

## SESIÓN 5

### MAGNETISMO

#### I. CONTENIDOS:

1. Tipo de imanes.
2. Campo magnético
3. Densidad de flujo magnético
4. Permeabilidad magnética
5. Materiales magnéticos

#### II. OBJETIVOS:

Al término de la Sesión, el alumno:

- Demostrará mediante ejemplos y dibujos qué son y cómo se manifiestan las fuerzas magnéticas y las líneas de campo magnético.
- Comprenderá las teorías del magnetismo
- Resolverá problemas referentes al flujo magnético e intensidad de campo magnético.

#### III. PROBLEMATIZACIÓN:

*Comenta las preguntas con tu Asesor y selecciona las ideas más significativas.*

- ¿Qué es lo que hace que un imán atraiga a ciertos materiales?
- ¿Cómo funciona una brújula?

#### IV. TEXTO INFORMATIVO-FORMATIVO:

##### **1.1. Tipo de imanes**

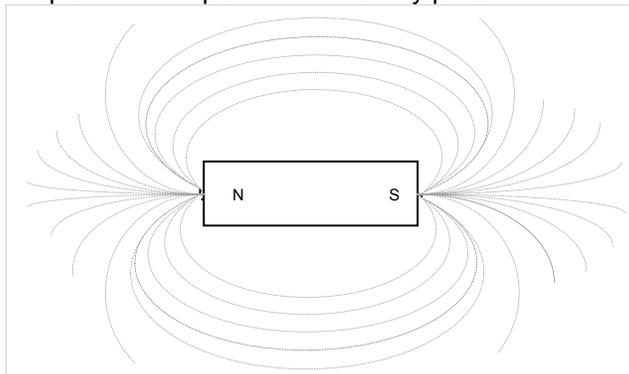
Cuenta una historia que hace más de dos mil años en la ciudad de Magnesia, actual Turquía, un pastor percibió que algo atraía a su bastón con punta de hierro cuando estaba conduciendo a su rebaño, desenterró una piedra que era la causa del fenómeno; a este tipo de piedras se les conoce ahora como magnetita, que es un óxido de hierro y es un imán natural. Así se tiene el registro del inicio de la búsqueda del hombre por comprender el fenómeno magnético.

Un imán es un objeto que crea en su entorno un cambio en las propiedades del espacio, según la teoría de la relatividad, el movimiento de los campos eléctricos crea una distorsión llamada campo magnético. Los imanes tienen dos regiones en donde se concentra su influencia sobre materiales como el hierro, a estas regiones se les llama polos; nombrándose uno polo norte y el otro polo sur. Si un imán se rompe para separar sus polos, esto no se logra pues se obtiene al menos dos imanes cada uno con sus dos polos. El polo norte de un imán se alinea con un polo sur de otro imán produciendo una fuerza que tiende a unirlos. Polos de diferente nombre se rechazan.

En 1820 Hans Christian Ørsted descubrió la relación entre el magnetismo y la electricidad; al colocar una brújula en la cercanía de un conductor que transportaba cargas eléctricas, la brújula se desvió. En 1831 Michael Faraday expuso que el movimiento, las cargas eléctricas y el magnetismo estaban relacionados de tal manera que era posible obtener uno de los fenómenos haciendo interactuar de manera apropiada a los otros dos.

El fenómeno magnético está presente en todos los átomos. Debido a que éstos tienen cargas eléctricas en movimiento (electrones); sin embargo los polos magnéticos que se forman no se alinean, anulándose entre sí para la mayoría de los materiales; esto ocasiona que casi todos los materiales no sean susceptibles de magnetizarse. Sin embargo, existen unos cuantos que tienen a sus electrones en una posición tal que los campos magnéticos que producen no se anulan. Cientos

de miles de átomos con una determinada alineación magnética reciben el nombre de dominios magnéticos. Los dominios magnéticos del hierro están casi alineados entre sí. Cuando un trozo de hierro entra en contacto o está cerca de un polo magnético, alinea sus dominios magnéticos transformándose en un imán. Un imán presenta una serie de líneas de flujo magnético que no tienen inicio ni fin, van del polo norte al polo sur del imán y pasan a través de él.



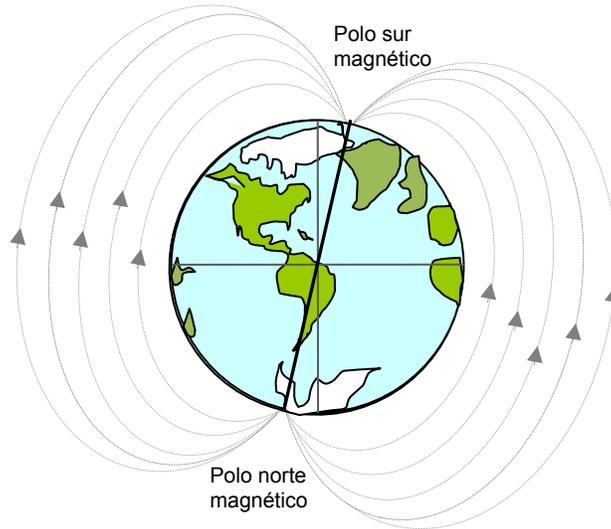
Una bobina es un conductor que ha sido enrollado, puede tener desde unas cuantas vueltas hasta miles de ellas. La bobina forma un cilindro hueco, como un tubo sin sus extremos cerrados. Al hacer circular corriente por la bobina, se forma un campo magnético, cuyas líneas de fuerza forman anillos que surgen del interior, van hacia fuera y regresan al interior. Si se coloca un núcleo de hierro en el interior se refuerza la intensidad de campo magnético. Cuando se deja de pasar corriente a la bobina, termina la generación del campo magnético. De este modo se tiene un imán que se puede “apagar” o “prender”, se llama electroimán.

Los imanes permanentes se fabrican con aleaciones de hierro, cobalto, níquel, y neodimio enfriando la fundición en un intenso campo magnético, se elaboran con diferentes formas de acuerdo a la función que se ha pensado para ellos. Una barra de hierro se puede magnetizar si se martillea al estar alineada con él las líneas del campo magnético de la tierra, porque sus dominios se agitan con los golpes y se alinean con el campo magnético de la tierra, transformándose en un imán. Por el contrario, el calor o el flujo de cargas eléctricas desvían los dominios magnéticos.

## 2.1. Campo magnético

Un campo magnético es un conjunto de fuerzas que actúan en el espacio que rodea a un imán. La tierra tiene un campo magnético natural. Existe una hipótesis que afirma que es originado por el movimiento del hierro fundido en la profundidad del planeta; esto causa que la tierra se comporte como si en su interior tuviera un enorme imán orientado en una dirección ligeramente distinta al eje de rotación que determina el norte y el sur geográficos. Hay una capa que rodea a la tierra que se conoce como magnetosfera y ésta la protege del viento solar, enviando las partículas a los polos, originando las auroras boreales.

Un campo magnético puede ejercer una fuerza sobre una partícula cargada, esta fuerza es directamente proporcional a la magnitud de la carga y a la velocidad de la partícula. Cuando un electrón atraviesa un campo magnético experimenta una fuerza que es perpendicular a su trayectoria, esta fuerza se origina por la interacción del campo magnético descrito y el campo magnético asociado al electrón. Se forma un campo magnético en torno al electrón pues es una carga eléctrica en movimiento y al interactuar estos fenómenos se genera magnetismo. Como la fuerza que se ejerce sobre el electrón es perpendicular a su movimiento, no se dan las condiciones para realizar un trabajo.



En la naturaleza se presentan con regularidad, una serie de fenómenos magnéticos; por ejemplo, algunas aves se orientan con el campo magnético de la tierra en sus migraciones. En el cerebro presentan minúsculas partículas magnetizadas que interactúan con sus neuronas al alinearse con el campo magnético de la tierra.

Como ya se dijo, un conductor portador de corriente produce un campo magnético en torno de él. Las líneas de campo magnético en un alambre con flujo de corriente eléctrica forman una serie de círculos concéntricos en torno del conductor. Si la mano derecha apunta con el dedo pulgar en la dirección de la corriente convencional, los demás dedos doblados en forma de círculo apuntan en el sentido del campo magnético.

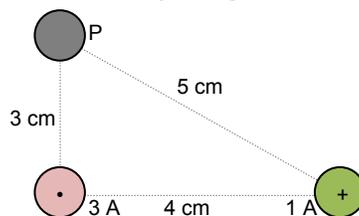
La dirección del campo magnético  $B$  en cualquier punto en el espacio que rodea a un alambre portador de corriente es tangente a la línea de campo magnético circular que pasa por dicha posición. La intensidad del campo magnético o también llamada densidad de flujo magnético, en algún punto en el espacio que rodea a un alambre está dada por:

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

Dónde  $\mu_0$  es la permeabilidad del espacio libre, es una constante igual a  $1.256637061 \times 10^{-6}$

La unidad del campo magnético es el Tesla, (T), en honor al inventor croata, Nikola Tesla.

**Ejemplo 1** ¿Cuál es la densidad de flujo magnético en el punto "P" de la siguiente construcción?



Para resolver el problema primero se calcula la densidad de flujo magnético  $B$ , que ocasiona cada conductor. El círculo que tiene un punto, representa la sección transversal de un alambre en el que la corriente viaja hacia dentro de la hoja de papel; el que tiene un signo de más, es otro alambre en el que la corriente fluye hacia afuera de esta hoja de papel.

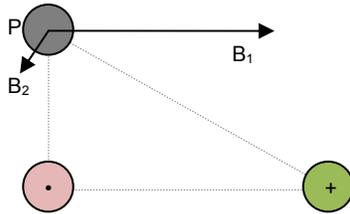
La intensidad de campo magnético ocasionado por el conductor de la izquierda es:

$$B_1 = \frac{\mu_o I}{2\pi d} = \frac{(1.256637061 \times 10^{-6})(3)}{(2)(\pi)(0.03)} = 20 \times 10^{-6} T$$

Del mismo modo se calcula la densidad de flujo magnético de conductor de la derecha:

$$B_2 = \frac{\mu_o I}{2\pi d} = \frac{(1.256637061 \times 10^{-6})(1)}{(2)(\pi)(0.05)} = 4 \times 10^{-6} T$$

Después se determina la dirección de los vectores con la regla de la mano derecha:



La resultante del sistema de vectores, se calcula como ya se explicó para un problema semejante de la clase 2:

$$B_R = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha} = \sqrt{(20 \times 10^{-6})^2 + (4 \times 10^{-6})^2 + (2)(20 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6}) \cos 126.87^\circ}$$

$$B_R = 17.888 \times 10^{-6} T$$

### 3.1. Flujo magnético

El flujo magnético es la medida del número de líneas de campo magnético que pasan por unidad de área, se representa con la letra griega phi  $\Phi$ . Se calcula multiplicando la intensidad de campo magnético por el área del elemento que se estudia (por lo general una espira) por el coseno del ángulo formado entre la perpendicular al plano del elemento y la dirección de las líneas de flujo del campo. Se mide en Webers (Wb).

Las espiras son alambres que han sido doblados para presentar alguna forma geométrica, teniendo a sus extremos paralelos; si se introducen en un campo magnético y circula corriente eléctrica por ellos, el resultado es que comienzan a girar. La razón por la que una espira se mueve cuando circula corriente por ella y está dentro de un campo magnético es porque interactúan el campo magnético de la espira y el campo magnético externo. El movimiento rotacional termina a los  $180^\circ$ , si se invierte la polaridad del voltaje y por tanto el sentido de la corriente, el movimiento continúa otros  $180^\circ$ . Por lo tanto es necesario invertir cada media vuelta el sentido de la corriente para que haya un giro continuo. Un grupo de espiras forman la armadura de los motores eléctricos.

**Ejemplo 2** En una espira circular con un radio de 8 cm, se encuentra en un campo magnético uniforme de una densidad de 3 mT. Calcula el flujo magnético total en la espira.

Como se pide calcular el flujo total, el ángulo es de  $0^\circ$

$$\Phi = BA \cos \alpha = (3 \times 10^{-3})(\pi)(0.04)^2 \cos(0^\circ) = 15.0796 \times 10^{-6} Wb$$

**Ejemplo 3** Encuentra la densidad de flujo magnético que recibe una espira con sección cuadrada de 2 cm de lado, si se encuentra formando un ángulo de  $25^\circ$  con la líneas de flujo del campo y pasa por ella un flujo magnético de 2 mWb.

Para resolver el problema, primero se debe calcular el ángulo. Como el ángulo de la fórmula es entre la normal a la superficie de la espira y la dirección del flujo del campo magnético, entonces el ángulo es el complemento de  $25^\circ$ , es decir,  $90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$

Por otra parte, el área de la espira se calcula elevando al cuadrado la longitud del lado, finalmente se debe despejar la densidad de flujo magnético de la fórmula antes vista, sustituyendo:

$$B = \frac{\Phi}{A \cos \alpha} = \frac{2 \times 10^{-3}}{(0.02)^2 \cos 65^\circ} = 11.831 T$$

**Ejemplo 4** Encuentra el radio de una espira circular que se somete a 2 mT y por ella fluyen, cuando se encuentra perpendicular a la dirección del campo magnético,  $11 \mu\text{Wb}$ .

Para resolver el problema, se despeja de la fórmula el radio:

$$r = \sqrt{\frac{\Phi}{\pi B \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{11 \times 10^{-6}}{(\pi)(2 \times 10^{-3})(\cos 0^\circ)}} = 0.04184 m$$

El radio de la espira es de 4.18 cm

#### 4.1. Permeabilidad magnética

Al estar próximo un material ferromagnético a un imán o electroimán, el material ferromagnético se magnetiza, esto significa que se alinean sus dominios magnéticos con el campo del imán. El resultado de esto es que se concentra el campo magnético del imán en la proximidad del material ferromagnético. Este fenómeno se emplea para proteger de campos magnéticos a circuitos electrónicos sensibles, encerrándolos con una cubierta de un material ferromagnético.

La permeabilidad magnética mide qué tan magnetizable es un material. Los materiales ferromagnéticos tienen una permeabilidad relativa de mayor a 100. Por ejemplo el Permalloy que es una aleación (80%Ni, 20%Fe) puede alcanzar una permeabilidad relativa de 80000. Los materiales paramagnéticos tienen una permeabilidad relativa apenas mayor a 1, los materiales diamagnéticos tienen una permeabilidad relativa menor a 1.

La permeabilidad relativa se calcula con un par de bobinas; una de ellas tiene un núcleo del material que se va a estudiar y la otra no tiene núcleo. Se determinan los campos magnéticos y luego se divide el campo de la bobina con el núcleo entre el campo de la bobina sin núcleo.

#### 5.1. Materiales magnéticos

Los diferentes materiales se clasifican en magnéticos y no magnéticos. Los materiales magnéticos son atraídos por los imanes, el hierro es fuertemente atraído por los imanes; el níquel y el cobalto también pero con menor intensidad. Algunos imanes de aleaciones como el Alnico o Permalloy, son tan poderosos que pueden sostener hasta cien veces su peso de un material ferromagnético. Los materiales ferromagnéticos son aquellos que conocemos como materiales magnéticos, son atraídos con una fuerza intensa a los polos de los imanes.

Los materiales no magnéticos tienen propiedades diferentes. Si un material es débilmente rechazado por un campo magnético se dice que es un material diamagnético. Por ejemplo el mercurio, el zinc, el oro y el bismuto son materiales diamagnéticos. Si un material es débilmente atraído por un intenso campo magnético se conoce como material paramagnético, la madera, el platino, el aluminio y el zinc son materiales paramagnéticos.