



## **Magnetismo.**

**Objetivo:** Comprender origen y características de las fuerzas magnéticas.

**Nivel:** Cuarto medio

A los niños y jóvenes les fascinan los imanes, principalmente porque éstos actúan a distancia.

Uno puede mover un clavo acercándole un imán, aunque haya un trozo de madera entre ellos. Asimismo, un neurocirujano puede guiar una pastilla a través del tejido cerebral para llegar a tumores inoperables, poner en posición un catéter o implantar electrodos con poco daño al tejido cerebral. El uso de los imanes aumenta día a día. El término *magnetismo* proviene de Magnesia, una provincia costera de Thessaly en la Grecia antigua, donde se encontraron ciertas piedras hace más de 2000 años. Esas piedras se llamaron *piedras imán*, y tenían la extraña propiedad de atraer piezas de hierro. Los chinos usaron los imanes en sus brújulas en el siglo XII, para guiarse en la navegación.

En el siglo XVI, el médico de la reina Isabel, William Gilbert, fabricó imanes artificiales rotando trozos de hierro y de magnetita (piedra imán). También sugirió que la brújula siempre apunta hacia el norte y el sur, porque la Tierra tiene propiedades magnéticas. Después, en 1750, el astrónomo y físico inglés John Michell determinó que los polos magnéticos obedecen la ley del inverso del cuadrado, y Charles Coulomb confirmó sus resultados. Los temas del magnetismo y la electricidad se desarrollaron en forma casi independiente, hasta 1820, cuando el profesor danés Hans Christian Oersted descubrió, en una demostración en su clase, que la corriente eléctrica afecta a una brújula. Observó otras evidencias que confirmaban que el magnetismo estaba relacionado con la electricidad. Poco después, el físico francés André-Marie Ampere propuso que la fuente de todos los fenómenos magnéticos son las corrientes eléctricas.

### **Fuerzas magnéticas**

En guías anteriores describimos las fuerzas que ejercen entre sí las partículas con carga eléctrica. La fuerza entre dos partículas cargadas cualesquiera, depende de la magnitud de su carga y de la distancia que las separa, como indica la ley de Coulomb. Sin embargo, la ley de Coulomb no es todo cuando las partículas con carga se mueven entre sí. En este caso, la fuerza entre las partículas cargadas depende también de su movimiento, en una forma complicada. Se ve que, además de la fuerza que llamamos *eléctrica*, hay una fuerza debida al movimiento de las partículas cargadas que llamaremos **fuerza magnética**. La fuente de la fuerza magnética es el movimiento de partículas con carga, por lo general electrones. Las fuerzas tanto eléctrica como magnética son en realidad distintos aspectos del mismo fenómeno de electromagnetismo.

### **Polos magnéticos**

Las fuerzas que ejercen los imanes entre sí se parecen a las fuerzas eléctricas, porque ambas atraen y repelen sin tocar, dependiendo de qué extremos de los imanes están cerca uno de otro. También como las fuerzas eléctricas, la intensidad de su interacción depende de la distancia a la que están los dos imanes. Mientras que la carga eléctrica es lo más importante en las fuerzas eléctricas, las regiones llamadas *polos magnéticos* originan fuerzas magnéticas.



Si con un cordón cuelgas por su centro un imán recto, tendrás una brújula. Un extremo, llamado *polo que busca al norte* apunta hacia el norte; y el extremo opuesto se llama *polo que busca al sur*, y apunta hacia el sur. En forma más sencilla, se llaman respectivamente *polo norte* y *polo sur*. Todos los imanes tienen un polo norte y un polo sur (algunos tienen más de uno de cada uno). Las figuras con imanes para la puerta de los refrigeradores, tienen bandas delgadas de polos norte y sur alternados. Esos imanes son lo bastante fuertes como para sujetar hojas de papel contra la puerta del refrigerador, pero tienen muy corto alcance, porque sus polos norte y sur se anulan. En un imán recto sencillo, los polos norte y sur están en los dos extremos. Un imán ordinario en forma de herradura no es más que un imán recto que se dobla en forma de U. Los polos también están en sus dos extremos (figura 1).

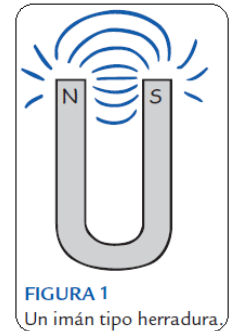


FIGURA 1  
Un imán tipo herradura.

Cuando el polo norte de un imán se acerca al polo norte de otro, se repelen entre sí. Sucede lo mismo con un polo sur cerca de un polo sur. Sin embargo, si se acercan polos opuestos, hay atracción y se llega a lo siguiente:

### **Los polos iguales se repelen, y los polos opuestos se atraen.**

Esta regla se parece a la de las fuerzas entre cargas eléctricas, donde las cargas iguales se repelen entre sí, y las cargas desiguales se atraen. No obstante hay una diferencia muy importante entre los polos magnéticos y las cargas eléctricas. Mientras que las cargas eléctricas se pueden aislar, los polos magnéticos no. Los electrones con carga negativa y los protones con carga positiva son entidades en sí mismos. Un grupo de electrones no necesita estar acompañado de un grupo de protones, y a la inversa. Pero nunca existe un polo norte magnético sin la presencia de un polo sur, y viceversa.

Si partes a la mitad un imán recto, cada mitad se seguirá comportando como si fuera un imán completo. Si parte las mitades de nuevo a la mitad, obtendrás cuatro imanes completos. Puedes seguir partiendo las piezas a la mitad y nunca aislarás a un solo polo. Aun cuando la pieza tenga un átomo de grosor, tendrá dos polos. Eso parece indicar que los átomos mismos son imanes.

### **Campos magnéticos**

Al esparcir cierta cantidad de limaduras de hierro sobre una hoja de papel colocado sobre un imán, se verá que las limaduras trazan un patrón de líneas ordenadas que rodean al imán. El espacio que rodea al imán contiene un **campo magnético**. Las limaduras revelan la forma del campo, al alinearse con las líneas magnéticas que salen de un polo, se esparcen y regresan al otro. Es interesante comparar las formas del campo en la figura 2, con las de los campos eléctricos que vimos anteriormente.

La dirección del campo fuera de un imán es del polo norte hacia el polo sur.

Cuando las líneas están más cercanas, el campo es más intenso. La

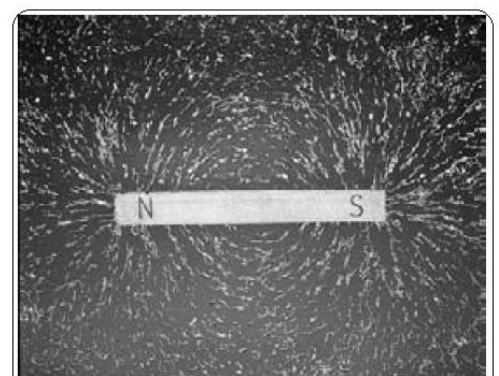


FIGURA 2  
Vista superior de limaduras de hierro dispersas en torno a un imán. Las limaduras trazan un patrón de *líneas de campo magnético* en el espacio que rodea al imán. Resulta interesante que tales líneas continúen dentro del imán (no las revelan las limaduras), y formen trayectorias cerradas.



concentración de las limaduras de hierro en los polos del imán, que se observa en la figura 2, indica que la fuerza del campo magnético es mayor en ellos. Si se coloca otro imán, o una brújula pequeña en cualquier lugar del campo, los polos quedarán alineados con el campo magnético.

El magnetismo se relaciona estrechamente con la electricidad. Así como una carga eléctrica está rodeada por un campo eléctrico, si se mueve se rodeará también de un campo magnético. Este campo magnético se debe a las “distorsiones” del campo eléctrico causadas por el movimiento y fueron explicadas por Albert Einstein en 1905, en su teoría especial de la relatividad. El hecho de que un campo magnético es un subproducto relativista del campo eléctrico puede comprenderse con ayuda del video “EL MAGNETISMO NO EXISTE”. Las partículas cargadas en movimiento tienen asociados un campo eléctrico y un campo magnético. El movimiento de la carga eléctrica produce un campo magnético. Si el movimiento de la carga eléctrica produce el magnetismo, ¿dónde estará ese movimiento en un imán de barra común? La respuesta es *en los electrones de los átomos que forman el imán*. Esos electrones están en constante movimiento.

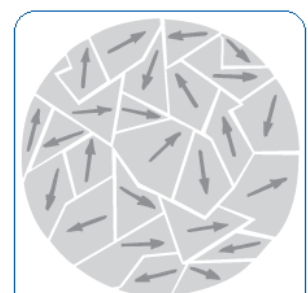
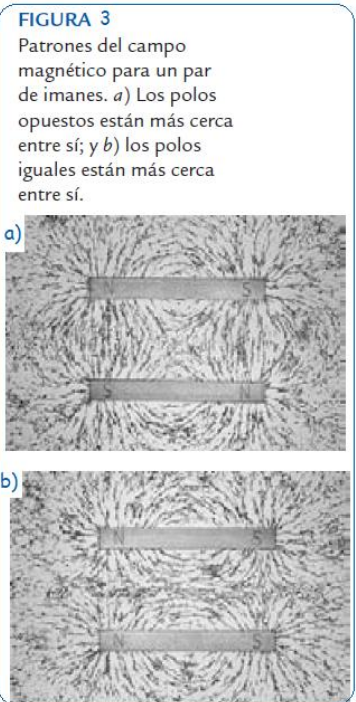
Hay dos clases de movimiento de electrones que contribuyen al magnetismo: el espín y el orbital del electrón. Los electrones giran en torno a sus propios ejes, como trompos, y giran también en torno al núcleo del átomo. En los imanes más comunes lo que más produce el magnetismo es el espín de los electrones.

Cualquier electrón que gire es un imán diminuto. Un par de electrones que giran en la misma dirección forman un imán más fuerte. Sin embargo, si giran en direcciones opuestas son antagonistas, porque sus campos magnéticos se anulan. Es la causa de que la mayoría de las sustancias no sean magnéticas. En la mayor parte de los átomos, los diversos campos se anulan entre sí, porque los electrones giran en direcciones opuestas. Sin embargo, en materiales como el hierro, níquel y cobalto, los campos no se anulan entre sí por completo. Cada átomo de hierro tiene cuatro electrones, cuyo magnetismo debido al espín no se anula. Entonces, cada átomo de hierro es un imán diminuto. Lo mismo sucede, en menor grado, con los átomos de níquel y cobalto. Los imanes más comunes se fabrican con aleaciones que contienen hierro, níquel y cobalto en diversas proporciones.

### Dominios magnéticos

El campo magnético de un átomo individual de hierro es tan intenso que las interacciones entre átomos adyacentes hacen que grandes grupos de ellos se alineen entre sí. A esos grupos de átomos alineados se les llama **dominios magnéticos**. Cada dominio está formado por miles de millones de átomos alineados. Los dominios son microscópicos (figura 4), y en un cristal de hierro hay muchos. Como el alineamiento de los átomos de hierro dentro de los dominios, los dominios mismos se pueden alinear entre sí.

Sin embargo, no cualquier trozo de hierro es un imán. Eso se debe a que en el hierro ordinario los dominios no están alineados. Imagina un clavo de hierro: los

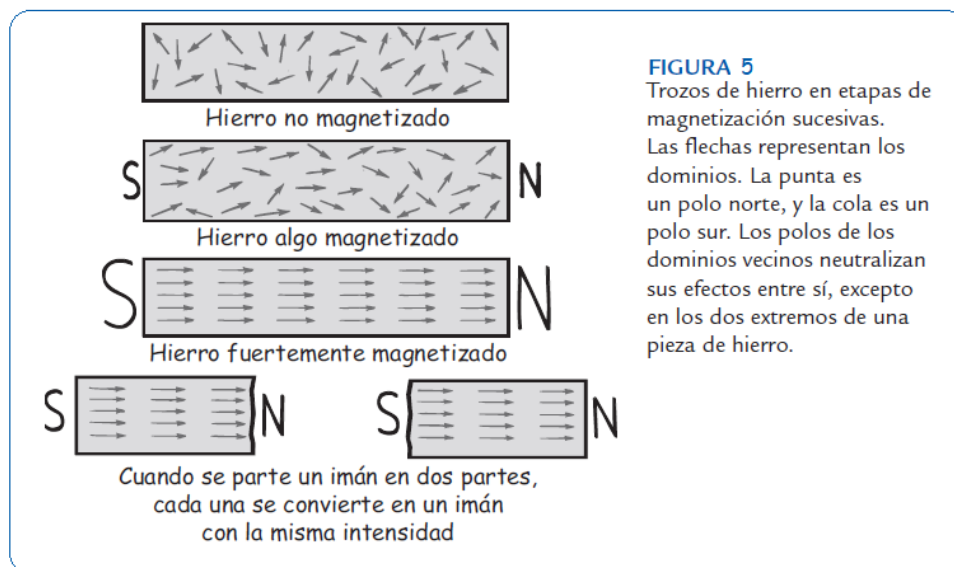




dominios en él están orientados al azar. Sin embargo, muchos de ellos se inducen a alinearse cuando se acerca un imán. (Es interesante escuchar, con un estetoscopio amplificado, el cliqueo de los dominios que se están alineando en un trozo de hierro, cuando se le acerca un imán fuerte.) Los dominios se alinean casi como las cargas eléctricas en un trozo de papel en presencia de una varilla cargada.

Cuando retiras el clavo del imán, el movimiento térmico ordinario hace que la mayor parte o todos los dominios del clavo regresen a un ordenamiento aleatorio. Sin embargo, si el campo del imán permanente es muy intenso, el clavo puede conservar algo de magnetismo permanente propio, después de separarlo del imán.

Los imanes permanentes se fabrican simplemente colocando piezas de hierro o de ciertas aleaciones de hierro en campos magnéticos intensos. Las aleaciones del hierro se comportan en formas distintas: el hierro suave es más fácil de magnetizar que el acero, lo cual ayuda a que en el hierro común todos los dominios entren en alineamiento. Otra forma de fabricar un imán permanente consiste en frotar un trozo de hierro con un imán. El frotamiento alinea los dominios en el hierro. Si se deja caer un imán permanente, o si se calienta, algunos de los dominios se impulsan hacia afuera del alineamiento y se debilita el imán.



Los siguientes link servirán de apoyo para las ideas de esta guía.

<https://www.youtube.com/watch?v=5duDOVBCLKk>

[https://www.youtube.com/watch?v=7afwV\\_aJcjk](https://www.youtube.com/watch?v=7afwV_aJcjk)

<https://www.youtube.com/watch?v=nde3LGWrQK0>