s \quad \Longrightarrow \quad f_2 = 15\,Hz \quad \Longrightarrow \quad T_2 = 0{,}0666\,s$

$\varepsilon_{2_{máx}} = N\,B\,A\,(2\,\omega) = 1{,}19\,V \times 2 = 2{,}38\,V$

La frecuencia y el valor máximo de ε_2 duplican la frecuencia y el valor máximo de ε_1.



Ejercicio Nº 105: Supongamos un cuadro rectangular de hilo conductor que tiene 10 espiras y cuyas dimensiones son 20 *cm* por 30 *cm*, girando a velocidad constante de 600 *rpm* en un campo magnético cuya densidad de flujo es 0,10 *wb/m*^{2}. El eje de rotación es perpendicular al campo. a) Calcular la fem máxima generada. b) Calcular la fem instantánea cuando el plano de la bobina forma un ángulo de 30º con la normal a la dirección del flujo *(o la normal al plano de la bobina con la dirección del flujo)*.

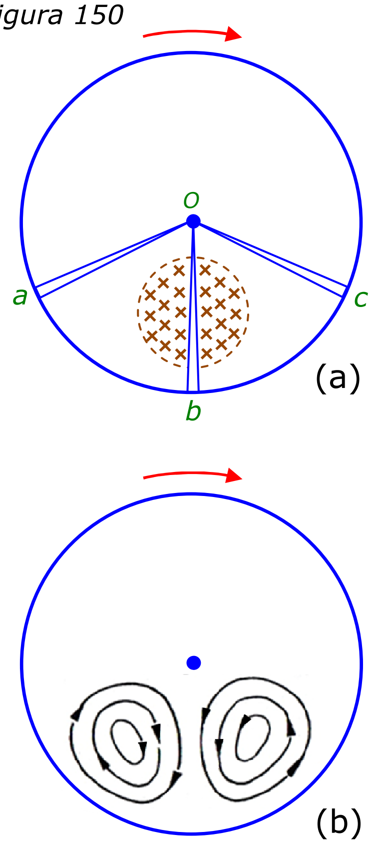
a) $\omega = 2\pi f = 2\pi \left(\frac{600\ v/m}{60\ s/m}\right) = 62{,}83\ rad/s$

$$\varepsilon_{máx} = N\ B\ A\ \omega = 10 \times 0{,}1\ T \times (0{,}2 \times 0{,}3)\ m^2 \times 62{,}83\ rad/s = 3{,}77\ V$$

b) $\varepsilon_{30°} = \varepsilon_{máx}\ sen\ 30° = 3{,}77\ V\ \times 0{,}5 = 1{,}885\ V$

Corrientes Parásitas o de Foucault:

figura 150



CORRIENTES DE FOUCAULT GENERADAS EN UN DISCO EN ROTACIÓN

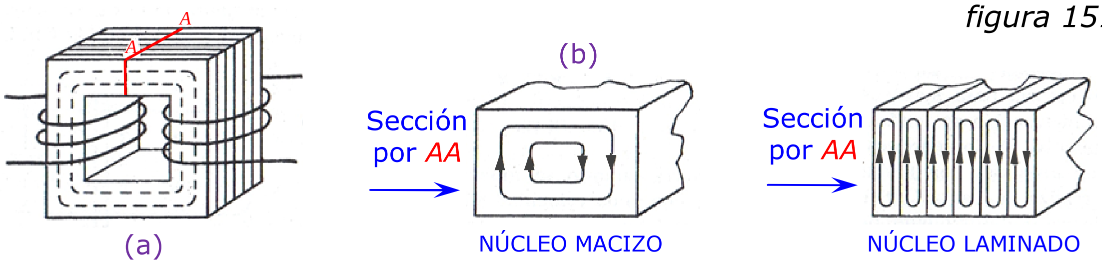
Hasta ahora hemos considerado casos en los cuales las corrientes resultantes de las fem inducidas estaban obligadas a seguir trayectorias bien definidas, suministradas por los hilos y aparatos del circuito exterior. No obstante, en muchos aparatos eléctricos hay *masas metálicas* que se *mueven* en un *campo magnético* o están *situadas* en un *campo magnético variable*. En situaciones como éstas se generan *corrientes inducidas* que circulan en el volumen del metal, formando remolinos que reciben el nombre de corrientes parásitas o corrientes de Foucault.

Consideremos un *disco metálico* que *gira* en un *campo magnético* perpendicular a su plano, pero limitado a una *porción* determinada de su superficie, como se muestra en la *figura 150a*. El sector Ob se mueve en el campo y se produce en él una *fem inducida*. Los sectores Oa y Oc no se encuentran en el campo, pero proporcionan, junto con los demás sectores localizados fuera del campo, *trayectorias conductoras de retorno* por las cuales las *cargas desplazadas* a lo largo de Ob pueden volver de b hacia O. El resultado es una *circulación general de corrientes parásitas en el disco*, semejante a lo que se representa esquemáticamente en la *figura 150b*.

La aplicación de la *ley de Lenz* demuestra que las *corrientes en la proximidad del radio* Ob experimentan una *fuerza* que se *opone al movimiento del disco*, mientras que *las corrientes de retorno* *no* experimentan tal fuerza porque se encuentran fuera del campo. La *acción mutua* entre las *corrientes parásitas* y *el campo* se traduce, por lo tanto, en una aplicación de *frenado sobre el disco*. Un dispositivo como éste tiene varias aplicaciones técnicas y se conoce como *freno por corrientes parásitas*.

Las corrientes parásitas tienen muchos otros usos prácticos. El brillante disco metálico del medidor de la compañía de electricidad a la entrada de nuestra casa, gira en virtud de corrientes parásitas. Los detectores de metales que se utilizan en los puntos de revisión de seguridad de los aeropuertos y otros lugares públicos, funcionan detectando corrientes parásitas inducidas en objetos metálicos.

figura 151



REDUCCIÓN DE LAS CORRIENTES DE FOUCAULT
UTILIZANDO UN NÚCLEO FORMADO POR LÁMINAS

Como ejemplo importante de corrientes parásitas, consideremos el *núcleo de un transformador de corriente alterna*, representado en la *figura 151*. La corriente alterna que circula por los arrollamientos del primario del transformador crea un flujo alterno dentro del núcleo *(figura 151a)*, por lo que se engendra una fem inducida en los arrollamientos del secundario a causa del cambio continuo de flujo que los atraviesa. Pero el *núcleo de hierro* es también *conductor* y cualquier sección, tal como la *AA*, puede considerarse como formada por cierto número de circuitos conductores cerrados, uno dentro de otro *(figura 151b)*. El flujo a través de cada uno de estos circuitos cambia continuamente, de modo que hay una *circulación de corrientes en torbellino en todo el volumen del núcleo*, encontrándose las trayectorias en planos