

La Electricidad

Historia:

Es posible que el filósofo griego Tales de Mileto, que vivió en torno al 600 a.C., ya supiera que el ámbar adquiere la propiedad de atraer objetos ligeros al ser frotado. Otro filósofo griego, Teofrasto, afirmaba en un tratado escrito tres siglos después que otras sustancias poseen esa propiedad. Sin embargo, el primer estudio científico de los fenómenos eléctricos no apareció hasta el 1600 d.C., cuando se publicaron las investigaciones del médico británico William Gilbert, quien aplicó el término eléctrico (del griego elektron, 'ámbar') a la fuerza que ejercen esas sustancias después de ser frotada.

También distinguió entre las acciones magnética y eléctrica.

La primera máquina para producir una carga eléctrica fue descrita en 1672 por el físico alemán Otto von Guericke. Estaba formada por una esfera de azufre movida por una manivela, sobre la que se inducía una carga cuando se apoyaba la mano sobre ella. El científico francés Charles François de Cisternay Du Fay fue el primero en distinguir claramente los dos tipos diferentes de carga eléctrica: positiva y negativa. El condensador más antiguo, la botella de Leyden, fue desarrollado en 1745. Estaba formado por una botella de vidrio recubierta por dos láminas de papel de estaño, una en el interior y otra en el exterior. Si se cargaba una de las láminas con una máquina electrostática, se producía una descarga violenta si se tocaban ambas láminas a la vez.

El inventor estadounidense Benjamin Franklin dedicó mucho tiempo a la investigación de la electricidad. Su famoso experimento con una cometa o papalote demostró que la electricidad atmosférica que provoca los fenómenos del relámpago y el trueno es de la misma naturaleza que la carga electrostática de una botella de Leyden. Franklin desarrolló una teoría según la cual la electricidad es un 'fluido' único que existe en toda la materia, y sus efectos pueden explicarse por el exceso o la escasez de ese fluido.

La ley de que la fuerza entre cargas eléctricas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas fue demostrada experimentalmente por el químico británico Joseph Priestley alrededor de 1766. Priestley también demostró que una carga eléctrica se distribuye uniformemente sobre la superficie de una esfera metálica hueca, y que en el interior de una esfera así no existen cargas ni campos eléctricos. Charles de Coulomb inventó una balanza de torsión para medir con precisión la fuerza que se ejerce entre las cargas eléctricas. Con ese aparato confirmó las observaciones de Priestley y demostró que la fuerza entre dos cargas también es proporcional al producto de las cargas individuales. Faraday, que realizó numerosas contribuciones al estudio de la electricidad a principios del siglo XIX, también desarrolló la teoría de las líneas de fuerza eléctricas.

Los físicos italianos Luigi Galvani y Alessandro Volta llevaron a cabo los primeros experimentos importantes con corrientes eléctricas. Galvani produjo contracciones musculares en las patas de una rana aplicándoles una corriente eléctrica.

En 1800, Volta presentó la primera fuente electroquímica artificial de diferencia de potencial, un tipo de pila eléctrica o batería.

La existencia de un campo magnético en torno a un flujo de corriente eléctrica fue demostrada por el científico danés Hans Christian Oersted en 1819, y en 1831 Faraday demostró que la corriente que circula por una espira de cable puede inducir electromagnéticamente una corriente en una espira cercana. Alrededor de 1840, James Prescott Joule y el científico alemán Hermann von Helmholtz demostraron que los circuitos eléctricos cumplen la ley de conservación de la energía, y que la electricidad es una forma de energía.

El físico matemático británico James Clerk Maxwell realizó una contribución importante al estudio de la electricidad en el siglo XIX; Maxwell investigó las propiedades de las ondas electromagnéticas y la luz y desarrolló la teoría de que ambas tienen la misma naturaleza. Su trabajo abrió el camino al físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, que produjo y detectó ondas eléctricas en la atmósfera en 1886, y al ingeniero italiano Guillermo Marconi, que en 1896 empleó esas ondas para producir el primer sistema práctico de señales de radio.

La teoría de los electrones, que forma la base de la teoría eléctrica moderna, fue presentada por el físico holandés Hendrik Antoon Lorentz en 1892. El primero en medir con precisión la carga del electrón fue el físico estadounidense Robert Andrews Millikan, en 1909. El uso generalizado de la electricidad como fuente de energía se debe en gran medida a ingenieros e inventores pioneros de Estados Unidos, como Thomas Alva Edison, Nikola Tesla o Charles Proteus Steinmetz.

Benjamín Franklin:

(1706–1790), filósofo, político y científico estadounidense, cuya contribución a la causa de la guerra de la Independencia estadounidense y gobierno federal instaurado tras la misma le situaron entre los más grandes estadistas del país.

Franklin nació el 17 de enero de 1706 en Boston. Después de asistir a la escuela primaria desde los 8 a los 10 años de edad, Benjamin empezó a trabajar en la cerería de su padre. Cuando tenía 13 años de edad trabajó como aprendiz en la imprenta de su hermano. Benjamin aprendió este oficio, dedicando su tiempo libre a perfeccionar su formación, leyendo obras de John Bunyan, Plutarco, Daniel Defoe, Cotton Mather, sir Richard Steele y Joseph Addison.

Desde 1721 colaboró con su hermano James en la redacción y edición del New England Courant. Debido a su tendencia liberal, esta gaceta molestó a menudo a las autoridades coloniales.

Sus proyectos y experimentos:

Franklin participó en muchos proyectos públicos. En 1731 fundó la que probablemente fue la primera biblioteca pública de Norteamérica, inaugurada en 1742 con el nombre de Biblioteca de Filadelfia.

También publicó el Almanaque del Buen Ricardo en 1732 bajo el seudónimo de Richard Saunders.

Este modesto almanaque se ganó rápidamente a un gran público y con su saber práctico y sencillo ejerció una influencia persuasiva en el carácter de la población colonial. En 1736 Franklin formó parte de la Asamblea General de Pensilvania y al año siguiente fue nombrado administrador de Correos de Filadelfia.

Por esta época organizó también la primera compañía de seguros contra incendios de la ciudad e introdujo métodos para mejorar la pavimentación e iluminación de las calles. Siempre interesado en los estudios científicos, ideó sistemas para controlar el exceso de humo de las chimeneas y alrededor de 1744 inventó la estufa de hierro Franklin, que producía más calor con menos combustible.

En 1747 Franklin inició sus experimentos sobre la electricidad. Adelantó una posible teoría de la botella de Leyden, defendió la hipótesis de que las tormentas son un fenómeno eléctrico y propuso un método efectivo para demostrarlo. Su teoría se publicó en Londres y se ensayó en Inglaterra y Francia antes incluso de que él mismo ejecutara su famoso experimento con una cometa en 1752. Inventó el pararrayos y presentó la llamada teoría del fluido único para explicar los dos tipos de electricidad, positiva y negativa. En reconocimiento a sus impresionantes logros científicos, Franklin recibió títulos honorarios de las universidades de Saint Andrews y Oxford. También fue elegido miembro de la Sociedad Real de Londres y en 1753 fue galardonado con la Medalla Copley por sus destacadas contribuciones a la ciencia experimental. Franklin ejerció también gran influencia en el campo de la educación, siendo determinantes sus escritos para la fundación en 1751 de la Academia Filadelfia, que más tarde se convertiría en la Universidad de Pensilvania. El plan de estudios que proponía se alejaba bastante del programa de estudios clásicos tan en boga en ese momento; concedía gran importancia al estudio del inglés y las lenguas modernas, así como a las matemáticas y ciencias.

Benjamin Franklin fue el principal seguidor de los postulados de Isaac Newton en América. Su teoría sobre la electricidad se basaba en la noción newtoniana de la repulsión mutua de las partículas que el científico inglés había expuesto en su Óptica.

¿Qué es electricidad?

Categoría de fenómenos físicos originados por la existencia de cargas eléctricas y por la interacción de las mismas. Cuando una carga eléctrica se encuentra estacionaria, o estática, produce fuerzas eléctricas sobre las otras cargas situadas en su misma región del espacio; cuando está en movimiento, produce además efectos magnéticos. Los efectos eléctricos y magnéticos dependen de la posición y movimiento relativos de las partículas cargadas. En lo que respecta a los efectos eléctricos, estas partículas pueden ser neutras, positivas o negativas (véase Átomo).

La electricidad se ocupa de las partículas cargadas positivamente, como los protones, que se repelen mutuamente, y de las partículas cargadas negativamente, como los electrones, que también se repelen mutuamente. En cambio, las partículas negativas y positivas se atraen entre sí. Este comportamiento puede resumirse diciendo que las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de distinto signo se atraen.

Electrostática:

Una manifestación habitual de la electricidad es la fuerza de atracción o repulsión entre dos cuerpos estacionarios que, de acuerdo con el principio de acción y reacción, ejercen la misma fuerza eléctrica uno

sobre otro. La carga eléctrica de cada cuerpo puede medirse en culombios. La fuerza entre dos partículas con cargas q_1 y q_2 puede calcularse a partir de la ley de Coulomb según la cual la fuerza es proporcional al producto de las cargas dividido entre el cuadrado de la distancia que las separa. La constante de proporcionalidad K depende del medio que rodea a las cargas. La ley se llama así en honor al físico francés Charles de Coulomb.

Toda partícula eléctricamente cargada crea a su alrededor un campo de fuerzas. Este campo puede representarse mediante líneas de fuerza que indican la dirección de la fuerza eléctrica en cada punto. Para mover otra partícula cargada de un punto a otro del campo hay que realizar trabajo. La cantidad de energía necesaria para efectuar ese trabajo sobre una partícula de carga unidad se conoce como diferencia de potencial entre ambos puntos.

Esta magnitud se mide en voltios. La Tierra, un conductor de gran tamaño que puede suponerse sustancialmente uniforme a efectos eléctricos, suele emplearse como nivel de referencia cero para la energía potencial. Así, se dice que el potencial de un cuerpo cargado positivamente es de tantos voltios por encima del potencial de tierra, y el potencial de un cuerpo cargado negativamente es de tantos voltios por debajo del potencial de tierra.

Propiedades eléctricas de los sólidos:

El primer fenómeno eléctrico artificial que se observó fue la propiedad que presentan algunas sustancias resinosas como el ámbar, que adquieren una carga negativa al ser frotadas con una piel o un trapo de lana, tras lo cual atraen objetos pequeños. Un cuerpo así tiene un exceso de electrones. Una varilla de vidrio frotada con seda tiene una capacidad similar para atraer objetos no cargados, y atrae los cuerpos negativamente cargados con una fuerza aún mayor.

El vidrio tiene una carga positiva, que puede describirse como un defecto de electrones o un exceso de protones.

Cuando algunos átomos se combinan para formar sólidos, ecuentemente quedan libres uno o más electrones, que pueden moverse con facilidad a través del material. En algunos materiales, llamados conductores, ciertos electrones se liberan fácilmente. Los metales, en particular el cobre y la plata, son buenos conductores.

Los materiales en los que los electrones están fuertemente ligados a los átomos se conocen como aislantes, no conductores o dieléctricos.

Algunos ejemplos son el vidrio, la goma o la madera seca.

Un tercer tipo de material es un sólido en el que un número relativamente pequeño de electrones puede liberarse de sus átomos de forma que dejan un 'hueco' en el lugar del electrón. El hueco, que representa la ausencia de un electrón negativo, se comporta como si fuera una unidad de carga positiva. Un campo eléctrico hace que tanto los electrones negativos como los huecos positivos se desplacen a través del material, con lo que se produce una corriente eléctrica.

Generalmente, un sólido de este tipo, denominado semiconductor, tiene una resistencia mayor al paso de corriente que un conductor como el cobre, pero menor que un aislante como el vidrio. Si la

mayoría de la corriente es transportada por los electrones negativos, se dice que es un semiconductor de tipo n. Si la mayoría de la corriente corresponde a los huecos positivos, se dice que es de tipo p. Si un material fuera un conductor perfecto, las cargas circularían por él sin ninguna resistencia; por su parte, un aislante perfecto no permitiría que se movieran las cargas por él. No se conoce ninguna sustancia que presente alguno de estos comportamientos extremos a temperatura ambiente. A esta temperatura, los mejores conductores ofrecen una resistencia muy baja (pero no nula) al paso de la corriente y los mejores aislantes ofrecen una resistencia alta (pero no infinita). Sin embargo, la mayoría de los metales pierden toda su resistencia a temperaturas próximas al cero absoluto; este fenómeno se conoce como superconductividad.

Cargas eléctricas:

El electroscopio es un instrumento cualitativo empleado para demostrar la presencia de cargas eléctricas. En la figura 1 se muestra el instrumento tal como lo utilizó por primera vez el físico y químico británico Michael Faraday. El electroscopio está compuesto por dos láminas de metal muy finas (a,a) colgadas de un soporte metálico (b) en el interior de un recipiente de vidrio u otro material no conductor (c). Una esfera (d) recoge las cargas eléctricas del cuerpo cargado que se quiere observar; las cargas, positivas o negativas, pasan a través del soporte metálico y llegan a ambas láminas.

Al ser iguales, las cargas se repelen y las láminas se separan. La distancia entre éstas depende de la cantidad de carga.

Pueden emplearse tres métodos para cargar eléctricamente un objeto: 1) contacto con otro objeto de distinto material (como por ejemplo, ámbar y piel) seguido por separación; 2) contacto con otro cuerpo cargado; 3) inducción.

El efecto de las cargas eléctricas sobre conductores y no conductores se muestra en la figura 2. Un cuerpo cargado negativamente, A, está situado entre un conductor neutro, B, y un no conductor neutro, C. Los electrones libres del conductor son repelidos hacia la zona del conductor alejada de A, mientras que las cargas positivas se ven atraídas hacia la zona próxima. El cuerpo B en su conjunto es atraído hacia A, porque la atracción de las cargas distintas más próximas entre sí es mayor que la repulsión de las cargas iguales más separadas (las fuerzas entre las cargas eléctricas son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre las cargas).

En el no conductor, C, los electrones no pueden moverse libremente, pero los átomos o moléculas del mismo se reorientan de forma que sus electrones constituyentes estén lo más lejos posible de A; el no conductor también es atraído por A, pero en menor medida que el conductor.

El movimiento de los electrones en el conductor B de la figura 2 y la reorientación de los átomos del no conductor C proporciona a esos cuerpos cargas positivas en los lados más próximos a A y negativas en los lados más distantes de A. Las cargas generadas de esta forma se denominan cargas inducidas.

Medidas eléctricas:

El flujo de carga, o intensidad de corriente, que recorre un cable se mide por el número de culombios que pasan en un segundo por una sección determinada del cable. Un culombio por segundo equivale a 1 amperio, unidad de intensidad de corriente eléctrica llamada así en honor al físico francés André Marie Ampère. Véase el siguiente apartado, Corriente eléctrica.

Cuando una carga de 1 culombio se desplaza a través de una diferencia de potencial de 1 voltio, el trabajo realizado equivale a 1 julio, unidad llamada así en honor al físico británico James Prescott Joule. Esta definición facilita la conversión de cantidades mecánicas en eléctricas.

Una unidad de energía muy usada en física atómica es el electronvoltio (eV).

Corresponde a la energía adquirida por un electrón acelerado por una diferencia de potencial de 1 voltio. Esta unidad es muy pequeña y muchas veces se multiplica por un millón o mil millones, breviándose el resultado como 1 MeV o 1 GeV.

Corriente eléctrica:

Si dos cuerpos de carga igual y opuesta se conectan por medio de un conductor metálico, por ejemplo un cable, las cargas se neutralizan mutuamente. Esta neutralización se lleva a cabo mediante un flujo de electrones a través del conductor, desde el cuerpo cargado negativamente al cargado positivamente (en ingeniería eléctrica, se considera por convención que la corriente fluye en sentido opuesto, es decir, de la carga positiva a la negativa).

En cualquier sistema continuo de conductores, los electrones fluyen desde el punto de menor potencial hasta el punto de mayor potencial.

Un sistema de esa clase se denomina circuito eléctrico. La corriente que circula por un circuito se denomina corriente continua (c.c.) si fluye siempre en el mismo sentido y corriente alterna (c.a.) si fluye alternativamente en uno u otro sentido.

El flujo de una corriente continua está determinado por tres magnitudes relacionadas entre sí. La primera es la diferencia de potencial en el circuito, que en ocasiones se denomina fuerza electromotriz (fem) o voltaje.

La segunda es la intensidad de corriente. Esta magnitud se mide en amperios; 1 amperio corresponde al paso de unos 6.250.000.000.000.000 electrones por segundo por una sección determinada del circuito. La tercera magnitud es la resistencia del circuito. Normalmente, todas las sustancias, tanto conductores como aislantes, ofrecen cierta oposición al flujo de una corriente eléctrica, y esta resistencia limita necesariamente la corriente.

La unidad empleada para cuantificar la resistencia es el ohmio (Ω), que se define como la resistencia que limita el flujo de corriente a 1 amperio en un circuito con una fem de 1 voltio. La ley de Ohm, llamada así en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, que la descubrió en 1827, permite relacionar la intensidad con la

fuerza electromotriz. Se expresa mediante la ecuación $e = I \times R$, donde e es la fuerza electromotriz en voltios, I es la intensidad en amperios y R es la resistencia en ohmios. A partir de esta ecuación puede calcularse cualquiera de las tres magnitudes en un circuito dado si se conocen las otras dos.

Cuando una corriente eléctrica fluye por un cable pueden observarse dos efectos importantes: la temperatura del cable aumenta y un imán o brújula colocado cerca del cable se desvía, apuntando en dirección perpendicular al cable. Al circular la corriente, los electrones que la componen colisionan con los átomos del conductor y ceden energía, que aparece en forma de calor.

La cantidad de energía desprendida en un circuito eléctrico se mide en julios. La potencia consumida se mide en vatios; 1 vatio equivale a 1 julio por segundo. La potencia P consumida por un circuito determinado puede calcularse a partir de la ecuación $P = e \times I$, o aplicando la ley de Ohm; $P = I^2 \times R$. También se consume potencia en la producción de trabajo mecánico, en la emisión de radiación electromagnética como luz u ondas de radio y en la descomposición química.

Electromagnetismo:

El movimiento de la aguja de una brújula en las proximidades de un conductor por el que circula una corriente indica la presencia de un campo magnético (véase Magnetismo) alrededor del conductor. Cuando dos conductores paralelos son recorridos cada uno por una corriente, los conductores se atraen si ambas corrientes fluyen en el mismo sentido y se repelen cuando fluyen en sentidos opuestos. El campo magnético creado por la corriente que fluye en una espira de alambre es tal que si se suspende la espira cerca de la Tierra se comporta como un imán o una brújula, y oscila hasta que la espira forma un ángulo recto con la línea que une los dos polos magnéticos terrestres.

Puede considerarse que el campo magnético en torno a un conductor rectilíneo que transporta corriente se extiende desde el conductor igual que las ondas creadas cuando se tira una piedra al agua. Las líneas de fuerza del campo magnético tienen sentido antihorario cuando se observa el conductor en el mismo sentido en que se desplazan los electrones. El campo en torno al conductor es estacionario mientras la corriente fluya por él de forma uniforme.

Cuando un conductor se mueve de forma que atraviesa las líneas de fuerza de un campo magnético, este campo actúa sobre los electrones libres del conductor desplazándolos y creando una diferencia de potencial y un flujo de corriente en el mismo. Se produce el mismo efecto si el campo magnético es estacionario y el cable se mueve que si el campo se mueve y el cable permanece estacionario. Cuando una corriente empieza a circular por un conductor, se genera un campo magnético que parte del conductor. Este campo atraviesa el propio conductor e induce en él una corriente en sentido opuesto a la corriente que lo causó (según la llamada regla de Lenz). En un cable recto este efecto es muy pequeño, pero si el cable se enrolla para formar una bobina, el efecto se amplía ya que los campos generados por cada espira de la bobina cortan las espiras vecinas e inducen también una corriente en ellas. El resultado es que cuando se conecta una bobina así a una fuente de diferencia de potencial, impide el flujo de corriente cuando empieza a aplicarse la diferencia de potencial. De forma similar, cuando se elimina la diferencia de potencial, el campo magnético se desvanece, y las líneas de fuerza vuelven a cortar las espiras de la bobina. La corriente inducida en estas circunstancias tiene el mismo sentido que la corriente original, y la bobina tiende a mantener el flujo de corriente.

Debido a estas propiedades, una bobina se resiste a los cambios en el flujo de corriente, por lo que se dice que

posee inercia eléctrica o autoinducción. Esta inercia tiene poca importancia en circuitos de corriente continua, ya que no se observa cuando la corriente fluye de forma continuada, pero es muy importante en los circuitos de corriente alterna (véase más adelante el apartado Corrientes alternas).

Conducción en líquidos y gases:

Cuando fluye una corriente eléctrica por un conductor metálico, el flujo sólo tiene lugar en un sentido, ya que la corriente es transportada en su totalidad por los electrones. En cambio en los líquidos y gases, se hace posible un flujo bidireccional debido a la ionización (véase Electroquímica).

En una solución líquida, los iones positivos se mueven en la disolución desde los puntos de potencial más alto a los puntos de potencial más bajo; los iones negativos se mueven en sentido opuesto. De forma similar, en los gases que pueden ser ionizados por radiactividad, por los rayos ultravioletas de la luz solar, por ondas electromagnéticas o por un campo eléctrico muy intenso se produce un movimiento bidireccional de iones que produce una corriente eléctrica a través del gas.

Fuentes de fuerza electromotriz:

Para producir un flujo de corriente en cualquier circuito eléctrico es necesaria una fuente de fuerza electromotriz. Las fuentes disponibles son las siguientes:

- máquinas electrostáticas, que se basan en el principio de inducir cargas eléctricas por medios mecánicos;
- máquinas electromagnéticas, en las que se genera corriente desplazando mecánicamente un conductor a través de un campo o campos magnéticos;
- células voltaicas, que producen una fuerza electromotriz a través de una acción electroquímica;
- dispositivos que producen una fuerza electromotriz a través de la acción del calor;
- dispositivos que generan una fuerza electromotriz por la acción de la luz;
- dispositivos que producen una fuerza electromotriz a partir de una presión física, como los cristales piezoeléctricos. Véase Cristal.

Corrientes alternas:

Cuando se hace oscilar un conductor en un campo magnético, el flujo de corriente en el conductor cambia de sentido tantas veces como lo hace el movimiento físico del conductor. Varios sistemas de generación de electricidad se basan en este principio, y producen una forma de corriente oscilante llamada corriente alterna. Esta corriente tiene una serie de características ventajosas en comparación con la corriente continua, y suele

utilizarse como fuente de energía eléctrica tanto en aplicaciones industriales como en el hogar. La característica práctica más importante de la corriente alterna es que su voltaje puede cambiarse mediante un sencillo dispositivo electromagnético denominado transformador. Cuando una corriente alterna pasa por una bobina de alambre, el campo magnético alrededor de la bobina se intensifica, se anula, se vuelve a intensificar con sentido opuesto y se vuelve a anular. Si se sitúa otra bobina en el campo magnético de la primera bobina, sin estar directamente conectada a ella, el movimiento del campo magnético induce una corriente alterna en la segunda bobina. Si esta segunda bobina tiene un número de espiras mayor que la primera, la tensión inducida en ella será mayor que la tensión de la primera, ya que el campo actúa sobre un número mayor de conductores individuales. Al contrario, si el número de espiras de la segunda bobina es menor, la tensión será más baja que la de la primera.

La acción de un transformador hace posible la transmisión rentable de energía eléctrica a lo largo de grandes distancias. Si se quieren suministrar 200.000 vatios de potencia a una línea eléctrica, puede hacerse con un voltaje de 200.000 voltios y una corriente de 1 amperio o con un voltaje de 2.000 voltios y una corriente de 100 amperios, ya que la potencia es igual al producto de tensión y corriente. La potencia

perdida en la línea por calentamiento es igual al cuadrado de la intensidad de la corriente multiplicado por la resistencia. Por ejemplo, si la resistencia de la línea es de 10 ohmios, la pérdida de potencia con 200.000 voltios será de 10 vatios, mientras que con 2.000 voltios será de 100.000 vatios, o sea, la mitad de la potencia disponible.

Véase Generación y transporte de electricidad.

En un circuito de corriente alterna, el campo magnético en torno a una bobina varía constantemente, y la bobina obstaculiza continuamente el flujo de corriente en el circuito debido a la autoinducción. La relación entre el voltaje aplicado a una bobina ideal (es decir, sin resistencia) y la intensidad que fluye por dicha bobina es tal que la intensidad es nula cuando el voltaje es máximo, y es máxima cuando el voltaje es nulo. Además, el campo magnético variable induce una diferencia de potencial en la bobina de igual magnitud y sentido opuesto a la diferencia de potencial aplicada.

En la práctica, las bobinas siempre presentan resistencia y capacidad además de autoinducción. Si en un circuito de corriente alterna se coloca un condensador, también llamado capacitor, la intensidad de corriente es proporcional al tamaño del condensador y a la velocidad de variación del voltaje en el condensador.

Por tanto, por un condensador cuya capacidad es de 2 faradios pasará el doble de intensidad que por uno de 1 faradio. En un condensador ideal, el voltaje está totalmente desfasado con la intensidad. Cuando el voltaje es máximo no fluye intensidad, porque la velocidad de cambio de voltaje es nula. La intensidad es máxima cuando el voltaje es nulo, porque en ese punto la velocidad de variación del voltaje es máxima.

A través de un condensador circula intensidad aunque no existe una conexión eléctrica directa entre sus placas porque el voltaje de una placa induce una carga opuesta en la otra. De los efectos indicados se deduce que si se aplica un voltaje alterno a una bobina o condensador ideales, no se consume potencia. No obstante, en todos

los casos prácticos los circuitos de corriente alterna presentan resistencia además de autoinducción y capacidad, y se consume potencia. Esta potencia consumida depende de la proporción relativa de las tres magnitudes en el circuito.

Electricidad, Generación y transporte:

Conjunto de instalaciones que se utilizan para transformar otros tipos de energía en electricidad y transportarla hasta los lugares donde se consume.

La generación y transporte de energía en forma de electricidad tiene importantes ventajas económicas debido al coste por unidad generada. Véase Motores y generadores eléctricos. Las instalaciones eléctricas también permiten utilizar la energía hidroeléctrica a mucha distancia del lugar donde se genera. Estas instalaciones suelen utilizar corriente alterna, ya que es fácil reducir o elevar el voltaje con transformadores. De esta manera, cada parte del sistema puede funcionar con el voltaje apropiado. Las instalaciones eléctricas tienen seis elementos principales: la central eléctrica, los transformadores que elevan el voltaje de la energía eléctrica generada a las altas tensiones utilizadas en las líneas de transmisión, las líneas de transmisión, las subestaciones donde la señal baja su voltaje para adecuarse a las líneas de distribución, las líneas de distribución y los transformadores que bajan el voltaje al valor utilizado por los consumidores.

En una instalación normal, los generadores de la central eléctrica suministran voltajes de 26.000 voltios; voltajes superiores no son adecuados por las dificultades que presenta su aislamiento y por el riesgo de cortocircuitos y sus consecuencias. Este voltaje se eleva mediante transformadores a tensiones entre 138.000 y 765.000 voltios para la línea de transmisión primaria (cuanto más

alta es la tensión en la línea, menor es la corriente y menores son las pérdidas, ya que éstas son proporcionales al cuadrado de la intensidad de corriente). En la subestación, el voltaje se transforma en tensiones entre 69.000 y 138.000 voltios para que sea posible transferir la electricidad al sistema de distribución. La tensión se baja de nuevo con transformadores en cada punto de distribución. La industria pesada suele trabajar a 33.000 voltios (33 kilovoltios), y los trenes eléctricos requieren de 15 a 25 kilovoltios.

Para su suministro a los consumidores se baja más la tensión: la industria suele trabajar a tensiones entre 380 y 415 voltios, y las viviendas reciben entre 220 y 240 voltios en algunos países y entre 110 y 125 en otros.

El desarrollo actual de los rectificadores de estado sólido para alta tensión hace posible una conversión económica de alta tensión de corriente alterna a alta tensión de corriente continua para la distribución de electricidad. Esto evita las pérdidas inductivas y capacitivas que se producen en la transmisión de corriente alterna. La estación central de una instalación eléctrica consta de una máquina motriz, como una turbina de combustión, que mueve un generador eléctrico. La mayor parte de la energía eléctrica del mundo se genera en centrales térmicas alimentadas con carbón, aceite, energía nuclear o gas; una pequeña parte se genera en centrales hidroeléctricas, diesel o provistas de otros sistemas de combustión interna.

Las líneas de transmisión de alta tensión suelen estar formadas por cables de cobre, aluminio o acero recubierto de aluminio o cobre. Estos cables están suspendidos de postes o pilones, altas torres de acero, mediante una sucesión de aislantes de porcelana. Gracias a la utilización de cables de acero recubierto y altas torres, la distancia entre éstas puede ser mayor, lo que reduce el coste del tendido de las líneas de transmisión; las más modernas, con tendido en línea recta, se construyen con menos de cuatro torres por kilómetro. En algunas zonas, las líneas de alta tensión se cuelgan de postes de madera. Las líneas de distribución a menor tensión suelen ser postes de madera, más adecuados que las torres de acero. En las ciudades y otras áreas donde los cables aéreos son peligrosos se utilizan cables aislados subterráneos. Algunos cables tienen el centro hueco para que circule aceite a baja presión. El aceite proporciona una protección temporal contra el agua, que podría producir fugas en el cable. Se utilizan con frecuencia tubos rellenos con muchos cables y aceite a alta presión (unas 15 atmósferas) para la transmisión de tensiones de hasta 345 kV.

Cualquier sistema de distribución de electricidad requiere una serie de equipos suplementarios para proteger los generadores, transformadores y las propias líneas de transmisión. Suelen incluir dispositivos diseñados para regular la tensión que se proporciona a los usuarios y corregir el factor de potencia del sistema (véase más abajo).

Los cortacircuitos se utilizan para proteger todos los elementos de la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas y para realizar las operaciones de conmutación ordinarias. Estos cortacircuitos son grandes interruptores que se activan de modo automático cuando ocurre un cortocircuito o cuando una circunstancia anómala produce una subida repentina de la corriente. En el momento en el que este dispositivo interrumpe la corriente se forma un arco eléctrico entre sus terminales.

Para evitar este arco, los grandes cortacircuitos, como los utilizados para proteger los generadores y las secciones de las líneas de transmisión primarias, están sumergidos en un líquido aislante, por lo general aceite.

También se utilizan campos magnéticos para romper el arco. En tiendas, fábricas y viviendas se utilizan pequeños cortacircuitos diferenciales. Los aparatos eléctricos también incorporan unos cortacircuitos llamados fusibles, consistentes en un alambre de una aleación de bajo punto de fusión; el fusible se introduce en el circuito y se funde si la corriente aumenta por encima de un valor predeterminado.

Fallos del sistema:

En muchas zonas del mundo las instalaciones locales o nacionales están conectadas formando una red. Esta red de conexiones permite que la electricidad generada en un área se comparta con otras zonas. Cada empresa aumenta su capacidad de reserva y comparte el riesgo de apagones. Estas redes son enormes y complejos sistemas compuestos y operados por grupos diversos. Representan una ventaja económica pero aumentan el riesgo de un apagón generalizado, ya que si un pequeño cortocircuito se produce en una zona, por sobrecarga en las zonas cercanas puede transmitirse en cadena a todo el país. Muchos hospitales, edificios públicos, centros comerciales y otras instalaciones que dependen de la energía eléctrica tienen sus propios generadores para eliminar el riesgo de apagones.

Regulación del voltaje:

Las largas líneas de transmisión presentan inductancia, capacitancia y resistencia al paso de la corriente eléctrica (véase Circuito eléctrico). El efecto de la inductancia y de la capacitancia de la línea es la variación de la tensión si varía la corriente, por lo que la tensión suministrada varía con la carga acoplada. Se utilizan muchos tipos de dispositivos para regular esta variación no deseada. La regulación de la tensión se consigue con reguladores de la inducción y motores síncronos de tres fases, también llamados condensadores síncronos. Ambos varían los valores eficaces de la inductancia y la capacitancia en el circuito de transmisión. Ya que la inductancia y la capacitancia tienden a anularse entre sí, cuando la carga del circuito tiene mayor reactancia inductiva que capacitiva (lo que suele ocurrir en las grandes instalaciones) la potencia suministrada para una tensión y corriente determinadas es menor que si las dos son iguales. La relación entre esas dos cantidades de potencia se llama factor de potencia.

Como las pérdidas en las líneas de transmisión son proporcionales a la intensidad de corriente, se aumenta la capacitancia para que el factor de potencia tenga un valor lo más cercano posible a 1. Por esta razón se suelen instalar grandes condensadores en los sistemas de transmisión de electricidad.

Producción mundial de energía eléctrica:

Durante el periodo comprendido entre 1959 y 1990, la producción y consumo anual de electricidad aumentó de poco más de 1 billón de kWh a más de 11,5 billones de kWh. También tuvo lugar un cambio en el tipo de generación de energía. En 1950 las dos terceras partes de la energía eléctrica se generaban en centrales térmicas y un tercio en centrales hidroeléctricas. En 1990 las centrales térmicas siguen produciendo alrededor del 60% de la electricidad, pero las centrales hidroeléctricas han descendido hasta poco más del 20% y la energía nuclear genera el 15% de la producción mundial. Sin embargo, el crecimiento de la energía nuclear ha descendido en algunos países debido a consideraciones de seguridad. En Estados Unidos las centrales nucleares generaron el 20% de la electricidad en 1990, mientras que en Francia, líder mundial del uso de energía atómica, las centrales nucleares proporcionan el 75% de su producción eléctrica.

Unidades eléctricas, unidades empleadas para medir cuantitativamente toda clase de fenómenos electrostáticos y electromagnéticos, así como las características electromagnéticas de los componentes de un circuito eléctrico. Las unidades eléctricas empleadas en técnica y ciencia se definen en el Sistema Internacional de unidades. Sin embargo, se siguen utilizando algunas unidades más antiguas.

Unidades SI:

La unidad de intensidad de corriente en el Sistema Internacional de unidades es el amperio. La unidad de carga eléctrica es el culombio, que es la cantidad de electricidad que pasa en un segundo por cualquier punto

de un circuito por el que fluye una corriente de 1 amperio. El voltio es la unidad SI de diferencia de potencial y se define como la diferencia de potencial que existe entre dos puntos cuando es necesario realizar un trabajo de 1 julio para mover una carga de 1 culombio de un punto a otro. La unidad de potencia eléctrica es el vatio, y representa la generación o consumo de 1 julio de energía eléctrica por segundo. Un kilovatio es igual a 1.000 vatios. Las unidades también tienen las siguientes definiciones prácticas, empleadas para calibrar instrumentos: el amperio es la cantidad de electricidad que deposita 0,001118 gramos de plata por segundo en uno de los electrodos si se hace pasar a través de una solución de nitrato de plata; el voltio es la fuerza electromotriz necesaria para producir una corriente de 1 amperio a través de una resistencia de 1 ohmio, que a su vez se define como la resistencia eléctrica de una columna de mercurio de 106,3 cm de altura y 1 mm² de sección transversal a una temperatura de 0 °C. El voltio también se define a partir de una pila voltaica patrón, la denominada pila de Weston, con polos de amalgama de cadmio y sulfato de mercurio (I) y un electrolito de sulfato de cadmio. El voltio se define como 0,98203 veces el potencial de esta pila patrón a 20 °C.

En todas las unidades eléctricas prácticas se emplean los prefijos convencionales del sistema métrico para indicar fracciones y múltiplos de las unidades básicas. Por ejemplo, un microamperio es una millonésima de amperio, un milivoltio es una milésima de voltio y 1 megaohmio es un millón de ohmios.

Resistencia, capacidad e inductancia:

Todos los componentes de un circuito eléctrico exhiben en mayor o menor medida una cierta resistencia, capacidad e inductancia. La unidad de resistencia comúnmente usada es el ohmio, que es la resistencia de un conductor en el que una diferencia de potencial de 1 voltio produce una corriente de 1 amperio. La capacidad de un condensador se mide en faradios:

un condensador de 1 faradio tiene una diferencia de potencial entre sus placas de 1 voltio cuando éstas presentan una carga de 1 culombio. La unidad de inductancia es el henrio. Una bobina tiene una autoinductancia de 1 henrio cuando un cambio de 1 amperio/segundo en la corriente eléctrica que fluye a través de ella provoca una fuerza electromotriz opuesta de 1 voltio.

Un transformador, o dos circuitos cualesquiera magnéticamente acoplados, tienen una inductancia mutua de 1 henrio cuando un cambio de 1 amperio por segundo en la corriente del circuito primario induce una tensión de 1 voltio en el circuito secundario.

Electroquímica:

Parte de la química que trata de la relación entre las corrientes eléctricas y las reacciones químicas, y de la conversión de la energía química en eléctrica y viceversa. En un sentido más amplio, la electroquímica es el estudio de las reacciones químicas que producen efectos eléctricos y de los fenómenos químicos causados por la acción de las corrientes o voltajes.

Corriente eléctrica y movimiento de iones:

La mayoría de los compuestos inorgánicos y algunos de los orgánicos se ionizan al fundirse o cuando se disuelven en agua u otros líquidos; es decir, sus moléculas se disocian en componentes cargados positiva y negativamente que tienen la propiedad de conducir la corriente eléctrica. Si se coloca un par de electrodos en una disolución de un electrolito (o compuesto ionizable) y se conecta una fuente de corriente continua entre ellos, los iones positivos de la disolución se mueven hacia el electrodo negativo y los iones negativos hacia el positivo. Al llegar a los electrodos, los iones pueden ganar o perder electrones y transformarse en átomos neutros o moléculas; la naturaleza de las reacciones del electrodo depende de la diferencia de potencial o voltaje aplicado.

La acción de una corriente sobre un electrolito puede entenderse con un ejemplo sencillo. Si el sulfato de

cobre se disuelve en agua, se disocia en iones cobre positivos e iones sulfato negativos. Al aplicar una diferencia de potencial a los electrodos, los iones cobre se mueven hacia el electrodo negativo, se descargan, y se depositan en el electrodo como elemento cobre.

Los iones sulfato, al descargarse en el electrodo positivo, son inestables y combinan con el agua de la disolución formando ácido sulfúrico y oxígeno.

Esta descomposición producida por una corriente eléctrica se llama electrólisis. En todos los casos, la cantidad de material que se deposita en cada electrodo al pasar la corriente por un electrólito sigue la ley descubierta por el químico físico británico Michael Faraday. Esta ley afirma que la cantidad de material depositada en cada electrodo es proporcional a la intensidad de la corriente que atraviesa el electrólito, y que la masa de los elementos transformados es proporcional a las masas equivalentes de los elementos, es decir, a sus masas atómicas divididas por sus valencias.

Todos los cambios químicos implican una reagrupación o reajuste de los electrones en las sustancias que reaccionan; por eso puede decirse que dichos cambios son de carácter eléctrico. Para producir una corriente eléctrica a partir de una reacción química, es necesario tener un oxidante, es decir, una sustancia que gane electrones fácilmente, y un reductor, es decir, una sustancia que pierda electrones fácilmente. Las reacciones de este tipo pueden entenderse con un ejemplo, el funcionamiento de un tipo sencillo de pila (batería) electroquímica. Al colocar una varilla de cinc en una disolución diluida de ácido sulfúrico, el cinc, que es un reductor, se oxida fácilmente, pierde electrones y los iones cinc positivos se liberan en la disolución, mientras que los electrones libres se quedan en la varilla de cinc. Si se conecta la varilla por medio de un conductor a un electrodo de metal inerte colocado en la disolución de ácido sulfúrico, los electrones que están en este circuito fluirán hacia la disolución, donde serán atrapados por los iones hidrógeno positivos del ácido diluido. La combinación de iones y electrones produce gas hidrógeno, que aparece como burbujas en la superficie del electrodo. La reacción de la varilla de cinc y el ácido sulfúrico produce así una corriente en el circuito externo.

Una pila electroquímica de este tipo se conoce como pila primaria o pila voltaica.

En la batería de acumuladores, o acumulador (conocida comúnmente como pila secundaria), se proporciona energía eléctrica desde una fuente exterior, que se almacena en forma de energía química. La reacción química de una pila secundaria es reversible, es decir, se produce en un sentido cuando se carga la pila, y en sentido opuesto cuando se descarga. Por ello, una pila secundaria puede descargarse una y otra vez.

Aplicaciones industriales:

La descomposición electrolítica es la base de un gran número de procesos de extracción y fabricación muy importantes en la industria moderna. La sosa cáustica (un producto químico importante para la fabricación de papel, rayón y película fotográfica) se produce por la electrólisis de una disolución de sal común en agua (véase Álcalis). La reacción produce cloro y sodio. El sodio reacciona a su vez con el agua de la pila electrolítica produciendo sosa cáustica. El cloro obtenido se utiliza en la fabricación de pasta de madera y papel.

Una aplicación industrial importante de la electrólisis es el horno eléctrico, que se utiliza para fabricar aluminio, magnesio y sodio. En este horno, se calienta una carga de sales metálicas hasta que se funde y se ioniza. A continuación, se deposita el metal electrolíticamente.

Los métodos electrolíticos se utilizan también para refinar el plomo, el estaño, el cobre, el oro y la plata. La ventaja de extraer o refinar metales por procesos electrolíticos es que el metal depositado es de gran pureza. La galvanotecnia, otra aplicación industrial electrolítica, se usa para depositar películas de metales preciosos en metales base. También se utiliza para depositar metales y aleaciones en piezas metálicas que precisen un recubrimiento resistente y duradero. La electroquímica ha avanzado recientemente desarrollando nuevas técnicas para colocar capas de material

sobre los electrodos, aumentando así su eficacia y resistencia. Tras el descubrimiento de ciertos polímeros que conducen la electricidad, es posible fabricar electrodos de polímeros.

Electrochoque (ECT), electroshock:

Técnica terapéutica para pacientes psiquiátricos en la que se provocan convulsiones similares a las de la epilepsia al aplicar una descarga de electricidad en la cabeza. La ECT produce mejorías espectaculares de algunos síntomas psiquiátricos, sobre todo en casos de depresión psicótica; también se utiliza como profilaxis de las tentativas repetidas de suicidio. Se empezó a utilizar en los últimos años de la década de 1930, y fue la primera forma de terapia efectiva en la psicosis depresiva grave. Se empleó frecuentemente hasta la década de los años cincuenta; a partir de entonces, con la aparición de los fármacos psicotropos, cayó en desuso. En los últimos años ha aumentado el interés por la ECT tras ser descubiertos efectos secundarios importantes a largo plazo de los psicotropos.

Para evitar las consecuencias de la ECT (fracturas y luxaciones producidas por las convulsiones, shock emocional) hoy en día se aplica bajo anestesia general y con fármacos relajantes de los músculos. Otro adelanto actual es aplicarla sólo en el lado no dominante del cerebro, minimizando las pérdidas de memoria, principal efecto secundario de la ECT. Esta técnica unilateral es, no obstante, menos efectiva que la clásica bilateral.

A causa de las pérdidas de memoria y por el carácter desagradable de la técnica, ésta ha sido una de las terapéuticas más discutidas y controvertidas de la psiquiatría. En la actualidad sólo se considera indicada en casos de psicosis depresiva grave resistente al tratamiento médico.

Electrodinámica cuántica:

Conjunto de ecuaciones que proporciona una base teórica para las interacciones de la radiación electromagnética con los átomos y sus electrones. La electrodinámica cuántica parece explicar el comportamiento químico y fácilmente observable de la materia, y engloba la teoría electromagnética. Sus ecuaciones, que explican el electromagnetismo a partir de la naturaleza cuántica del fotón, el portador de la fuerza, fueron formuladas por Paul Dirac, Werner Heisenberg y Wolfgang Pauli en las décadas de 1920 y 1930, y han sido perfeccionadas posteriormente.

Energía, capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y, por tanto, de su longitud de onda.

Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación. La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética, mientras que la relacionada con la posición es la energía potencial. Por ejemplo, un péndulo que oscila tiene una energía potencial máxima en los extremos de su recorrido; en todas las posiciones intermedias tiene energía cinética y potencial en proporciones diversas. La energía se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía mecánica (véase Mecánica), térmica (véase Termodinámica), química (véase Reacción química), eléctrica (véase Electricidad), radiante (véase Radiación) o atómica (véase Energía nuclear). Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante.

Un peso suspendido de una cuerda tiene energía potencial debido a su posición, puesto que puede realizar trabajo al caer. Una batería eléctrica tiene energía potencial en forma química. Un trozo de magnesio también tiene energía potencial en forma química, que se transforma en calor y luz si se inflama. Al disparar un fusil, la energía potencial de la pólvora se transforma en la energía cinética del proyectil. La energía cinética del rotor de una dinamo o alternador se convierte en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Esta energía eléctrica puede a su vez almacenarse como energía potencial de las cargas eléctricas en un condensador o una batería, disiparse en forma de calor o emplearse para realizar trabajo en un dispositivo eléctrico. Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía. En los dispositivos mecánicos la energía no empleada para realizar trabajo útil se disipa como calor de rozamiento, y las pérdidas de los circuitos eléctricos se producen fundamentalmente en forma de calor.

Las observaciones empíricas del siglo XIX llevaron a la conclusión de que aunque la energía puede transformarse no se puede crear ni destruir. Este concepto, conocido como principio de conservación de la energía, constituye uno de los principios básicos de la mecánica clásica. Al igual que el principio de conservación de la materia, sólo se cumple en fenómenos que implican velocidades bajas en comparación con la velocidad de la luz.

Cuando las velocidades se empiezan a aproximar a la de la luz, como ocurre en las reacciones nucleares, la materia puede transformarse en energía y viceversa.

En la física moderna se unifican ambos conceptos, la conservación de la energía y de la masa.

Electrón:

Tipo de partícula elemental que, junto con los protones y los neutrones, forma los átomos y las moléculas. Los electrones intervienen en una gran variedad de fenómenos. El flujo de una corriente eléctrica en un conductor es causado por el movimiento de los electrones libres del conductor. La conducción del calor también se debe fundamentalmente a la actividad electrónica. En los tubos de vacío, un cátodo calentado emite una corriente de electrones que puede emplearse para amplificar o rectificar una corriente eléctrica. Si esa corriente se enfoca para formar un haz bien definido, éste se denomina haz de rayos catódicos. Si se dirigen los rayos catódicos hacia un objetivo adecuado, producen rayos X; si se dirigen hacia la pantalla fluorescente de un tubo de televisión, producen imágenes visibles. Las partículas beta de carga negativa que emiten algunas sustancias radiactivas son electrones. Los electrones tienen una masa en reposo de $9,109 \times 10^{-31}$ kg y una carga eléctrica negativa de $1,602 \times 10^{-19}$ culombios. La carga del electrón es la unidad básica de electricidad. Los electrones se clasifican como fermiones porque tienen espín semientero; el espín es la propiedad cuántica de las partículas subatómicas que indica su momento angular intrínseco. La partícula de antimateria correspondiente al electrón es el positrón.

Red de energía eléctrica

En una central hidroeléctrica, el agua que cae de una presa hace girar turbinas que impulsan generadores eléctricos. La electricidad se transporta a una estación de transmisión, donde un transformador convierte la corriente de baja tensión en una corriente de alta tensión. La electricidad se transporta por cables de alta tensión a las estaciones de distribución, donde se reduce la tensión mediante transformadores hasta niveles adecuados para los usuarios. Las líneas primarias pueden transmitir electricidad con tensiones de hasta 500.000 voltios o más. Las líneas secundarias que van a las viviendas tienen tensiones de 220 o 110 voltios.

Historia del Desarrollo de la Electricidad

Evolución de la Humanidad:

El crecimiento tanto del Consumo Energético per Cápita, como el control de la Energía, han sido una constante.

En el desarrollo de Norte América (ver gráfica), el consumo a partir del año 1900 observa un crecimiento acelerado, hecho que concuerda con la aceptación y desarrollo de la Energía Eléctrica en Corriente Alterna.

En lo que se refiere a uso del combustible primario de energía, se tiene que el Petróleo, el Carbón y el Gas han sido, a través del tiempo, nuestras principales fuentes energéticas.

El Ascenso del Hombre y su asociación al consumo y control de la Electricidad:

La Evolución ha transportado al Hombre desde una sociedad recolectora, cazadora, pasando por la agrícola, hasta llegar hoy en día a la sociedad tecnológica, donde el consumo per cápita de USA está cercano a los 450 MBTU/Hab.

Probablemente el Hombre durante su permanencia en una sociedad recolectora consumía no más de unos 10 BTU/Hab.

Este crecimiento del consumo es un buen indicativo del progreso alcanzado y de la complejidad de la organización social en la que vivimos.

Población y Consumo per cápita de USA desde 1850

Flujo de Energía en los Estados Unidos Norte América año 1996

Antes del año 1800 el Hombre iluminaba sus hogares con:

Fuego, Velas, Lámparas de Aceite Vegetal, de Ballena y de Kerosene.

Y usaba como fuerza motriz: al Hombre por si mismo, los Animales, Viento, Agua, y Vapor.

Positiva y Negativa.

Musschenbroeck Botella de Leyden

Franklin

Priestley

Coulomb es la unidad de medida de Carga eléctrica.

Volt es la unidad de medida del potencial eléctrico (Tensión).

Lámpara de Seguridad de Davy

Poisson

Oersted es la unidad de medida de la Reluctancia Magnética.

Biot

William Sturgeon (1753–1850) Inglés construye el primer electroimán.
Electroimán

Ampere es la unidad de medida de la corriente eléctrica.

Ohm es la unidad de medida de la Resistencia Eléctrica.
 $R = V / I$ Ohm = Volt / Amper

Henry Bobinas de Henry

Faraday Primer Generador Eléctrico

Morse
" Transmisor y receptor desarrollados 1844 por Morse. Museo Smithsonian"
Primer Mensaje transmitido

En 1858 ATC The American Telegraph Company construye el primer cable transatlántico desde la costa este de USA hasta Irlanda.

Joule es la unidad de medida de Energía.
Joule Helmholtz

Kirchhoff

Lámparas de Arco

Kelvin es la unidad de medida de temperatura absoluta.
Lord Kelvin

Julius Plücker

Gramme Dinamo

Maxwell es la unidad del flujo Magnético.

Bell

Hertz es la unidad de medida de la frecuencia.

Poynting

Tesla Motor C.A.

George Westinghouse

En 1895 Westinghouse pone en servicio la Primera planta de Generación de Electricidad comercial en C.A. La Planta del Niagara.

Feria de Chicago 1893 Niagara