

De las chispas a las corrientes: Electricidad y Electromagnetismo

Las primeras noticias del descubrimiento de la electricidad se remontan al siglo VII a.C. cuando Tales de Mileto (640-548 a. C.), uno de los Siete Grandes Sabios de la antigua Grecia, estableció que al frotar un trozo de ámbar (resina fosilizada) con un paño, éste empezaba a atraer pequeñas partículas como hojas secas, plumas e hilos de tejido. Tales de Mileto creyó que esto se producía debido a un "espíritu" que se encontraba dentro del ámbar, al cual llamó **elektron** (que en griego significaba ámbar) y de ello se deriva la palabra electricidad.

A pesar de estos primeros estudios, ni la civilización Griega en su apogeo, ni Roma en todo su esplendor, ni el mundo feudal europeo contribuyeron de manera significativa a la comprensión de la electricidad y del magnetismo, ni de la interactividad de ambos (llamado electromagnetismo). Durante toda la edad media la ciencia cayó en una época oscura en la cual las creencias religiosas "la amordazaron de pies y manos".

Con el Renacimiento (s XVII) se produjo en Europa un cambio importante y las ciencias tomaron un nuevo impulso. En 1600 Guillermo Gilbert, médico privado de la reina Elizabeth, realizó rudimentarios experimentos y el primer estudio científico sobre el tema, los que se convertirían luego en los antecedentes de la energía eléctrica (de la forma que conocemos a la electricidad actualmente). Gilbert publicó en latín un tratado titulado "De Magnete", sobre el magnetismo y las propiedades de atracción del ámbar. Se sumaron a esto las observaciones del jesuita italiano Niccolo Cabeo, en 1629, quien determinó que los cuerpos cargados previamente por frotación, unas veces se atraían y otras se repelían.

Éste fue el punto de partida de la historia de la electricidad, cuyo estudio y desarrollo durante los siglos XVII y XVIII se limitó únicamente a los fenómenos electrostáticos.



Otto Von Guericke, de Magdeburgo (inventor de la primera máquina neumática) construyó en 1660, la primera máquina que generó una carga eléctrica. Esta máquina era una gran bola de azufre atravesada de parte a parte por una varilla montada sobre dos ranuras, formando un eje. Con ayuda de una manivela y de una correa se le imprimía un rápido movimiento de rotación, las manos aplicadas contra la bola producían una carga mucho mayor que el frotamiento ordinario. Van de Graff mejoró esta máquina

electrostática tal como la conocemos actualmente, llegando a generar grandes cantidades de electricidad.

En 1707 Francis Hawkesbee construyó en Inglaterra una nueva máquina eléctrica de fricción perfeccionada: un globo de vidrio sustituía a la bola de azufre. Durante uno de sus experimentos, un tubo que contenía un poco de mercurio recibió una carga de la máquina eléctrica y produjo un chispazo que iluminó la habitación (producto de este descubrimiento son las lámparas de vapor de mercurio).

Uno de los problemas importantes a resolver era determinar cuántas clases de electricidad había y quien finalmente consiguió establecerlo fue **Francois de Cisternay Du Fay** en **1733**, quién tras realizar numerosos estudios sobre la electricidad, estableció que tan sólo había dos tipos de electricidad, la vítrea que se liberaba frotando el vidrio y que correspondía a la carga positiva, y la resinosa liberada frotando ebonita y que correspondía a la carga negativa. Además de estos experimentos también observó que las electricidades del mismo tipo se repelían, mientras que las de distinto tipo se atraían. Sin embargo, aún los conocimientos sobre la electricidad no pasaban de fenómenos de laboratorio.



En 1745 El físico holandés Pieter van Musschenbroek descubre que un alambre conductor que atraviesa un corcho en el cuello de un frasco puede almacenar una carga eléctrica generada por las máquinas de Van Deer Graff. El frasco (ver gráfico) se denomina "Frasco de Leyden" o "Botella de



Leyden" después de su descubrimiento, primer condensador de la historia, llamado así en honor de la universidad belga en que fue creada. Von de Ewald Georg Kliest de Pomerania inventó el mismo dispositivo independientemente.

La llamada **botella de Leyden** consistía en una botella de vidrio con dos electrodos, uno dentro de ella y sumergido en un líquido o unido a una placa conductora y otro fuera de ella.

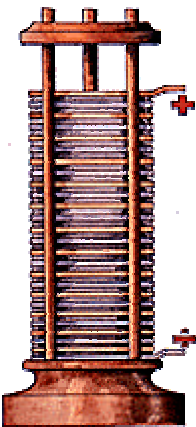
Con un frasco de Leyden en 1746, Jean Antoine Nollet, físico francés y tutor de la familia Real de Francia mandan una corriente eléctrica a través de 180 Guardias Reales durante una demostración ante el Rey Luis XV.

En los Estados Unidos, en 1752, aprovechando una tormenta, el científico Benjamin Franklin elevó una cometa provista de una fina punta metálica y de un largo hilo de seda, a cuyo extremo ató una llave. La punta metálica de la cometa consiguió captar la electricidad de la atmósfera, la cual produjo varias chispas en la llave. Con este experimento Franklin llegó a demostrar dos cosas: que la materia que compone el rayo es idéntica a la de la electricidad, y que un conductor de forma aguda y de cierta longitud puede emplearse como descarga de seguridad de las nubes tormentosas. Estas conclusiones le sirvieron para inventar el pararrayos.

Aunque actualmente sabemos que la gran variedad de características que poseen los rayos impide garantizar la seguridad absoluta, la estadística señala que un edificio sin protección tiene 57 veces más probabilidades de ser alcanzado por una descarga que otro debidamente protegido.

Charles Coulomb en 1776, utilizando una balanza de torsión para medir la fuerza entre cargas eléctricas, corroboró que dicha fuerza era proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separaba las cargas, este enunciado se conoció como **Ley de Coulomb**.

En 1780, **Luis Galvani**, profesor de anatomía de la Universidad de Bolonia, Italia, realizó un experimento donde observó que las patas de una rana recién muerta se crispaban y pateaban al tocárselas con 2 barras de metales diferentes. Galvani atribuyó esto a una electricidad propia de los seres vivos, pensó que se trataba de una "electricidad animal" contenida en los músculos.



Alessandro Volta, científico e inventor italiano, basó sus estudios en los trabajos de su amigo Galván y dedujo que entre los dos metales se creaba una corriente que detectaban los músculos. Siendo profesor de Física de la Universidad de Pavía, Italia, en 1793 demostró que la corriente eléctrica es engendrada por la combinación de dos metales diferentes y entonces la corriente eléctrica procedía de los metales y no de los tejidos animales (ahora sabemos que tanto Galvani como Volta tenían razón).

Para demostrar su teoría él desarrolla la pila voltáica en 1800 (una columna de discos de metal alternados - zinc con cobre o plata - separados por cartón empapado en salino; ver gráfico) que puede liberar una corriente constante de la electricidad. En honor a Volta y a su "Pila de Volta" se denominó a la diferencia de potencial suficiente para producir una corriente eléctrica como "voltio".

Los avances más importantes se han verificado a partir de esta invención, ya que el hombre pudo disponer por primera vez de una fuente continua de electricidad. Éste es el origen de la electrodinámica, con el que se abre todo un mundo de experiencias. Cualquier pila de las numerosísimas que hoy en día son de uso tan corriente, está basada en el mismo funcionamiento ideado por Alejandro Volta.

El alemán Georg Ohm formuló en 1827 la famosa Ley que lleva su nombre, según la cual, dentro de un circuito, la corriente es directamente proporcional a la presión eléctrica o tensión, e inversamente proporcional a la resistencia de los conductores.

Pocos años después (1831) Miguel Faraday descubrió el Dinamo, es decir el generador eléctrico, cuando se dio cuenta de que un imán en movimiento, dentro de un disco de cobre, era capaz de producir electricidad. Hasta ese momento la controversia entorno a la fuente de electricidad voltaica estaba íntimamente ligada a la electrólisis. Fue Faraday quien desentrañó los problemas y creó la terminología fundamental: electrólito, electrólisis, ánodo, cátodo, ion, que todavía se emplean hoy.

El físico inglés **James Prescott Joule** y el alemán **Hermann Helmholtz** llegaron a demostrar que los circuitos eléctricos cumplían la ley de conservación de la energía y que por lo tanto la Electricidad era una forma de energía, **Ley de Joule**.

Otro alemán **Gustav Kirchoff** se dedicó al estudio de las propiedades de los circuitos eléctricos, enunciando en **1845** unas leyes conocidas como **Leyes de Kirchoff I y II**.

En 1879 **Thomas Alva Edison**, inventó la lámpara incandescente, empleando filamentos de platino alimentados a sólo 10 voltios. Él mismo en **1882** instaló el primer sistema eléctrico para suministrar electricidad a la ciudad de Nueva York, con una potencia total de 30 Kw. Esto fue un gran avance para la masificación del uso de la energía eléctrica. Posteriormente George Westinghouse en 1886 montó una instalación de ensayo de alumbrado de corriente alterna.



Los primeros sistemas utilizaban el circuito único de dos hilos. Nicolás Tesla, fue el primero en preconizar un ingenioso sistema "polifásico" mediante la teoría de los campos rotantes gracias al cual el generador de corriente alterna produce varias corrientes simultáneas idénticas pero desfasadas unas de otras, el sistema Tesla ha sido la clave de la explotación industrial de la corriente alterna. Tesla lo dio a conocer por primera vez en 1888 y el grupo Westinghouse no tardó en utilizarlo.

Hacia 1889 tanto en América como en Europa se instalaron muchas fábricas y se comenzó a desarrollar y optimizar el consumo de la energía eléctrica, tendiéndose mejores líneas, construyéndose centrales de generación y perfeccionándose mejores lámparas. Casi todas las

grandes ciudades y capitales contaban con alumbrado eléctrico, dejando de lado el alumbrado a gas.

Merece la pena destacar un aspecto particular de la energía eléctrica: la "interconexión", que permite enlazar varias centrales de fuerza para alimentar colectivamente de energía, los puntos de mayor consumo. La primera línea eléctrica fue tendida por Siemens en Lichterfelde, cerca de Berlín, en 1881, pronto siguieron otras en Francia, en Inglaterra y en los Estados Unidos.



Cabe mencionar que en la década de los años cuarenta, se logró dar un nuevo impulso a la Ciencia, y sobre todo a la tecnología, con el descubrimiento de las propiedades de los materiales semiconductores. Los científicos americanos Walter Brattain, John Bardeen y William Shockley, crearon en 1948 el primer transistor, gracias al cual se desarrollaría más tarde la Electrónica, en cuya era vivimos inmersos hoy en día. Son muchos los inventos que se han dado lugar gracias a su existencia, el ordenador, la televisión y cualquiera de los aparatos electrónicos de los que en la actualidad podemos disfrutar.

Es conveniente también destacar que los descubrimientos físicos de los últimos tiempos han convencido a los hombres de ciencia de que nuestras fuentes de energía calorífica son limitadas y habrán de llegar a agotarse. El hombre busca ahora nuevas fuentes de energía que nos permitan seguir generando electricidad, factor importantísimo para el desarrollo de la humanidad.

Mini-Biografías:

- ? Faraday, Michael (1791-1867) físico y químico británico, mejor conocido por sus descubrimientos de la inducción electromagnética y las leyes de la electrólisis. Acreedor de muchos honores científicos, Faraday nació en Newington y recibió una educación formal pequeña. Siendo aprendiz en una biblioteca en Londres, leyó libros de ciencia y experimentó con electricidad. Fue empleado del químico británico Sir Humphry Davy y asistente en el laboratorio químico de Davy en el Royal Institution. En 1833 reemplazó a Davy como profesor de química. Faraday hizo su reputación científica al investigar en electricidad y magnetismo. En 1821 dibujó un campo magnético alrededor de un conductor transportando corriente eléctrica. En 1831 descubrió la inducción electromagnética y demostró la inducción de una corriente eléctrica por otra. Estableció el principio que sustancias dieléctricas diferentes tienen capacidad inductiva específica diferente. Faraday hizo contribuciones fundamentales al conocimiento de la electroquímica. También descubrió la existencia del diamagnetismo, y el poder de campos magnéticos al rotar el plano de algunas luces polarizadas.
- ? Lenz, Heinrich (1804-1865), físico ruso, estudió teología, ciencias naturales y física, fue profesor de física y luego rector de la Universidad de San Petersburgo. Descubrió la ley que lleva su nombre y que indica la dirección de la corriente inducida en el fenómeno de la inducción electromagnética.
- ? Maxwell, James Clerk (1831-1879), físico británico, nacido en Edinburgo, Escocia, explicó las propiedades del electromagnetismo. Maxwell fue el primer profesor de física experimental en la Universidad de Cambridge. Basándose en las investigaciones del científico británico Michael Faraday, Maxwell demostró la relación matemática entre campos eléctricos y magnéticos. También mostró que la luz está compuesta por ondas electromagnéticas. La unidad de medición flujo magnético, el maxwell, fue así nombrada en su honor. Maxwell también desarrolló la teoría cinética de los gases, la cual explica las propiedades físicas y naturaleza de un gas, e investigó la visión a color y la termodinámica.
- ? Lorentz, Hendrik Antoon (1853-1928), físico holandés nacido en Arnhem, contribuyó con sus trabajos sobre las teorías de la luz y del electrón, de los fenómenos ópticos, teoría de la gravitación, termodinámica, radiación, teoría cinética y la relatividad. Obtuvo en 1902 el premio Nobel, junto con Zeeman, por sus investigaciones acerca de los iones.
- ? Hertz, Heinrich Rudolf (1857-1894), físico alemán, nacido en Hamburgo. Hertz probó que la electricidad es transmitida en ondas electromagnéticas viajando a la velocidad de la luz. Sus experimentos lo llevaron al desarrollo de la telegrafía inalámbrica y la radio. La unidad de frecuencia, el Hertz (Hz), es nombrada por él.
- ? Joseph Henry, físico americano quien realizó los primeros experimentos de inducción eléctrica, nació en Albany, Nueva York en 1797. Hijo de un obrero, Henry tuvo poca escuela y se vio forzado a trabajar desde muy temprana edad. Después de estudiar medicina en la Academia de Albany, estudió Ingeniería. Fue profesor de matemáticas y de física en 1826. Más tarde es profesor de filosofía natural en el Colegio de Nueva Jersey (ahora Universidad de Princeton).

En 1848, llega a ser el primer director del Instituto Smithsonian, donde introduce un sistema de predicción climatológica basado en información meteorológica recibida por el telégrafo eléctrico. Fue también el primer presidente de la Academia de Ciencias Naturales, posición que mantuvo hasta su muerte en 1878.

Muchos de los experimentos de Henry fueron con electromagnetismo. Improvisó el electroimán de William Sturgeon y construyó uno de los primeros motores electromagnéticos. En 1830, Henry hace un poderoso electroimán utilizando muchas

vueltas de alambre delgado aislado alrededor de un núcleo de acero. Descubrió el fenómeno de autoinducción pero tardó en publicarlo, por lo que el crédito fue dado a Michael Faraday.

En 1829 patentó el motor eléctrico, y el 1931 el timbre.

Las contribuciones de Henry a la ciencia fueron al fin reconocidas: en 1893 la medida del coeficiente de autoinducción en el Sistema Internacional, el Henrio (H), le debe su nombre.

La historia de los descubrimientos

Parece que a principios del 1800 (tal vez un poco antes con Franklin) se despertó una especie de afán o impulso (por no decir demencia) por descubrir artefactos raros, generalmente vinculados a fenómenos eléctricos o magnéticos o ambos a la vez, siendo algunos realmente contributivos e importantes para comprender nuevos aspectos del fenómeno, pero otros quedaron como rarezas algunas olvidadas y otras aún citadas en la bibliografía de estudio de la física.

En una especie de compendio se describen someramente algunos de los experimentos e invenciones raras a las que hacemos referencia:

<p><i>Ovoide prolongado</i> 1850-1855</p>	<p>El ovoide prolongado es un aparato de metal que sirve para mostrar como es la distribución de la carga eléctrica en su superficie.</p>
<p><i>Electroscopio condensador de Volta</i> 1840-1860</p>	<p>El electroscopio de Volta, de gran importancia en la historia de la electricidad, se trata de un dispositivo utilizado para estudiar los mecanismos de adquisición de carga eléctrica en los distintos cuerpos.</p>
<p><i>Granizo eléctrico</i> 1780-1800</p>	<p>En el granizo eléctrico observamos cómo la conexión de dos placas metálicas a una diferencia de potencial causa el revoloteo de unas pequeñas bolitas de médula de saúco.</p>
<p><i>Campanario eléctrico</i> 1835-1860</p>	<p>El campanario eléctrico se vale de un efecto similar al anterior para hacer que dos bolitas golpeen una campana en un proceso continuo de carga-repulsión/descarga-atracción.</p>
<p><i>Efecto eléctrico en puntas</i> 1780-1820</p>	<p>El efecto eléctrico en puntas demuestra la acumulación de cargas en los extremos de los objetos metálicos, lo que ocasiona el giro de las aspas al ionizar el aire de su entorno. Esto es lo que luego se utilizó como concepto en los pararrayos.</p>
<p><i>Máquina de Wimshurst</i> 1930-1940</p>	<p>La generación de carga eléctrica en abundancia se consigue por medio de las máquinas electrostáticas, con las que se conseguían diferencias de potencial suficientes para efectuar determinados experimentos. Sirvan como ejemplo la máquina de Wimshurst y la de Bonetti.</p>
<p><i>Máquina de Bonetti</i> 1887-1910</p>	
<p><i>Botella de Leiden</i> 1850-1860 <i>Condensador de Aepinus</i> 1840-1850</p>	<p>Para almacenar la electricidad producida por estas máquinas se contaba con las botellas de Leiden, cuya forma varió a lo largo del tiempo. Otro sistema de almacenamiento de carga eléctrica era el condensador de Aepinus.</p>
<p>LAS CHISPAS</p>	<p>El estudio de la electricidad pronto trajo consigo la observación de las "chispas". Cuando dos conductores a diferente potencial se situaban a corta distancia, era posible hacer saltar una chispa entre ambos. Existen distintos aparatos que hacen uso de esta propiedad con finalidades diferentes.</p>
<p><i>Excitador de Henley</i> 1840-1870</p>	<p>El excitador de Henley se utilizaba para estudiar los efectos de las descargas eléctricas en objetos, seres vivos incluidos, colocados entre los dos conductores;</p>

<p><i>Taladratarjetas</i> 1860-1880</p> <p><i>Termómetro de Kinnersley</i></p> <p><i>Cuadro mágico</i> <i>Pirámide centelleante</i></p>	<p>el taladratarjetas se utilizaba para un fin análogo: se colocaba un naípe o una tarjeta entre los dos conductores, de manera que al saltar la chispa, la tarjeta quedaba taladrada;</p> <p>el termómetro de Kinnersley permitía probar el desprendimiento de calor en las chispas;</p> <p>el cuadro mágico y la pirámide centelleante son ejemplos de juegos científicos de carácter experimental: en ambos casos las descargas producían efectos visuales y la formación de figuras brillantes.</p>
<p><i>Pila voltaica</i> 1835-1853</p> <p><i>Caja de resistencias</i> 1870-1890 <i>Reostato de Wheatstone</i> 1870-1890</p> <p><i>Multiplicador de Schweigger</i> 1835-1853</p> <p><i>Galvanómetro de Deprez-D'Arsonval</i> 1882-1910 <i>Galvanómetro de demostración</i> 1907-1920</p> <p><i>Máquina electromagnética de Gramme</i> 1871-1880</p> <p><i>Aparato de inducción de Rühmkorff</i> 1865-1900</p>	<p>El año 1800 fue crucial en el desarrollo del electromagnetismo, pues es el año en el que se descubrió la corriente eléctrica. El responsable fue Volta, y lo hizo gracias a la pila que lleva su nombre.</p> <p>La necesidad de controlar la corriente eléctrica llevó a la creación de las cajas de resistencias, que permitían controlar la intensidad de la corriente. El reostato de Wheatstone es una resistencia variable que hace uso de la buena conducción eléctrica de unas piezas gruesas de metal.</p> <p>La medida de la corriente eléctrica se realiza utilizando fenómenos eléctricos y magnéticos. El multiplicador de Schweigger es una aplicación de la experiencia de Oersted, en la cual una aguja imanada es desviada por una corriente.</p> <p>Es el primer galvanómetro comercial y el más difundido de la historia, el ángulo de desviación está relacionado con la intensidad de la corriente con una muy alta exactitud.</p> <p>Los demás galvanómetros son instrumentos similares, pero más precisos y probablemente más complejos.</p> <p>Si con la pila de Volta y otros generadores como el de Faraday se conseguía corriente continua, ahora la corriente alterna podía conseguirse con las máquinas magnetoeléctricas, como por ejemplo la de Gramme. El movimiento de unas bobinas en un campo magnético fijo induce una corriente alterna, que puede utilizarse como tal o transformarse en corriente continua con facilidad. El transformador de corriente alterna nace de la necesidad de transportar energía eléctrica a grandes distancias.</p> <p>Desde los primeros aparatos destinados a elevar la tensión como la bobina de Ruhmkorff o el resonador de Oudin, antecesores de los actuales transformadores, este tipo de instrumentos han sufrido no pocas modificaciones, si bien en esencia su funcionamiento se basa en los mismos principios que llevaron a Michael Faraday a enunciar, en 1832, su ley de la inducción.</p>

En Fechas

1564 a 1603	William Gilbert redescubre los clásicos y experimenta con la atracción del ámbar. La llama "electricidad" (del griego <i>elektron</i>) al fenómeno observado.
1672	Otto von Guericke desarrolla la primera máquina electrostática para producir cargas eléctricas
1733	François Cisternay du Fay descubre la existencia de dos tipos de electricidad: positiva y negativa.
1745	Se fabrica en la Universidad de Leyden el primer sistema para almacenar electricidad estática
1747	Benjamín Franklin afirma que hay un solo tipo de electricidad que será positiva o negativa según se encuentre por exceso o por defecto.
1747	William Watson transmite instantáneamente una carga eléctrica a una distancia de tres kilómetros
1750	Se hacen mejoras en la máquina de inducción de Otto von Guericke
1766	Joseph Priestley afirma que la fuerza entre cargas es inversamente proporcional a la distancia que las separa
1776	Charles Agustin de Coulomb mide la fuerza de atracción entre cargas y confirma la teoría de Priestley
1786	Luigi Galvani observa los efectos de las descargas eléctricas en los músculos de unas ranas
1795	Tiberius Cavallo escribe una historia de la electricidad en tres volúmenes
1796	Alessandro Volta construye el primer dispositivo para generar electricidad: la pila de volta. Aun necesitará unos años para su comercialización
1800	Presentación de la pila de Volta a la "Royal Society" de Londres
1801	Humphry Davy observa el arco eléctrico entre dos puntas intercaladas en un circuito de una pila de volta
1806	Davy empieza sus investigaciones en electroquímica
1812	Siméon D. Poisson publica un trabajo donde define matemáticamente las leyes de la electrostática y las primeras leyes que hacen referencia a la electricidad y al magnetismo
1820	Hans Christian Oersted demuestra que una corriente eléctrica genera un campo magnético.
1821	Faraday introduce el concepto de campo para describir una fuerza electromagnética.

1823	William Sturgeon construye el primer electroimán
1823	Ampere demuestra que la fuerza electromotriz es el producto de la tensión eléctrica por la cantidad de corriente que atraviesa un conductor
1826	George Simon Ohm define la resistencia eléctrica y propone la ley que lleva su nombre
1826	Joseph Henry perfecciona los electroimanes, hace las primeras investigaciones en corriente alterna y construye un motor eléctrico
1831	Faraday construye un transformador y un motor eléctrico
1835	Samuel Morse construye el primer telégrafo eléctrico
1851	Ruhmkorff idea y construye la bobina de inducción
1855	Se inventa el timbre eléctrico
1866	Siemens, Wheatstone y Farmer patentan diversos motores eléctricos
1866	Zenobe Gramme inventa su dinamo con núcleo circular
1873	Exposición de la electricidad en Viena. Se presenta una dinamo Gramme movida por una máquina de vapor
1845	Starr i King fabrican una lámpara con filamento de carbón. Hacen una demostración pública pero no se comercializa
1848	Swan y Edison empiezan sus experiencias con filamentos carbonizados
1868	Se comercializan las primeras bombillas incandescentes
1879	Edison experimenta el primer sistema completo de iluminación eléctrica en Menlo Park
1881	Exposición de la electricidad en París y primer congreso de electricistas. Edison presenta su sistema
1882	Primera instalación comercial de iluminación pública en Pearl Street de Nueva York
1882	Gaulard y Gibbs patentan un transformador industrial de corriente alterna
1883	Nikola Tesla inventa un motor para corriente alterna y hace grandes avances en el campo de las corrientes alternas polifásicas
1885	George Westinghouse compra los derechos del transformador de Gaulard y Gibbs y proyecta un sistema con corriente alterna para hacer la competencia a Edison
1886	Primera instalación comercial en Buffalo de corriente alterna
1896	Primera gran instalación hidroeléctrica comercial utilizando las cataratas del Niagara.

