

La Electricidad cambió el Mundo *Introducción I*

Luis Ximénez Herráiz

Doctor en Ciencias y Doctor en Humanidades

Tutor Máster Historia de la Ciencia

El motivo de todas estas tertulias es simplemente entender cómo, en un *limitado espacio de tiempo*, la sociedad occidental, experimentó un cambio muy rápido, en su forma de vida y costumbres, debido a la aparición de una nueva herramienta, la *Electricidad*, que junto a sus numerosas técnicas derivadas, iluminación, telegrafía, radio, televisión, fuerza electromotriz, tranvías, ferrocarriles, automóviles, aviones, computadores,... ***cambiaron el Mundo en muy poco tiempo.***

La palabra "electricidad" procede del latín *electrum*, y a su vez del griego *élektron*, o ámbar

La Electricidad es un fenómeno de inmensa magnitud *y difícil control. Su conocimiento es complicado.*

El desarrollo de la ciencia en el Siglo XIX, fue enorme y a una gran velocidad. La forma de vivir, *la vida cotidiana, cambió radicalmente en muy pocos años*, en los países del mundo occidental, gracias a los nuevos desarrollos científicos.

Tras los enormes avances acaecidos en la primera revolución industrial, a partir de 1750, a mitad del siglo siguiente, los pobladores del llamado mundo occidental descubrieron un nuevo conocimiento científico que existía desde los albores del Universo. Durante millones de años no nos habíamos dando cuenta de su presencia. Su nombre era la Electricidad.

Ocurrió lo mismo con la puesta en evidencia de la Ley de Gravitación Universal por Isaac Newton en 1687 en su libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. La gravedad, nos había acompañado siempre sin percatarnos de su presencia.

La electricidad, es un fenómeno de la naturaleza que, sin darnos mucha cuenta de su presencia, nos ha acompañado a lo largo de toda la historia del hombre.

Partiendo del hecho de que este trabajo plantea *la conjunción del mundo científico y el humanista*, quizás sea pertinente hacer una breve y sencilla excursión conceptual, por los senderos de la electricidad, todo ello dirigido al gran público, no necesariamente versado en los complejos procesos que comporta el “*universo eléctrico*”.¹

La electricidad, es un fenómeno de la naturaleza que, sin darnos mucha cuenta de su presencia, nos ha acompañado a lo largo de toda la historia de la humanidad.

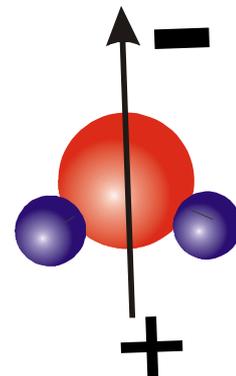


La mitología cuenta que *cuando algo molestaba a Zeus, desde su trono de marfil, ocultaba la cima del Olimpo con grandes y oscuras nubes e invadía la tierra con fuertes lluvias, relámpagos y truenos, demostrando de esta manera su furia.*²

En palabras sencillas podríamos decir que, desde la aparición del agua en la atmosfera, acompañada por los vientos de cualquier tipo, se puso de manifiesto el fenómeno eléctrico.

Como bien sabemos, desde la aparición del agua en la atmosfera, acompañada por los vientos de cualquier tipo, se puso de manifiesto el fenómeno eléctrico.

El agua, formada por dos átomos de Hidrogeno y uno de Oxigeno, desde el punto de vista físico, se comporta como un pequeño imán, que en términos más técnicos llamaríamos “*dipolo*”, provisto de una pequeña carga eléctrica, que al estar en movimiento, empujados por el viento, según Faraday³ y posteriormente enunciadas en la Leyes de Maxwell⁴,



¹ Los conceptos y las escasas formulas, son en gran parte, las estudiadas en la enseñanza secundaria y algunas pocas en las Licenciaturas de Ciencias.

² <http://elculturaldenerea.com/2008/09/09/rayos-truenos-y-relampagos-en-la-mitologia/>

³ ROSEMARY, G.: "Faraday's Electrochemical Laws and the Determination of Equivalent Weights", *Journal of Chemical Education*, 31 (May) (1954) p.226

⁴ MAXWELL, J.C.: "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field", Royal Society, London (1864)

[...] cualquier carga eléctrica en movimiento, genera un campo magnético.

La diferencia de potencial entre las nubes y la tierra, así creada, genera una descarga eléctrica⁵ para equilibrarlas, que llamamos relámpagos y rayos, habiendo aterrorizado al hombre, desde el principio de los tiempos.⁶

La diferencia de potencial entre las nubes y la tierra, generan una descarga eléctrica, para equilibrarlas, que llamamos *relámpagos* y rayos, que han aterrorizado al hombre, desde el principio de los tiempos..

Las temperaturas generadas, son del orden de los 28.000 °C. La tensión de 100.000.000 de Voltios, con una intensidad de 20.000 Amperios.

En el Siglo XXI sabemos que, sin darnos cuenta, estamos rodeados de electricidad por todas partes. Continuamente estamos bañados por radiaciones electromagnéticas, de tal forma que... influyen directamente en nuestras vidas.



Durante milenios no hemos sido capaces de darnos cuenta de este hecho real, de la misma forma que, no nos dimos cuenta de la existencia de la fuerza de la gravedad, hasta que Newton la pusiera en evidencia, en el siglo XVII.



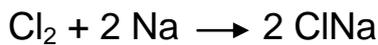
la existencia de la fuerza de la gravedad, hasta que Newton la pusiera en evidencia, en el siglo XVII.

Está documentalmente demostrado desde hace años, que los seres vivos tenemos una componente

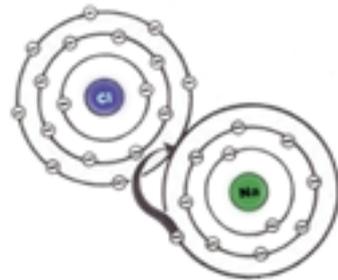
⁵ En general, las temperaturas generadas por los rayos, son del orden de los 28.000 °C. La tensión de 100 Millones de Voltios, con una intensidad de 20.000 Amperios.

⁶ Mas detalles en FRAZIER, A.: «Theories of lightning formation». Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado, Boulder.(2007)

eléctrica fundamental en el funcionamiento del cerebro.⁷ Una neurona, está continuamente recibiendo y enviando señales, como una central telefónica. Esas señales de la neurona se denominan *potenciales de acción*, y como en el caso de la central telefónica, son de naturaleza eléctrica. Todas las células tienen una carga eléctrica negativa en su interior. Esta carga eléctrica se debe a la diferencia de concentración de sales, entre el interior de la célula y el exterior de la misma. En cierto modo es equivalente al mecanismo de la pila de Volta. Las neuronas han desarrollado la capacidad de usar la carga eléctrica, para transmitir señales. Resulta curioso observar también, como el ser humano es un conjunto extraordinariamente bien concebido, lleno de reacciones químicas, dentro de las células, que están dispuestas de tal forma, que nos permiten vivir cada cual, de una forma diferente. Una gran cantidad de reacciones químicas, conforman todos los actos que somos capaces de realizar. Todas las reacciones químicas, no son más que una transferencia de electrones entre las capas externas de los átomos que se encuentran en sus alrededores.



Los electrones van pasando de unas órbitas a otras entre las capas externas de los elementos que le acompañan. Estas moléculas se encuentran en el organismo de los seres vivos en cantidades exageradamente multimillonarias.



Si las leyes de Maxwell también se cumplen a este nivel...

[...] ese continuo movimiento de electrones, con carga negativa, deberá generar unos campos eléctricos y magnéticos, dentro nuestro cuerpo...

....., que en el caso del cerebro, lo hace funcionar como si fuera una central telefónica, poniendo en comunicación multitud de mecanismos capaces de dar vida a nuestro cuerpo.[...]

⁷ Sobre esta cuestión existe una variada gama de publicaciones de toda índole. A modo de ejemplo, una rigurosa síntesis, la encontramos en CAMPBELL & REECE: *Biology*. Pearson Benjamin Cummings, London (2005).

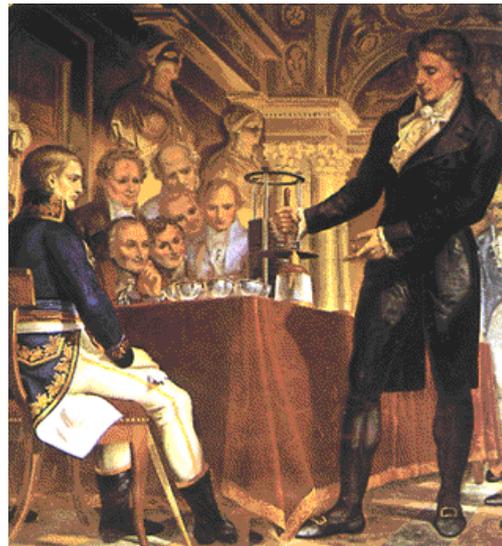
Sin darnos cuenta estamos generando unos campos magnéticos, que sin saber por el momento cuál es su función, necesariamente, tienen que interactuar con su entorno.

La primera conclusión es... *la electricidad no sólo se encuentra dentro de nuestro entorno..., sino que "vive" también, dentro de nosotros mismos...* Los seres humanos tenemos una naturaleza eléctrica soportada por las moléculas que nos componen.

En nuestros días, todos los enormes cambios que la sociedad ha soportado en poco más de medio siglo, como hemos visto anteriormente, han sido posibles gracias a la *electricidad* que junto a sus numerosas técnicas derivadas, *iluminación, telegrafía, teléfono, radio, cine, televisión, fuerza electromotriz, tranvías, ferrocarriles, automóviles, aviones, computadores...* cambiaron el Mundo en muy poco tiempo.

Como ya sabemos, el mundo occidental, Europa y Estados Unidos y América Latina⁸, experimentó en el Siglo XIX, una gran convulsión científica, que su aplicación práctica, les originó grandes beneficios, no solo desde el punto de vista técnico, sino también en el económico, reflejándose poco después, en la vida diaria.

Se produjo la institucionalización de la electricidad en países como Inglaterra, Francia, Alemania o Estados Unidos. Esto quiere decir que la ciencia se configuró durante esa época, en una actividad absolutamente profesionalizada. Los estados se dieron cuenta del enorme poder que almacenaba, en especial en áreas como la física o la química. En este sentido, a lo largo del siglo XIX, estas llegaron a adquirir una relevancia social y una inserción socioeconómica



*Alexandro Volta, mostrando sus experimentos al emperador Napoleón Bonaparte.
Fuente: Fresco de Nicola Cianfanelli. 1841*

⁸ MARTLAND SAMUEL, J.: "Progress illuminating the word: street lighting in Santiago, Valparaiso and La Plata: 1840-1890", *Urban History*, nº29, 2, Cambridge University Press (2002) pp. 223-228

nunca antes alcanzada.⁹ Esta situación, que comenzó años antes¹⁰, fue consecuencia de las investigaciones de científicos¹¹ como Volta, Faraday, Carnot, Virchow, Helmholtz, Clausius, Kirchhoff, Bunsen, Liebig, Berzelius, Kekulé, Mendeleiev, Van't Hoff, Pasteur, Maxwell, Kelvin, Hertz, Galois, Riemann, Mendel, Koch, Lyell, entre otros muchos.¹² Sin ellos, la ciencia no hubiese adquirido el nivel que luego tuvo y que aún mantiene en la actualidad. No es objeto de este libro reescribir la historia de la Electricidad, tantas veces relatada en la bibliografía universal y en numerosas páginas de Internet.¹³



⁹ XIMENEZ HERRAIZ, L. : *Influencia de las Nuevas Tecnologías en la vida cotidiana, Ciclo de conferencias impartidas en el Ateneo Escorialense durante el curso 2008. Ver www.luisximenez.com/humanidades y www.ateneoescurialense.org.*

¹⁰ PRIESTLEY, J.: *The History and Present State of Electricity, with Original Experiments*, C. Bathurst, London(1767)

¹¹ BRITAIN, J.: "The International Diffusion of Electrical Power Technology, 1870-1920", *The Journal of Economic History*, XXXIV, 1, (1974) pp. 108-121

¹² T. K. DERRY, TREVOR ILLTYD. W.: *Historia de la Tecnología, 1750-1900*, Editorial Siglo XXI, Madrid (2002)

¹³ AHEF (Association pour l'histoire de l'électricité en France). *L'électricité dans l'histoire. Problèmes et méthodes*, PUF, Paris, (1985), BRITAIN, J.: "The International Diffusion of Electrical Power Technology, 1870-1920", *The Journal of Economic History*, XXXIV, 1, (1974) pp. 108-121; SOLIS SANTOS, C., SELLES GARCIA, M.: *Historia de la Ciencia*, Espasa Calpe, Madrid (2007); LOPEZ CEREZO, J.A., SANCHEZ RON, J.M.: *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo*, Biblioteca Nueva, Madrid (2001); SANCHEZ RON, J.M.: *La nueva Ilustración: ciencia, tecnología y humanidades en un mundo interdisciplinar*, Nobel, Oviedo (2011); CARDOT, F. (Ed): *Un siècle d'électricité dans le monde. Actes du Premier colloque international d'histoire de l'électricité, organisé par l'Association pour l'histoire de l'électricité en France*, PUF, Paris. (1987) por citar unos cuantos. .

También es cierto que la mayoría de los países donde la ciencia floreció, se beneficiaron de coyunturas económicas favorables: las posibilidades del nuevo Reich alemán en 1871, con Bismark a la cabeza, la capacidad industrial estadounidense, el comercio y, en definitiva, las posesiones coloniales de Francia y Gran Bretaña. Para la mayoría de la comunidad científica, el avance de la Electricidad ha sido *la mayor revolución industrial que ha conocido la humanidad*, puesto que de ella, han dimanado otras muchas técnicas como, la radioelectricidad, electroquímica, industria del transporte, automóvil, industria química, electrónica, las comunicaciones, el teléfono, la televisión, los transportes, energía nuclear, entre otras muchas, como veremos más adelante. Sin ningún lugar a dudas, la llegada de la electricidad y posteriormente sus diferentes aplicaciones, marcó un antes y un después en la cotidianidad madrileña. Las primeras pruebas, se realizaron el 30 de enero de 1852 en el Palacio Real, si bien, su uso no se generalizó hasta las últimas décadas de siglo. Pero sobre la influencia de la electricidad en la vida cotidiana, es el tema que vamos a desarrollar. Para el gran público, la electricidad es algo tan cotidiano, que no nos damos cuenta de todo lo que comporta el poder utilizarla de forma rutinaria.

Comprendiendo la electricidad

Para entenderla es necesario conocer, con un mínimo detalle, como funciona todo “*el sector eléctrico*”. Por sector eléctrico se entiende, aquél encargado del suministro público de electricidad, incluyendo los ciclos de generación, transporte y distribución comercial de esta

energía¹⁴. Consecuentemente, lo primero que deberemos considerar es..., ***¡¡ que es la corriente eléctrica !!***.

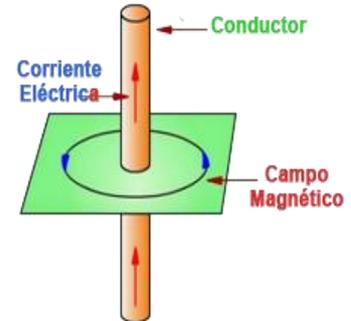


LA ELECTRICIDAD es el conjunto de fenómenos físicos que se manifiestan de diferente maneras, todas ellas íntimamente relacionadas.

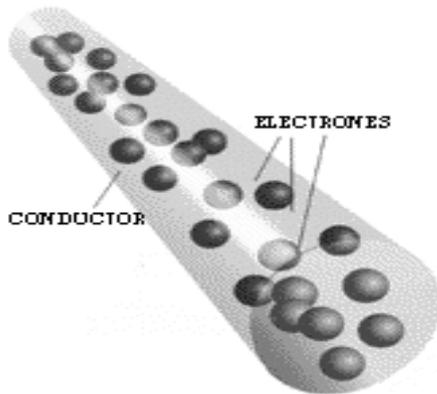
¹⁴ Para mayor información, véase el Glosario del trabajo informe sobre la electricidad publicado por el Banco de España nº 50

El magnetismo o energía magnética es un fenómeno natural por el cual algunos objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. La electricidad y el magnetismo son dos caras de una simple fuerza fundamental.

Una corriente eléctrica genera espontáneamente, un campo magnético. El magnetismo o energía magnética es un fenómeno natural por el cual los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales.



Existen muchas definiciones, pero de una forma simplista, podríamos decir que, *la corriente eléctrica, es un flujo de electrones que se mueven en una dirección, en un conductor.*¹⁵



Corriente eléctrica fluyendo a través de un conductor metálico

Fuente: *Elaboración propia*

Si esto es así, tendremos que admitir que la electricidad está presente en todo el mundo de la física, así como en el de la química y también en todo el proceso neuronal del funcionamiento de nuestro propio cerebro. La química en concreto, todas sus reacciones, no son más que una transferencia de electrones en las capas externas de los átomos que se encuentran en sus alrededores, por decirlo de una forma sencilla. Los electrones van pasando de unas órbitas a otras, en la capa externa de los elementos que le acompañan. Las moléculas y los átomos, se encuentran en cantidades de cientos de miles de millones, conviviendo entre ellos y evolucionando a sistemas estables de mínima energía. Si por cualquier causa se produce una transferencia de electrones¹⁶, es evidente que teniendo en cuenta el cuantioso número de átomos en el medio, seguro que *el trasiego de electrones*, es decir, el

¹⁵ GARCIA SANTESMAS, J.: *Física General*, Artes Gráficas C.I.M, Madrid (1958). Definiciones más precisas, indican que la corriente eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo, que recorre un material. Se debe al movimiento de los electrones en el interior del material. En el Sistema internacional de Unidades se expresa en C/s (culombios por segundo).

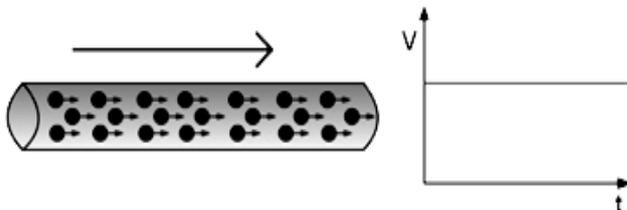
¹⁶ Que es el caso de cualquier reacción química.

movimiento de electrones de una capa a otra, generará, de hecho, una corriente eléctrica equivalente al discreto movimiento electrónico, como ocurre en el interior de un ordenador convencional.¹⁷

En la sociedad que nos rodea, tras este simple concepto de la electricidad, encontramos multitud de aplicaciones, que aunque no entendamos mucho su funcionamiento, la estamos utilizando constantemente en nuestra vida diaria, obteniendo un manifiesto confort, muy superior al que teníamos no hace muchos años. Estamos acostumbrados, de una forma natural, a presionar un interruptor y que inmediatamente se ilumine la habitación, escuchemos la radio, veamos la televisión, se encienda la cocina sin necesidad de ir a por leña, conectarnos a la nube de Internet... Por rutinario, no le damos ningún valor. Desde el punto de vista técnico, la electricidad es algo muy complejo que *no vamos a estudiar aquí*. Pero si necesitamos conocer algunos conceptos mínimos, que nos ayudarán a entender mejor sus beneficios y dificultades.

En el transcurso de la historia nos encontramos con dos clases de corriente eléctrica: la **Corriente continua** y la **Corriente alterna**.

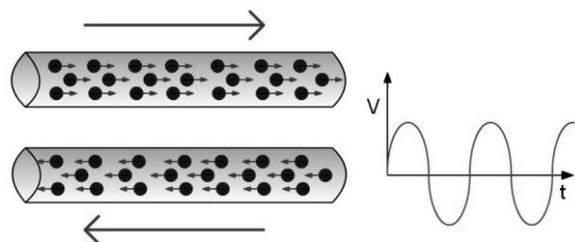
La *corriente continua* es, un flujo continuo de electrones a través de un conductor, entre dos puntos de distinto potencial. Las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección.



Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente

constante¹⁸, es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.¹⁹

Se denomina *corriente alterna*, a la corriente eléctrica, en la que la magnitud y dirección, varían cíclicamente.



¹⁷ Según las Leyes de Maxwell.

¹⁸ Por ejemplo la suministrada por una batería.

¹⁹ GARCIA SANTESMASES, J.: Op. Cit. pp.289 ss.

La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada, es la de una onda senoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

En los primeros años de la electricidad, la corriente continua era la única disponible.

En la actualidad, muchos aparatos necesitan corriente continua para funcionar, sobre todos los que llevan una considerable cantidad de componentes electrónicos (radios, televisores, equipos audiovisuales, ordenadores...).

Para ellos, se utilizan fuentes de alimentación que rectifican y convierten la corriente alterna, que nos llega de la central eléctrica, en corriente continua. Este proceso de rectificación, se realizaba antiguamente mediante dispositivos llamados rectificadores, basados en el empleo de tubos de vacío, y actualmente, de forma casi general, incluso en usos de alta potencia, mediante diodos, semiconductores o tiristores.²⁰ En el caso de la corriente continua la elevación de la tensión se logra conectando varias dinamos²¹ en serie, lo cual no es muy práctico, resultando costoso.

La corriente continua frente a la corriente alterna

Las primeras experiencias de la electricidad, se realizaron con corriente continua, pero una vez puesta en explotación la corriente alterna, **fue inevitable la comparación entre ambas**, puesto que presentaban ventajas e inconvenientes.

Aparentemente los problemas técnicos estaban resueltos, pero en la práctica la mayoría de las centrales que trabajaban en el mundo, hasta 1900, eran de corriente continua, según patentes propiedad de Thomas Alba Edison, inventor norteamericano de reconocido prestigio, que las fabricaba en la compañía que posteriormente se llamaría *General Electric Co.*



²⁰ Componentes electrónicos, de complejo funcionamiento, que no definimos aquí.

²¹ Que son los generadores de corriente

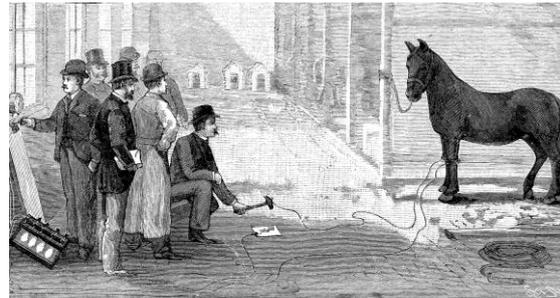
Por otra parte, las patentes para la producción y el transporte de corriente alterna, eran propiedad de George Westinghouse apoyadas técnicamente por Nikola Tesla.

Como no podía ser de otra forma Edison no cedería fácilmente su mercado en favor de Westinghouse.

La lucha por el liderato en el mercado eléctrico irrumpió rápidamente.

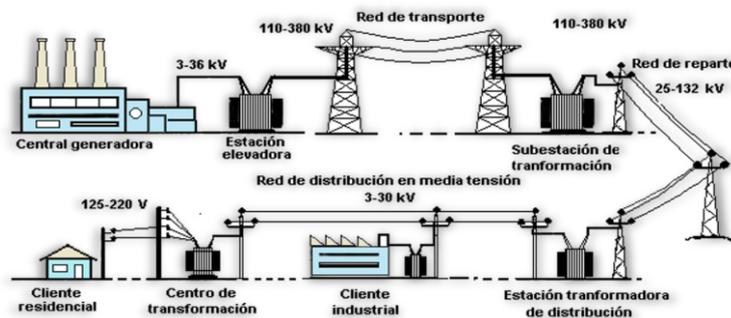
Edison “*predicaba*” que la corriente eléctrica alterna era extraordinariamente peligrosa.²² Electrocutó varios caballos, mulas, perros y gatos incluso un elefante, con corriente alterna de alto voltaje, poniendo en evidencia los peligros que la corriente alterna podría tener para los seres vivos.

Afirmaba que la corriente alterna era como la *hermana bastarda de la electricidad*.



Por su parte Westinghouse aseguraba, que podían construirse centrales generadoras de corriente eléctrica alterna, muy alejadas de las ciudades y centros de consumo.

No era necesario colocarlas junto a las casas de los vecinos, sino que podían situarse a grandes distancias, pudiendo abastecer, no solo a determinados distritos de la ciudad, sino a provincias enteras, con la energía procedente de una zona minera de carbón o un salto de agua, próximos.



Además, las líneas eléctricas que utilizaban la

²² CHENEY, M.: *Nikola Tesla: Op. Cit. pp. 47 ss.*

corriente continua, podían *utilizarse igualmente con corriente alterna*.

Pero el argumento más decisivo a favor de Westinghouse, una vez más, fue la economía. El coste de producción del Kilovatio térmico, generado por una central de corriente alterna, situada en los alrededores de una cuenca carbonífera, así como el coste del Kilovatio producido en una central de corriente alterna, junto a un salto hidráulico, era muy inferior al coste del Kilovatio generado dentro de las ciudades mediante maquinas de vapor tipo Edison.



Esta lucha por el mercado, entablada por los dos grandes sistemas de producción, duró años, inclinándose finalmente, hacia las centrales productoras de corriente eléctrica alterna, muy alejadas de las grandes ciudades. Desgraciadamente esta lucha por el mercado, retrasó unos cuantos años el desarrollo de la electricidad en el mundo.

Sería necesario cambiar todas las centrales de CORRIENTE CONTINUA por otras que generaran CORRIENTE ALTERNA perdiendo gran parte de la inversión ya realizada.

En la actualidad, más del 90% de producción de energía eléctrica en el mundo, es de corriente alterna.

En muchos países altamente especializados, este porcentaje es muy superior, prácticamente el 99%.

Pero también tenemos que decir que la corriente continua es muy útil en:

En la Industria Química
En el mundo Electrónico