



# INDUCCIÓN ELECTROMAGNETICA. (TEMA 7)

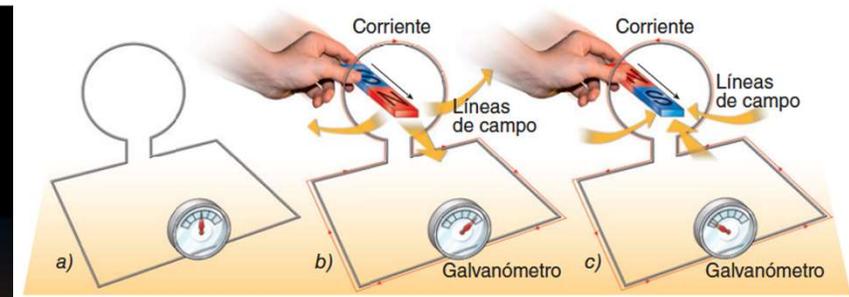
Fernando Escudero Ramos/I.E.S. Fernando de los Ríos

## 1. Inducción electromagnética. Experiencias de Faraday y de Henry

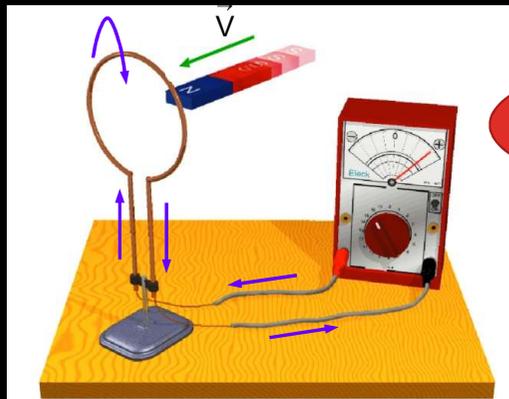
La **inducción electromagnética** es el proceso mediante el cual se genera una corriente eléctrica en un circuito como resultado de la variación de un campo magnético.

1.1. Experiencia de Faraday: La experiencia consistió en acercar un imán a un circuito con un galvanómetro (amperímetro) y observó lo siguiente:

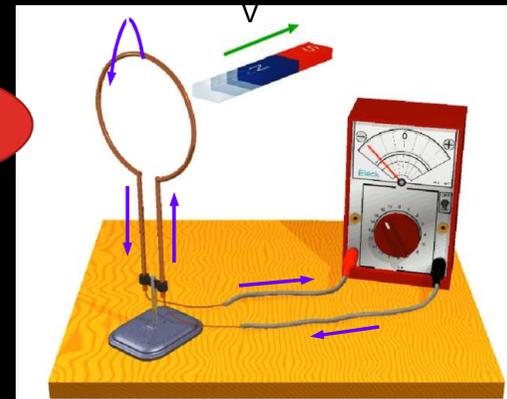
- La aguja del galvanómetro se desvía, lo que indica el paso de una corriente.
- Cuanto más rápido es el movimiento del imán, mayor es la desviación de la aguja del galvanómetro.
- Si se detiene el imán, el galvanómetro vuelve a marcar cero.
- Si se aleja el imán, la aguja del galvanómetro se mueve de nuevo, pero en sentido contrario.



# 1. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.



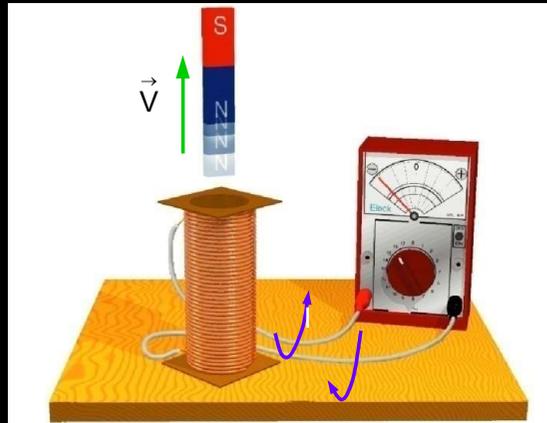
Experiencias de Faraday



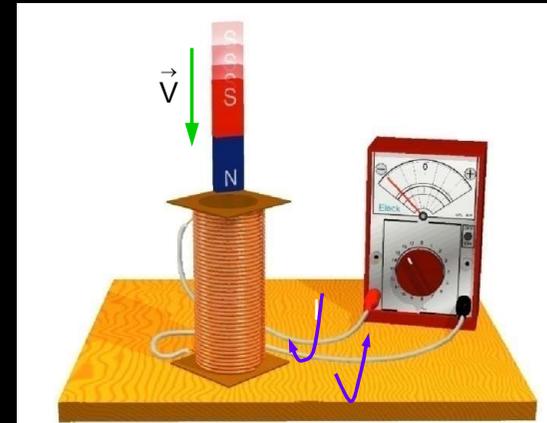
- Michael Faraday demostró mediante un experimento, que se podía generar una corriente eléctrica inducida a partir de un campo magnético
- Al acercar el imán a una espira conductora que no está conectada a ninguna fuente de alimentación eléctrica, el galvanómetro detectaba el paso de corriente mientras el imán estuviera en movimiento
- El sentido de la corriente al acercar el imán es opuesto al que tiene cuando se aleja
- Si se mantiene fijo el imán y se mueve la espira, el resultado es el mismo

Aparece una corriente inducida mientras haya movimiento relativo entre la espira y el imán

# 1. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.



Al sacar el imán se produce una corriente inducida



Al introducir el imán se produce la misma corriente inducida pero de sentido contrario

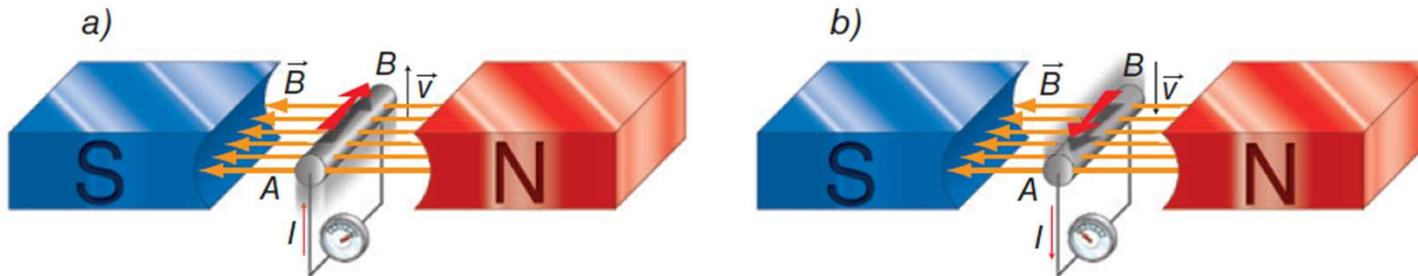
- Esto significa que se ha producido en el circuito una fuerza electromotriz que ha dado lugar a la corriente. Este fenómeno se denomina **inducción electromagnética**

En determinadas condiciones se induce en un circuito una fuerza electromotriz capaz de generar corriente eléctrica sin establecer conexiones con ninguna fuente de alimentación

La **inducción electromagnética** consiste en la aparición de una **corriente eléctrica** en un circuito cuando **varía** el número de líneas de **inducción magnética** que lo atraviesan.

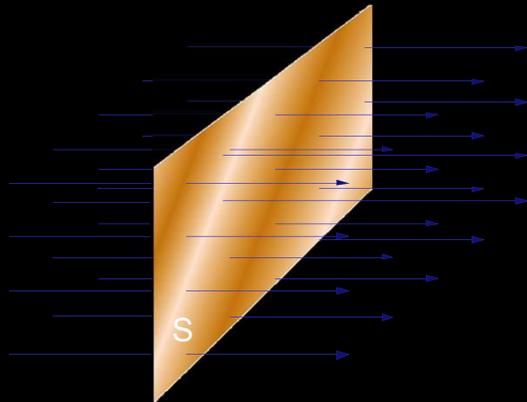
1.2. Experiencia de Henry. La experiencia consistió en mover un circuito dentro de una campo magnético y observo lo siguiente:

- Cuando el alambre se mueve a través del campo, el galvanómetro indica que hay corriente.
- Mientras el conductor se mueve hacia arriba, la corriente circula en un sentido. Pero si se mueve hacia abajo, la corriente tiene sentido opuesto (Fig. 7.3.b).
- Si el alambre se deja quieto o se mueve paralelo al campo, no se induce corriente en el alambre. La corriente solo se induce si el alambre se mueve cortando las líneas de campo.



# 1.3 INTERPRETACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS DE FARADAY Y DE HENRY: FLUJO MAGNÉTICO <sup>6</sup>

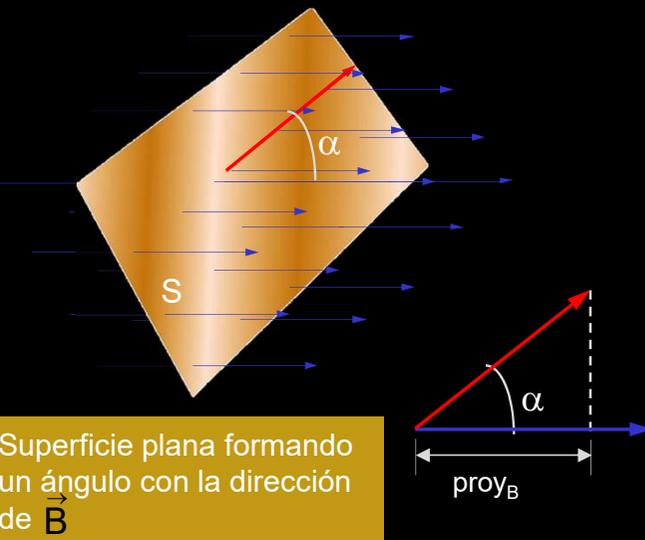
## Flujo magnético a través de una superficie plana



### Placa perpendicular al campo magnético

El producto  $\vec{B} \cdot \vec{S}$  se denomina **flujo magnético** y representa el número de líneas de inducción que atraviesan la superficie

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot S \cdot \cos 0 \rightarrow \phi = B \cdot S \text{ (Wb)}$$



### Si forma un ángulo con el campo magnético

Para hallar el flujo se proyecta la superficie según la dirección del campo

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} \rightarrow \phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha \text{ (Wb)}$$

La unidad de flujo en el S.I. es el **Weber (Wb)**, que se define como el flujo magnético que atraviesa una superficie de  $1 \text{ m}^2$  situada perpendicularmente a un campo de  $1 \text{ T}$

Superficie plana formando un ángulo con la dirección de  $\vec{B}$

## 2. LAS LEYES DE FARADAY-HENRY Y DE LENZ

### Ley de Faraday - Henry

- De las experiencias de Faraday se deduce que **La fuerza electromotriz  $\mathcal{E}$**  inducida en un circuito es igual a la **variación del flujo magnético  $\phi$**  que lo atraviesa por unidad de tiempo:

$$\mathcal{E} = \frac{d\phi}{dt} \text{ (V)}$$

$$\phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha \text{ (Wb)}$$

- En el **caso de una espira**, al acercar o alejar el imán, la variación del flujo magnético aumentaba o disminuía porque así lo hacía el campo magnético
- Cuando se mantienen fijos el imán y la espira, si esta se deforma, el flujo a través de ella varía al modificar su superficie, aunque el campo permanezca constante, en definitiva, podemos **inducir una corriente variando cada uno de los tres factores** que intervienen en la expresión matemática del flujo.
- La corriente inducida es mayor cuanto mayor sea la rapidez de la variación de su flujo**, es decir, cuanto más rápidamente acerquemos o alejemos el imán a la espira, o cuanto más rápida sea su deformación

La ley de Faraday-Henry explica el valor de la fuerza electromotriz inducida, pero no su sentido, que fue investigado por Lenz

## 2. LAS LEYES DE FARADAY-HENRY Y DE LENZ

8

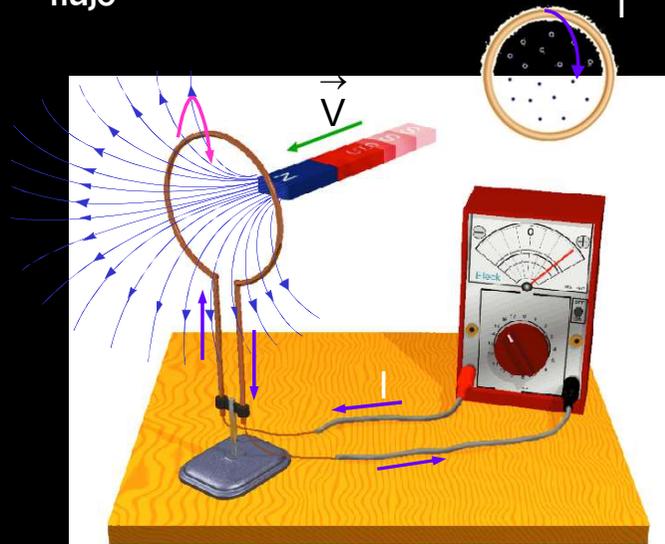
### Ley de Lenz

- El **sentido** de la **corriente inducida** es tal que se **opone** a la **causa que la produce**.

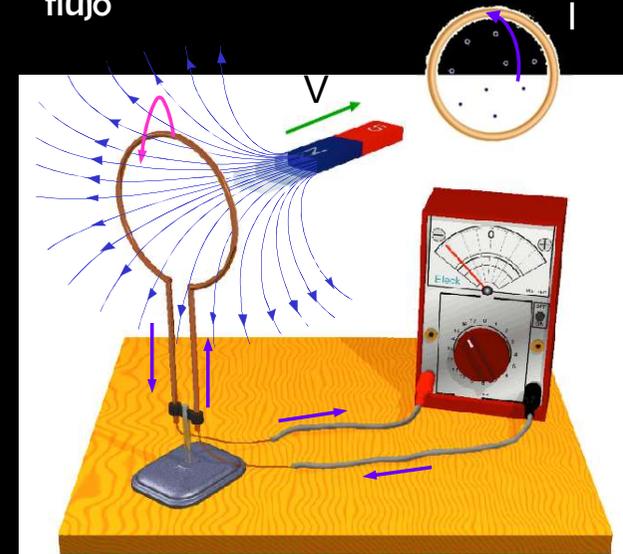
$$\mathcal{E} = - \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{V})$$

$$I = \frac{\varepsilon \text{ (Voltaje)}}{R \text{ (Resistencia)}} \quad (\text{A})$$

- Al acercar el imán a la espira, aumenta el campo magnético que la atraviesa, y el flujo



- Al alejar el imán de la espira, disminuye el campo magnético que la atraviesa, y el flujo



- La corriente inducida circula en el sentido en el que se genera un campo magnético por la espira, que tiende a compensar la variación (incremento o disminución) de flujo magnético.
- Podemos calcular la intensidad de la corriente inducida en un circuito, aplicando la ley de Ohm.
- El signo positivo de la fem indica que se opone a la disminución del flujo magnético. El negativo al aumento.

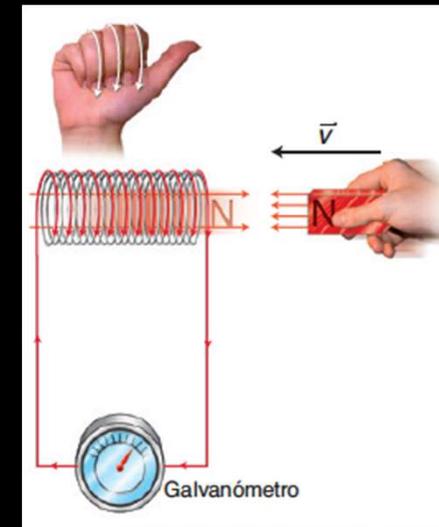
## 2. Leyes de Faraday y de Lenz

Como consecuencia de lo que hemos observado, se puede afirmar que la inducción electromagnética se funda en dos principios fundamentales:

1. Toda variación de flujo que atraviesa un circuito cerrado produce en éste una corriente inducida.
2. La corriente inducida es una corriente instantánea, pues solo dura mientras dura la variación de flujo.

### 2.1 Ley de Lenz.

**Ley de Lenz:** la corriente se induce en un sentido tal que los efectos que genera tienden a oponerse al cambio de flujo que la origina.



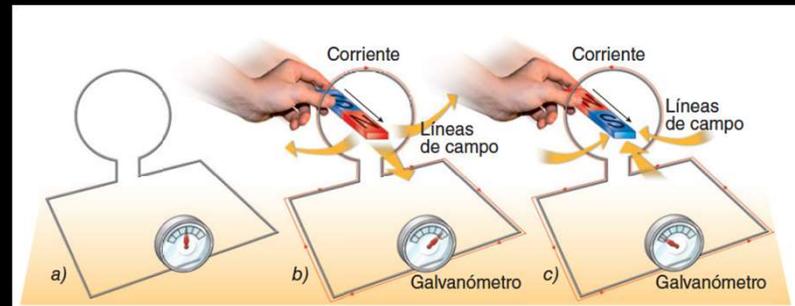
## 2.2 Ley de Faraday

**Ley de Faraday:** la corriente inducida es producida por una fuerza electromotriz (fem) inducida que es directamente proporcional a la rapidez con que varía el flujo inductor y al número de espiras del inducido.

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

$$\phi = B S \cos \alpha$$

EL flujo viene de una integral y cuando **B** es constante en **S** es igual al producto escalar de **B** por **S**.



### Recuerda

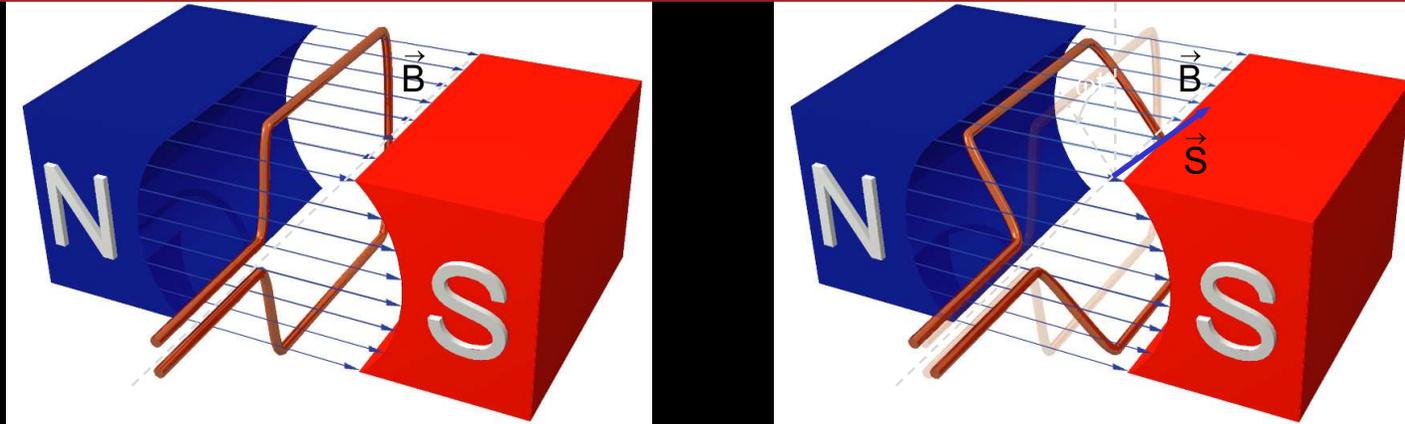
El flujo en el SI se mide en weber (Wb) en honor al físico alemán W. E. Weber (1804-1891), quien, junto a Gauss, desarrolló el telégrafo electromagnético.

De  $\phi = B S$  se deduce que:  
 $Wb = T m^2$

### 3. Producción de corrientes alternas mediante variaciones de flujo magnético.

11

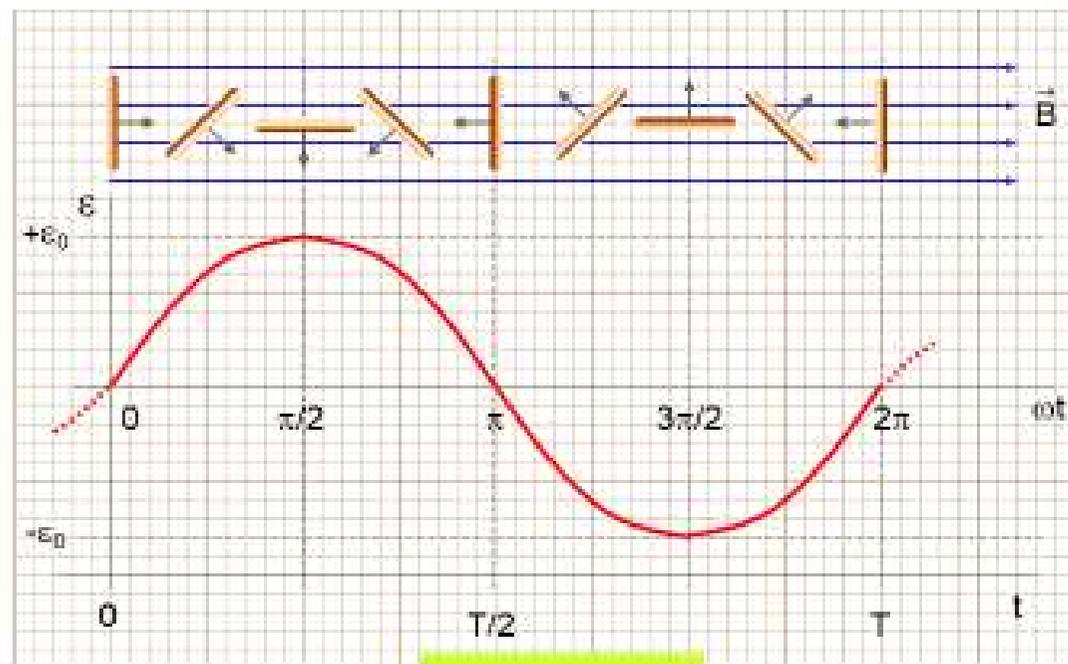
La importancia fundamental del fenómeno de la inducción electromagnética, reside en la posibilidad de *transformar la energía mecánica en energía eléctrica.*



- La espira, situada inicialmente perpendicular al campo, gira con velocidad  $\omega$  constante
  - El flujo que la atraviesa es:  $\phi =$
  - Por ser un MCU:  $\alpha = \omega t$
- $\Rightarrow \phi = B S \cos \omega t \quad \varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$
- Según Faraday-Henry y Lenz:  $\mathcal{E} = BS \omega \sin \omega t$
  - Para una bobina de N espiras:  $\mathcal{E} = NBS \omega \sin \omega t$
  - La f.e.m. máxima es:  $\mathcal{E}_0 = NBS \omega$
- $\Rightarrow \mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t \text{ (V)}$

### 3.3 PRODUCCIÓN DE UNA FUERZA ELECTROMOTRIZ SINUSOIDAL (II)

Gráfica de la fuerza electromotriz sinusoidal



$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \text{ sen } \omega t$$

La corriente inducida en la bobina se denomina **corriente alterna** porque el sentido de la corriente varía periódicamente con el tiempo dos veces cada período.

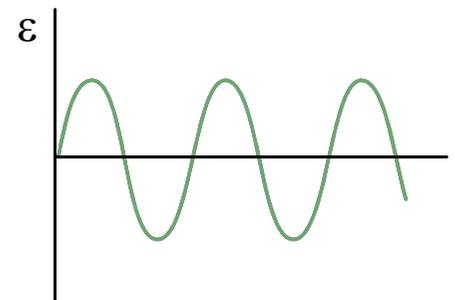
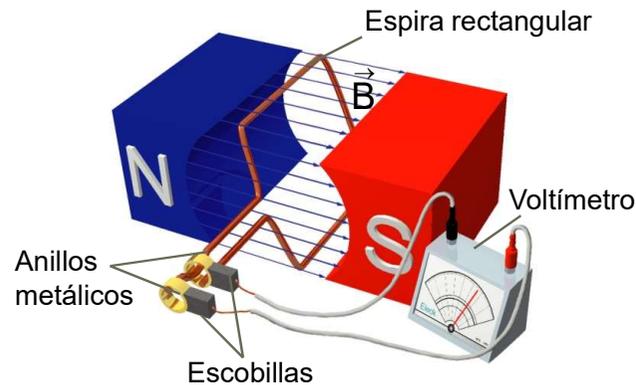
### 3. GENERADORES DE CORRIENTE .

Física

Un generador eléctrico es cualquier dispositivo que transforma una determinada forma de energía en energía eléctrica.

#### Generadores de corriente alterna

#### ESQUEMA DE UN ALTERNADOR



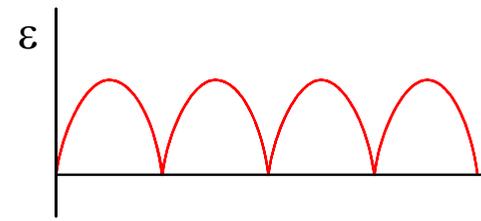
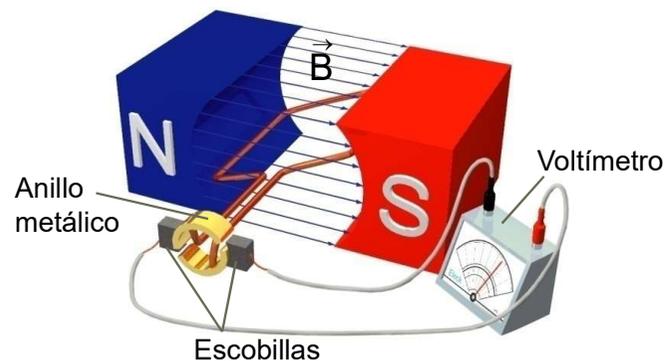
- La bobina **gira con velocidad cte** en un campo magnético uniforme creado por el imán
- Se induce así una f.e.m. sinusoidal que **varía de sentido 2 veces** cada período (**corriente alterna**)
- Los extremos de la espira se conectan al circuito externo mediante **escobillas**
- La energía mecánica necesaria para girar la bobina **se transforma en energía eléctrica**
- Alternadores más complejos constan de **inductor** (imán o electroimán) e **inducido** (circuito donde se produce la f.e.m.). La parte móvil es el **rotor** y la fija, el **estátor**

### 3, GENERADORES DE CORRIENTE (II)

Física

#### Generadores de corriente continua

##### ESQUEMA DE UNA DINAMO



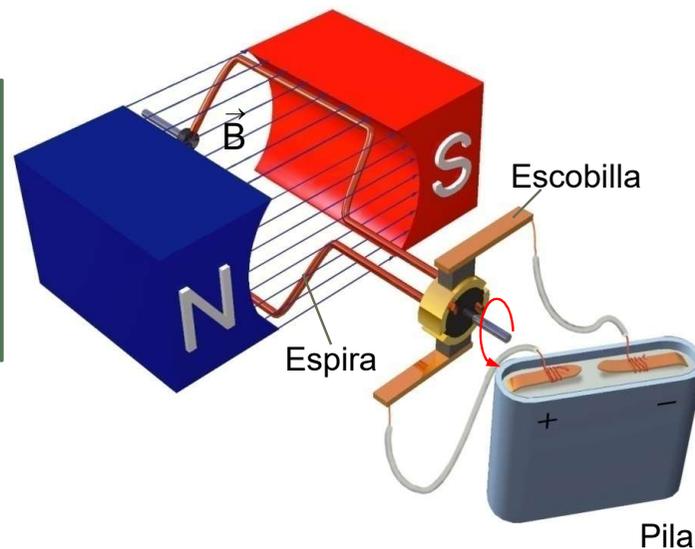
- Si se sustituyen los dos anillos metálicos del generador por un anillo dividido en dos, cambiando de esta forma la polaridad en cada vuelta, se obtiene una **dinamo**
- La corriente producida es una **corriente pulsante**
- Modificando el diseño del anillo (dividiéndolo en trozos) se puede lograr una corriente cuyo valor sea casi constante (**corriente continua**)

## 4. MOTORES ELÉCTRICOS.

Física

### ESQUEMA DE UN MOTOR ELÉCTRICO

El campo magnético del imán ejerce sobre la espira por la que circula corriente un par de fuerzas que la hacen girar. Así se consigue realizar trabajo mecánico.



$$F = I L B \sin \alpha$$

Ley de Laplace

- Al circular la corriente eléctrica por la espira, se produce en ella un movimiento de giro de modo que **la energía eléctrica se convierte en energía mecánica**
- Puede diseñarse un motor que funcione igualmente con corriente continua y alterna (motor universal)