Ejemplo 5. Dos polos magnéticos S de igual intensidad ejercen una fuerza de 0.04 N uno sobre el otro cuando están separados 8 cm. Encontrar la intensidad del polo.

Solución:

Por la ecución 4, tenemos: $F = x \frac{mm^1}{d^2}$

$$0.04\ N = 10^{-7} \frac{N}{Amp^2} \times \frac{m\ m^1}{(8x10^{-2}m)^2}$$

Pero como los dos polos son iguales:

$$0.04\ N = 10^{-7} \frac{N}{Amp^2} \times \frac{m^2}{(8x10^{-2}m)^2}$$

$$m^2 = \frac{0.04\ N \times (8x10^{-2})^2 m^2 Amp^2}{10^{-7}N}$$

$$m^2 = 2560\ Amp^2 m^2$$

$$m = 50.6\ Amp\ m$$

Las numerosas líneas invisibles de fuerza magnética que rodean a un imán recibe el nombre de *flujo magnético*. Si es un imán potente, las líneas serán más densas. Así, la potencia de un campo magnético puede determinarse por su *densidad de flujo*, o el número de líneas por pulgada cuadrada o por centímetro cuadrado.

La densidad de flujo se expresa por medio de la ecuación:

$$\boxed{B = \emptyset / A} \qquad (5)$$

donde:

B = densidad de flujo $(\frac{webers}{m^2})$ ó $(\frac{maxwells}{cm^2})$

$\emptyset$ = número de líneas de fuerza magnética.

A = área de la sección de corte transversal (m^2 o cm^2)

Para especificar la intensidad de campo magnético en cualquier punto del espacio, se designa la cantidad vectorial, llamada *inducción magnética* B. Puesto que las líneas de fuerza se usan con frecuencia como representaciones gráficas de las variaciones en la inducción magnética de un punto al otro, también se llaman *líneas de inducción*.

La dirección de la inducción magnética B en cualquier punto es tangente a la línea de inducción que pasa por ese punto y su magnitud está dada por el número de líneas por unidad de superficie. Dicha unidad está escogida de modo que incluya al punto en cuestión y en cualquier lugar es perpendicular a todas las líneas que la atraviesan.

En el sistema MKS, una línea de inducción equivale a un *weber*, mientras que en el sistema cgs equivale a un *maxwell*.

$$\frac{1\ maxwell}{cm^2} = 1\ gauss$$

$$\frac{1\ weber}{m^2} = 10^4 \frac{maxwells}{cm^2}$$

$$1\ Tesla = 10^4\ gauss.$$

4-6 RELACIÓN ENTRE LA CORRIENTE ELÉCTRICA Y EL MAGNETISMO.

El físico danés Haus Christian Desterd descubrió que existía un campo magnético en torno a un conductor que lleva corriente eléctrica y además que la dirección del campo magnético depende de la dirección del flujo de la corriente.

El campo magnético de un conductor rectilíneo de gran longitud a una distancia r, perpendicular al conductor por el que circula una corriente de intensidad I, tiene un módulo.

$$\boxed{B = x \frac{2I}{r}} \qquad (6)$$

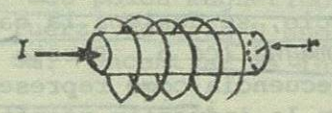

Fig. 13.

Ejemplo 6. Hallar la inducción magnética (o densidad de flujo) en un punto del aire a 5 cm de un conductor rectilíneo por el que circula una corriente de 15 A de intensidad.

Solución:

Por la ecuación 6, tenemos:

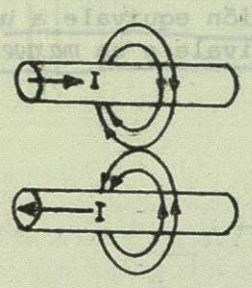

Fig. 14.

$$B = X \frac{2\,I}{r}$$

$$= 10^{-7} \frac{wb}{A\ m} \times \frac{30\ A}{5\times10^{-2} m}$$

$$= 6 \times 10^{-5}\ wb/m^2$$

$$= 6 \times 10^{-5}\ \text{Teslas.}$$

El campo magnético de una espira circular plana de radio r recorrida por una corriente de intensidad I, en el centro de la misma:

$$\boxed{B = X \frac{2\,\pi I}{r}} \qquad (7)$$

y si se trata de una bobina constituída por N espiras, el módulo de la inducción magnética, en su centro es:

$$\boxed{B = X \frac{2\,\pi N\ I}{r}} \qquad (8)$$

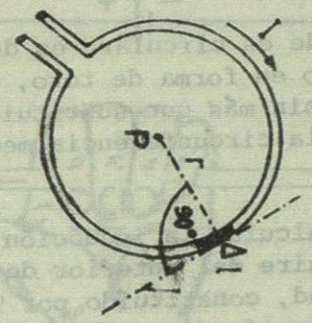

Fig. 15.

Ejemplo 7. Una bobina circular, constituída por 40 espiras de conductor, tiene un diámetro de 32 cm. Hallar la intensidad de corriente que debe circular por ella para que la inducción magnética en su centro sea de 3×10^{-4} Teslas (T).

Solución:

Por la ecuación 8, despejando de $B = X \frac{2\pi NI}{r}$

$$I = \frac{Br}{2\,\pi X\ N}$$

$$I = \frac{3\times10^{-4}\ wb/m^2 \times .16\ m}{2\times3.14\times10^{-7} \frac{wb}{A\text{-}m} \times 40}$$

$$I = 1.9\ A$$

En el caso de un solenoide rectilíneo de longitud ℓ, constituído por N espiras por las que circula una corriente de intensidad I, el módulo del vector inducción magnética, en cualquier punto de su eje, vale:

$$\boxed{B = x \frac{4\,\pi N\ I}{\ell}} \qquad (9)$$

Si el solenoide es circular, es decir, N espiras arrolladas sobre un núcleo en forma de toro, es válida la misma expresión anterior, sin más que sustituir la longitud ℓ por la correspondiente a la circunferencia media del toro.

Ejemplo 8. Calcular la inducción magnética en el centro del núcleo de aire del interior de un solenoide rectilíneo de gran longitud, constituído por 9 espiras de conductor por centímetro recorridas por una intensidad de 6 A.

Solución:

Por la ecuación 9, tenemos:

$$B = x \frac{4\pi N I}{\ell}$$

$$= 4\pi x \frac{N}{\ell} I$$

$$= 4\pi x 10^{-7} \frac{wb}{Am} x \frac{9 \text{ espiras}}{10^{-2} \text{ m}} \times 6 \text{ A}$$

$$= 6.8 \times 10^{-3} \text{ wb/m}^2$$

$$= 6.8 \times 10^{-3} \text{ Teslas.}$$

4-7 REGLA DE LA MANO IZQUIERDA.

La regla de la mano izquierda para un conductor puede usarse para determinar la dirección del campo. Simule tomando el conductor con la mano izquierda, extienda el pulgar en la dirección en que circula la corriente. Sus otros dedos indicarán la dirección circular del campo magnético.

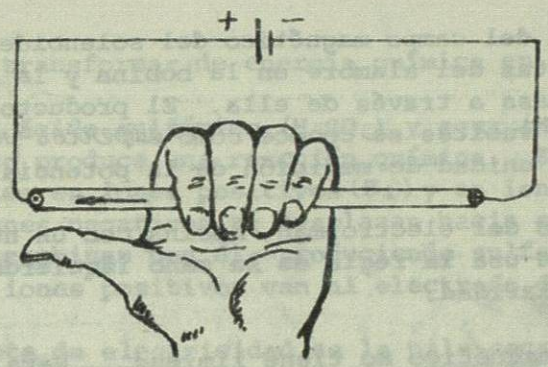

Fig. 16.

El conocimiento de este principio es sumamente importante en los circuitos eléctricos, cuando los cables conducen corrientes alternas. En ese caso, la colocación de los conductores tienen cierta influencia en el comportamiento del circuito.

Cuando se devana un conductor portador de corriente para formar una bobina o solenoide, los campos magnéticos individuales que roedan a los conductores tienden a mezclarse o unirse. Un solenoide aparecerá como un campo magnético con un polo N magnético en un estremo y otro S en el opuesto. *La regla de la mano izquierda para una bobina* puede usarse para determinar su polaridad. Tome o simule la bobina con la mano izquierda, de tal modo que sus dedos la rodeen en el mismo sentido que el flujo de corriente. Entonces, su dedo pulgar extendido señalará en dirección al polo norte de la bobina.

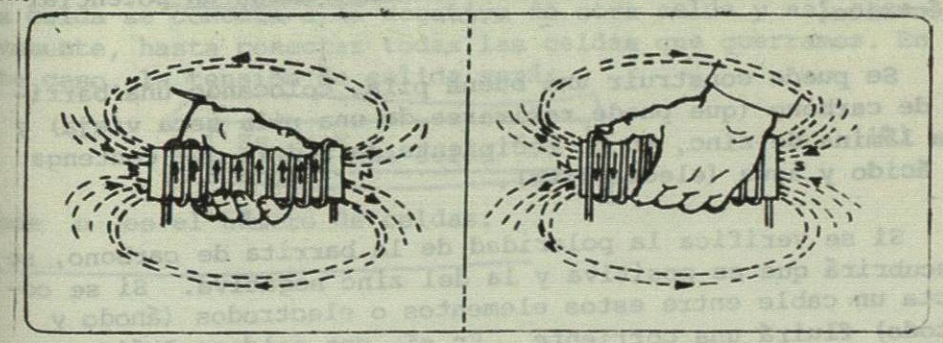

Fig. 17.

La fuerza del campo magnético del solenoide depende del número de vueltas del alambre en la bobina y la corriente en amperios que pasa a través de ella. El producto de los amperios por las vueltas se conoce como *amperios-vuelta* de una bobina y es la unidad de medición de la potencia del campo.

En el caso del electroimán, bobina con un núcleo de hierro, también se usa la regla de la mano izquierda para determinar su polaridad.

Un campo magnético no tiene límites. Para los alumnos principiantes, es difícilmente comprensible el hecho de que la fuerza de un imán atravesará cualquier tipo de material, aunque sea una pared de cemento armado, vidrio, madera o cualquier otro material que se imaginen. Pero puede proteger se un instrumento o un circuito de las líneas de fuerza magnética, mediante la aplicación de la permeabilidad de ciertos materiales. La *permeabilidad* es *la capacidad de una sustancia o material para conducir líneas de fuerza magnética.*

4-8 FUENTES DE ELECTRICIDAD

Una de las fuentes más conocidas de tensión o potencial eléctrica son las baterías. Alessandro Volta, científico italiano, inventó la pila eléctrica más conocida en su honor, como *celda o pila voltáica*. Volta descubrió que cuando dos elementos distintos se colocaban en un medio químico que actuaba sobre ellos, se establecía entre ambos un potencial eléctrico.

Se puede construir una buena pila, colocando una barrita de carbono (que puede retirarse de una pila seca vieja) y una lámina de zinc, en un recipiente de vidrio que contenga un ácido y agua (electrolito).

Si se verifica la polaridad de la barrita de carbono, se descubrirá que es positiva y la del zinc negativa. Si se conecta un cable entre estos elementos o electrodos (ánodo y cátodo) fluirá una corriente. En sí, una celda voltáica es

un medio para transformar de energía química en eléctrica.

Si se usa ácido sulfúrico (H_2SO_4) y agua (H_2O) como electrolito, se produce una reacción química. El ácido sulfúrico se divide en iones positivos (H_2) y en iones negativos (SO_4). Los iones negativos se desplazan hacia el electrodo del zinc y se combinan con él, produciendo sulfato de zinc ($ZnSO_4$) y los iones positivos van al electrodo del carbono.

Otra fuente de electricidad es la pila seca, que consiste en un recipiente de zinc que actúa como electrodo negativo. En su centro se encuentra una barrita de carbono, que es el electrodo positivo. Alrededor de la barrita de carbono existe una pasta de carbono molido, dióxido de manganeso (MnO_2) y sal de amoníaco (cloruro de amonio). El MnO_2 actúa como despolarizador y el carbono molido aumenta la efectividad de la pila seca, al reducir su resistencia interna.

Existen algunas novedades, tales como la pila de mercurio y las pilas recargables de níquel y cadmio.

Además, es muy común las pilas simples llamadas baterías. En realidad una batería consiste en dos o más celdas que se mencionan en un receptáculo.

Es importante saber y comprender la finalidad y los resultados de conectar las celdas en grupos.

En una conexión serie de celdas, la terminal positiva de una celda se conecta a la negativa de otra celda y así sucesivamente, hasta conectar todas las celdas que querramos. En este caso, la tensión de salida será:

$$\boxed{Es = E_{una\ celda} \times n} \qquad (10)$$

donde n es el número de celdas.