
MODALIDAD DE TRABAJO

Estimados estudiantes: Nuestro espacio curricular contempla contenido teórico y debe complementarse con la puesta en práctica, pero debido a la situación que estamos atravesando abordaremos solamente la parte teórica hasta nuevo aviso y en algunos casos si disponen de los materiales podrán realizar la parte práctica. Les presentare diferentes trabajos prácticos en donde habrá material de lectura y actividades para que realicen en sus carpetas, las cuáles serán corregidas cuando nos volvamos a encontrar en nuestra escuela.

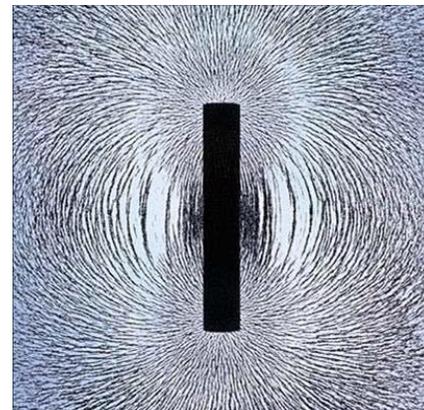
Cabe mencionar que es muy importante la lectura del contenido teórico de los distintos trabajos prácticos que se les envía para la comprensión de la materia.

Magnetismo

Introducción

Para incorporarnos en el maravilloso mundo de las Máquinas Eléctricas es fundamental conocer diferentes fenómenos naturales muy sencillos que hacen que funcionen muchos de los aparatos que ahora conocemos tanto en la industria como en el hogar.

El magnetismo tiene que ver con fenómenos de atracción y repulsión que se presentan con los imanes y con los materiales ferromagnéticos, y el electromagnetismo con fenómenos magnéticos que aparecen cuando los conductores y **bobinas** son recorridos por una corriente eléctrica. El estudio de estas dos ciencias es importante, ya que aprovechando estos fenómenos se pueden construir electroimanes, transformadores, motores, generadores de electricidad como las dinamos y alternadores, altavoces, relés y contactores, cerraduras electromagnéticas, cocinas de inducción, detectores de metales, electroválvulas y un sin fin más de aplicaciones.



Los imanes

Si tomamos un imán e intentamos acercar diferentes objetos metálicos, podremos observar que éste atrae con fuerza sólo aquellos objetos que sean de hierro o de acero. Este fenómeno también se da con el níquel y el cobalto. A estos materiales que son susceptibles de ser atraídos por un imán se les conoce por el nombre de **materiales ferromagnéticos**.

Las aplicaciones de los imanes son muy variadas, ya que con ellos se pueden producir fuerzas mecánicas considerables. Así, por ejemplo se pueden utilizar como separadores magnéticos que separan materiales magnéticos de no magnéticos. Otras aplicaciones de los imanes son: pequeñas, micrófonos, altavoces, aparatos de medida analógicos y pequeños motores eléctricos de C.C.

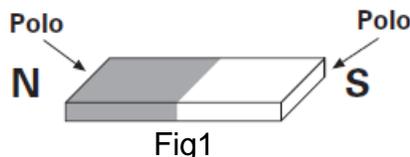
El magnetismo tiene que ver con fenómenos de atracción y repulsión que se presentan con los imanes y con los materiales ferromagnéticos.

Polos de un imán

Si depositamos una cantidad de limaduras de hierro sobre un imán recto como el de la Figura 1, podremos observar que aparece una mayor concentración de éstas en los extremos del imán. A su vez también se puede comprobar cómo esta concentración disminuye hacia el centro, hasta desaparecer prácticamente en el centro.

A las zonas donde se produce la mayor atracción se las denomina polos magnéticos.

A la zona donde no hay atracción se la denomina línea neutra.



Brújula

Una brújula es una aguja imantada que puede girar libremente en su eje central (Figura 2). Si dejamos girar libremente a la aguja imantada de una brújula, ésta se orientará siempre con un extremo hacia el polo norte terrestre y el otro hacia el sur. De aquí proviene el nombre de los polos de un imán. Al extremo de la aguja que se orienta hacia el norte geográfico terrestre se le denomina polo norte, y al otro polo sur. (Figura 3).



Fig 2

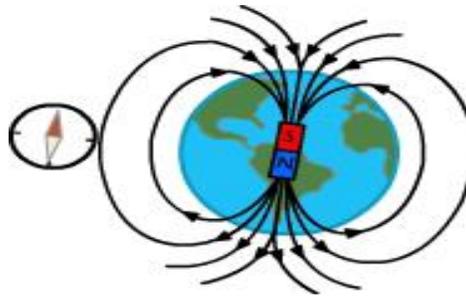


Fig3

Dado que en los imanes, los polos del mismo nombre desarrollan fuerzas de repulsión y los de diferente nombre de atracción, mediante una brújula será fácil determinar los nombres de los polos. Para ello bastará con acercar la brújula a unos de los polos del imán y comprobar si existe atracción o repulsión del polo norte de la misma.

Clases de imanes

En la naturaleza se pueden encontrar imanes naturales, como la magnetita, que posee en ciertas propiedades magnéticas. Ahora bien, si lo que deseamos es potenciar dichas propiedades se pueden fabricar imanes artificiales a partir de sustancias ferromagnéticas. A su vez los imanes artificiales, o sustancias magnetizadas, dependiendo del tipo de sustancia utilizada, una vez magnetizados pueden mantener durante largo tiempo sus propiedades magnéticas (imanes permanentes) o sólo cuando están sometidos a la acción de un campo magnético (imanes temporales). Como ejemplo de imanes temporales tenemos al hierro puro y como imán permanente al acero.

Mediante una sencilla experiencia se puede comprobar cómo al acercar un trozo de acero (por ejemplo un destornillador) a un imán, queda magnetizado, apreciándose sus propiedades de atracción aunque retiremos el imán de dicho trozo de acero. Sin embargo, si utilizamos un trozo de hierro para la experiencia (por ejemplo un clavo de hierro), éste manifiesta propiedades de atracción hacia otros materiales sólo cuando está bajo la acción del campo magnético del imán; una vez retirado el imán, dicho trozo de hierro pierde prácticamente todas las propiedades magnéticas adquiridas.

Para la construcción de imanes permanentes se utilizan aleaciones de: acero tungsteno, acero-cobalto, acero al titanio, hierro-níquel-aluminio-cobalto y otras más. Los imanes temporales son de gran utilidad para la construcción de núcleos para electroimanes, motores, generadores y transformadores. En estos casos se emplea la chapa de hierro aleada, por lo general, con silicio.

Teoría molecular de los imanes

Si rompemos un imán en dos, las dos partes resultantes son dos imanes completos con sus polos correspondientes. Si volviésemos a romper una de estas partes obtendríamos otros dos nuevos imanes. Este proceso se puede repetir multitud de veces hasta alcanzar lo que vendremos a llamar molécula magnética.

Según esta teoría, se puede suponer que: Un imán está compuesto de moléculas magnéticas perfectamente orientadas con los polos respectivos del imán (Figura 4). Un trozo de hierro sin imantar está compuesto de moléculas magnéticas totalmente Desorientadas (Figura 5).



Fig 4



Fig 5

Gracias a esta teoría también podremos entender más fácilmente el comportamiento de los materiales magnéticos utilizados para la elaboración de imanes permanentes y artificiales. En el caso de los imanes permanentes, aparece una especie de rozamiento interno entre las moléculas magnéticas que dificulta el retorno al estado inicial una vez orientadas y magnetizadas. Al contrario, en los imanes temporales las moléculas magnéticas se ordenan y desordenan con facilidad, en función de la influencia ejercida por la acción de un campo magnético externo al mismo. Las propiedades magnéticas de los imanes se ven alteradas por la temperatura, así por ejemplo, el hierro puro pierde totalmente su magnetismo por encima de los 769 °C. Por otro lado, si golpeamos fuertemente un trozo de acero imantado se puede modificar sus propiedades magnéticas. Esto es debido a que los golpes pueden cambiar el orden de las moléculas magnéticas

Campo magnético de un imán

Se puede decir que el campo magnético es el espacio, próximo al imán, en el cual son apreciables los fenómenos magnéticos originados por dicho imán.

El campo magnético de un imán es más intenso en unas partes que otras. Así, por ejemplo, el campo magnético adquiere su máxima intensidad en los polos, disminuyendo paulatinamente según nos alejamos de ellos. Para poder hacernos una idea del aspecto que tiene el campo magnético, o sea, de su espectro magnético, realiza la siguiente experiencia

Experiencia 1

Se toma un imán sobre el que se coloca una lámina de plástico transparente y se espolvorea con limaduras de hierro, procurando que queden uniformemente repartidas por toda la superficie de la lámina de plástico transparente. Las limaduras de hierro se orientan sobre la misma dibujando la forma del campo magnético (Figura 6).

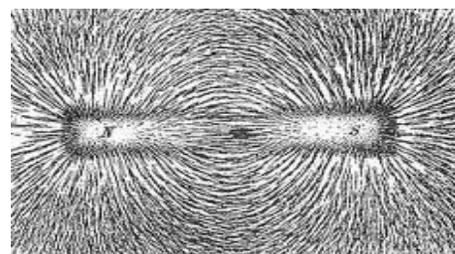


Fig6

Observa como hay más limaduras concentradas en los extremos y que existen unas cadenas de limaduras formando unas líneas que van de un polo a otro. A estas cadenas se las conoce por el nombre de líneas de fuerza del campo magnético.

Las líneas de campo se pueden dibujar tal como se muestra en la Figura 7. Las líneas de fuerza únicamente representan la forma del campo magnético. Ahora bien, por motivos de convencionalismos teóricos, se les da un sentido de circulación, de tal forma que se dice que las líneas de campo salen por el polo norte del imán, recorren el espacio exterior y entran por el polo sur. El sentido de circulación de estas líneas por el interior del imán es del sur al norte.

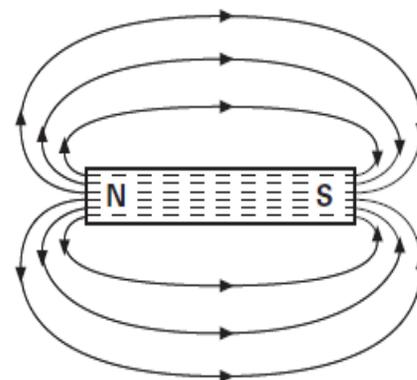
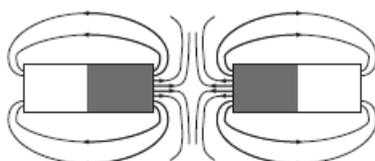


Fig 7

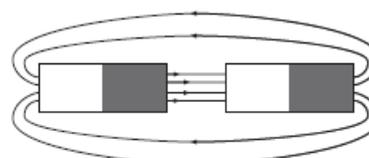
La visualización de las líneas de campo resulta muy interesante, ya que conociendo su dirección podemos determinar la polaridad de un determinado campo magnético.

En la Figura 8 se puede observar como cuando acercamos dos imanes por sus polos iguales, las líneas de campo se repelen. Sin embargo, si acercamos dos imanes por sus polos opuestos (Figura 9), las líneas de campo se establecen en la misma dirección y se suman.



(Se Repelen)

Fig 7



(Se Atraen)

Fig 8

Electromagnetismo

Los imanes producen un campo magnético considerable, pero para ciertas aplicaciones éste resulta todavía muy débil. Para conseguir campos más intensos utilizaremos bobinas fabricadas con conductores eléctricos, que al ser recorridos por una corriente eléctrica desarrollan campos magnéticos cuya intensidad depende fundamentalmente de la intensidad de la corriente y del número de espiras de la bobina.

Si nosotros espolvoreamos limaduras de hierro sobre una hoja de papel que es atravesada por un conductor por donde circula una corriente eléctrica (Figura 10), observaremos que las limaduras se orientan y forman un espectro magnético de forma circular (Figura 11).

El electromagnetismo unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría que relaciona el campo magnético, el campo eléctrico y sus respectivas fuentes materiales (corriente, polarización eléctrica y magnética).

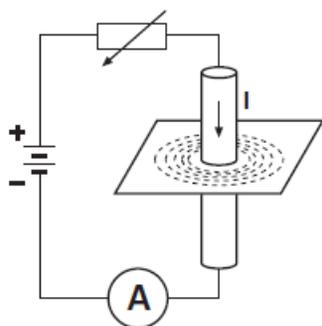


Fig 10

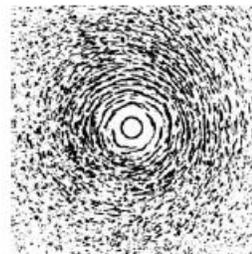


Fig 11

Esto nos demuestra que cuando un conductor es atravesado por una corriente eléctrica, a su alrededor aparece un campo magnético. Observando el espectro del campo magnético se puede apreciar que las líneas de fuerza toman la forma de círculos concéntricos que se cierran a lo largo de todo el conductor.

Si situamos varias agujas imantadas alrededor del conductor, podremos observar como su orientación depende del sentido de la corriente. Para determinar el sentido de las líneas de fuerza de una forma sencilla, se aplica la regla de la mano derecha o de Maxwell que dice así: El sentido de las líneas de fuerza, concéntricas al conductor, es el que indicaría el giro de los dedos al abrazar el conductor, señalando con el pulgar el sentido en el que circula la corriente (Figura 12).



Fig 12

La intensidad del campo magnético desarrollado por el conductor depende fundamentalmente de la intensidad de la corriente que fluye por el conductor. A más intensidad de corriente más intensidad de campo.

Campo magnético un conductor en forma de anillo

Un conductor recto produce un campo magnético muy disperso y, por tanto, muy débil. La forma de conseguir que el campo magnético sea más fuerte es disponiendo el conductor en forma de anillo.

El sentido de las líneas de fuerza de una parte del conductor se suma a la del otro, formando un campo magnético mucho más intenso en el centro de la espira (Figura 13). En la (Figura 14) se puede apreciar el efecto de concentración de las líneas de campo en el centro del anillo al que, como en otras ocasiones, se le ha realizado el espectro magnético con limaduras de hierro.

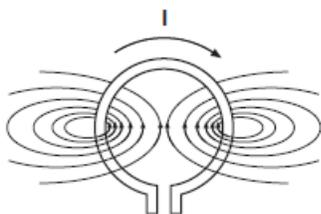


Fig 13

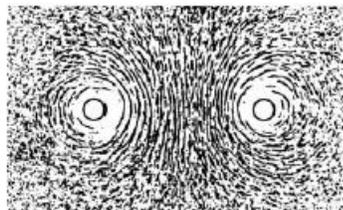


Fig 14

Campo magnético formado por una bobina

En una bobina, el campo magnético de cada espira se suma al de la siguiente, concentrándose éste en el centro de la misma. El campo resultante es uniforme en el centro de la espira y mucho más intenso que en el exterior. En los extremos de la bobina se forman los polos magnéticos (Figura 15).

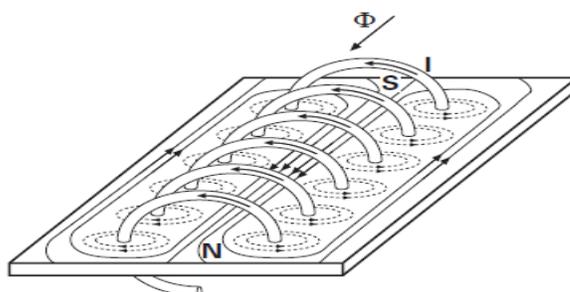


Fig 15

Para determinar el sentido de las líneas de fuerza se aplica igualmente la regla de la mano derecha, el polo norte estará situado en el extremo por donde salen las líneas de fuerza y el sur por donde entran.

Magnitudes magnéticas

Al igual que para definir el comportamiento de un circuito eléctrico utilizamos las magnitudes eléctricas, para definir los campos electromagnéticos utilizamos las magnitudes magnéticas.

Flujo magnético (Φ): El campo magnético se representa a través de las líneas de fuerza.

A la cantidad de estas líneas se le denomina flujo magnético. Se representa por la letra griega Φ ; sus unidades son:

- **El Weber (Wb)** en el sistema internacional.
- **El Maxwell (Mx)** en el sistema c.g.s.

La relación que existe entre ambas unidades es $1 \text{ Wb} = 10^8 \text{ Mx}$ **Inducción magnética (B):** La inducción magnética se define como la cantidad de líneas de fuerza que atraviesan perpendicularmente la unidad de superficie. En cierta forma, nos indica lo densas que son las líneas de fuerza, o lo concentradas que están, en una parte del campo magnético.

Se representa por la letra griega B; sus unidades son:

La Tesla (T) en el sistema internacional.

El Gaus (Gs) en el sistema c.g.s.

La relación que existe entre ambas unidades es $1 \text{ T} = 10^4 \text{ Gs}$.

Se dice que existe una inducción de una tesla cuando el flujo de un weber atraviesa perpendicularmente una superficie de un metro cuadrado.

$$1 \text{ Tesla} = \frac{1 \text{ Weber}}{1 \text{ m}^2}$$

$$B = \frac{\phi}{S}$$

Ejemplos 1

¿Cuál es la inducción magnética existente en la cara plana del polo de un imán recto de 30 cm^2 de superficie cuando es atravesado por un flujo magnético de $0,009 \text{ Wb}$?

Expresar el resultado en teslas.

Solución:

$$B = \frac{\phi}{S} = \frac{0,009}{0,003} = 3 \text{ T}$$

$$30 \text{ cm}^2 = \frac{30}{10.000} = 0,003 \text{ m}^2$$

Ejemplos 2

¿Cuál será el flujo magnético que existe en el campo magnético producido por una bobina si ésta tiene un núcleo de 20 cm^2 de superficie y la inducción magnética en la misma es de $1,5 \text{ teslas}$?

Solución: despejando la fórmula general, tenemos:

$$\phi = B \cdot S = 1,5 \cdot 0,002 = 0,003 \text{ Wb} = 3 \text{ mW (miliweber)}$$

Fuerza magnetomotriz (F): Se puede decir que es la capacidad que posee la bobina de generar líneas de fuerza en un circuito magnético. La fuerza magnetomotriz aumenta con la intensidad de la corriente que fluye por la bobina y con el número de espiras de la misma.

$F = \text{Fuerza magnetomotriz en amperio-vuelta (Av)}$

$$F = N \times I$$

$N = \text{Número de espiras}$

$I = \text{Intensidad de corriente (A)}$

Ejemplos 3

Para el funcionamiento de un electroimán se necesita una fuerza magnetomotriz de 500 Av . Indicar dos posibilidades de conseguirlo.

Solución: Si fabricamos una bobina con 500 espiras, el número de amperios que tendremos que hacer pasar por ella será de:

$$F = N \times I \text{ despejando } I = \frac{F}{N} = \frac{500}{500} = 1A$$

¿Y si la fabricamos con 100 espiras? $I = \frac{500}{100} = 5A$

Para la fabricación de electroimanes muy potentes, como por ejemplo los que se utilizan para suspender en un colchón magnético un tren de alta velocidad sobre un monorraíl, se necesitan fuerzas magnetomotrices muy elevadas, es decir, bobinas con muchas espiras que son atravesadas por grandes intensidades de corriente. Para evitar fabricar bobinas de grandes dimensiones se utilizan materiales superconductores. De esta forma se consiguen potentísimos campos magnéticos con pocas espiras y corrientes de miles de amperios, que no calientan los superconductores por efecto Joule por carecer éstos de resistencia eléctrica

Intensidad de campo magnético (H): Nos indica lo intenso que es el campo magnético.

La intensidad de campo en una bobina depende de la fuerza magnetomotriz (N x I). Ahora bien, cuanto más larga sea la bobina, más se dispersan las líneas de campo, dando como **15** resultado una intensidad de campo más débil; por lo que se puede decir que, para una fuerza magnetomotriz constante, la intensidad de campo (H) es inversamente proporcional a la longitud media de las líneas de campo, tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$H = \frac{N \times I}{L}$$

H = Intensidad del campo en amperio-vuelta/metro (Av/m)
 N = N° de vueltas de la bobina
 I = Intensidad de la corriente (A)
 L = Longitud de la bobina (m)

Ejemplos 4

1. Calcular la intensidad del campo y la inducción magnética en el interior de labobina de la Figura 16. El número de espiras de la misma es de 300, la corriente 10 A

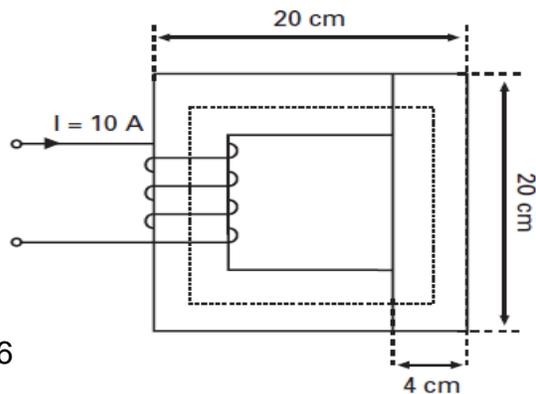


Fig 16

Solución: Primero determinamos la línea media por donde se van a establecer las líneas de campo. Para ello observamos las dimensiones del núcleo de la bobina:

$$L = 16 + 16 + 16 + 16 = 64 \text{ c.m.} = 0,64 \text{ m.}$$

$$H = \frac{N \cdot I}{L} = \frac{300 \cdot 10}{0,64} = 4,678,5 \text{ Av/m}$$

Los electroimanes

Un electroimán consiste en un núcleo de hierro rodeado de una bobina, que se imanta a voluntad cuando hacemos pasar una corriente eléctrica y se desimanta en el momento que interrumpimos esta corriente (Figura 17).

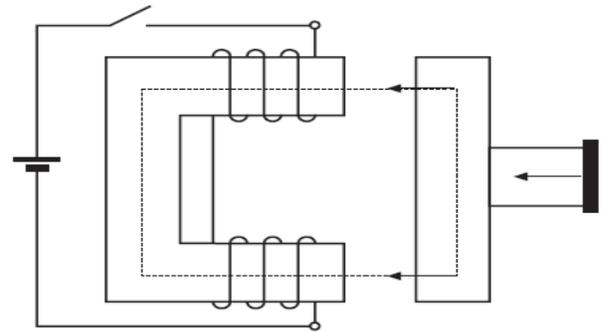


Fig 17

La fuerza con la que atrae un electroimán a una pieza de hierro móvil (armadura) a través del aire o entrehierro se puede calcular con la ayuda de la siguiente expresión:

$$F = 40000 \cdot B^2 \cdot S$$

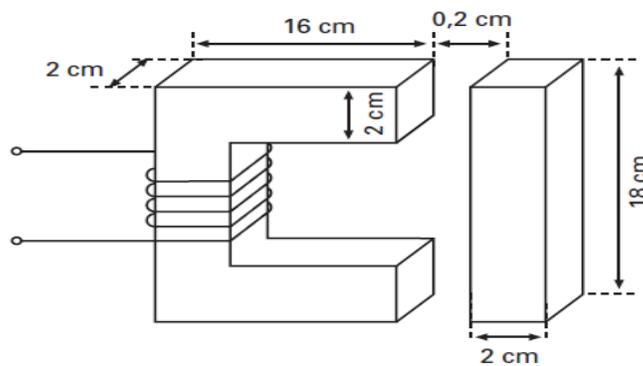
F = Fuerza de atracción en Kp

B = Inducción en el núcleo en T

S = Superficie de contacto entre el núcleo y el hierro móvil en m²

Ejemplo 5

Determinar la fuerza con la que atraerá el electroimán de la Figura 18 a la armadura de hierro si la inducción que aparece en el núcleo es de 1,5 T.



Solución: La superficie de atracción de uno de los polos es: $S = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2$

Como vamos a calcular la fuerza de atracción de los dos polos, la superficie será entonces:

$$S = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}^2 = 0,0008 \text{ m}^2$$

La fuerza de atracción del electroimán es:

$$F = 40.000 \times B^2 \times S = 40.000 \times 1,52 \times 0,0008 = 72 \text{ Kp}$$

Aplicaciones prácticas de los electroimanes

Según como se disponga el núcleo de los electroimanes éstos pueden ser de culata (Figura 19) o de núcleo móvil (Figura 20). En los electroimanes el núcleo suele ser de un material ferromagnético con un bajo campo coercitivo, de tal forma, que sólo se imanta cuando las bobinas están siendo recorridas por una corriente eléctrica. En los dos tipos de electroimanes la parte móvil es atraída hacia el núcleo mientras alimentamos a la bobina con corriente eléctrica.

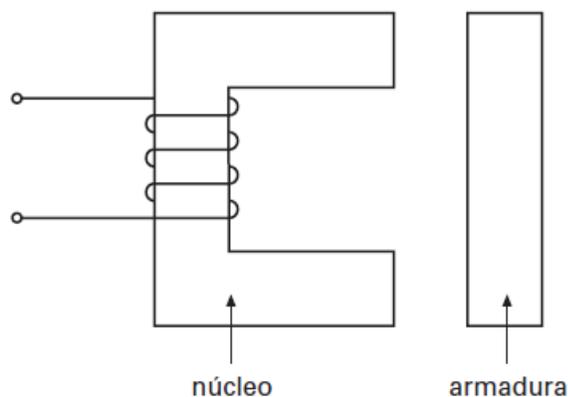


Fig 19

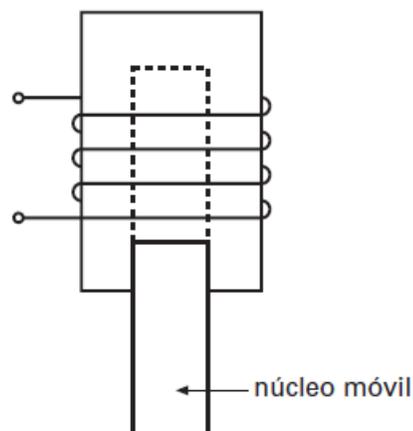


Fig 20

Las aplicaciones de los electroimanes son muy variadas. Seguidamente, exponemos algunas de las más relevantes:

Frenos magnéticos: Se aplican sobre todo en ascensores, montacargas y grúas. Las zapatas de frenado se abren mediante un electroimán cuando existe una situación normal, es decir, cuando hay tensión en la red. Si por causa de una avería desaparece el suministro de energía eléctrica, las zapatas se cierran sobre la superficie de un tambor, con lo que frenan el sistema e impiden la caída al vacío de la carga.

Electroválvulas: La válvula abre o cierra el circuito hidráulico o neumático según sea o no alimentada la bobina del electroimán que lleva incorporado. La aplicación de las electroválvulas está muy extendida en todo tipo de aplicaciones industriales, donde la automatización de los fluidos tiene una gran importancia. Por ejemplo, las lavadoras automáticas tienen una electroválvula para abrir el circuito de admisión de agua.

Timbres. Los timbres se utilizan para producir señales acústicas.

Sistemas que separan los materiales magnéticos de los no magnéticos: Se utilizan para separar el acero y el hierro del carbón, piedras o minerales, así como para separar los residuos de acero de la arena de moldeo, las virutas y limaduras de los talleres mecánicos.

Relés y contactores: El contactor se podría definir como un interruptor de múltiples contactos que se puede accionar a distancia (Figura 21). El funcionamiento de este dispositivo es como sigue (Figura 22): Cuando cerramos el interruptor simple, la bobina es atravesada por la corriente eléctrica y genera un campo magnético que hace que el núcleo atraiga a la armadura, arrastrando consigo a los contactos móviles. El resultado es que estos contactos cambian de posición y se cierran.



Fig 21

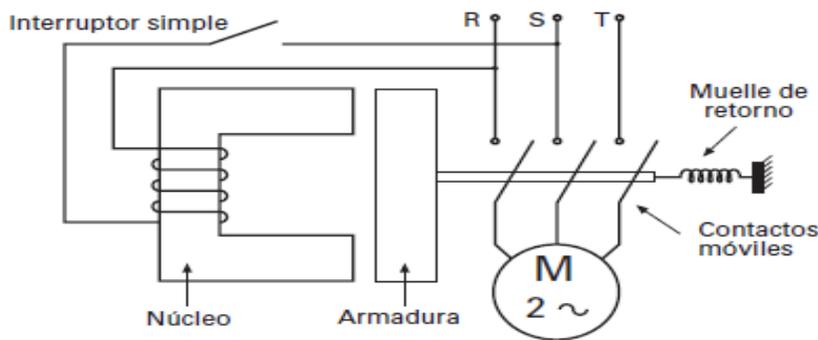


Fig 22

La corriente eléctrica que necesita la bobina para crear el campo magnético necesario para que la armadura atraiga hacia sí al núcleo, es muy pequeña en relación a la corriente que va a circular por los contactos principales que alimentan al motor.

Por lo general, los contactores se suelen accionar mediante pulsadores, tal como se muestra en el esquema de la Figura 23. En este caso, vamos a estudiar la forma de conseguir que un motor se ponga en marcha con la sola acción de apretar el pulsador I. La parada se hará también apretando el pulsador 0. Al apretar el pulsador de marcha I se acciona la bobina KM1 del contactor, cerrándose sus contactos principales y poniendo en marcha el motor. Para evitar la desconexión de la bobina al dejar de pulsar I, se ha conectado un contacto auxiliar del contactor en paralelo con el pulsador I. Al dejar de pulsar I, éste se abre, pero la bobina sigue siendo atravesada por una corriente, que ahora circula por el propio contacto auxiliar del contactor. El pulsador de paro 0 tiene su contacto normalmente cerrado. Al apretar el botón de dicho pulsador, se abre su contacto y corta la corriente de la bobina, con lo cual el contactor abre sus contactos principales y el auxiliar, y el motor se para.

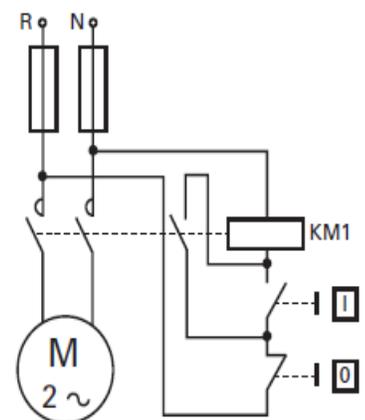


Fig 23

Las ventajas del empleo de relés y contactores son realmente amplias. Seguidamente mencionamos algunas de ellas de especial interés:

- Se consigue manejar las grandes intensidades que atraviesan los contactos del circuito principal sólo con alimentar la bobina del electroimán con una pequeña corriente.
- En el caso de tener que manejar grandes intensidades o tensiones, sería complicado y peligroso para el operario hacerlo con un aparato manual, sin embargo, no es ningún problema hacerlo con un contactor.
- Con el contactor se puede conseguir automatizar una maniobra, de tal forma que el operario sólo tenga que apretar un botón para dar marcha al proceso, ya que el resto de las maniobras se realizan automáticamente.

Aparte de las aplicaciones del electromagnetismo ya mencionadas, existen otras muchas más, como son: aparatos de medida analógicos, transformadores, generadores y motores, que estudiaremos más adelante.

En la actualidad se investiga en la creación de nuevos materiales ferromagnéticos por diferentes procedimientos de laboratorio con el objeto de darles a éstos ciertas características que los hagan útiles para el desarrollo de aplicaciones especiales. Como por ejemplo:

- Conductores eléctricos que poseen una propiedad conocida como “magneto resistencia”. Es decir, materiales en los que la resistencia eléctrica varía cuando son sometidos a la acción de un campo magnético. Esto puede tener aplicaciones como, por ejemplo, elementos sensibles o detectores de campos magnéticos, detectores de proximidad magnéticos, etc.
- Etiquetado magnético para evitar el robo de artículos en grandes almacenes.

CUESTIONARIO

- 1) 1 Weber es igual a cuantos Maxwell?
1 Tesla es igual a cuantos Gauss?
- 2) ¿Que es un electroimán y de que depende la fuerza de su campo magnético?
- 3) Explique la diferencia entre magnetismo y electromagnetismo.
- 4) En un imán a que se llama campo magnético?. Explique.
- 5) La intensidad de campo magnético de que depende?
- 6) Como se puede determinar el sentido de las líneas de fuerza?
- 7) Como se pueden clasificar los imanes?
- 8) Que es la fuerza magnetomotriz?
- 9) En un imán a la zona de mayor atracción como se la denomina?
- 10) Que es un electroimán y donde se lo emplea?
- 11) Si parto un imán por la mitad, conserva sus propiedades de atracción – repulsión?
- 12) A que se denomina flujo magnético?
- 13) La zona donde no hay atracción como se la denomina?

Criterios de Evaluación: El trabajo deberá ser presentado en formato papel en folio y escrito en Word con caratula que contenga:

nombre de la materia
nombre del trabajo práctico
nombre del profesor
nombre del alumno
año lectivo
curso
división

Se valorará y se otorgará un punto extra a quien además de responder correctamente coloque gráficos o agregue material de lectura investigado por el propio alumno.