

ORIGEN Y APLICACIONES DEL ELECTROMAGNETISMO

CONTENIDO

pag.

HISTORIA DEL ELECTROMAGNETISMO

INTRODUCCION

El electromagnetismo pertenecen a una rama de la física, estas desempeñan un papel central en la comprensión del funcionamiento de varios dispositivos como:

- Radios.
- Televisores.
- Motores eléctricos.
- Computadores.
- Aceleradores de alta energía, y otros dispositivos electrónicos que se utilizan en medicina.

Sin embargo, fundamentalmente, ahora se sabe que las fuerzas interatómicas e intermoleculares, que son las responsables de la formación de sólidos y líquidos, son de origen eléctrico. Además, fuerzas como las de repulsión y de atracción entre objetos y la fuerza elástica en un resorte provienen de las fuerzas eléctricas a nivel atómico.

Las primeras observaciones de fenómenos magnéticos son muy antiguas. Se cree que fueron realizadas por los griegos en la ciudad de Asia menor, se encontró que en esta región existían piedras que eran capaces de atraer trozos de hierro. En la actualidad se saben que dichas piedras están constituidas por un óxido de hierro (magnetita) se denomina imanes naturales. El término magnetismo se usó para designar el conjunto de las propiedades de estos cuerpos, en virtud del nombre de la ciudad donde fueron descubiertos en la Antigua Grecia. (Magnesia)

Se observó que un trozo de hierro colocado cerca de un imán, adquiría sus mismas propiedades. De esta manera fue posible obtener imanes no naturales (artificiales) de varias formas y tamaños utilizando trozos o barras de hierro con formas y tamaños diversos.

Fue necesario llegar a nuestro tiempo para que CHRISTIAN OERSTED nos mostrara que el hierro dulce (la propiedad del magnetismo se hace pasar de la de la magnetita al hierro dulce obteniéndose los imanes) al hacer pasar una corriente eléctrica por un espiral de alambre conductor enrollado en él, dando origen a una de las ramas de la electricidad de mayor desarrollo y la aplicación llamada electromagnetismo.

HISTORIA DEL ELECTROMAGNETISMO

Una parte de la historia del electromagnetismo se monta a los chinos que sugieren que el electromagnetismo fue conocido a principios del año 2000 A.C, otra parte de la historia se remonte a los antiguos griegos que observaron los fenómenos eléctricos y magnéticos posiblemente a principios del año 700 A.C. Para ello descubrieron que un pedazo de ámbar frotado se electrificaba y era capaz de atraer trozos de paja o plumas. La existencia de la fuerza magnética se conoció al observar que pedazos de roca natural llamada magnetita (Fe_3O_4) atraen el hierro. (la palabra eléctrico proviene del vocablo griego para el ámbar, *elektron*. La palabra magnética viene del nombre de un distrito central al norte de Grecia donde se descubrió, Magnesia.)

En 1600, William Gilbert descubre que la electrificación no estaba limitada al ámbar sino que este era un fenómeno general. Así, científicos electrificaron una variedad de objetos, incluyendo gallinas y personas. Experimentos realizados por Charles Coulomb en 1785 confirmaron la ley inverso del cuadrado para la electricidad.

Hasta principios del siglo XIX los científicos establecieron que la electricidad y el magnetismo son, en efecto, fenómenos relacionados. En

1820 Hans Oersted descubre que una brújula se deflexa cuando se coloca cerca de un circuito que lleve corriente eléctrica. En 1831, Michael Faraday, y simultáneamente, Joseph Henry, demuestran que, cuando un magneto o imán (o de manera equivalente, cuando el magneto se mueve cerca de un alambre), una corriente eléctrica se observa en el alambre. En 1873, James Clerk Maxwell usó estas observaciones y otros factores experimentales como base, y formula leyes del electromagnetismo que se conocen actualmente. (Electromagnetismo es el nombre dado a la combinación de los campos eléctrico y magnético.) Poco tiempo después (alrededor de 1888), Heinrich Hertz verifica las predicciones de Maxwell produciendo ondas electromagnéticas en el laboratorio. Esto fue seguido por desarrollos prácticos como la radio y la televisión.

Las contribuciones de Maxwell a la ciencia del electromagnetismo fueron especialmente significativas debido a que las leyes formuladas por él son básicas para todas las formas de los fenómenos electromagnéticos. Su trabajo es comparable en importancia al descubrimiento de Newton con sus leyes del movimiento y la teoría de la gravitación.

Otra parte de la historia muestra a los antiguos griegos que no ignoraban la existencia de una piedra magnética capaz de atraer el hierro y habían comprobado que este metal se imantaba si se ponía en contacto con un imán. Varios siglos antes de nuestra era parece ser que los chinos empleaban ya la brújula, instrumento basado en las propiedades de la aguja imantada, que no llegó, sin embargo, a Europa hasta el siglo XV, cuando empezaron a utilizarla los navegantes en sus viajes exploratorios.

El descubrimiento científico básico logrado por Edison (a pesar del hecho de que ese estableció casi 1100 patentes) mejoró el desarrollo de los sistemas de comunicación modernos (radio, telefonía, radar y tv). Durante el periodo que Edison se dedicaba a preparar la luz eléctrica, colocó un filamento metálico en una ampolla de vidrio e hizo el vacío en su interior (tubo vacío) con un segundo electrodo que estaba conectado al polo positivo de una batería. Descubrió que cuando hacía pasar una corriente a través del filamento y éste se calentaba y se ponía incandescente, un flujo de electricidad (electrones) pasaba a través del espacio vacío en el tubo al electrodo cargado positivamente (la placa) y volvía a la batería. Este fenómeno se llama efecto Edison, pero Edison no vio en su dispositivo posibilidades prácticas y no hizo nada con él excepto, patentarlo.

Veinte años después, Fleming utilizó el efecto Edison para inventar un diodo rectificado, un dispositivo para convertir la corriente alterna en corriente directa. Este fue en esencia el tubo de vacío de dos elementos de Edison. Unos años más tarde, De Forest agregó un tercer electrodo (una rejilla) al tubo de vacío de los electrodos de Edison. Este dispositivo hizo posible amplificar las energías de las ondas electromagnéticas extremadamente débiles (radiondas) que son emitidas por las señales eran fortalecidas y reenviadas a mayor

distancia, y pudieron entonces utilizarse los altavoces. Este fue el auténtico meollo de los sistemas de comunicación modernos y de la vasta industria electrónica que se ha desarrollado durante este siglo.

NATURALEZA DE LA ELECTRICIDAD

Desde el principio de su existencia el Hombre se ha preguntado por el origen y principio de todas las cosas, y entre otras por la naturaleza de la electricidad.

Ya sabemos que la materia esta formada por componentes conocidos con el nombre de elementos químicos. En la actualidad se conocen 107 elementos químicos (elementos químicos simples) de los cuales 90 se encuentran en la naturaleza, mientras que el resto han sido obtenidos en forma artificial en laboratorios.

La materia la podemos definir Como aquello que constituye el mundo físico que nos rodea y que posee una serie de cualidades capaces de impresionar nuestros sentidos o nuestros aparatos de medida.

Cuando dividimos la materia en partículas muy pequeñas, si que desaparezcan sus propiedades químicas específicas, y todas las partículas resultantes ser iguales entre sí, la porción de materia de la que partimos es una sustancia y cada una de las partículas que la constituyen se llaman molécula. La molécula es la parte mas pequeña de la materia que puede estar en libertad, sin que cambien sus propiedades. Por ejemplo si

un cristal de sal común lo dividimos en sucesivamente cada vez en partes mas pequeñas, al final obtenemos partículas tan pequeñas que ya no será posible dividir las mas si queremos que continúen sus condiciones de partículas (moléculas) de sal común.

La mayoría de las veces las moléculas se pueden dividir en dos o mas partes que llamamos átomos y si estos son idénticos entre sí, la sustancia que se obtiene tiene la misma composición en toda su masa y es un elemento químico (elemento simple); mientras que si son distintos, la sustancia es una combinación química de dos o mas elementos y se denomina compuesto químico (elemento compuesto).

El átomo es la partícula mas pequeña de un elemento químico capaz de entrar en las reacciones químicas. El átomo es la base constructiva y universal de toda la materia. Cada elemento químico tiene sus átomos característicos y propios que los diferencian de cualquier otro. Todos los átomos de un elemento químico son iguales entre si y se caracterizan por su configuración electrónica.

En principio el átomo esta constituido por un centro sólido muy pequeño, denominado núcleo, cuyo diámetro es una billonésima de centímetro para un núcleo típico y en el que se encuentran los protones y neutrones rodeado por una nube de electrones con un diámetro total igual a la centésima parte de una millonésima de centímetro. La nube de electrones que rodea el núcleo esta formada por distintas órbitas u orbitales, dentro de las cuales se sitúan un numero determinado de electrones; los electrones que ocupan la órbita mas exterior son los que caracterizan las propiedades eléctricas de cada elemento químico. Los electrones son capaces de abandonar esa órbita se denominan electrones libres.

En la actualidad y gracias a los experimentos que se llevan a cabo en los aceleradores de partículas, se han llegado a establecer doce tipos de partículas elementales; seis tipos llamados quarks y otros seis llamados leptones. Pertenecientes a la familia de los quarks son los protones y los neutrones. siendo familia de los leptones. La mayor parte de estas partículas no forman parte del material habitual y solo se pueden observar cuando se producen colisiones de partículas en aceleradores de partículas y en el cosmos.

Desde el punto de vista químico, nos interesan estas tres partículas: el electrón, el protón y el neutrón. Desde el punto de vista eléctrico, nos interesa el electrón, que al desplazarse representa la forma más común de corriente eléctrica.

Los electrones en reposo representan la naturaleza de la electricidad.

PROPIEDADES DE LAS PARTICULAS ELEMENTALES CARGA ELECTRICA

Las propiedades más importantes que nos interesa conocer de las partículas elementales son su masa y su carga eléctrica.

Entre los protones y los electrones se ejercen fuerzas de atracción y repulsión, aparte de la fuerza de atracción gravitatoria entre ellos. Estas fuerzas se explican adjudicando a los electrones y protones una propiedad llamada carga eléctrica. Los protones se repelen entre sí y los electrones también siendo esta fuerza de atracción cuando se aproxima un protón a un electrón. Este hecho nos lleva a la conclusión de que hay dos tipos de carga eléctrica, denominados arbitrariamente carga positiva de los protones y negativa de los electrones.

Tanto los electrones como los protones tienen la misma cantidad de carga eléctrica, siendo la de los electrones negativa y la de los protones positiva.

Un átomo normal tiene la misma cantidad de protones que de electrones, siendo su carga neta nula, puesto que la cantidad de cargas positivas es igual a las negativas.

La unidad de carga eléctrica según el Sistema Internacional (SI) es el Coulombio (C).

El Coulombio es la cantidad de electricidad transportada en un segundo por una corriente de un amperio.

LEY DE COULOMB

Como se ha descrito en los párrafos anteriores los átomos de cualquier sustancia en estado normal tienen la misma cantidad de protones que de electrones y por tanto, la carga neta de la sustancia es nula. Si por algún procedimiento conseguimos el número de electrones sea distinto de los protones, la sustancia habrá quedado cargada eléctricamente. Existen numerosos métodos para conseguir esto, siendo un ejemplo muy conocido el frotar una varilla de vidrio con un pedazo de seda y comprobar como estos objetos se atraen, mientras que dos varillas de vidrio frotadas se repelen. Es decir, las varillas ceden electrones al pedazo de seda y adquieren una carga eléctrica neta positiva; la seda en cambio recoge el exceso de electrones y queda cargada negativamente.

La fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas eléctricas se puede cuantificar mediante la ley de Coulomb que dice: la intensidad de la fuerza F , con la cual dos cargas eléctricas puntuales q_1 y q_2 se atraen o se repelen es directamente proporcional al producto de dichas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r que existe entre ellas:

$$|F| = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

r^2

En esta expresión, $|F|$ es el módulo de fuerza atracción o repulsión y se expresa en Newton (N), r es la

distancia que separa las cargas en metros (m) y q_1 y q_2 son las carga eléctricas expresadas en colulombio c (c) y K es una constante cuyo valor numérico depende, por una parte, del medio material donde se encuentren las cargas, y por otra parte, del sistema de unidades elegido. En el vacío o en el aire el valor de K es de $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2$, debido a esta influencia del medio en el valor K, esta constante se escribe así:

$$K = \frac{1}{4 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}$$

$$4 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

En esta igualdad $1/(4 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0)$ es igual a $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2$ recibe el nombre de constante dieléctrica o permitividad del vacío, y ϵ_r , es la constante dieléctrica relativa o permitividad relativa del medio material. En el vacío o en el aire, ϵ_r , vale 1.

Con respecto a los anterior la ley de coulomb se formula así:

$$|F| = \frac{1}{4 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$4 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot r^2$$

En las expresiones anteriores hemos obtenido el valor del modulo de la fuerza de atracción o de repulsión entre dos cargas eléctricas; la dirección de dicha fuerza queda definida por la línea que une dichas cargas y el sentido viene indicando por el signo de las mismas.

El nombre de la ley de Coulomb se debe a que la primera investigación cuantitativa de las fuerzas ejercidas entre los cuerpos cargados eléctricamente la realizo Charles Augustin Coulomb.

CAMPO ELECTRICO

Cuando situamos un cuerpo cargado eléctricamente en una region del espacio modificamos el estado de dicha región, pues a partir de ese momento otro cuerpo cargado eléctricamente colocado en esa región espacial, experimentara una fuerza de tipo eléctrico. El carácter eléctrico de la fuerza se hace evidente si el cuerpo que situamos esta descargado previamente, puesto que en este caso no experimentará la fuerza manifestada anteriormente.

Si en una región del espacio se ponen en manifiesto fuerzas de tipo eléctrico se dice que en esa región hay un campo eléctrico.

Debido a que la fuerza es una magnitud vectorial el campo eléctrico es a su vez una magnitud vectorial, que tiene dirección y sentido al mismo tiempo.

INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO

El valor del campo eléctrico en un punto del espacio es la intensidad de l campo, E, en dicho punto y se define como la fuerza F, que ejerce el campo eléctrico sobre una unidad de carga positiva q, situada en ese punto:

$$E = F/q$$

Como la intensidad de campo es un vector, tendrá una dirección, un punto de aplicación y un sentido. La dirección de la intensidad del campo en un punto viene definida por la línea que une ese punto con la carga que origina el campo eléctrico y el punto de aplicación coincide con el punto donde se desea hallar el valor de dicho campo. El sentido de la intensidad de campo de un punto es el sentido de la fuerza existente entre la carga que origina el campo eléctrico y la unidad de carga positiva situada en dicho punto.

Si en la expresión anterior sustituimos el valor de F calculado mediante la ley de Coulomb, el valor del modulo de la intensidad de campo eléctrico tendrá por expresión:

Por tanto se cumple la igualdad:

$$|E| = (9 \times 10^9 / ER) \cdot (Q/r^2)$$

En esta expresión Q es la carga que origina el campo eléctrico y r es la distancia que existe entre dicha carga y el punto donde se calcula la intensidad de campo eléctrico correspondiente. |E| es el modulo de la intensidad de campo eléctrico en V/m.

La unidad de intensidad en el SI es el voltio/metro (V/m). Un voltio por metro es la intensidad de campo eléctrico que ejerce una fuerza de un Newton sobre un cuerpo cargado con una cantidad de electricidad de un Coulombio.

POTENCIAL Y DIFERENCIAL DE POTENCIAL

Se llama potencial U_a , en un punto a de un campo eléctrico al trabajo realizado sobre la unidad de carga electrica positiva para desplazarla desde el infinito hasta dicho punto, siendo su expresión matemática:

$$U_a = K \cdot Q/ra = (9 \times 10^9 / ER) \cdot (Q/ra)$$

Donde Q es la carga que crea el campo electrico y ra es la distancia desde la carga Q hasta el punto A.

La unidad de potencial electrico según el SI es el voltio (V) y se define como el potencial existente en un punto de un campo electrico donde una carga de un columbio toma energía potencial electrica de un julio. Lo que quiere decir que para trasladar la carga de 1 coulombio desde el infinito hasta el punto se ha necesitado el trabajo de 1 julio.

A diferencia de la intensidad de campo que es una magnitud vectorial, es decir, tiene dirección y sentido, el potencial es una magnitud escalar, que solo tiene modulo.

Se llama diferencial de potencial entre dos puntos A y B de un campo electrico al trabajo necesario para llevar a la unidad de carga electrica positiva desde A hasta B:

$$U_b - U_a = K \cdot Q (1/r_b - 1/r_a) = (9 \times 10^9 / ER) \cdot Q \cdot (1/r_b - 1/r_a)$$

La diferencial de potencial entre dos puntos es la diferencia de sus potenciales respectivos. El potencial en un punto puede considerarse como la diferencia de potencial entre dicho punto y otro a distancia infinita donde el potencial se supone de manera arbitraria es cero.

En la práctica se utiliza el término tensión electrica o simplemente voltaje, para referirse a la diferencia de potencial. Por ejemplo la diferencia de potencial entre los polos de una pila son de 1.5V.

CAMPO CREADO POR VARIAS CARGAS PUNTUALES

Si varias cargas puntuales estan a distancias de un punto en el espacio, cada una ejerce una fuerza sobre la carga puntual q, situada en ese punto. La fuerza resultante es la suma vectorial o geométrica de las fuerzas:

$$|F_t| = |F_1| + |F_2| + |F_3| + \dots + |F_n|$$

Es importante hacer notar que tanto la fuerza como la intensidad del campo son magnitudes vectoriales y que

ademas de su modulo se debe determinar su dirección y sentido.

A diferencia de las anteriores magnitudes citadas, el potencial es una magnitud escalar y se puede obtener mediante la suma algebraica de todos los potenciales en el punto que estamos considerando.

CORRIENTE ELECTRICA

La corriente electrica es un flujo permanente de cargas electricas, sin tener en cuenta sus efectos magnéticos ni los transitorios que se producen en la conexión y desconexión de los interruptores.

Así la corriente electrica es un cambio respecto al tiempo de movimiento de las cargas electricas através de los conductores metálicos, de los semiconductores, de los electrolitos o de los gases. En cada uno de estos medio, la corriente electrica es respectivamente:

- Un cambio con respecto al tiempo del movimiento de los electrones
- Un movimiento de electrones en una dirección y un movimiento de huecos cargados positivamente en la dirección opuesta.
- Un movimiento de iones positivos en una dirección y de iones negativos en otra opuesta.
- Un movimiento de electrones en una direccion y una corriente de iones positivos en la dirección opuesta.

Es de destacar que la definición de corriente electrica implica un movimiento de electrones y por consiguiente a la intensidad de ese desplazamiento es lo que se denomina intensidad de la corriente y se define como la cantidad de electrones que pasan por un punto específico en una dirección dada y en la unidad de tiempo.

En general, la intensidad de la corriente es una magnitud variable de modo que la definición antedicha solo es posible matematicamente solo si tomamos pequeñas porciones de tiempo:

$$i = "q / "t$$

donde i es la intesidad de la corriente expresada en amperios y "q / "t es la velocidad de desplazamiento de la carga electrica o la cantidad de electricidad en coulombios/segundo.

DENSIDAD DE CORRIENTE

Se define la intensidad de corriente J, como el cociente entre la intensidad de la corriente y el area o sección transversal S, del conductor por el que circula dicha corriente:

$$J = I/S$$

Si la intensidad se expresa en amperios y la sección del conductor se expresa en m², la densidad de corriente esta dada por A/m². Como el amperio por metro cuadrado resulta unidad muy pequeña en la práctica se suele utilizar el A/mm².

VELOCIDAD DEL DESPLAZAMIENTO DE LOS ELECTRONES

Supongamos un hilo metálico de longitud l, con una sección transversal S, en el que existen n electrones libres por unidad de volumen, la cantidad de electricidad que se puede almacenar en el mismo vale:

$$Q = n \cdot l \cdot S$$

Si transcurre un tiempo t hasta que esa cantidad de electrones acaba de atravesar la sección S, la intensidad

tiene por expresión:

$$I = Q/t = n \cdot I \cdot S / t$$

La velocidad con la que se han desplazado los electrones (I/t) la deducimos de la expresión anterior, obteniéndose:

$$V = I/t = I/n \cdot S = J/n$$

En los metales el número de electrones libres que existe por cm^3 es del orden de 10^{23} electrones por cm^3 , es decir, unos 1020 por mm^3 . Como en las aplicaciones eléctricas emplean densidades de corriente entre 1 y 10 A/mm^2 , la velocidad de desplazamiento de los electrones libres en los conductores metálicos según la expresión anterior estará comprendido entre 0.0625 mm/s y 0.625 mm/s .

Hay que destacar que esa velocidad de desplazamiento de los electrones o velocidad de deriva es una velocidad media y no es igual a la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas que son de 300.000 km/s .

POTENCIA Y ENERGIA

El trabajo se conoce como el desplazamiento de propio punto de aplicación que produce una fuerza. La cantidad de energía que se invierte en ese desplazamiento es igual al trabajo realizado. La magnitud física medible corresponde al trabajo o energía se representa por la letra W y tiene por unidad el julio J , en el sistema internacional.

Un julio es el trabajo producido por una fuerza de 1 newton cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

En electricidad y de forma semejante decimos que se produce un trabajo W cuando una fuente de energía hace mover una carga eléctrica q desde un punto a otro entre los que hay una diferencia de potencial U :

$$W = q \cdot U$$

Si en vez de mover una sola carga, q se mueve una cantidad de electricidad $Q = i \cdot t$ la expresión anterior queda:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Y sus magnitudes son:

$$1 \text{ Julio} = 1 \text{ voltio} \cdot 1 \text{ amperio} \cdot 1 \text{ segundo}$$

La potencia es la velocidad a la cual la energía se utiliza, almacena o transporta, tiene por símbolo P :

$$P = U \cdot I$$

La unidad de la potencia es la vatio (W) que se define como la potencia que da lugar a una producción de energía igual a un julio.

EL EXPERIMENTO DE OERSTED

En 1820 mientras trabajaba en su laboratorio OERSTED monto un circuito eléctrico y lo colocó cerca de una aguja magnética, al no haber corriente en el circuito (circuito abierto) la aguja se ubicaba en la dirección norte – sur. Las ramas del circuito deben colocarse en forma paralela a la aguja. Quiere decir que se debe orientar en la dirección norte–sur.

Al establecer una corriente en el circuito, OERSTED observó que la aguja magnética se desviaba, tendiendo a orientarse en dirección perpendicular al conductor AB, al interrumpir el paso de la corriente, la aguja volvía a su posición inicial en la dirección Norte–Sur. Estas observaciones realizadas por OERSTED demostraron que una corriente eléctrica podía actuar como si fuese un imán, originando desviaciones en una aguja magnética. Así se observó por primera vez que existe una relación estrecha entre la electricidad y el magnetismo: una corriente eléctrica es capaz de producir efectos magnéticos.

Al darse cuenta de la importancia de su descubrimiento, OERSTED divulgó el resultado de sus observaciones, que inmediatamente atrajo la atención de varios científicos de esa época. Algunos de ellos comenzaron a

trabajar en investigaciones relacionadas con dicho fenómeno, entre las cuales se destaca el trabajo de AMPERE.

Poco después se comprobó que todo fenómeno magnético era producido por corrientes eléctricas, es decir se lograba de manera definitiva, la unificación de magnetismo y la electricidad, originando la rama de la física que actualmente se conoce como electromagnetismo.

LEY DE AMPERE

Uno de los problemas en los que interviene campos magnéticos, se refiere a las fuerzas ejercidas por un campo magnético sobre una carga en movimiento o sobre un conductor que lleva corriente y al momento ejercido sobre un dipolo magnético. Una segunda clase de problemas se refiere a la producción de un campo magnético por un conductor que lleva corriente o por cargas en movimiento.

El descubrimiento de que las corrientes producen efectos magnéticos fue hecho por OERSTED en 1820. Cuando un alambre es rodeado por varios imanes pequeños, si no hay corriente en el alambre, todos los imanes se alinean con el campo magnético de la tierra. Cuando pasa una corriente intensa, los imanes apuntan de tal manera que sugieren que las líneas magnéticas de inducción forman círculos cerrados alrededor del alambre.

Como AMPÈRE era partidario del punto de vista de la acción a distancia, no formuló sus resultados en función de campos; esto fue hecho por primera vez por MAXWELL.

La ley de AMPERE, incluyendo una modificación hecha por MAXWELL, es una de las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo como se observa en el siguiente cuadro:

NOMBRE	ECUACIÓN	DESCRIBE	EXPERIMENTO CLAVE
Ley de gauss para la electricidad.	$E \cdot dS = q$	La carga y el campo eléctrico	Las cargas iguales se repelen y cargas diferentes se atraen, según la inversa

			de los cuadrados de la distancia que los separa. Una carga aplicada a un conductor aislado se mueve a su superficie exterior.
Ley de gauss para el magnetismo.	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = 0$	El campo magnético	Es imposible crear un polo magnético aislado.
Ley de gauss para la electricidad	$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$	El efecto magnético de una corriente o de un campo eléctrico que cambia.	La velocidad de la luz se puede calcular mediante mediciones puramente electromagnéticas. Una corriente en un alambre produce un campo magnético cerca del alambre.
Ley de gauss para la electricidad	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \frac{1}{\epsilon_0} \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$	El efecto eléctrico de un campo magnético cambiante.	Un imán recto que se hace pasar por una espira cerrada de alambre, produce una corriente en la espira.

LEY DE FARADAY

Para algunas leyes físicas, es difícil encontrar experimentos que conduzca de una manera directa y convincente a la formulación de la ley de Gauss, por ejemplo fue esbozándose lentamente como el factor común con cuya ayuda todos los experimentos electrostáticos podían interpretarse y correlacionarse.

La ley de inducción electromagnética de FARADAY, que es una de las ecuaciones fundamentales de electromagnetismo.

Algunos de Los experimentos fueron llevados por MICHAEL FARADAY en Inglaterra en 1813 y por, JOSEPH HENRY en los Estados Unidos aproximadamente en la misma época.

Se tienen las terminales de una bobina conectada en un galvanómetro. Normalmente no sería de esperarse que este instrumento se desvíe debido a que no hay fuerza electromotriz en este circuito pero si se introduce un imán recto en la bobina con su polo norte dirigiéndose a ella, ocurre una cosa notable mientras que el imán se va moviendo, el galvanómetro se desvía, poniendo de manifiesto que está pasando una corriente por la bobina. Si el imán se sostiene fijo con respecto a la bobina, el

galvanómetro no se desvía si el imán se mueve alejándose de la bobina el galvanómetro se desvía pero en sentido contrario, lo cual hay que decir que la corriente en la bobina está en sentido contrario si se usa el extremo del polo sur de un imán en lugar de extremos norte el experimento resulta igual pero las desviaciones son exactamente al contrario.

Otros experimentos muestran que lo que importa es el movimiento relativo del imán y de la bobina no importa que el imán se mueva hacia la bobina o la bobina hacia el imán.

La corriente que aparece en este experimento se llama corriente inducida y se dice que es producida por una fuerza electromotriz inducida. FARADAY pudo deducir de experimentos como esta la ley que da su magnitud

y dirección.

EL HECHO BÁSICO DEL ELECTROMAGNETISMO

Es posible establecer que todos aquellos fenómenos magnéticos cuando dos cargas están en movimiento, entre ellas surge una fuerza que se denomina fuerza magnética.

Cuando dos cargas eléctricas se encuentran en reposo, entre ellas existe una fuerza denominada electrostática.

Todas las manifestaciones de fenómenos magnéticos se pueden explicar mediante esta fuerza existente entre cargas eléctricas en movimiento. De manera que la desviación en la aguja del experimento de OERSTED, se debió a la existencia de dicha fuerza; también ésta es la responsable de la orientación de la aguja magnética en la dirección Norte-Sur; La atracción y repulsión entre los polos de los imanes incluso una consecuencia de esta fuerza magnética.

IMANES

Sé tenía conocimiento de que ciertos minerales de hierro (magnética). Poseían la misteriosa propiedad de atraer otros minerales tales como: acero, limaduras de hierro, níquel, etc. Los imanes pequeños de esta

aleación suficientemente poderosos para levantar ciento de veces su propio peso.

El hierro puro (algunas veces llamado dulce) cuando se imanta, no conservara su magnetismo y por lo tanto, no sirve para llamados imanes permanentes. Sin embargo el hierro dulce se usa en la construcción de los electroimanes.

En la ley de atracción y repulsión se tiene lo siguiente:

- Polos del mismo nombre se rechazan y polos del distinto nombre se atraen.
- También en el magnetismo existente en un polo es igual al que tiene el polo opuesto.

POLOS DE LOS IMANES

Son los puntos de un imán en donde se manifiesta la propiedad de atracción con mayor intensidad. En los imanes longitudinales los polos se hayan situados a $\frac{1}{2}$ de distancia de los extremos con relación a la longitud total.

Ejemplo: Si se suspende un imán mediante un hilo se observara en el siguiente dibujo que al estar en reposo se orienta en una posición cercana a la norte-sur el extremo que mira hacia el norte. A veces los polos se les denominan positivo y negativo respectivamente.

LA TIERRA ES UN ENORME IMÁN

Durante muchos años, diversos filósofos y científicos trataron de llegar a una explicación de que un imán (Al igual que una aguja magnetizada de una brújula), se orienta en la dirección norte-sur de la tierra. Pero la explicación que halla se debe a WILLIAM GILBERT, científico a cuyos trabajos en el campo de la Electricidad describe un gran número de propiedades de los imanes que observo experimentalmente, la formulo hipótesis que tratan de explicar dichas propiedades. Una de sus propiedades principales es la

orientación natural de una aguja magnética se debe al hecho de que la tierra se comporta como un imán de acuerdo con GILBERT, el polo norte geográfico de la tierra también debe ser polo magnético que atrae al extremo de una aguja magnética. De modo similar el polo sur geográfico de la tierra se comporta como polo magnético que atrae el polo sur de la aguja de una brújula se debe a la fuerza de atracción

INSEPARABILIDAD DE LOS POLOS

Otra de las propiedades de los imanes consiste en inseparabilidad de sus polos: cualquiera tiene siempre dos polos. Experimentalmente se observa que no se puede obtener un polo magnético aislado. Es decir, si tomamos un imán en forma de barra y lo partimos en dos, obtendremos dos nuevos imanes los extremos A y B como polo norte, respectivamente pero en la región por la cual se cortó el imán aparecen dos nuevos polos: en cuanto al polo norte dando lugar a un nuevo imán AC y en D un polo sur (dando lugar a otro imán DB).

ACCIONES ENTRE LOS IMANES

El hecho de que los imanes se atraigan o repelen nos hace pensar en la existencia de un cierto factor que determina la intensidad de la fuerza con que las acciones se llevan a cabo y que en el lenguaje común podrían denominarse poder del imán. La expresión poder de imán nos permite asociar a cada polo de un imán una magnitud que se llama masa magnética y que en realidad corresponde a la propiedad que manifiesta que cada imán para obrar sobre otros a distancia; permite valorar la cantidad de magnetismo de un polo.

En el experimento del imán se puede deducir que la intensidad de la fuerza de atracción o repulsión entre imanes, es directamente proporcional a la magnitud de su masa magnética, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Para lo anterior existe una expresión matemática la cual presenta una estructura semejante a la de la ley de la gravitación universal ya que no es más que un caso particular de ella. Por haber sido descubierta por COULOMB y se enuncia así:

$$F = \frac{1}{u} \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

U d²

En donde (u) es una constante de proporcionalidad, llamada permeabilidad magnética y cuyo valor numérico depende del medio a través del cual se ejercen acciones o de los sistemas de unidades que se utilicen para la medición.

La fórmula permite definir la unidad de masa magnética, llamada unidad de polo (u.p) masa magnética que atrae o repele a otra igual situada a la distancia de un centímetro con la fuerza de una dina.

IMANACIÓN

Es la operación que consiste en hacer que ciertas sustancias adquieran las propiedades magnéticas. La imanación se puede llevar a cabo:

- Por contacto.
- Por influencia.
- Por la acción de la corriente eléctrica.

La imanación de los cuerpos tiene la siguiente explicación: si se toma un imán longitudinal y se parte en muchos pedazos cada pedazo se comporta como un verdadero imán; dicho experimento demuestra dos cosas:

- Que es imposible aislar un polo magnético.
- Que por divisiones sucesivas de imán puede llegar a obtener tanto imanes pequeños como se quiera.

La teoría sobre la imantación sostiene que todo cuerpo susceptible de imantación esta constituido en realidad por millares de imanes moleculares elementales. Estos imanes ultramicroscopios, pueden consistir en átomos o moléculas individuales o en grupos de átomos no alineados para formar cristales elementales; si el cuerpo no manifiesta propiedad magnética es por que los imanes moleculares se hallan desordenados; al aplicar a este cuerpo un campo magnético intenso, los imanes moleculares tienden a orientarse u ordenarse disponiendo paralelamente al campo y comportandose luego como un imán.

El hecho de que el magnetismo se pierda por calentamiento o por golpeo constante de los imanes explica y favorece la teoría expuesta sobre la imantación.

¿QUÉ ES CAMPO MAGNÉTICO?

Se puede definir el campo magnético como la región del espacio donde se manifiestan acciones sobre las agujas magnéticas.

Una carga en movimiento crea en el espacio que lo rodea, un campo magnético que actuara sobre otra carga también móvil, y ejercerá sobre esta ultima una fuerza magnética.

POLOS MAGNÉTICOS

Se tienen unas limaduras de hierro colocadas cerca de un imán, se orienta de modo que casi todo se adhieren en la proximidad de los extremos y muy pocas en las demás regiones del imán. Estas partes del imán en que se manifiestan las acciones magnéticas con mayor intensidad se denominan polos magnéticos.

Los imanes permanentes se pueden hacer ahora tan poderosos que un imán pueden ser levantado por la repulsión del otro. Se debe aclarar que cada uno de los polos magnéticos de un cuerpo imantado no esta confinado a un solo punto sino que se extiende sobre una región finita. Si embargo desde cierta distancia cada región polar actúa como si estuviera concentrada en un punto de modo similar al centro de masa en mecánica.

MAGNETISMO TERRESTRE, BRUJULA

Un imán que puede girar en un plano horizontal, se orienta siempre de modo que marca la dirección norte-sur. Pero ¿por qué se orienta así y no de otra manera?

La explicación es sencilla. Sabemos que un imán que se acerque a otro tiende a orientarse de modo que sus polos de distinto nombre se coloquen lo más próximos posible. Ahora bien, si nuestro imán, esta lejos de otros imanes, queda quieto en una determinada posición, de manera que uno de sus polos señalen norte geográfico, es por que la tierra se comporta como un potente imán, cuyo polo sur magnético esta situado cerca del norte geográfico .

El anterior hecho ahora llevado ha llamado polo norte del imán al polo que queda próximo al norte geográfico decimos próximo, ya que el polo magnético no coincide exactamente con el geográfico. La aguja magnética forma un cierto ángulo, denominado ángulo de declinación magnética, con el eje de la tierra.

Existen noticias de que los chinos conocían en el siglo primero de nuestra era, el hecho de las agujas magnéticas (imanes en forma de rombo muy alargado) se orientaban en una posición determinada hacia el siglo 11 se comprobó que esa dirección era aproximadamente la norte -sur , siendo este hecho el origen de la brújula , instrumento utilizado para orientación

CAMPO DE FUERZAS MAGNÉTICAS

Las limaduras alfileres de hierro, dejados sobre una mesa, se mueven cuando se les acerca a una brújula la aguja se desvía. Estas dos experiencias, y otras muchas se podran, Las limaduras y alfileres de hierro, dejados sobre una mesa, se mueven cuando se les acerca un imán. Si dicho imán se acerca a una brújula, la aguja se desvía estas y otras más demuestran que el espacio alrededor del imán adquiere propiedades especiales, ya que el imán es capaz de ejercer fuerzas en su entorno, es decir, el imán crea un campo de fuerzas. Según esto, En el campo gravitatorio la fuerza se manifiesta sobre una masa, y en el campo eléctrico sobre una carga eléctrica. En el campo magnético no se dice sobre un polo magnético, sino sobre una aguja magnética o limaduras que siempre poseen dos polos. Esto es debido a que si se parte una aguja magnética o cualquier otro imán por su linea neutra, se comprueba que cada una de las partes se comporta como un nuevo imán.

Si se siguen subdividiendo los nuevos imanes, todos los fragmentados obtenidos actúan como un imán, con sus polos norte y sur bien diferenciados. Es decir en un imán no es posible separar dos polos magnéticos. Se puede definir el campo magnético como la región del espacio donde se manifiestan acciones sobre las agujas magnéticas.

SOLENOIDES

Es un sistema de corrientes circulares, aisladas, paralelas y equidistantes unas de otras. El selenoide así definido se materializa por medio de una serie de espiras de alambre enrolladas en forma helicoidal sobre un cilindro de material aislante. Haciendo pasar una corriente por las espiras, se establece en el interior del selenoide un campo magnético intenso y aproximadamente uniforme.

Para lograr un campo magnético de mayor intensidad, se introduce en el interior del solenoide un núcleo de material ferromagnético. El selenoide así constituido, se comporta como un imán mostrando una polarización muy definida.

Por tratarse de un imán debido al campo magnético de una corriente se le denomina electro-imán

Y tiene numerosas aplicaciones entre las cuales la más casera es servir de base para un timbre.

FLUJO MAGNÉTICO

Un campo magnético puede representarse por medio de las lineas de inducción. Por convenio, El numero de estas lineas por unidad de superficie normal a su dirección, mide el valor de la intensidad del campo magnético. El número total de lineas de inducción que atraviesan una superficie se denomina flujo.

CORRIENTE ALTERNA

Una de las más importantes aplicaciones de los fenómenos de inducción electromagnética es la producción, en escala industrial, de energía eléctrica la que se lleva a cabo mediante los generadores electromagnéticos, fundados en la corriente inducida originaria en un conductor que se mueve, en el campo magnético de un inductor. En esta forma, la energía mecánica se transforma en energía eléctrica.

Un generador electromagnético produce una energía eléctrica por transformación de la energía mecánica

aplicada a un conductor inducido que se mueve en el campo magnético de un inductor.

Se trata de producir una variación del flujo magnético, lo que se consigue moviendo con gran rapidez un conductor en un campo magnético de manera que corte un número de líneas de fuerza variable con el campo.

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Según FARADAY, un campo magnético variable, induce un campo eléctrico también variable, como en electrostática se hace hincapié de que toda carga eléctrica en reposo crea a su alrededor un campo eléctrico, cuya intensidad difiere en cada punto.

El científico MAXWELL, basado en consideraciones puramente teóricas, sospecho que sería posible demostrar que un campo eléctrico variable debería inducir un campo magnético también variable, semejante al creado por cargas eléctricas en movimiento, como lo demostró en el experimento de OERSTED.

Se supone que se carga un condensador por un procedimiento cualquiera como en el siguiente ejemplo uniendo sus placas a los bornes de una pila eléctrica como se muestra.

A medida que el condensador se va cargando, el campo eléctrico entre sus placas va variando y como resultado de esta variación del campo eléctrico aparece un campo magnético, cuya existencia se puede comprobar.

LA ELECTRICIDAD Y EL MAGNETISMO, BASES PARA LA TRANSMISIÓN DE MENSAJES

La evolución de las redes de telecomunicación ha dependido del desarrollo de materiales conductores, la explotación del espectro radioeléctrico y el diseño de artefactos para generar y recibir radiaciones. Por ello, las telecomunicaciones son fruto de los cambios de la física desde antes de la primera revolución industrial, aunque su desarrollo se hace presente desde el siglo XIX. Los aportes científicos y tecnológicos de la electrónica, microelectrónica, ciencia de materiales y el espacio, óptica, cibernética, entre otros, ya en el siglo XX incidieron directamente en el perfeccionamiento de las primeras redes y la diversificación de servicios.

Los estudios sobre electricidad y magnetismo se iniciaron a mediados del siglo XVII, considerándose como dos fenómenos distintos y separados. Las investigaciones sobre el magnetismo no se realizaban con el mismo interés que la primera, aunque desde antes de la Era Cristiana, los chinos utilizaban piedras-ímanes como brújulas. Entre los estudios sobre magnetismo, sobresalen desde principios del siglo XVII, el del inglés William Gilbert que en 1600 publicó el libro *De Magnete* donde consideraba a la tierra como un gran imán girando en el espacio y establecía una base racional para comprender el movimiento de la aguja

de una brújula y su atracción hacia los polos norte y sur de la tierra. Para Inglaterra, esto significó, en momentos en que poseía la marina más poderosa del mundo, un pilar estratégico para la navegación comercial y la conquista de territorios. Curiosamente, por esa misma fecha, Gilbert fue nombrado médico de la Reina. Para 1675, el físico irlandés Robert Boyle (1627–1691) construyó una bomba de vacío lo suficientemente eficiente para probar que el magnetismo funcionaba bien tanto en el vacío como en la atmósfera.

En este mismo siglo, los experimentos para generar, almacenar y conducir electricidad fueron constantes. El físico alemán Otto von Guericke (1602–1682) generó electricidad en laboratorio cuando construyó en 1665 el

globo rotatorio o esfera que producía chispas por fricción. La máquina de Guericke consistía en una gran esfera de cristal que contenía sulfuro, se montaba sobre un eje con manivela y al hacerla girar a gran velocidad tocaba una tela de tal forma que soltaban chispas entre dos bornes separados que hacían contacto con la esfera por medio de unas escobillas.

En 1729, el inglés Stephen Gray (1666–1736) descubrió la manera de transmitir electricidad por frotamiento de varillas de vidrio. Posteriormente, en 1745, el prusiano Ewald Ch. von Kleist (1715–1759) realizó experimentos para acumular electricidad; en una botella de cristal medio llena de agua y sellada con un corcho, introdujo un clavo hasta hacerlo tocar el agua, luego aproximó la cabeza del clavo a una máquina de fricción para comunicarle carga; al poner en contacto la cabeza del clavo a un cuerpo no electrificado para ver si había capturado electricidad, saltó una potente chispa que estremeció su brazo. Había descubierto que la energía se puede almacenar.

Años después, en 1753, el estadista y politólogo norteamericano Benjamin Franklin (1706–1790) hizo descender una corriente eléctrica de una nube tormentosa, sometió a prueba el pararrayos e ideó la manera de conservar la carga eléctrica.

El francés Charles Coulomb (1736–1806), encontró en 1785 la forma de medir la electricidad y el magnetismo. Finalmente en 1795 el físico italiano Alessandro Volta (1745–1827) consiguió producir y almacenar electricidad. Volta creyó que la electricidad procedía de los metales, por lo que construyó una pila voltaica o batería de pares de discos, uno de zinc y otro de plata, separando cada par por una piel o un disco de papel. Estos discos absorbentes que separaban los metales fueron empapados con una solución (agua salada o vinagre). Este descubrimiento aclaró que, en efecto, para almacenar energía se necesitaban dos tipos de metal y productos químicos para producir chispas, tal como lo venía sosteniendo el italiano Luigi Galvani (1737–1798), quien al realizar la disección de una rana cerca de una máquina generadora observó que se había producido una chispa entre la rana y la máquina, lo que le hizo pensar que había descubierto una fuente de electricidad en los animales.

EL DESCUBRIMIENTO DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS, SUSTENTO PARA LA TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

El descubrimiento que revolucionó la comunicación telegráfica y telefónica fue la aplicación de la radioelectricidad a estos dos tipos de telecomunicación a finales del siglo XIX, mismo que permitió la transmisión telegráfica inalámbrica, facilitó la comunicación entre largas distancias y ahorró la construcción de extensas redes de hierro galvanizado o cobre. Hasta el siglo referido, prevalecía aún la idea newtoniana de la luz como emisión de partículas de un foco emisor; cuando se superó ese paradigma de la física, aparecieron descubrimientos sucesivos que sentaron las bases para la telegrafía y la telefonía sin hilos.

El físico británico James C. Maxwell (1831–1879) formuló la teoría electromagnética de la luz señalando su carácter ondulatorio, es decir su transmisión a través de ondas invisibles para el ojo humano. Estableció que los campos eléctrico y magnético, actuando juntos, producían un nuevo tipo de energía llamada radiación. En 1873 publicó el Tratado sobre electricidad y magnetismo, que se reconoce ahora como el origen de la actual teoría electromagnética. Posteriormente, el alemán Heinrich R. Hertz (1857–1894), entre 1885–1889, comprobó por la vía experimental la existencia de las ondas electromagnéticas. Con el descubrimiento de estas

ondas que viajan en el espacio, se ideó la forma de producirlas y recibirlas a través de aparatos que aprovecharan los fenómenos eléctricos que la física había descubierto.

Diez años antes de que Hertz comprobara la existencia de las ondas electromagnéticas, el italiano Guillermo Marconi (1874–1937) consiguió el 2 de junio de 1891 una patente para la telegrafía sin hilos. Marconi se había concentrado en la idea de utilizar dichas ondas para transmitir señales a través del espacio. Construyó un aparato con el objeto de conectar al transmisor y receptor con una antena y a la tierra. En junio de 1896 transmitió el primer mensaje radiotelegráfico hallándose el receptor a 250 metros del emisor y separados por muros. Para 1897 logró comunicaciones más lejanas cuando transmitió un telegrama a una distancia de nueve millas entre las ciudades de Lavernock y Brean Down, en Italia. Con ello, las ondas hertzianas posibilitaron la comunicación inalámbrica entre los hombres.

La comunicación inalámbrica maravilló al mundo. Muy pronto todos los barcos de guerra fueron provistos de aparatos de radiotelegrafía, empezaron a recibir noticias de lo que ocurría en el mundo, y en 1904 los grandes trasatlánticos ya imprimían diariamente periódicos a bordo. En 1907 comenzó a funcionar un servicio transoceánico para radiogramas. Pero esto nada más era telegrafía. Aún no existía la radiotelefonía tal como se conoce hoy, es decir, no había en las casas aparatos pequeños por los que se pudiera escuchar música.

Lo que posibilitó la introducción de radiotelefonía en los hogares fue la transición, dentro del campo de las ondas electromagnéticas, del telégrafo al teléfono. El primer paso para lograr que la radiotelegrafía se convirtiera en radiotelefonía fue el invento de la válvula, el bulbo y el micrófono. El micrófono se necesitaba para poner los sonidos "en el aire", y el bulbo para ponerlos y sacarlos. El micrófono modula las ondas radiotelefónicas enviadas, mientras que el tubo rectifica y aumenta la débil corriente radiotelefónica recibida, hasta lograr reproducir los sonidos en un auricular o un altoparlante. Con estos adelantos, para 1908 fue posible sostener una conversación radiotelefónica entre Roma y Sicilia, a una distancia de 500 kilómetros, aproximadamente.

La utilidad de la telegrafía inalámbrica quedó demostrada tempranamente en muy dramáticas circunstancias, con ocasión del naufragio del vapor Titanic, que durante su viaje inaugural chocó el 15 de abril de 1912 contra un iceberg cuando navegaba rumbo a Nueva York. Sólo 707 de 2,224 personas a bordo se salvaron gracias a las llamadas de auxilio enviadas por telegrafía sin hilos a otros barcos. Al año siguiente también las llamadas de socorro radiadas desde el buque italiano Volturno, que se incendió en pleno océano Atlántico, hicieron acudir a diez barcos en su auxilio y pudieron rescatar a 521 personas.

Los científicos que contribuyeron a hacer realidad este medio de telecomunicación, quizá nunca pensaron que sus descubrimientos serían la base para el despegue y desarrollo posterior de grandes industrias lucrativas como la telefonía sin hilos, la navegación marítima, la transportación aérea, la comunicación por satélite y la conquista espacial.

La capacidad para mover información a la velocidad de la luz mediante el telégrafo trajo consigo la expansión e integración de los mercados, por la reducción de los costos de transacción y el fácil movimiento de capitales. También hizo posible el desarrollo de instituciones modernas como la bolsa de valores, las aseguradoras y servicios de información.

En Estados Unidos así como en otros países las líneas telegráficas se tendieron sobre las vías de los ferrocarriles, lo que trajo beneficios para ambas empresas. La administración y operación de los ferrocarriles se volvió más eficaz por la provisión de despachos eléctricos con información sobre la localización de cada tren o del estado de sus vías. Los ferrocarriles por su parte dieron a las compañías telegráficas un derecho exclusivo de uso de sus rutas.

Al mismo tiempo que la telegrafía se instauraba como medio eficiente de comunicación, surgieron otros medios más avanzados como el teléfono, la radiotelegrafía, la radiotelefonía y la televisión, para lo cual concurrieron diversas relaciones de carácter técnico, organizativo y económico al grado que los sistemas telegráficos y telefónicos empezaron pronto a compartir redes; e incluso desde la década de los cuarenta de este siglo las compañías telefónicas y telegráficas empezaron a emplear equipos de red similares a gran escala.

Asimismo, con la radiocomunicación, la telegrafía sin hilos se convirtió en el medio por excelencia para las comunicaciones internacionales y prácticamente confinó a las redes de cable a uso local.

BIBLIOGRAFIA

HEREDIA, Vicente y NEGRO L, José María. Hacia la física y la química, Editorial Alhambra S.A. Impreso en España 1977.

ALONSO MARÍN, Fernando. Curso de física orientación universitaria. Editorial Alhambra S.A. Impreso en España.

GARCIA DE DIETTES, Marina. y GRACIA GARCIA, Carmelo. Acustica, optica y electricidad. Editores Ltda pime 1985. Impreso en Colombia.

Serway, Física tomo II. Ed. Mc Graw Hill. México, 1995.

Tecnología Eléctrica. Electricidad, Magnitudes y Unidades. Ed. Mc Graw Hill. México, 1994.

SEPULVEDA SOTO, Alonso. Historia de la Física desde los Griegos hasta Newton. Electromagnetismo y Eter. Ed. Universidad de Antioquía. 1996.

www.electromag.es.com.

www.fisica/electric.es.com

www.IEEE.com

www.fisica/inves/electrom.com

ANEXOS

A. APLICACIONES MAS RECIENTES DE PROYECTOS POR EL DEPARTAMENTO DE ELECTROMAGNETISMO Y TEORÍA DE CIRCUITOS DE ESPAÑA

- Tutor: José A. Encinar.

Diseño de antenas para estaciones base en telefonía móvil.

Análisis de antenas mediante un software de simulación electromagnética.

- Tutor: Jesús García Jiménez.

Viabilidad de servicios multimedia soportados por redes de comunicaciones personales.

Optimización de transformadores entre guías rectangulares y elípticas.

Obtención de coberturas radioeléctricas mediante el modelado tridimensional del terreno.

- Tutor: José María Gil.

Elementos finitos vectoriales aplicados al análisis eficiente de líneas de Transmisión y guía de ondas (dos proyectos).

Estudio de la absorción de energía electromagnética de radiofrecuencia por los seres vivos.

Ingeniería de radiofrecuencia aplicada al medio ambiente.

- Tutor: Juan E. Page.

Micromecanizado de materiales mediante láser proyecto de carácter experimental.

Estudio experimental de las características de reflexión y transmisión de materiales proyecto de carácter experimental.

Circuitos equivalentes de discontinuidades en guía de ondas proyectos (dos) de carácter teórico, con contenido electromagnético y de circuitos.

Diseño de dispositivos mediante simulación ftdt.

Diseño de 'software' docente para el laboratorio de circuitos de alta frecuencia.

- Tutor: Juan Zapata.

Diseño de circuitos pasivos de microondas por el método de elementos finitos y análisis modal.

Diseño de antenas microstrip por el método de elementos finitos y análisis modal

B. INFORME DE ELECTROMAGNETISMO HECHO POR EMILIANO MUTCHINICK

Arme un circuito y coloqué una brújula sobre los cables. Cuando tenía el circuito cerrado la aguja se quedo quieta. Esto se debe a que la electricidad produce un campo magnético, entonces la aguja era atraída por este campo.

Luego con el circuito abierto la aguja cambiaba de dirección porque solo era atraída por el campo magnético de la tierra.

Esta experiencia es el principio de un electroimán. Un electroimán es un núcleo de hierro rodeado de varias vueltas de cable de cobre. Cada vuelta de alambre genera un pequeño campo magnético. El efecto de cada una de estas vueltas se suma y el resultado es un imán más poderoso.

Arme mi propio electroimán con un tornillo y alambre de cobre esmaltado. A éste le pasé 120 vueltas de alambre y levantó 86 clips. Luego hice otro con 70 vueltas y logró levantar 70 clips lo cual confirma que a más vueltas mayor el campo magnético.

Antes el electroimán se usaba mucho por ejemplo en el telégrafo. Este sería el modelo y el circuito.

Ahora también se usa, por ejemplo en el timbre. El funcionamiento del timbre se debe a la acción de un electroimán que es activado y desactivado rápidamente produciendo una vibración en el brazo que activa la campanilla. En la figura se puede ver que el electroimán se acciona porque está tocando el clavo superior, el que a su vez está tocando una chapa con un cable que llega al otro polo de la pila. Al accionarse el electroimán, éste atrae la chapa superior que al moverse hacia abajo abre el circuito y esto desactiva el electroimán. Al desactivarse el electroimán la chapita vuelve a su lugar y cierra el circuito por lo cual vuelve a accionar el electroimán y así se vuelve a repetir el ciclo. Al pasar esto a gran velocidad y la chapita tocar la campana cada vez que baja, se produce un agudo ruido de chicharra.

Este es el circuito del timbre.

Luego armé un galvanómetro que es un aparato que mide la intensidad de corriente que circula en un circuito. Enrosqué 100 vueltas de alambre en un frasco de 5 a 7 cm. de diámetro. Removí el bobinado y lo sujete con cinta de papel formando un anillo compacto. Lo coloqué en una madera y quedo perpendicular a ésta.

Ya lista la bobina le coloqué una brújula de tal modo que la aguja, Norte y Sur quedara paralela a ésta. Luego conecte el galvanómetro a la fuente y vi que la aguja quedó perpendicular a la bobina.

Esto funciona así porque el galvanómetro produce un campo magnético perpendicular a él y atrae la aguja haciéndola quedar igual. Probé conectando el galvanómetro a una pila, luego a dos y a la fuente. Vi que la aguja siempre quedaba perpendicular. Con esto me di cuenta que no funcionaba porque no diferenciaba entre las distintas intensidades de corriente.

El problema se debe a que la aguja es atraída por dos campos magnéticos, el de la tierra y el de la bobina. Como el campo de la tierra es muy débil en relación al producido por la bobina, este último siempre "gana" lo que hace que la aguja se alinee con él. Para que esto no suceda coloqué un imán paralelo a la bobina para reforzar el campo de la tierra y volví a probar con fuentes de distintas intensidades. Con esto armé una escala que me indicaba la intensidad de corriente en relación a la posición de la aguja de la brújula.

Luego arme otra bobina, esta vez dándole 5 vueltas de alambre y dejándole 1 metro de alambre en cada extremo. Este lo conecte al galvanómetro y lo aleje lo más posible. Moví un imán dentro de la segunda bobina y la brújula no se movió. Cambie la brújula y la bobina y la aguja se movió. Esto sucede porque el imán al moverse genera una corriente en la bobina que a su vez es detectada por la aguja de la brújula que se encuentra en la otra bobina.