

LA ELECTRICIDAD: su Historia

Luis Ximénez Herráiz

Doctor en Ciencias y Doctor en Humanidades
Tutor Máster Historia de la Ciencia

La historia de la electricidad, comienza en el principio de los tiempos, "atemorizando a los seres vivos" con sus rayos, relámpagos, truenos y demás fenómenos meteorológicos.

Convive con nosotros desde principio de los tiempos, si nosotros darnos cuenta de su importante presencia, pero siempre ha estado ahí, desde el comienzo del universo.



Se manifiesta de diferentes formas, que no vamos a comentar ahora, pero sí citaremos que sin el magnetismo existente en el planeta tierra, la vida del hombre "tal como es" no podría ser posible.

Sin darnos cuenta de ello estamos rodeados, de alguna forma, de la electricidad por todas partes, campos magnéticos, eléctricos, radiaciones de todo tipo, ondas de radio y televisión por citar unas cuantas.

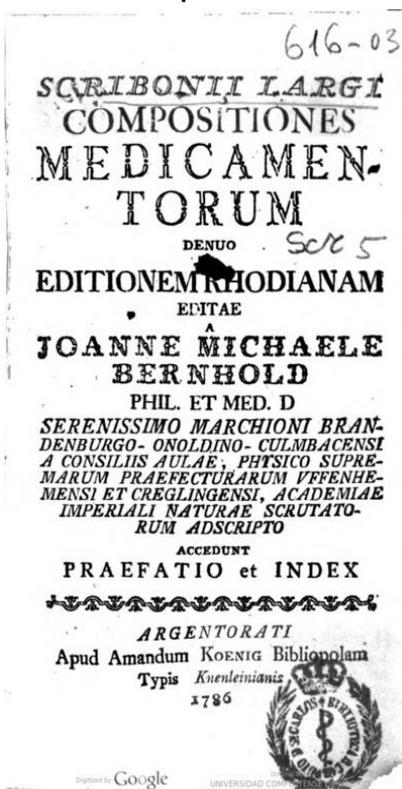
Tenemos noticia de su existencia desde la época del antiguo Egipto quienes utilizaban ciertos animales, peces y aves, con fines terapéuticos.

El poder maravilloso del pez eléctrico se conocía desde siglos antes del descubrimiento de la electricidad. El choque producido por el pez obtuvo una curiosidad considerable, que devino posteriormente investigaciones científicas del fenómeno eléctrico en todos los seres vivos. Pero mucho antes



de que la electricidad fuese conocida científicamente, una gran cantidad de conocimientos prácticos fueron obtenidos por experiencias con peces eléctricos.

Scribonius Largus, en su carácter de médico oficial del emperador romano Claudio, en el siglo I, gozó de una posición única que le permitió tener acceso directo a los archivos médicos dispersos en todo el imperio romano. Dejando fuera los remedios supersticiosos prevalecientes en su época, e incorporando solamente aquellos remedios que consideró de eficacia probada. Compiló un formulario



de prescripciones que fue considerado como un hito en medicina desde la época de Hipócrates hasta la de Galeno. En los primeros registros del uso terapéutico de la electricidad, dos de las prescripciones en este libro recomiendan el uso de descargas eléctricas del *torpedo*, raya eléctrica de la familia *Torpedinidae* que puede producir choques eléctricos de aproximadamente cuarenta y cinco voltios. Los torpedos comprenden una diversidad de géneros, de los cuales cinco especies pueden encontrarse en el Mediterráneo; la especie más común, en es el *Torpedo*.

Uno de los remedios fue descrito así por

Scribonius:

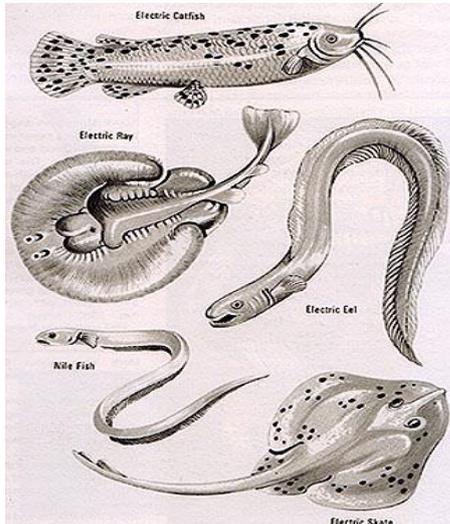
El dolor de cabeza, incluso si es crónico e insoportable, puede ser eliminado y remediado para siempre colocando un torpedo negro vivo sobre el punto donde está el dolor, hasta que el dolor cese.

Hay una prescripción similar para la gota:

Para cualquier tipo de gota, un torpedo negro vivo deberá, cuando el dolor comienza, colocarse bajo los pies. El paciente deberá pararse en una playa húmeda bañada por el mar y

*permanecer de este modo hasta que todo el pie y la pierna hasta la rodilla estén adormecidos.*¹

Éstos y otros remedios similares fueron copiados y recopilados por autoridades médicas de Occidente durante muchos siglos.



El uso terapéutico del pez eléctrico también fue desarrollado, de manera independiente, en otras partes del mundo. Los primeros exploradores y colonos de América del Sur informaron que los indios nativos trataban la gota con la poderosa anguila eléctrica (*Electrophorus electricus*, un pez de agua dulce, aborigen de los ríos Amazonas y Orinoco, que es capaz de producir choques eléctricos de hasta

seiscientos voltios. En China, un pez gato eléctrico (*Parasilurus asota*) era recomendado para el tratamiento de la *ptosis* (caída del párpado) y de la parálisis facial, como en esta prescripción de una farmacopea clásica:.

Cortar la cola de un pez gato vivo y colocarla directamente sobre la zona paralizada todas la mañanas. El párpado caído se corrige inmediatamente.

A diferencia de las prescripciones occidentales, que hacían uso de la propiedad adormecedora de las descargas eléctricas para mitigar el dolor, este modo de tratamiento utilizaba las descargas para estimular directamente a los músculos esqueléticos.

Los registros más antiguos que tenemos de peces eléctricos son las representaciones del pez gato del Nilo (*Malopterurus electricus*) en los murales de antiguas tumbas egipcias; algunos murales datan del año 2750 a.C. Este pez está dotado de un órgano eléctrico por debajo de la piel capaz de producir hasta trescientos cincuenta voltios de electricidad.

¹ Scribonius, *Compositiones Medicae*.

Hasta donde podemos determinar, la más temprana referencia escrita al pez eléctrico se encuentra en un antiguo tratado griego de Hipócrates (*Régimen*) en el cual el valor dietético del torpedo del Mediterráneo es comparado con otros alimentos animales y vegetales. En el texto hipocrático el pez es llamado por su arcaico nombre griego *narkē*, el cual se refiere tanto al pez como al efecto que produce (adormecimiento) y forma la raíz del término moderno *narcosis*.



El poder adormecedor del torpedo era bien conocido por los antiguos griegos, como lo indica un pasaje del *Menón*, de Platón,⁸ en el cual la bien conocida capacidad de Sócrates de “electrificar” a su audiencia es comparada con el

[...] torpedo marino que causa adormecimiento a todos los que se le aproximan y le tocan. Pienso que has producido el mismo efecto sobre mí, porque verdaderamente siento adormecidos mi espíritu y mi cuerpo, y no sé qué responderte [...].

Muchos filósofos antiguos griegos y romanos hicieron una seria investigación acerca de la naturaleza del poder de *choque* de los peces y estaban al tanto de sus propiedades, como la notable habilidad del torpedo para transmitir su poder a través de un medio conductor. Teofrasto, discípulo y sucesor de Aristóteles, notó que el torpedo podía enviar sus choques a través de bastones y arpones,

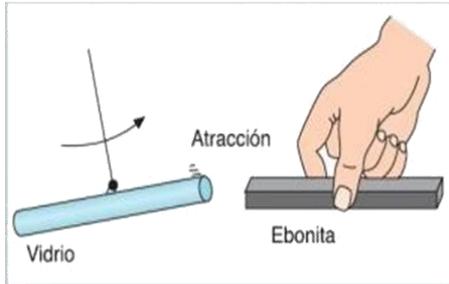


entumeciendo a quienes los sostenían en sus manos, y el filósofo romano Plotino (*Enéadas*¹⁰) observó que los pescadores podían sentir el choque adormecedor por contacto con el pez eléctrico a través de la red. Que el agua es un buen medio para la transmisión de *choques* también era bien conocido. Plutarco (*Moralia*¹¹) escribió que

[...] aquellos que derraman agua sobre el pez muy pronto percibirán un adormecimiento sobre sus manos y el entorpecimiento de sus sensaciones, por medio del agua

afectada por la cualidad del pez [...].

Una amplia información la podemos encontrar en la amplia bibliografía existente².



Siguiendo un método mas tradicional podríamos decir que 600 a.C Thales de Miletus (630-550 AC) fue el primero, que conociera el hecho de que el ambar, al ser frotado adquiere el poder de atracción sobre algunos objetos.

Pasaron muchos años donde el complejo fenómeno de la electricidad fuera totalmente desconocido para el hombre, únicamente aparecen inconcretas referencias a sorprendentes propiedades curativas gracias e la electricidad almacenada en algunos animales, como algunos peces y unas pocas tipos de aves.

Más adelante se observaron fenómenos eléctricos, que estaban entre nosotros de forma natural, como los atmosféricos, por ejemplo los rayos, que son descargas eléctricas producidas por la transferencia de energía, entre la ionosfera y la superficie terrestre (proceso complejo del que los rayos solo forman una parte). Otros mecanismos eléctricos naturales, se descubrieron mas adelante, en los procesos biológicos, como el funcionamiento del sistema nervioso.

² Grundfest, H. 1957. The mechanisms of discharge of the electric organs in relation to general and comparative electrophysiology. *Progr. Biophys. Biophys. Chem.* 7:1-85.

Bini, G. 1967. *Atlante dei Pesci delle Coste italiane*, vol. 1, pp. 127-34. Rome: Mondo Sommerso Editrice.

Scribonius Largus. *Compositiones Medicae*, XI, CLXII. Trans. in P. Kellaway 1946, The part played by electric fish in the early history of bioelectricity and electrotherapy. *Bull. Hist. Med.* 20:112-37.

Keynes, R.D. 1956. The generation of electricity by fishes. *Endeavour* 15:215-22.

Li, Shih-Chen. 1596. *Pen Tso Kang Mu (The Great Herbal)*. Taipei: Wun You Books Company, 1959, pp. 1379-80 (in Chinese).

Gaillard, M.C. 1923. *Faune Égyptienne Antique. Recherches sur les poissons représentés dans quelques tombeaux égyptiens de l'Ancien Empire*. Vol. 51 of *Memoires de l'Institut Français d'Archéologie Orientale*, pp. 75-78. Cairo: Imprimerie de l'Institut Français d'Archéologie Orientale.

Hipócrates. *On Regimen*, II, XLVIII. Trans. and ed. W.H.S. Jones, *Hippocrates*, vol. 4, p. 321. London: William Heinemann, 1931.

Platón. Meno, 80^a. Trans. B. Jowett, *The Dialogues of Plato Translated into English with Analysis and Introduction*, 2nd ed., vol. 1, pp. 280-81. Oxford: Clarendon Press, 1875.

Teofrasto. Fragment 178. *Theophrasti Eresii Opera Quae Supersunt Omnia*, ed. F. Wimmer, vol. 3, pp. 222-23. Leipzig: Sumptibus et Typis B.G. Teubneri, 1862.

El interés por el conocimiento puesto de manifiesto por la “*Ilustración*” generaron una serie de acontecimientos que la empezaron a poner en evidencia.

1799 - El físico italiano Alejandro Volta descubre la pila eléctrica.

1801  - Alejandro Volta presenta ante la Academia de Ciencias de París, su invento llamado pila de Volta.

1820 - El físico danés Hans Christian Oersted descubre que una corriente eléctrica produce a su vez un campo magnético.

1826 - El físico alemán Georg Simón Ohm descubre la ley de Ohm.



1831  - Los físicos Humphry Dhabí y Miguel Faraday describen técnicamente las leyes del electromagnetismo.

1832 - Faraday descubre el principio de la inducción.

- Joseph Henry descubre la fuerza electromotriz de la autoinducción.

- Hipólito Pixii construye el primer generador de corriente alterna.

1835 - El estadounidense Samuel Findley Breese Morse presenta el código Morse.

1838 - Samuel Morse patenta el telégrafo.

1840 - Joseph Henry produce oscilaciones de alta frecuencia.

- Morse crea un alfabeto telegráfico.

1844 - Samuel Findley Breese Morse perfecciona su código Morse para telegrafía.

- 24 de Mayo, se transmite el primer mensaje en alfabeto Morse.

- Entra en funcionamiento la primera línea telegráfica entre Washintong y Baltimore.
- 1852 - El físico Michael Faraday descubre y visualiza el campo magnético creado por los imanes.
- 1853 - Julius Wulhelm Gintl demuestra la posibilidad de enviar simultáneamente varios telegramas por una sola línea e inventa el telégrafo de dos vías usando dos baterías.
- 1854 - Julius Plücker inventa la lámpara de descarga de gases.
 - Wilhelm Joseph Sinsteden inventa el acumulador eléctrico.
 - Se funda la New York Newfoundland and London Telegraph Company con el fin de tender un cable entre Inglaterra y Estados Unidos.
- 1855 - El físico James Clark Maxwell publica sus estudios sobre las líneas de fuerza de Faraday.
- 1856 - Werner Siemens inventa el inductor cilíndrico y el inducido en doble T.
 - La New York Newfoundland and London Telegraph Company completa el primer tramo de la línea transatlántica, que dos años más tarde, se dañaría definitivamente, después de haber transmitido alrededor de cinco semanas.
- 1858 - Se concluye el tendido del primer cable bajo el atlántico, entre Irlanda y Terranova.
- 1859 - El físico francés Gaston Planté perfecciona el acumulador eléctrico.
 - Julius Plücker descubre los rayos catódicos.
- 1865 - El físico inglés James Clark Maxwell descubre la existencia de las ondas electromagnéticas y da a conocer su teoría dinámica del campo electromagnético.
 - Se intenta por segunda vez el tendido de una línea

telegráfica transatlántica a cargo de Cyrus W. Field, pero a mitad del trayecto volvió a romperse y se perdió en el fondo marino sin poderlo recuperar.

- Se firma la primera Convención Internacional de Telegrafía, para hacer que todas las redes mundiales fuesen compatibles, naciendo la Unión Telegráfica Internacional.

1866 - Se logra tender con éxito la línea telegráfica transatlántica.

1867 - El ingeniero francés Georges Leclanche inventa la pila seca, añadiendo harina y escayola a la convencional pila con fluidos.

1870 - Clark Maxwell da a conocer su teoría electromagnética de la luz.

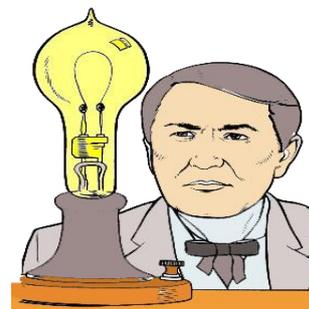
1875 - El británico Alexander Graham Bell inventa un micrófono que a su vez se podía utilizar como auricular.

1876 - 7 de Marzo, Alexander Graham Bell patenta el teléfono, con dos horas de antelación a Elisa Gray.



1879 - 21 de Octubre, Edison consigue iluminar mediante una bombilla de cristal al vacío.

En el año 1882 el físico, matemático, inventor e ingeniero, Nikola Tesla, diseñó y construyó el primer motor de inducción de CA. Posteriormente el físico William Stanley, reutilizó, en 1885, el principio de inducción para transferir la CA entre dos circuitos eléctricamente aislados. La idea central fue la de enrollar un par de bobinas en una base de hierro común, denominada bobina de inducción. De este modo se obtuvo lo que sería el precursor del actual transformador. El sistema usado hoy en día fue ideado fundamentalmente por Nikola Tesla; la distribución de la corriente alterna fue comercializada por George Westinghouse.



Otros que contribuyeron en el desarrollo y mejora de este sistema fueron Lucien Gaulard, John Gibbs y Oliver Challenger entre los años 1881 y 1889. La corriente alterna superó las limitaciones que aparecían al emplear la corriente continua (CC), el cual es un sistema ineficiente para la distribución de energía a gran escala debido a problemas en la transmisión de potencia, comercializado en su día con gran agresividad por Thomas Edison.

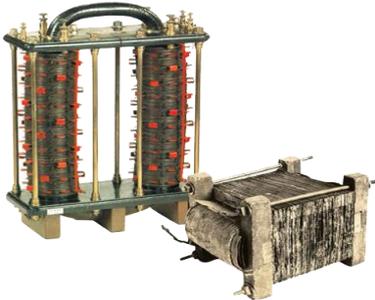
1883 - Thomas Edison descubre el llamado “Efecto Edison”, base de la electrónica moderna, y este mismo año inventa la lámpara eléctrica de filamentos de carbono.

A partir de los trabajos iniciales de físico Nikola Tesla, el también físico Guillermo Stanley, diseñó, en 1885, uno de los primeros dispositivos prácticos para transferir la CA eficientemente entre dos circuitos eléctricamente aislados. Su idea fue la de arrollar un par de bobinas en una base de hierro común, denominada bobina de inducción. De este modo obtuvo lo que sería el precursor del actual transformador. El sistema usado hoy en día fue ideado fundamentalmente por Nikola Tesla, y pronto perfeccionado por George Westinghouse, Lucien Gaulard, Juan Gibbs y Oliver Challenger entre los años a 1881 a 1889. Estos sistemas superaron las limitaciones que aparecían al emplear la corriente continua (CC), según se pusieron de manifiesto en el sistema inicial de distribución comercial de la electricidad, utilizado por Thomas Edison.



La primera transmisión interurbana de la corriente alterna ocurrió en 1891, cerca de Telluride, Colorado, a la que siguió algunos meses más tarde otra en Alemania. A pesar de las notorias ventajas de la CA frente a la CC, Thomas Edison siguió abogando fuertemente por el uso de la corriente continua, de la que poseía numerosas patentes (véase la guerra de las corrientes). Utilizando corriente alterna, Charles Proteus Steinmetz, de General Electric, pudo solucionar muchos de los problemas asociados a la producción y transmisión eléctrica.

A finales del siglo XIX, **Nikola Tesla** empezó a trabajar con la generación, uso y transmisión de electricidad de corriente alterna (AC), la cual puede transmitirse a distancias mucho mayores que la corriente continua. Tesla, con la ayuda de Westinghouse, introdujo la iluminación interior a nuestros hogares y a las industrias.



En 1881, Lucien Gaulard de Francia y John Gibbs de Inglaterra hicieron una demostración de un transformador de energía en Londres. George Westinghouse se interesó en el transformador y comenzó a experimentar con redes de corriente alterna, AC, en

Pittsburgh. Él trabajó en refinar el diseño del transformador y en construir una red práctica de energía de corriente alterna (AC). Westinghouse utilizó el transformador para resolver el problema de enviar la electricidad a distancias más largas. Esta invención hizo posible proporcionar electricidad a negocios y hogares que se encontraban lejos de las plantas generadoras. En 1886, Westinghouse y William Stanley instalaron el primer sistema de energía de corriente alterna (AC) de voltaje múltiple en Great Barrington, Massachusetts. Este sistema obtenía la energía por medio de un generador hidroeléctrico que producía 500 volts AC. El voltaje se transmitía en 3,000 volts y después se "bajaba" a 100 voltios para dar energía a las luces eléctricas. Ese mismo año, Westinghouse formó la *"Compañía de Electricidad y Manufactura Westinghouse"* En 1888, Westinghouse y su ingeniero de cabecera, Oliver Shallengeter desarrollaron el medidor de energía. Este medidor se parecía al medidor de gas y utilizaba la misma tecnología que utilizamos actualmente.



Westinghouse también influyó en la historia por habilitar el crecimiento del sistema de ferrocarril y por promover el uso de la electricidad para el transporte y la energía. En 1896, él también inventó el *"Desarrollo Hidroeléctrico de las Cataratas de Niágara"* y comenzó a colocar estaciones generadoras lejos de los centros de consumo. La planta Niágara transmitía enormes cantidades de

energía a Buffalo, New York (a más de veinte millas de distancia). Las Cataratas de Niágara demostraron la superioridad de la transmisión de energía por medio de electricidad sobre la transmisión con medios mecánicos, así como la superioridad de la corriente alterna (AC) sobre la corriente directa (DC). Niágara impuso los estándares para el tamaño de los generadores y fue el primer gran sistema que proporcionó electricidad desde un circuito para fines múltiples como los sistemas de ferrocarril, iluminación y energía.

Westinghouse promovió la distribución de energía de corriente alterna, AC, y Edison promovió la energía de corriente directa, DC. Ambos entraron en una guerra llamada "*La Guerra de las Corrientes*". Edison decía que los sistemas de alto voltaje eran muy peligrosos, y Westinghouse contrarrestó este argumento diciendo que los riesgos eran manejables y los beneficios eran mucho mayores.

La batalla continuó por mucho tiempo y parecía que "*Redes de Corriente Alterna Westinghouse*" (Westinghouse AC Networks) llevaba la ventaja, sin embargo, el ultra competitivo Edison hizo un último intento por vencer a su rival al contratar un ingeniero externo, llamado Harold P. Brown, para realizar una demostración pública de la electrocución de animales utilizando energía de corriente alterna. Esta demostración llevó a la invención de la silla eléctrica para la ejecución de prisioneros condenados a muerte.

Nikola Tesla, un inventor Serbio-Americano fue quien descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna.

Él inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía al planeta. Sin sus inventos el día de hoy no sería posible la electrificación que impulsa al crecimiento de la industria y al desarrollo de las comunidades.

El descubrimiento del campo magnético rotatorio producido por las interacciones de corrientes de dos y tres fases en un motor fue uno de sus más grandes logros y fue la base para la creación de su

motor de inducción y el sistema polifásico de generación y distribución de electricidad.



Gracias a esto, grandes cantidades de energía eléctrica pueden ser generadas y distribuidas eficientemente a lo largo de grandes distancias, desde las plantas generadoras hasta las poblaciones que alimentan. Aún en estos días se continúa utilizando la forma trifásica de el sistema polifásico de Tesla para la transmisión de la electricidad, además la conversión de electricidad en energía mecánica es posible debido a versiones mejoradas de los motores trifásicos de Tesla.

En Mayo de 1885, George Westinghouse, lidera la compañía de electricidad Westinhouse comprando las patentes del sistema polifásico de generadores, transformadores y motores de corriente alterna de Tesla.

1885 - El ingeniero eléctrico norteamericano William Stanley inventa el transformador, el cual podía variar el voltaje y la intensidad de la corriente alterna.

- Tomas A. Edison obtiene la patente nº 465.971 en la que se describe un sistema de comunicación sin hilos.

- La Unión Telegráfica Internacional comienza a preparar las primera normas internacionales de telefonía.

1887 - El alemán Heinrich Hertz detecta las ondas electromagnéticas.

1888 - Nicolas Tesla da a conocer su descubrimiento sobre el campo magnético giratorio y su famosa bobina.

1891 - El físico irlandés George Johnstone Stone denomina electrón a la partícula fundamental.

1897 - José J. Thompson descubre el electrón.

irrumpió en nuestra vida diaria, en multitud de facetas diferentes, transformando nuestros hábitos y costumbres, de una forma que nuestros padres, no pudieron imaginar.³

Con una red eléctrica, razonablemente bien establecida, ya tenía los cimientos para desarrollarse en España, de una forma gradual. Comenzó su andadura con una aplicación muy concreta, la iluminación, que se mostró inmediatamente muy útil en otras áreas como el telégrafo eléctrico, teléfono, radio y todos los medios de comunicación a distancia. Mas tarde, se aplicó a la industria del transporte como el ferrocarril, automóvil, navegación naval y aérea, así como base fundamental de la industria electrónica, en todas sus variantes y el procesamiento de información. Sus aplicaciones se sucedieron a una gran velocidad, debido a que:

- *Es utilizable en cualquier rango de potencia:* desde la necesaria para mover una locomotora, hasta la precisa para rebobinar una cinta de vídeo. Es una clara ventaja en relación con los motores de explosión, y no digamos con las máquinas de vapor.
- *Es fácil de distribuir hasta cualquier punto donde se necesite:* a través de una compleja red de cables, la electricidad, viajando hasta cualquier lugar donde haga falta - una fábrica, una bomba de riego o un cuarto de estar-. No es necesario almacenarla ni reponer el depósito.
- *Es aplicable a cualquier uso imaginable:* puede producir movimiento para una noria, en una fábrica o un automóvil, calor en una casa, iluminación o frío en un almacén frigorífico. También, es la energía que soporta toda nuestra civilización de la información, basada en numerosos y variados dispositivos electrónicos.
- *Es limpia y silenciosa en su consumo:* sin contar sus aplicaciones en la producción agrícola e industrial, la electricidad es un elemento fundamental de la calidad de vida en los hogares.

De la experiencia adquirida en todos estos años, *desde un punto de vista general*, podemos agrupar las aplicaciones de la electricidad en cinco grandes grupos:

Iluminación

³ En la zarzuela *la Verbena de la Paloma*, escrita por Ricardo de la Vega, con música del maestro Tomás Bretón estrenada en 1894, el farmacéutico, protagonista de la obra, ya proclamaba, de forma jocosa, que "Hoy los tiempos adelantan que es una barbaridad..."

Fuerza motriz

Generación de frío y calor

Usos industriales

Procesar señales de naturaleza Electrónica

Las estudiamos brevemente.

Iluminación

En los principios de la utilización de la electricidad, prácticamente solo parecía que sería útil en la iluminación, primero de las calles y cuando el precio se hizo más asequible⁴ en las casas particulares.

Las lámparas de incandescencia utilizan la propiedad de algunos materiales de emitir luz cuando la corriente eléctrica circula por ellas, a un cierto voltaje y con una intensidad concreta. El filamento se calienta a elevadas temperaturas⁵, generando la luz visible. Su impacto en la sociedad fue enorme, pues estábamos acostumbrados a circular por las calles, en las noches, alumbrados por farolas de gas, allí donde existían, por lámparas de aceite o petróleo y muchas veces portando el peatón, una lámpara de aceite, que le alumbraba sus alrededores.

En las casas, el alumbrado interior, también resultaba engorroso. La iluminación era precaria. Las mejores casas disponían de una lámpara, de varios fuegos, en el cuarto de estar y varias lámparas de mano para desplazarse por el interior de la casa. Mantener en perfecto estado de funcionamiento “todo el sistema de iluminación de la casa” era trabajoso. Había primero que adquirir el material combustible, colocarlo en los depósitos de las lámparas, encenderlo y apagarlo, limpiar los difusores de cristal o porcelana translúcida, que se ensuciaba frecuentemente, etc. En las casas de posición económica acomodada, este trabajo lo realizaban los criados y en la mayoría de los hogares, que eran humildes, estas tareas las realizaba el ama de casa.

La llegada de la electricidad a las viviendas particulares, aunque solo fuera para iluminar las habitaciones, resultaba sorprendente. Solo había que girar un poco la manecilla del interruptor e instantáneamente la habitación se llenaba de luz, como si fuera de

⁴ La llegada de la corriente alterna, disminuyó el precio del kilowatio, poniéndolo al alcance, primero de las clases sociales altas y finalmente en todas las casas.

⁵ El rojo blanco e incluso superiores.

día. No había que ir a comprar combustible, ni tener que limpiar las lámparas casi a diario. ¡Impensable!

La iluminación en los pueblos y lugares pequeños, fue mucho más lenta y tardía, pues la electricidad tardó más tiempo en hacerse popular. En las casas humildes, se contrataba una sola bombilla con un cable muy largo⁶, desplazándose con la fuente de iluminación⁷ a las distintas habitaciones según conviniese.

Años después, cuando todas las casas se encontraban iluminadas, en todas las habitaciones y en todos los lugares, la noche no significaba una “pesadilla” para nadie. Gracias a la “luz eléctrica” parecía como si el día tuviese ahora 24 horas. Se podían hacer las mismas cosas, independientemente de donde estuviera colocado el Sol. Cada cual podía levantarse y acostarse a la hora que mas le conviniera. Los días de invierno y de verano, tenían la misma duración.



Iluminación principios del Siglo XX

Iluminación Siglo XXI

El horario de trabajo o de estudio, podía empezar o acabar en el momento que mejor le encajara. Había ahora turnos de trabajo o de estudio en los centros de enseñanza, de mañana, de tarde y de noche. El tiempo de ocio ahora era más dilatado y no solo se

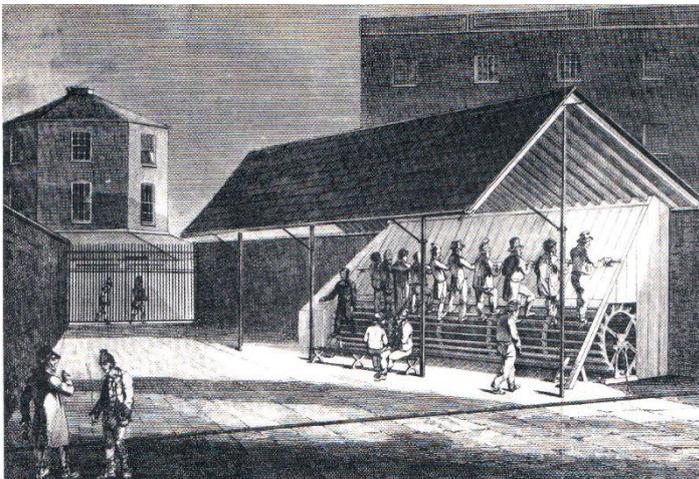
⁶ Vivencia personal, acompañando a mi padre, Ingeniero Industrial, en la electrificación de numerosos pueblos de la Sierra de Guadalajara.

⁷ La bombilla estaba la mayoría del tiempo en la cocina, que era el lugar donde se hacía la vida y luego se desplazaba a los dormitorios para acostar a los niños.

limitaba a los domingos. Los locales deportivos y taurinos, estaban iluminados, de tal forma, que los espectáculos al aire libre, no eran dependientes del día o de la noche. La vida en la Gran Vía Madrileña, era igual a las doce de la mañana, que a las doce de la noche. Podríamos decir que ¡Ahora vivíamos más! Que ¡Aprovechábamos mas las 24 horas del día!

La fuerza motriz

Una gran parte del trabajo realizado por el hombre, a principios del Siglo XX, implicaba la fuerza física, especialmente en los trabajos del campo, lugar donde trabajaba el mayor numero de personas. Los campesinos más ricos, se ayudaban de animales como caballos, mulas, borricos, bueyes, para que ayudaran, con su fuerza, a realizar muchas tareas que requería un “esfuerzo físico”. Pero tenemos que matizar que sencillamente era una ayuda. A los animales⁸ al terminar la jornada, había que acomodarlos en el establo, hacerles la “cama” con paja nueva todos los días, darles de comer a sus horas, limpiarlos y llevarlos al veterinario cuando era necesario. Ayudaban mucho en el trabajo, pero también tenían sus servidumbres.



En la poca industria disponible, la fuerza motriz era obtenida por el esfuerzo de animales e incluso en algunos casos por la fuerza acompasada de seres humanos, que con su esfuerzo físico movían un molino de rueda para la producción de algodón, donde una fila

de hombres, sujetos a una barra fija, hacían mover con los pies la rueda motriz.

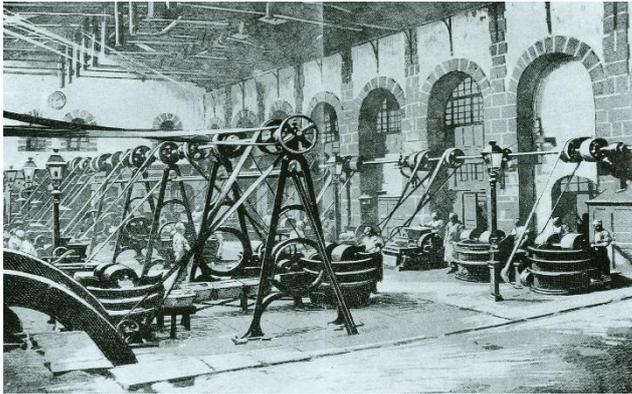
Donde había pequeños saltos de agua, se podían colocar ruedas de molinos que permitían moler el trigo.

Más adelante, con el descubrimiento de la máquina de vapor, se aprovechaba su energía de rotación, en amplias naves con un eje

⁸ En el medio rural se les llamaba “caballerías”.

central⁹ que disponía de varias ruedas. A cada una de ellas, se le aplicaba una cinta de cuero de alta resistencia, que transportaba el movimiento a lugares próximos, donde se necesitaba su energía. Estas naves industriales para la fabricación de muchas cosas, fueron utilizadas hasta la aparición del motor eléctrico.

Gracias el científico inglés Michael Faraday, en 1831 descubre y enuncia el principio de inducción electromagnética, en el que se



basan los *generadores* y *motores* eléctricos, demostrando que es posible convertir la energía mecánica, en energía eléctrica, caso del generador, así como la energía eléctrica, en energía mecánica, caso del motor. Años mas tarde en

1890 Tesla presenta su motor eléctrico de corriente alterna, en una configuración muy parecida a los motores que a diario utilizamos.

Una vez más descubrimos que los motores eléctricos convierten la energía eléctrica en energía mecánica. Hoy día, motores de todos los tipos se encuentran en todas partes: el compresor del refrigerador o en el mecanismo del reproductor de video, en una máquina de afeitar, etc.

Se pueden construir en todos los tamaños imaginables, para usos como: *en las locomotoras del ferrocarril, ascensores, grúas, carretillas eléctricas, embarcaciones, hormigoneras, pulidoras, aspiradores, ventiladores de todos los tamaños, coches, bombas elevadoras de agua, etc.* En cualquier lugar donde necesitemos aplicar una fuerza constante, el motor eléctrico podrá realizar ese trabajo con una gran eficacia.

Fácilmente podemos imaginarnos, que los motores eléctricos serán de gran utilidad en los trabajos agrícolas, en la construcción, en cualquier máquina de oficina, en el transporte de mercancías o personas, etc.

El trabajador moderno ha podido sustituir la fuerza humana y animal, por este dispositivo eléctrico, realizando el trabajo con una

⁹ En ocasiones, varios ejes.

superior seguridad, con la fuerza que necesite y sin ninguna de las molestias propias de los animales de carga.

Su implantación en las tareas del campo no fue fácil, ni rápida¹⁰. La dificultad de los campesinos a adaptarse a las nuevas tecnologías¹¹ y el precio de la nueva maquinaria, fueron las principales dificultades, a pesar de que su amortización era muy rápida.

En el área de la construcción y las Obras Públicas, su implantación fue más rápida. La mejora en la construcción de grúas, dotadas de motores eléctricos, fue definitiva en la floreciente industria de la construcción que llegaría más tarde



En los principios del Siglo XX, la mayoría de la población trabajadora, se dedicaba a la Agricultura para su alimento y el de otros muchos. A mediados del mismo siglo, solo un porcentaje pequeño trabajaba en las labores del

campo para su subsistencia y de la mayoría de la población.

Durante la mayor parte de la historia, los seres humanos dedicaron sus esfuerzos a la producción de alimentos de primera necesidad; digamos que entre el 80% y el 90% de la población. En el año 1998, en los Estados Unidos¹², encontramos que una población agrícola del orden del 3% de sus habitantes, no sólo pueden producir suficiente comida para alimentar al otro 97%, sino también, a parte de la población mundial restante¹³. Lo mismo sucedió durante la mayor parte de la era industrial, cuando la producción de bienes manufacturados y servicios, incluso en los casos en que no había que emplear a demasiados trabajadores, requería una enorme cantidad de mano de obra que aumentó progresivamente, con el paso del tiempo.

Ha sido la electricidad, con sus aplicaciones en el desarrollo de la agricultura, quien ha liberado a los trabajadores de esas duras tareas. Aunque hacía mucho tiempo que venía prediciéndose, el

¹⁰ Hasta 1960, no se mecanizaron las tareas agrícolas en España.

¹¹ Posiblemente por la alta tasa de analfabetismo en el campesinado.

¹² Hossbawn, E., *Sobre la Historia, Catedra*, 1988, pag.46

¹³ Este porcentaje no es igual para todos los países, pero sí lo es para el paso del campo a las ciudades.

descenso del campesinado en el mundo occidental, no adquirió un carácter drástico hasta las décadas de 1950 y 1960.

Generación de frío y calor

La electricidad puede utilizarse para producir calor y frío: en la cocina, calefacción, refrigeración, aire acondicionado, agua caliente, entre otros muchos.

La gran resistencia que opone un cable fino, al paso de la corriente eléctrica, genera calor¹⁴. Esta propiedad se usa en todo tipo de estufas y radiadores. Los hornos de microondas son algo más sofisticados: la corriente eléctrica induce la formación de ondas de alta frecuencia al pasar por un magnetrón y el resultado es el mismo, con ciertos matices.¹⁵

Para producir frío, la electricidad debe seguir un camino distinto: un motor eléctrico que hace funcionar un compresor, parte de un circuito cerrado por donde circula un gas. El gas comprimido, al expandirse en otro compartimiento del circuito, “roba” calor de su entorno (por ejemplo, del interior de un frigorífico), provocando un enfriamiento. El gas es nuevamente comprimido y cede el calor que robó, al exterior del aparato. El ciclo *expansión-compresión* prosigue indefinidamente.



Tanto en la producción de frío como de calor, la electricidad está presente en todos los hogares y centros de trabajo, poniendo en evidencia que se puede conseguir un magnífico nivel de bienestar térmico, independientemente de la estación del año en donde nos encontremos. Incluso en los

desplazamientos en diferentes tipos de vehículos, la temperatura se mantiene constante según nuestros deseos.¹⁶

Usos industriales

La electricidad hoy día es ampliamente utilizada en la industria en dos aspectos:

Por su efecto directo sobre la materia.

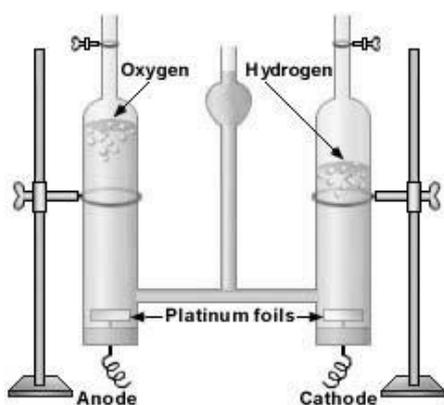
¹⁴ Ver la Ley de Joule, descrita anteriormente.

¹⁵ El Horno de Microondas no utiliza el principio de la Ley de Joule sino otro más complejo que no detallamos aquí.

¹⁶ Estos equipos eléctricos se llaman “climatizadores”.

Como ayuda y complemento a la fabricación.

De todos es sabido, que cuando aplicamos una corriente eléctrica a una cierta cantidad de agua, levemente acidulada, se produce una disociación de sus componentes, que en este caso serian Hidrogeno y Oxigeno. A este fenómeno se le llama electrolisis.¹⁷



Equipo de electrolisis, de uso en laboratorios

En la práctica se aplica una corriente eléctrica continua, mediante un par de electrodos, conectados a una fuente de alimentación eléctrica, sumergidos en la disolución. El electrodo conectado al polo positivo se conoce como ánodo, y el conectado al polo negativo como cátodo. Cada electrodo atrae a los iones de carga opuesta. Así, los iones negativos, o aniones, son atraídos y se desplazan hacia el ánodo (electrodo positivo), mientras que los iones positivos, o cationes, son atraídos y se desplazan hacia el cátodo (electrodo negativo).

Este fenómeno fue descubierto accidentalmente en 1800 por Willian Nicholson mientras estudiaba el funcionamiento de las baterías. Entre los años 1833 y 1836 el físico y químico inglés Michael Faraday desarrolló las leyes de la electrólisis que llevan su nombre.¹⁸

Otro ejemplo clásico de la utilización de la corriente eléctrica, consiste en separar el sulfato de cobre en sus componentes elementales. El cobre liberado es atraído por la carga eléctrica de la placa de metal y se deposita sobre ella como una fina capa de cobre metálico. A este proceso se denomina “metalizado”.¹⁹

Este fenómeno de la aplicación de la electricidad a soluciones salinas, es muy conocido y se aplica en numerosos campos, como:

- Producción de [aluminio](#), [litio](#), [sodio](#), [potasio](#) y [magnesio](#).

¹⁷ GARCIA SANTESMASSES,J., *Física General*, 1958, pag.344

¹⁸ ROSEMARY, G., *Faraday's Electrochemical Laws and the Determination of Equivalent Weights. Journal of Chemical Education* **31** (May) 1954: pag. 226–232

¹⁹ En este caso de Cobre.

- *Producción de hidróxido de sodio, clorato de sodio y clorato de potasio.*
- *Producción de Hidrogeno.*
- *Producción de hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, clorato de sodio y clorato de potasio.*
- *Producción de hidrógeno con múltiples usos en la industria: como combustible, en soldaduras, etc.*
- *La electrólisis de una solución salina permite producir hipoclorito (cloro): este método se emplea para conseguir una cloración ecológica del agua de las piscinas.*
- *La electrometalurgia es un proceso para separar el metal puro de compuestos usando la electrólisis. Por ejemplo, el hidróxido de sodio es separado en sodio puro, oxígeno puro y agua.*
- *La anodización es usada para proteger los metales de la corrosión.*
- *La galvanoplastia, también usada para evitar la corrosión de metales, crea una película delgada de un metal menos corrosible sobre otro metal.*
- *Etc.²⁰*

Este aprovechamiento de la transferencia de electrones²¹ en contacto con numerosos electrolitos, conforma una parte importante de la industria química.

En la industria en general, de cualquier tipo, la electricidad se utiliza para otros usos. Uno de ellos es como fuerza motriz para mover y transportar los materiales a transformar, por muy diversos medios. Pero también para mecanizar tareas como *agitar, moler, triturar, compactar, separar, mezclar, calentar, enfriar, concentrar, materiales, torneear piezas*, entre otras muchas aplicaciones. Todas ellas, se realizaban manualmente por el hombre, antes de aparecer la electricidad.

También tenemos que citar aquí las tareas auxiliares, tales como, iluminar, hacer funcionar todos los aparatos eléctricos, como, máquinas de escribir, calculadoras, fotocopiadoras, ordenadores,

²⁰ No hacemos aquí un estudio completo de todo este fenómeno

²¹ No olvidar que la electricidad es un flujo de electrones que se mueven en una dirección.

sistemas de seguridad e infinidad de dispositivos que operan con electricidad y tienen que estar presentes en cualquier tipo de fábrica.

En los procesos industriales, la *factura eléctrica*, es uno de los más importantes costes de fabricación.²²

Las aplicaciones de la electricidad, crearon muchas industrias, lo que significa un crecimiento de los puestos de trabajo, a distintos niveles. Consecuentemente, al haber mas trabajo, el nivel de vida necesariamente tiene que subir.

Procesar señales de naturaleza Electrónica

Además de convertirse fácilmente en cualquier tipo de energía final que deseemos, movimiento, calor y frío, luz y energía química, la electricidad es el vehículo imprescindible para transmitir, amplificar y procesar señales muy pequeñas en radios, televisores, computadores y, en general, en todos los aparatos que soportan nuestra sociedad electrónica²³. El diseño y la gran construcción de circuitos electrónicos, nace para resolver problemas prácticos formando parte de la electrónica y de los campos de la ingeniería electrónica, electromecánica y la informática, en el diseño de software para su control. Esto se consigue construyendo circuitos eléctricos de la complejidad requerida. Los circuitos reciben una señal de entrada, puede ser una onda de radio o una pulsación del teclado de un ordenador, proporcionando una señal de salida modificada. Esta nueva señal, por pequeña que sea, puede ser amplificada²⁴ suficientemente, para que una onda de radio débil, por ejemplo, pueda llegar hasta nuestra cadena de música, convirtiéndose en un potente sonido, saliendo de los altavoces. Entonces decimos que el circuito funciona como amplificador.



Algunas modificaciones más complejas de la señal de entrada, permiten realizar diversos cálculos. El ejemplo más sencillo es un circuito con dos interruptores en serie y otro que los coloca en

²² En el caso de cualquier proceso electroquímico, es el coste mas elevado.

²³ La electrónica es la rama de la *física* y especialización de la *ingeniería*, que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control del flujo microscópico de los electrones y de otras partículas cargadas eléctricamente.

²⁴ Mediante un circuito electrónico amplificador.

paralelo. Ambos procesan la información de manera diferente y se llaman puertas lógicas²⁵.

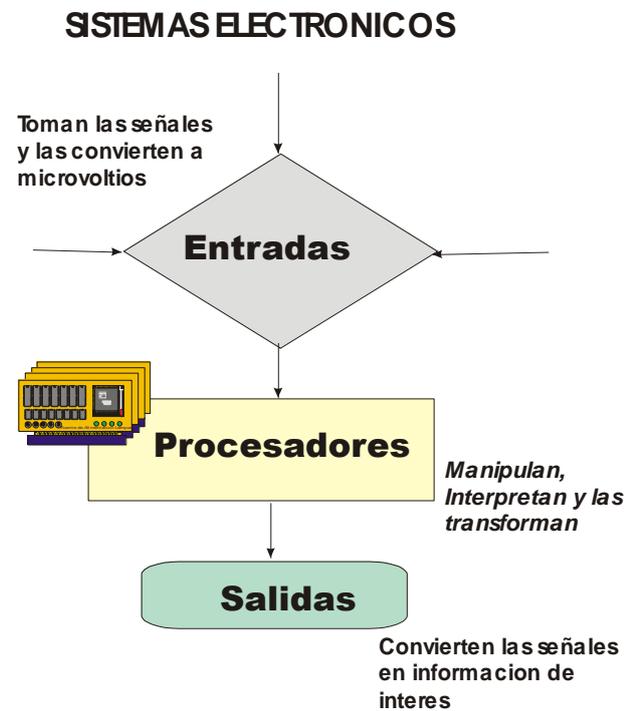
En la práctica, el procesado de información requiere de interruptores ultrarrápidos, capaces en encenderse y apagarse millares de veces por segundo. Esta es la función que cumplen los transistores.

Un paso más consiste, en imprimir millones de transistores unidos por conexiones muy complejas, sobre capas de materiales conductores. Entonces tenemos un *chip*.

Conectando a su vez millares de chips, y con la programación adecuada, podemos procesar las entradas de información al sistema de la manera que nos convenga. El caso más simple puede ser sumar $1+1$, obteniendo de salida "2".

Los ordenadores más complicados son capaces de digerir millones de datos de diferente naturaleza, tales como señales procedentes de sensores de presión, temperatura, velocidad del viento, etc., procedentes de distintos lugares. Combinando diferentes señales, de una forma lógica, podemos generar, por ejemplo, mapas de pronósticos del tiempo a dos, tres días e incluso 10 días vista, según el modelo meteorológico utilizado, indicarnos la posición topográfica de donde nos encontramos, etc. Son tantas las posibilidades de la electrónica, que su descripción desbordaría este trabajo.

El sistema de funcionamiento de los Sistemas Electrónicos, suele ser bastante simple²⁶. El sistema capta señales, en micro voltios de los sensores de interés.



²⁵ "Puertas" con lógicas o comportamientos diferentes.

²⁶ Aunque muy complejo en su ejecución.

Los envía al procesador, quien interpreta, manipula y transforma las señales recibidas mediante un software²⁷ apropiado.

Una vez las señales han sido procesadas, las envía a un sistema de salida, que bien puede ser una impresora, una base de datos, un sistema de maniobras para realizar otras tareas de interés para el usuario.

Otras Aplicaciones

El uso de la electricidad parecía tan prometedor que pronto, los científicos encontraron otras muchas aplicaciones utilizando lo que se dio por llamar el “fluido eléctrico”.

En líneas generales y a modo de índice, citamos aquí unas cuantas aplicaciones, clasificadas en diferentes grupos:²⁸

En las Comunicaciones

El telégrafo

La Telegrafía sin hilos

El teléfono

La Radio

El Móvil

Transmisión a distancia por medios informáticos

En el Hogar:

Lámparas para iluminar, las ciudades, las habitaciones de las casas, etc.

Las cocinas eléctricas

Los pequeños electrodomésticos

Los radiadores de calefacción

Nuevos sistemas de lavado, centrifugado y secado

²⁷ Se conoce como software al equipamiento lógico o soporte lógico de un *sistema informático*; comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios, que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos, que son llamados *hardware*.

²⁸ No detallamos aquí, cada una de ellas, pues no es objeto de este trabajo.

El frigorífico

Aire acondicionado

La televisión

El horno de microondas

El video

El DVD

En el mundo del trabajo

La máquina de escribir eléctrica

La maquina calculadora

La fotocopiadora

Calculadoras electrónicas

La informática.

La revolución electrónica

El trabajo desde casa

La fabricación en serie

En el transporte

El automóvil

El ferrocarril eléctrico

La motocicleta

La Navegación Naval

La Navegación aérea

El control del tráfico con semáforos.

La construcción de carreteras.

En la sanidad

Los rayos x

La fabricación de todos los medicamentos

Los análisis clínicos por medios físico-químicos

Los chequeos clínicos

La densitometría

La Resonancia Magnético Nuclear

La medicina Nuclear

La Radioterapia

Robots cirujanos como el llamado “Da Vinci” capaz de suturar, coser y cortar con una gran precisión.

La tele cirugía que opera a grandes distancias por cirujanos expertos en cada especialidad, localizados en cualquier parte del mundo.

Los Hospitales llenos de comodidades y servicios

En la alimentación

Mejora en la Agricultura y Ganadería, tractores, aventadoras, cosechadoras, ordeñadoras, etc.

La refrigeración, congelación y conservación de los alimentos

El control de los alimentos

La aparición de supermercados

La Higiene de los Alimentos

La clonación de vegetales y animales

Nuevos criterios de Calidad Alimentaria.

En la industria militar

La nueva “Caballería mecanizada”, los tanques.

La aviación de transporte y combate

El submarino

La artillería de precisión

La dirección de tiro para batir objetivos en movimiento. De gran interés en artillería antiaérea y naval.

Los Radares

La bomba atómica

Las armas invisibles

Los misiles

La guerra termonuclear

Robots antiterrorismo

Los robots de combate

Escudos Antimisiles

En la enseñanza

La enseñanza para todos

Los medios audiovisuales

Enseñanza a distancia

Simuladores de todas las disciplinas tales como: vuelo aéreo, de combate aéreo, simulador ferroviario, de navegación marítima de todo tipo, del automóvil, de investigación en el campo de la Física, Química, Matemáticas, Biología, Medicina entre otras muchas.

Intercambio de información

Internet

Etc.

En la investigación

Los instrumentos físico-químicos como medio de cuantificación de magnitudes.

La simulación artificial de todo tipo de procesos.

Bases de datos con información de todas las disciplinas.

Sustitución del “Investigador” por el “Equipo de Investigación”

La informática Profesional

La investigación espacial

Etc.

En el mundo del entretenimiento

La Radio

Los Radioaficionados

El Cine de todos los Tipos

La Televisión

Los Juegos de Ordenador

Simuladores sociales

Los cambios generados por la irrupción de las nuevas tecnologías en la vida cotidiana, fueron impredecibles y poco a poco fueron transformando la sociedad. Gracias a la electricidad y a sus numerosas técnicas derivadas, teléfono, radio, cine, televisión, electrodomésticos, transporte en general, máquinas de oficina y producción, informática, Internet, etc., el transcurso de la Historia empieza a acelerarse. En otras palabras, *Ahora, gracias a la electricidad, podemos hacer muchísimas más cosas en menos tiempo.*