

## *TEMA 4*

# *ELECTROMAGNETISMO*

*IV.1 Magnetismo e imanes*

*IV.2 Electroimanes*

*IV.3 Flujo magnético*

*IV.4 Fuerza magnética*

*IV.5 Inducción electromagnética*

*IV.6 Autoinducción*

*Cuestiones*

## IV.1 MAGNETISMO E IMANES

Existen determinados cuerpos que son capaces de atraer a algunos metales, en especial al hierro. A estos cuerpos, que tienen propiedades magnéticas, los llamamos **imanes**.

Los imanes se clasifican según su comportamiento en:

- **Temporales**: Si pierden sus propiedades magnéticas apenas cesa la causa que produjo su imanación, como el hierro dulce. Se utilizan para crear electroimanes empleados en timbres, grúas,...

- **Permanentes**: Si no pierden sus propiedades magnéticas apenas cesa la causa que produjo su imanación, como el acero, titanio o cobalto. Se utilizan en la construcción de generadores, motores, instrumentos de medida, brújulas,...

Una forma sencilla de crear un imán es acercando un cuerpo de material imantable (como el hierro, cobalto o níquel), a otro imán. En este caso, la causa que produjo la imanación es otro imán.

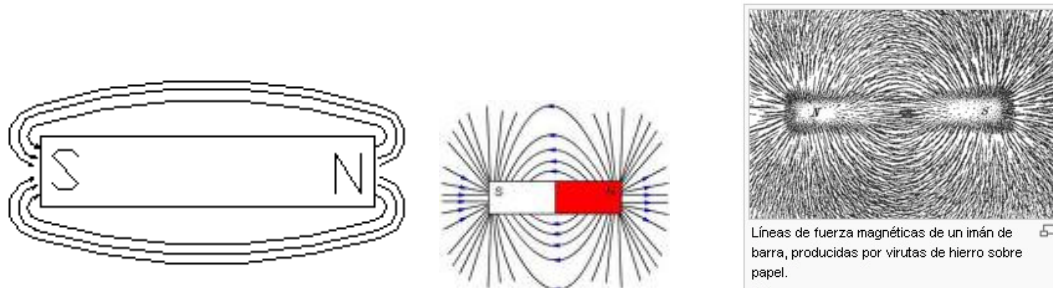
Las propiedades más importantes de los imanes son:

- El poder magnético de los imanes está concentrado en los **polos**. Al centro del imán lo llamamos **línea neutra**, y carece de poder magnético.
- Todos los imanes tiene dos tipos de polos, **polo norte** y **polo sur**.
- No es posible separar los polos de un imán, si rompemos un imán por su línea neutra, se crean dos nuevos imanes.
- Se crean **fuerzas repulsivas** entre polos del mismo tipo, y **fuerzas atractivas** en polos de distinto tipo.
- Estas fuerzas son proporcionales al poder magnético de los imanes y disminuyen con el cuadrado de la distancia.

Un ejemplo de este tipo de fuerzas es el caso de la brújula. La Tierra se comporta como un inmenso imán, y la brújula no es más que otro imán. Así, en ausencia de otro imán cercano que perturbe a la brújula, ésta siempre se orienta hacia el norte.

Las fuerzas entre imanes las llamamos **fuerzas magnéticas**, y son fuerzas a distancia. Para explicar cómo se transmiten estas fuerzas recurrimos al concepto de **campo magnético**. Definimos el campo magnético como la perturbación que éste produce alrededor suyo, y es la causa de las fuerzas que aparecen sobre los imanes.

El campo magnético se representa mediante líneas de fuerzas o **líneas de inducción magnética**, estas líneas salen del polo norte y entran al imán por el polo sur. La intensidad de la inducción magnética o campo magnético se representa por la letra B y se mide en Teslas (T).



Una forma sencilla de conocer la dirección y sentido de un campo magnético en una región del espacio es colocando un imán en esa región, y observar hacia donde se orienta, tal y como hace un brújula.

Vamos a estudiar ahora cómo se comportan las sustancias en presencia de campo magnético, para ello hemos de analizar el comportamiento magnético a nivel atómico. Todos los átomos son como pequeños imanes, que están orientados aleatoriamente dentro de un cuerpo, por eso el efecto magnético global es nulo. Pero en presencia de un campo magnético externo, estos tenderán a girar sobre sí mismos y orientarse en el sentido de las líneas de inducción de este campo. Sin embargo, no todos los materiales permiten a los átomos reorientar su campo magnético libremente. A los materiales que apenas permiten esta reorientación los llamamos **paramagnéticos** o **diamagnéticos** si incluso se oponen a esta reorientación. En cambio, a los materiales que permiten reorientarse libremente a los átomos los llamamos **ferromagnéticos**. Por tanto, que los materiales ferromagnéticos al reorientar sus átomos se acaban de convertir en otro imán. Y de entre estos materiales ferromagnéticos, tenemos los que una vez desaparecido el campo magnético externo, se vuelven a reorientar aleatoriamente (imanes temporales) y los que permanecen con esta orientación (imanes permanentes).

Para clasificar las sustancias utilizamos la propiedad **permeabilidad magnética** ( $\mu$ ), que mide la facilidad que tienen las sustancias para reorientar sus átomos. La permeabilidad magnética del vacío es de  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ . La permeabilidad del resto de materiales se obtiene multiplicando la permeabilidad magnética relativa ( $\mu_r$ ) por la del vacío.

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

A continuación se detalla la permeabilidad relativa de algunos materiales:

<b>Diamagnéticos</b>	Cobre	0,99999991	Plata	0,99999998	Estaño	0,99999992
<b>Paramagnéticos</b>	Aluminio	1,00000065	Titanio	1,0000011	Platino	1,0000011
<b>Ferromagnético</b>	Acero laminado	180	Permalloy 45%Ni-55%Fe	4000	Supermalloy	100000

**Ejercicio 1: Calcula el valor de permeabilidad magnética del acero laminado.**

**Ejercicio 2: El campo magnético creado por un imán en el vacío es de 6,5 T. ¿Qué intensidad de campo magnético habrá si llenamos este espacio vacío con un hierro dulce supermalloy?**

## EJERCICIOS IV.1: Magnetismo e imanes

Alumno:

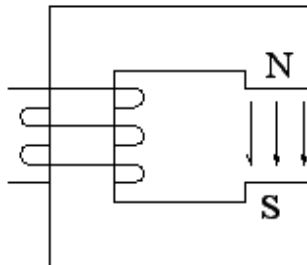
Grupo:

1.- ¿Qué permeabilidad magnética tiene el acero del estator de un motor si su permeabilidad relativa es de 220?

2.- Un material tiene una permeabilidad magnética de  $12 \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ . Calcula su permeabilidad magnética relativa y determina si el material es diamagnético, paramagnético o ferromagnético.

3.- Tras acercar un trozo de cobalto a un imán permanente, éste se queda imantado convirtiéndose en otro imán. Si la permeabilidad magnética del cobalto es 50 veces mayor que la del vacío. ¿Qué permeabilidad magnética tiene este material?

4.- El campo magnético en la zona vacía entre los polos norte y sur del electroimán es de 50 T. ¿Qué campo magnético tendremos si rellenamos este espacio con un trozo de aluminio? ¿Y si introducimos un trozo de hierro dulce con  $\mu_r=350$ ?



## IV.2 ELECTROIMANES

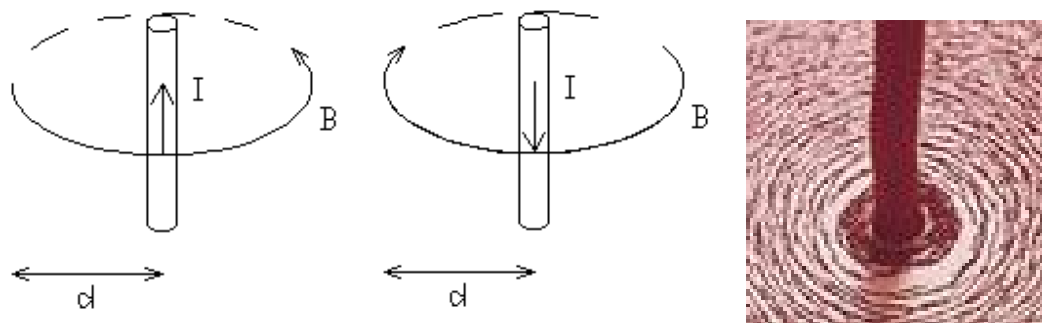
El **electromagnetismo** trata las relaciones entre las corrientes eléctricas y los campos magnéticos. Entender estas relaciones nos permite comprender cómo funcionan las máquinas eléctricas como motores, generadores o transformadores.

En 1820, el físico Oersted descubrió que las corrientes eléctricas son capaces de crear campos magnéticos, al igual que los imanes. A continuación veremos tres configuraciones básicas de conductores y el campo magnético creado:

Campo magnético creado por un conductor rectilíneo: Alrededor de un conductor por el que circula corriente se crea un campo magnético en forma de círculos concéntricos de

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

donde  $I$  es la intensidad, y  $d$  es la distancia del conductor al punto del espacio.

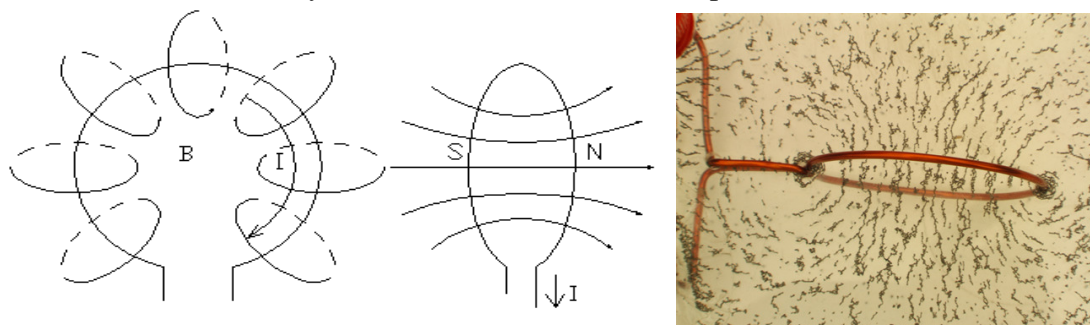


Este es el principio de funcionamiento de la pinza amperimétrica y de un diferencial.

Campo magnético creado por un conductor circular o en forma de espira: Al doblar un conductor sobre sí mismo, los círculos concéntricos se cierran sobre sí mismos, reforzando el campo magnético en el interior de la espira, siendo el punto central de la espira donde se maximiza este efecto, en cuyo centro se obtiene que

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I}{2 \cdot r}$$

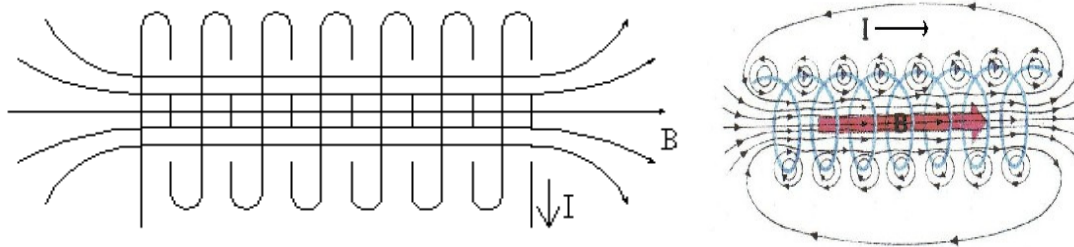
donde  $I$  es la intensidad, y  $r$  es el radio en metros de la espira.



Campo magnético creado por un conductor una bobina o solenoide: Si agrupamos varias espiras creamos una bobina o solenoide, así conseguimos potenciar el campo magnético obteniendo

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

donde  $N$  es el número de vueltas o de espiras, y  $l$  es la longitud en metros de la bobina.



Tanto la espira como el solenoide tienen una configuración muy parecida a la de un imán. Podemos considerar que la cara por la que salen las líneas de campo magnético como el polo norte, y la cara por la que entran las líneas de campo magnético como polo sur. Así, si cogemos un material ferromagnético y le arrollamos un conductor por el que hacemos circular la corriente, acabamos de crear un **electroimán**, con las mismas propiedades que los imanes naturales.

**Ejercicio 1: Determina el valor del campo magnético creado por un conductor rectilíneo en un punto situado a 50 cm del conductor en el vacío. Por el conductor circula una intensidad de 2,5 A.**

**Ejercicio 2: ¿Qué intensidad de campo magnético aparece en el centro de una espira al aire, circular de radio 25 cm, por la que circula una corriente continua de 4 A?**

**Ejercicio 3: Por un solenoide de 1500 espiras y 34 cm de longitud circula una corriente de 3 A. Calcula la inducción magnética en el interior si su núcleo contiene hierro con permeabilidad magnética relativa de 380.**

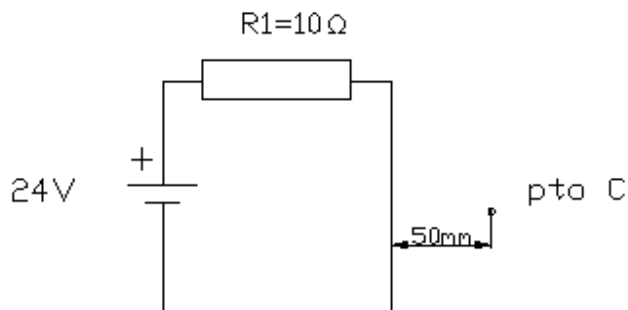
## EJERCICIOS IV.2: Electroimanes

Alumno:

Grupo:

1.- Calcula el valor del campo magnético o inducción magnética producido por un conductor rectilíneo situado en el vacío, si circula una corriente de 0,75 A, a una distancia de 25cm.

2.- Calcula la intensidad de campo magnético provocado por el conductor rectilíneo de la derecha en el punto C del siguiente montaje al aire. Indica si la dirección es hacia dentro o hacia fuera del papel.



3.- Calcula la intensidad de campo magnético en el centro de una espira al aire de radio 15cm, por la que hacemos circular 2,3 A.

4.- Calcula la intensidad de campo magnético en una bobina al aire por la que circula una corriente de 300 mA. La bobina está compuesta por un hilo de cobre arrollado 200 vueltas alrededor de un tubo de cartón vacío de 10 cm de largo.

5.- En el interior de un solenoide con el núcleo de aire se crea un campo magnético de 0,0001 T, calcula el campo magnético si introducimos un núcleo de hierro con permeabilidad relativa  $\mu_r=400$ .

6.- En un solenoide con 5000 espiras por metro de longitud, hacemos pasar 5 A. Calcula la intensidad de campo magnético si el núcleo contiene:

a) aire

b) hierro dulce con  $\mu_r=450$ .

## IV.3 FLUJO MAGNÉTICO

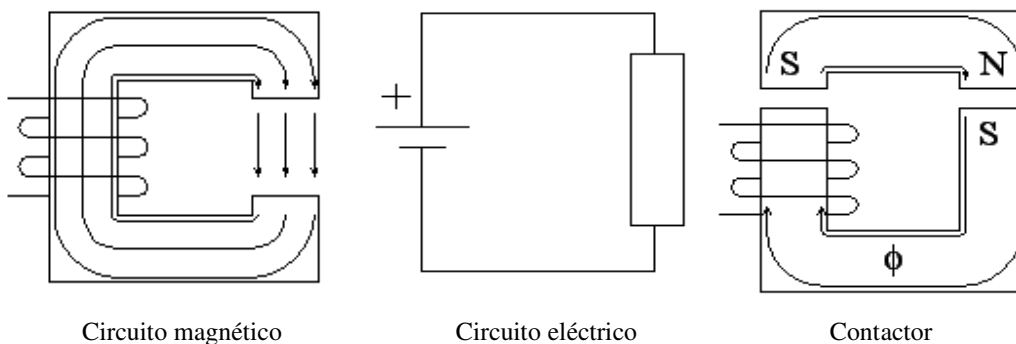
Hasta ahora hemos visto como calcular el campo magnético en un punto del espacio cercano a un conductor, sin embargo, el electromagnetismo y en la construcción de máquinas eléctricas utilizaremos una magnitud llamada **flujo magnético**, que mide la cantidad de campo magnético que atraviesa una superficie, o la cantidad de líneas de inducción magnética que atraviesan una superficie.

$$\phi = B \cdot S \cdot \text{sen}\alpha$$

donde  $\phi$  es el flujo y se mide en Webers (Wb),  $S$  es la superficie y se mide en  $\text{m}^2$  y  $\alpha$  es el ángulo que forma la líneas de campo magnético con la superficie.

**Ejercicio 1: Calcula el flujo magnético en una espira circular de 10 cm de radio atravesada por un campo magnético perpendicular de 40 T. ¿Y si giramos 30° la espira? ¿Y si la giramos hasta que la superficie de la espira se quede paralela a las líneas de campo?**

Podemos asimilar un conjunto de elementos ferromagnéticos y bobinas a un **circuito magnético** de características similares a un circuito eléctrico, donde el flujo magnético es el equivalente a la corriente eléctrica, que siempre intentará desplazarse por el camino más fácil, o sea, los materiales ferromagnéticos que equivalen a los conductores, los bobinados equivalen a los generadores o pilas y los entrehierros a las resistencias.



Circuito magnético

Circuito eléctrico

Contactador

Podemos observar que el flujo magnético, o las líneas de inducción se desplazan casi exclusivamente por los materiales ferromagnéticos. Así podemos construir cualquier configuración geométrica que nos interese. Una aplicación de esto podría ser el **contactador**. En el contactador, al circular corriente por el bobinado, se crea un flujo magnético que recorre el circuito magnético, creando dos imanes, que se atraerán mutuamente. Como el material utilizado es hierro dulce, esta fuerza desaparece al desaparecer la corriente.



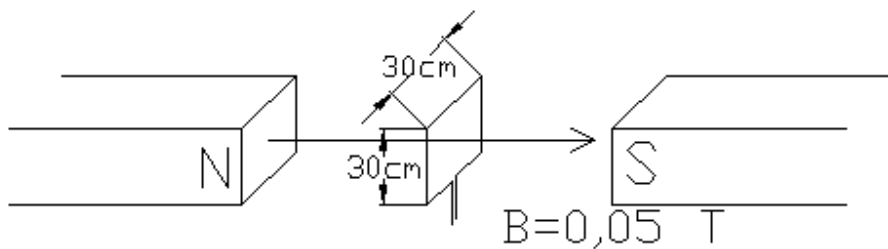
### EJERCICIOS IV.3: Flujo magnético

Alumno:

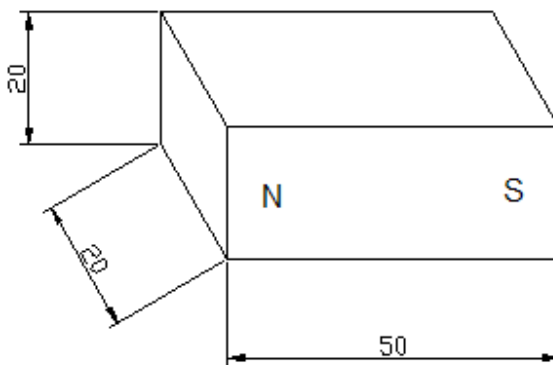
Grupo:

1.- Sea una espira de sección  $100 \text{ cm}^2$  inmersa en un campo magnético de  $2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ . Calcula el flujo que atraviesa la espira si el ángulo que forman las líneas del campo y la superficie de la espira es de  $45^\circ$ .

2.- Calcula el flujo magnético que atraviesa la espira del dibujo.



3.- Un imán cúbico con las dimensiones siguientes produce un campo magnético ( $B$ ) de  $1,5 \text{ T}$  en la superficie de sus polos. ¿Cuál es el valor del flujo magnético ( $\Phi$ ) en dichas superficies? Cotas en cm.



4.- Si un flujo de  $45 \text{ mWb}$  atraviesa perpendicularmente a una espira cuadrada de  $20 \text{ cm}$  de lado. ¿Qué flujo la atravesará si giramos  $60^\circ$  la espira? Calcula la intensidad media de campo magnético en su interior.

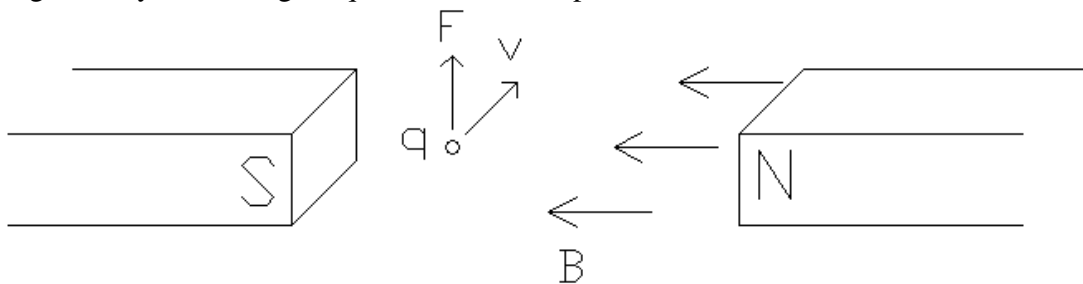
## IV.4 FUERZA MAGNÉTICA

Las corrientes eléctricas y los campos magnéticos están fuertemente relacionados, por eso llamamos electromagnetismo a la disciplina conjunta que estudia ambas interacciones. Vimos que las corrientes eléctricas crean campos magnéticos a su alrededor. Pues ahora veremos que los campos magnéticos crean corrientes eléctricas.

**Fuerza sobre una carga:** Cuando una carga eléctrica se desplaza en el seno de un campo magnético, éste campo magnético ejerce una fuerza perpendicular a la dirección de desplazamiento y perpendicular a las líneas de inducción, de valor:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\alpha$$

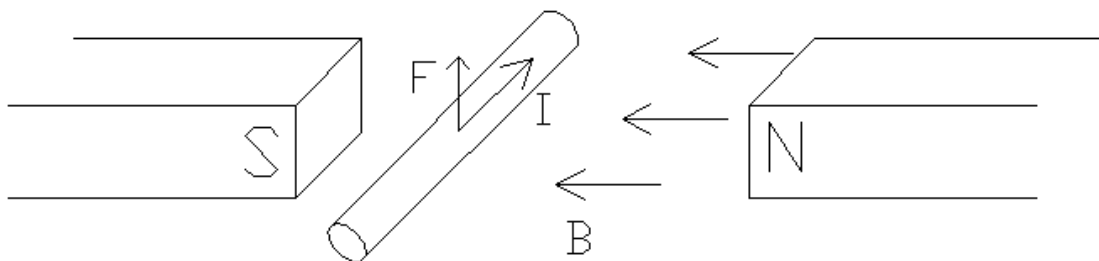
donde  $q$  es el valor de la carga en Coulombios,  $v$  es la velocidad en m/s,  $B$  es el campo magnético, y  $\alpha$  es el ángulo que forman el campo con la velocidad.



**Fuerza sobre un conductor rectilíneo:** Si en vez de desplazarse una sola carga, se desplazan múltiples cargas por dentro de un conductor, decimos que circula una corriente eléctrica, por lo que la fuerza total sobre todas las cargas se aplica al conductor, siendo esta de valor:

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \text{sen}\alpha$$

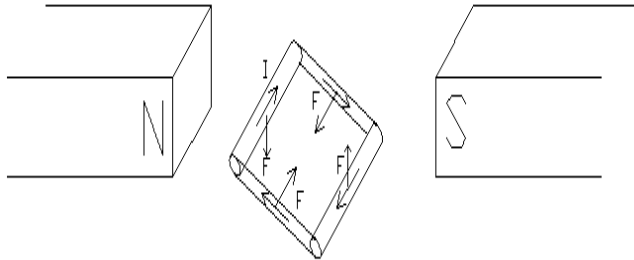
donde  $I$  es la corriente,  $l$  es la longitud en metros,  $B$  es el campo magnético, y  $\alpha$  es el ángulo que forman el campo con la corriente.



**Fuerza sobre una espira rectangular:** Este caso es una variante del anterior, pues una espira rectangular está compuesta por 4 conductores rectilíneos. Observamos que dos fuerzas se anulan, y las otras dos provocan un par de fuerzas que hacen girar a la espira:

$T = 2 \cdot F \cdot d \cdot \text{sen}\alpha$  donde  $T$  es el par motor,  $F$  es la fuerza magnética,  $d$  la distancia al eje de rotación y  $\alpha$  el ángulo que forman la fuerza con la distancia de giro.

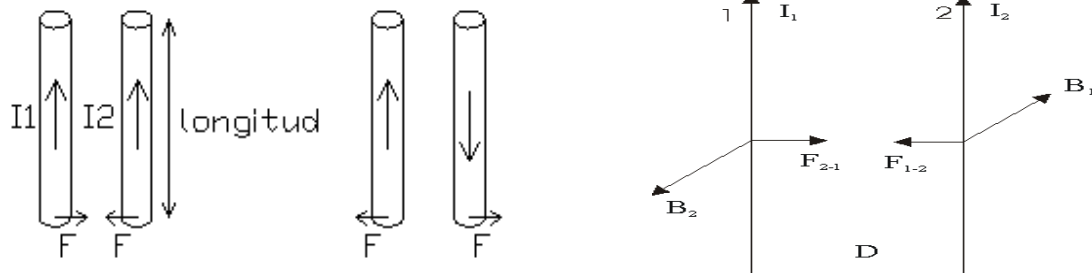
Este es el principio de funcionamiento de los motores eléctricos: una corriente circulando por un bobinado dentro de un campo magnético.



Fuerza entre dos conductores rectilíneos paralelos: Al circular corriente por un conductor se crea un campo magnético alrededor suyo, y si aproximamos otro conductor cerca del primero, éste campo magnético crea una fuerza de valor:

$$F = \frac{\mu_o \cdot \mu_r}{2 \cdot \pi \cdot d} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l$$

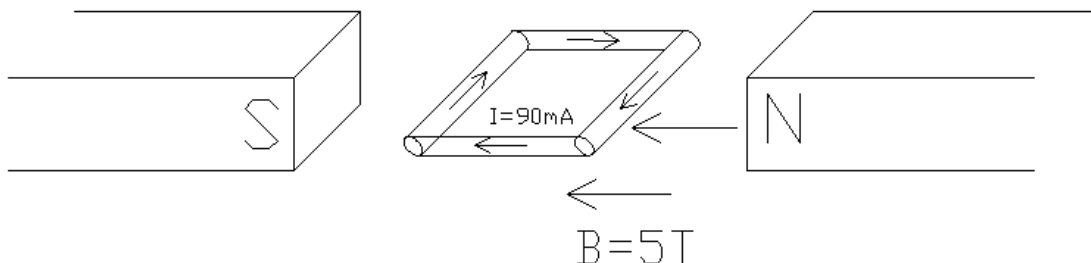
donde  $I_1$  e  $I_2$  son las corrientes,  $l$  es la longitud en metros y  $d$  es la distancia entre los conductores.



Esta fuerza adquiere un valor importante cuando la corriente es muy grande, como por ejemplo en los cortocircuitos. Por ejemplo, en los embarrados de los transformadores, si no están diseñados correctamente y se produce un cortocircuito, esta fuerza electrodinámica es capaz de romper los conductores antes de que salten las protecciones.

**Ejercicio 1:** Calcula la fuerza que se ejerce sobre un electrón moviéndose a una velocidad de 500 m/s perpendicularmente a un campo magnético de 60 T.

**Ejercicio 2:** Calcula y dibuja el par motor de la espira y el sentido de giro:



**Ejercicio 3:** Calcula la fuerza que aparece al circular una corriente de 8 KA por dos conductores rectilíneos y paralelos de 50 cm de longitud y separados por 20 cm de aire.

## EJERCICIOS IV.4: Fuerza magnética

Alumno:

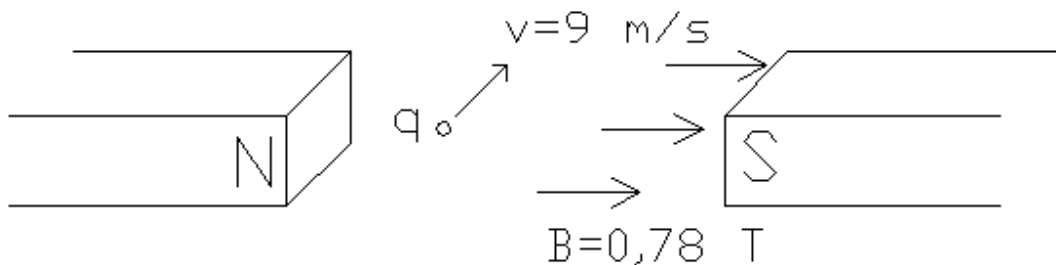
Grupo:

1.- Una carga de 0,05 C se mueve en el seno de un campo magnético de 50T con una velocidad de 12 m/s, en dirección perpendicular al campo. Calcula la fuerza que aparece sobre dicha carga.

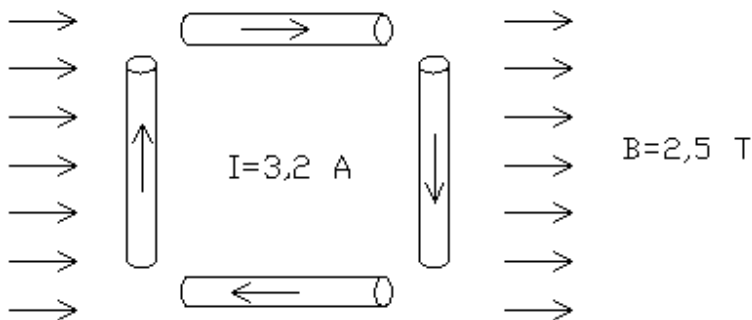
2.- Calcula la y dibuja la fuerza que aparece sobre la carga si:

a)  $q = 0,25 \text{ C}$

b)  $q = -4 \text{ C}$



3.- Calcula y dibuja la fuerza que aparece sobre cada conductor, si cada tramo tiene 40cm de longitud. Indica cómo girará el conjunto si fuera una espira cuadrada. Calcula el par de fuerzas.



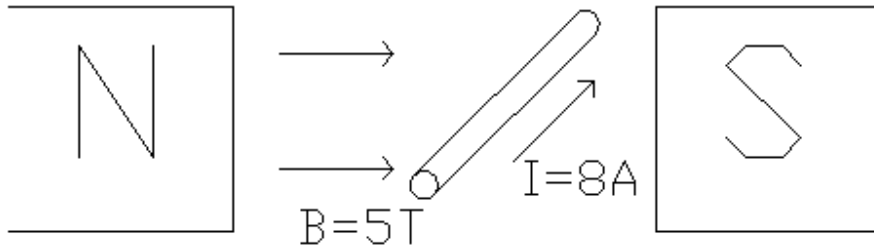
4.- Sea un conductor rectilíneo de 80 cm. de longitud, por el que circula una corriente de 4 A, en el seno de un campo magnético de 2,45 T de intensidad. Calcula la fuerza que aparece en dicho conductor si está situado:

a) perpendicular a las líneas de campo

b) paralelo a las líneas de campo

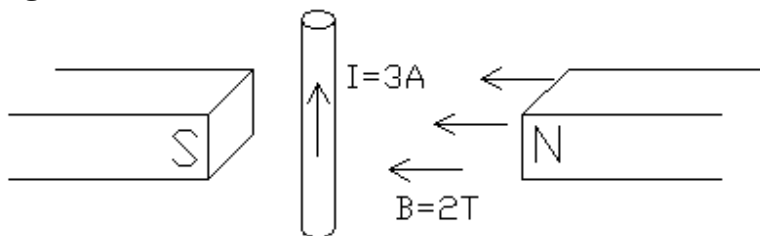
c) formado un ángulo de  $60^\circ$  con respecto a las líneas de campo

6.- Calcular la magnitud, dirección y sentido de la fuerza que aparece en el siguiente conductor de 1,5m de longitud:

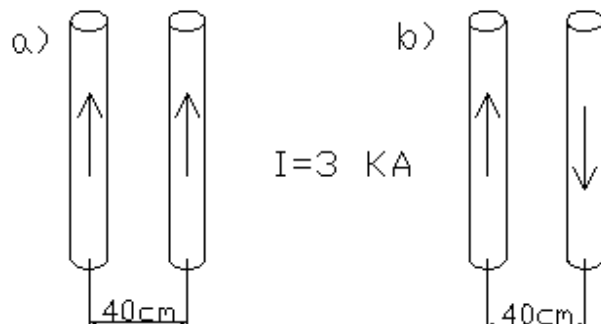


5.- Una espira cuadrada de 25 cm de lado es recorrida por una intensidad de corriente de 2,8 A. Si ésta se encuentra perpendicular a un campo magnético uniforme de 60T. Dibuja la espira, la intensidad de corriente, el campo magnético y las fuerzas magnéticas que recibe cada lado de la espira. (sólo dibuja)

7.-Calcula y dibuja la fuerza que aparece sobre el conductor si mide 30 cm de longitud.

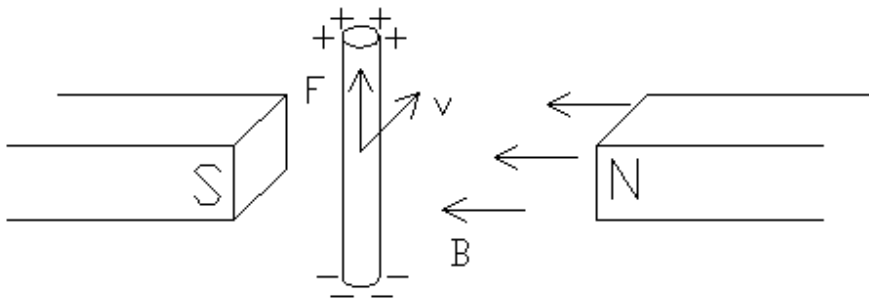


8.- Calcula y dibuja la fuerza que aparece entre 2 conductores rectilíneos de 2,5 m de longitud. La intensidad es la misma para todos los conductores.



## IV.5 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

El fenómeno de **inducción electromagnética** consiste en inducir una corriente eléctrica en un conductor. Para entender este fenómeno nos basaremos en la **experiencias de Henry**.

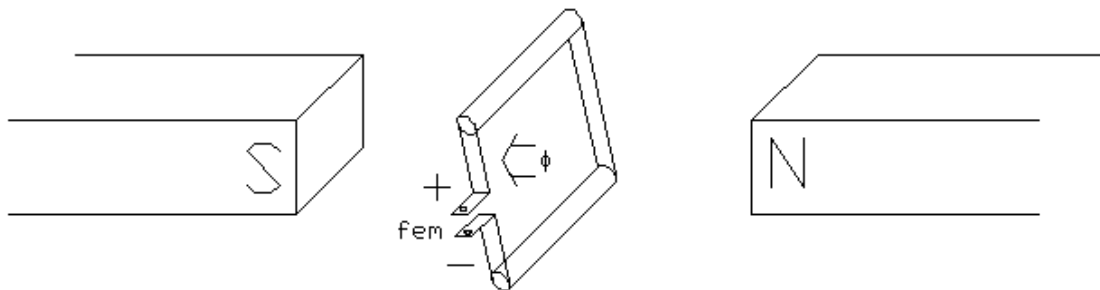


Al desplazar un conductor en el seno de un campo magnético, las cargas positivas y negativas del conductor sufren una fuerza que las empuja a separarse, creando una diferencia de potencial entre sus extremos, el valor de esta fuerza electromotriz será:

$$fem = v \cdot B \cdot l$$

donde  $v$  es la velocidad,  $B$  la intensidad del campo y  $l$  la longitud del conductor.

Acabamos de crear un generador eléctrico, y ahora bastará cerrar un circuito para inducir una corriente eléctrica. Ahora veremos que es posible inducir una corriente sin necesidad de que se desplace el conductor, basta que se desplace el imán, o simplemente que varíe el flujo magnético. Nos basaremos en las **experiencias de Faraday**.



Faraday comprobó que si movía la espira extrayéndola o introduciéndola en el campo magnético, aparecía una fem. También ocurría lo mismo si alejaba o acercaba los imanes, o si giraba la espira sobre sí misma. Y por último, observó que al aumentar o disminuir la potencia del imán también se producía el mismo efecto. De ahí dedujo que la fuerza electromotriz inducida en una espira depende de la variación del flujo magnético que la atraviesa. Expresado matemáticamente como:

$$fem = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

donde  $\Delta \Phi$  es lo que varía el flujo magnético en el intervalo de tiempo  $\Delta t$ . El signo negativo indica que la corriente inducida se opone a la variación del flujo.

Si deseamos aumentar la tensión generada mediante este fenómeno, bastará con usar un solenoide de N espiras, quedando la fuerza electromotriz inducida como:

$$fem = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Este es el principio de funcionamiento de las dinamos y generadores, un bobinado girando dentro de un campo magnético, crea una tensión.

**Ejercicio 1: ¿Qué fuerza electromotriz aparece en los extremos de un conductor rectilíneo de 50 cm de longitud desplazándose perpendicularmente en un campo magnético de 0,6 T a una velocidad de 15 m/s?**

**Ejercicio 2: Situamos una espira cuadrada de 0,8 m<sup>2</sup> en el seno de un campo magnético de intensidad 6 T, de forma que ésta quede perpendicular a las líneas de inducción. ¿Qué flujo la atraviesa? Ahora hacemos girar la espira 30° en un intervalo de medio segundo. ¿Qué flujo la atravesará una vez girada? ¿Qué variación de flujo ha sufrido? ¿Qué fuerza electromotriz inducida se ha generado durante el giro?**

## EJERCICIOS IV.5: Inducción electromagnética

**Alumno:**

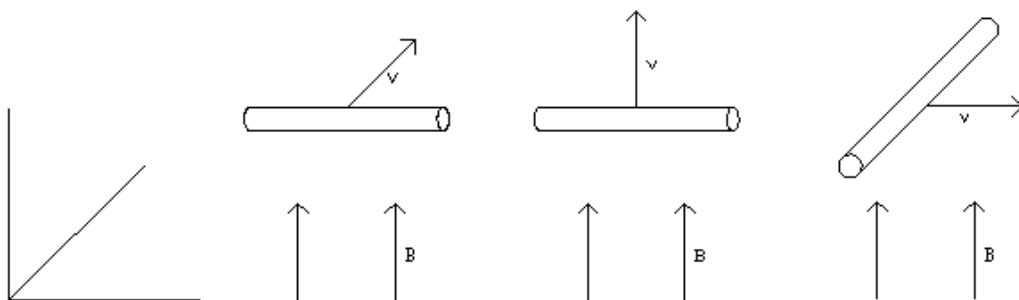
**Grupo:**

1.- Una espira se halla en el seno de un campo magnético que varía con una tasa de 3 Wb/s. ¿Cuál será la tensión generada? ¿Qué pasará si el campo deja de variar y se mantiene constante con un valor de 30 Wb?

2.- Una bobina de 200 espiras, se mueve cortando perpendicularmente un campo magnético. La variación de flujo experimentada en dicho movimiento es uniforme y va de 2 mWb a 10 mWb en un intervalo de 5 segundos. Calcular la tensión inducida en la espira.

3.- Un conductor rectilíneo de cobre de 40cm de longitud se mueve perpendicularmente a un campo magnético de 2,4T con una velocidad de 3 m/s. Calcula la f.e.m. inducida en dicho conductor. Calcula la corriente que circula por dicho conductor.

4.- Un conductor rectilíneo de 2 m de longitud se desplaza en el seno de un campo magnético de valor 1,5 Teslas, con una velocidad de 7 m/s. Determinar la tensión que se genera en los extremos del conductor para cada situación:



5.- Una espira cuadrada de 20 cm de lado gira variando su posición de  $30^\circ$  a  $60^\circ$  con respecto a las líneas de un campo magnético uniforme de 0,35 T. ¿Qué fem se induce si tarde 120 ms de realizar este giro?



## IV.6 AUTOINDUCCIÓN

Hemos visto que las bobinas y electroimanes, y en menor medida, los conductores en general, crean unos campos magnéticos a su alrededor de forma proporcional a la intensidad que los recorre. Y además, también sabemos que la variación de flujo alrededor de un conductor induce una fuerza electromotriz en dicho conductor. Entonces, al variar la corriente que circula por un bobinado, varía el campo magnético y por tanto el flujo, y se induce una fuerza electromotriz que se opone a la causa que creó dicha fuerza, es decir, se opone al avance de la corriente. A este fenómeno lo llamamos **fenómeno de autoinducción**.

Hay que destacar que este fenómeno sólo aparece al variar la corriente que circula, por tanto, en corriente continua sólo aparece este efecto al abrir o cerrar un circuito, y de forma transitoria durante unos milisegundos. Sin embargo, en corriente alterna, este fenómeno adquiere una importancia capital, actuando las bobinas como resistencias, como veremos en temas posteriores.

Así, al cerrar un circuito con bobinados (motores, electroimanes, lámparas de descarga,...) la fem autoinducida se opone a la corriente, amortiguando su crecimiento en milisegundos. Pero al abrir el circuito, la fem autoinducida se opone a la disminución de corriente, es decir, favoreciendo que la corriente siga circulando, creando tensiones elevadas que favorecen la creación de arcos eléctricos y chispas en los interruptores.

A la relación entre el flujo que atraviesa una bobina y la corriente que circula por ella se conoce como **coeficiente de autoinducción** o simplemente **inductancia**.

$$L = N \cdot \frac{\Phi}{I}$$

donde  $L$  es la inductancia y se mide en Henrios (H),  $N$  es el número de vueltas de la bobina,  $\Phi$  es el flujo magnético e  $I$  la intensidad.

Sustituyendo en la fórmula de la inducción magnética, obtenemos que:

$$fem_{autoinducida} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

es decir, que la fem autoinducida es contraria al producto del coeficiente de autoinducción ( $L$ ) por la variación de la intensidad en un determinado tiempo ( $\Delta I/\Delta t$ ).

**Ejercicio 1: ¿Qué coeficiente de autoinducción tiene un solenoide de 2000 espiras si el flujo producido al pasar 400 mA es de 0,86 mWb?**

**Ejercicio 1: La corriente que circula por una bobina con inductancia de 48 H pasa de cero a 5 A en 20 ms. ¿Qué tensión aparece en sus extremos?**

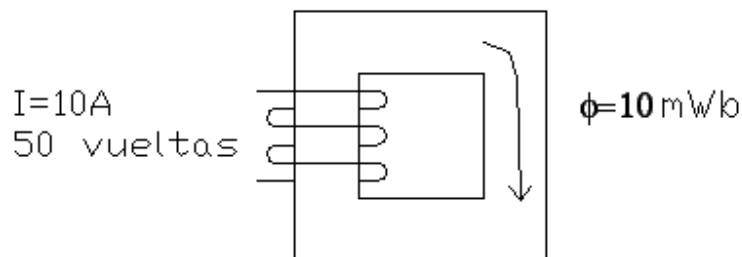
## EJERCICIOS IV.6: Autoinducción

Alumno:

Grupo:

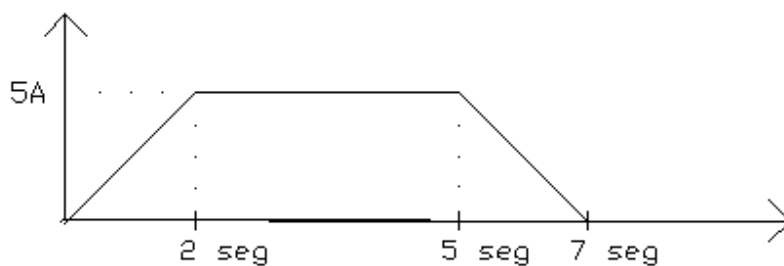
1.- A una bobina con un coeficiente de autoinducción ( $L$ ) de 20 H se le aplica una corriente que crece de 0 a 3 A en 10 milisegundos. ¿Cuánto valdrá la tensión en bornes de la bobina?

2.- Calcula la inductancia del siguiente circuito:



3- Por una espira de sección circular de  $0,04\text{ m}^2$ , se induce un campo magnético medio de  $7,5\text{ T}$  al circular una corriente de  $300\text{ mA}$ . Calcula el coeficiente de autoinducción de la espira.

4.- A una bobina con un coeficiente de autoinducción ( $L$ ) de 50 H se le aplica la siguiente corriente eléctrica:



Calcula la tensión que aparece en la bobina

- durante los dos primeros segundos.
- durante los siguientes cinco segundos.
- durante los últimos dos segundos.

### CUESTIONES TEMA 4: ELECTROMAGNETISMO

Haz una redacción de al menos 100 palabras con cada uno de los siguientes temas:

- 1.- Los imanes: definición y propiedades. Fuerzas magnéticas y campo magnético. Clasificación magnética de la materia y permeabilidad magnética.
- 2.- Campo magnético creado por corrientes eléctricas: Electroimanes. Flujo magnético.
- 3.- Fuerza magnética sobre corrientes eléctricas: El motor eléctrico.
- 4.- Fuerza electromotriz inducida: El generador eléctrico de CC y CA.
- 5.- El fenómeno de autoinducción. Autoinductancia de bobinas.

## FORMULARIO TEMA 4 ELECTROMAGNETISMO

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \qquad \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

Permeabilidades magnéticas relativas:

<b>Diamagnéticos</b>	Cobre	0,99999991	Plata	0,9999998	Estaño	0,99999992
<b>Paramagnéticos</b>	Aluminio	1,00000065	Titanio	1,0000011	Platino	1,0000011
<b>Ferromagnético</b>	Acero laminado	180	Permalloy 45%Ni-55%Fe	4000	Supermalloy	100000

Conductor rectilíneo:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

$$\phi = B \cdot S \cdot \text{sen}\alpha$$

Carga en movimiento:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\alpha$$

$$L = N \cdot \frac{\phi}{I}$$

$$fem_{\text{autoinducida}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Espira:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{I}{2 \cdot r}$$

Conductor rectilíneo:

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \text{sen}\alpha$$

$$T = 2 \cdot F \cdot d \cdot \text{sen}\alpha$$

Fem sobre una espira:

$$fem = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

Bobina:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

Dos conductores paralelos:

$$F = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{2 \cdot \pi \cdot d} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l$$

Fem sobre una bobina:

$$fem = -N \cdot \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

