

# ELECTRICIDAD: CREADA POR QUIMICOS Y MEDIDA POR MECANICOS.

## - LA NECESIDAD DE UN LENGUAJE UNIVERSAL -



### INTRODUCCION

Cuando la electricidad aun no era considerada como una ciencia académica, y mientras surgía la necesidad de ser clasificada como tal, sus unidades de medición debieron forzosamente ser derivadas de una de las pocas ciencias ya existentes: la mecánica; de esa manera, cuando el OHM, el AMPER o el VOLTIO no estaban aún definidos, las tres unidades básicas de la mecánica: el metro, el gramo y el segundo, pasaron a tomar una consideración distinta dentro de la física, al ser incorporadas como las únicas relaciones eléctricas para ese entonces.



Peor aún, la creación de las primeras pilas o celdas primitivas de generación de electricidad, cuyos principios estaban gobernados por la química, trajo mas confusión al tema para aquellos tiempos en donde una cantidad de electricidad debía ser medida a través de la electrólisis, considerando el volumen de gas que emanaba por hora de un electrodo, o la masa de metal sumergida en ácido sulfúrico, o en gramos de cobre depositados por hora sobre el cátodo de un electrolizador de sulfato de cobre.....

Como siempre, toda cantidad física debería estar vinculada con su unidad, y en el campo de la electricidad, el Amper, el Voltio, el Vatio, es algo tan común hoy en día que cualquier persona técnica o no, las aplica de alguna manera simple; sin embargo, hubo que recorrer un largo camino para establecer estas unidades.

Los alemanes, los ingleses y los franceses, pioneros primitivos en la materia "eléctrica", pugnaban por imponer sus descubrimientos, sus unidades, y la formación de sus distintos patrones de medida que dieran sustento eterno a esas unidades.

Como se dijo anteriormente, el "mundo eléctrico" estaba en crisis de identidad.

### EL SISTEMA METRICO DECIMAL.

LAVOISER EL PRIMERO

El mundo eléctrico estaba en crisis de identidad, y era obvio que un idioma común se hacía necesario. Ese fue el objetivo fijado para el primer congreso de los "electricistas" en París

### ELECTRICISTAS: NECESIDAD DE HABLAR UNA SOLA LENGUA

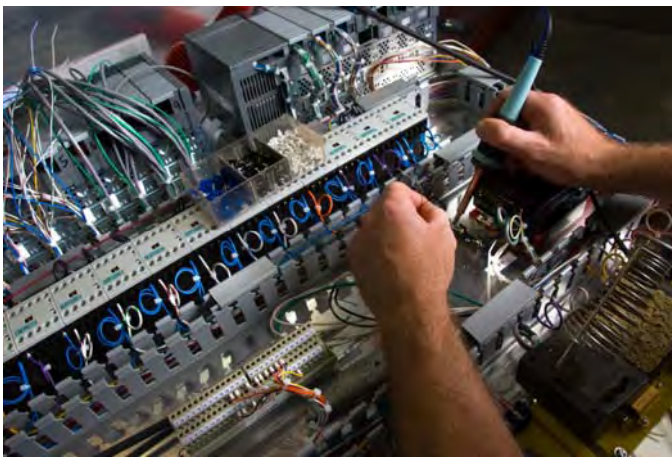
Tal vez resulte difícil, el pensar que en esos años, la resistencia tenía la dimensión de la velocidad, y su unidad teórica era por tanto, el cm/s, surgiendo entonces el ohm, como la unidad equivalente a una velocidad de 10 millones de metros por segundo, recordando que 10 millones de metros, corresponde a un cuarto de la longitud del meridiano terrestre.



La creación del sistema decimal no es en realidad tan viejo, y un nombre se destacó en su momento: Lavoisier. De acuerdo con Lavoisier, sólo un sistema decimal permitiría a los químicos de diferentes nacionalidades, el comunicarse entre sí, y de manera global bajo un sistema de medición universal.

En su tratado sobre los elementos de la química, publicado en Francia en 1789, Lavoisier abogó enérgicamente por un sistema de este tipo. Siendo miembro de la comisión designada por las autoridades revolucionarias francesas para crear un modelo decimal de medidas, Lavoisier ya había calculado tablas de conversión y modelos de masas decimales. Sin embargo antes de lograr su misión, Lavoisier fue detenido y guillotinado.

El 1795, el metro y el gramo, se convirtieron en las unidades republicanas de medida, y se estableció entonces el sistema decimal. Prefijos griegos: "déca", "hecto", "kilo" fueron elegidos para los múltiplos, y prefijos latinos "déci", "centi", "mili" para submúltiplos. Este sistema se convertiría posteriormente, como Lavoisier había deseado, en un verdadero lenguaje universal.



#### LAS MEDIDAS ELECTRICAS

Volviendo a las medidas eléctricas, y con el fin básico de realizar una medición, se hacía necesario definir una cantidad (intensidad, tensión, etc.), y también el concebir un instrumento fiable que permitiera medirlas. A lo largo del siglo XVIII, varios dispositivos con papeles, alambres, hojas de oro, etc., fueron rudimentariamente creados para estimar o mensurar una tensión o una carga eléctrica.

Se les consideraba como "electroscopios" en lugar de "electrómetros", ya que era imposible, en ese momento, comparar dos medidas realizadas con diferentes instrumentos.

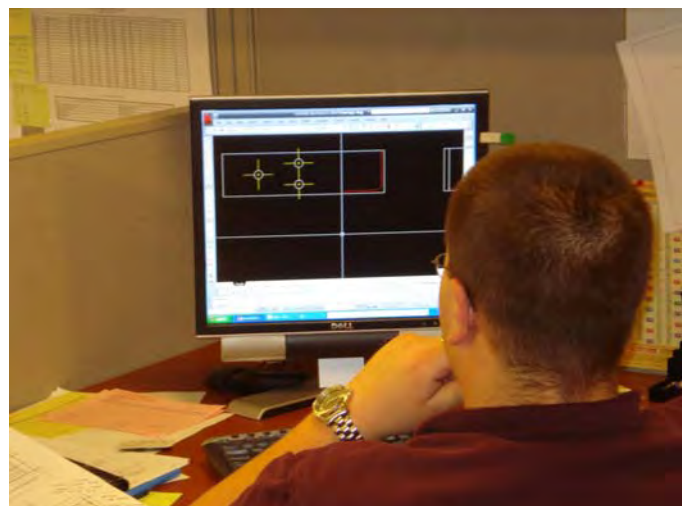
Luego del descubrimiento de la batería eléctrica en el año 1800, y luego del electromagnetismo en 1820, se creó finalmente el ámbito para un estudio de la electricidad a través de las medidas. A partir de allí, una cantidad de electricidad podría ahora ser medida correctamente a través de la electrólisis, considerando el volumen de gas que emanaba del electrodo, o la masa de metal sumergida en ella. Más tarde, la intensidad de la corriente se evaluaría a través de su acción sobre una aguja magnética o dentro de otro circuito eléctrico.



Gracias a esto, durante todo el siglo XIX, los motores, los generadores, los dispositivos de iluminación, han sido desarrollados y producidos a escala industrial, gracias a un estricto y ya estandarizado medio de medida.

#### LAS PRIMITIVAS UNIDADES DE MEDIDA

En este campo, el Reino Unido fue muy por delante de otros países europeos. Desde 1863 la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, había establecido un sistema de unidades, que fue parcialmente aceptado internacionalmente, bajo el nombre: "Sistema de la Asociación Británica" o Sistema de BA.

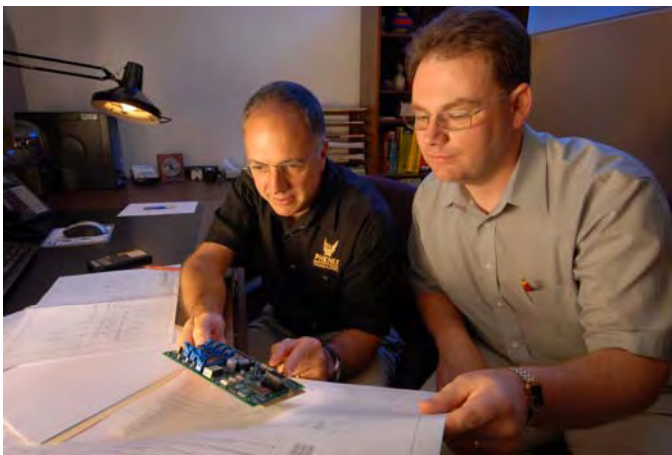




A través de este sistema, los científicos británicos estaban decididos a clasificar a la electricidad dentro de las ciencias académicas ya existentes, basándose en un modelo conocido: la mecánica. Por lo tanto, las unidades eléctricas deberían así ser deducidas de las tres unidades básicas de la mecánica: el metro, el gramo y el segundo.

Además del sistema CGS teórico, y como homenaje a tres científicos que habían contribuido al avance de la ciencia eléctrica, la Asociación Británica definió también en ese entonces, un necesario sistema de unidades prácticas, en el que la unidad de la resistencia fue llamada "ohmio", la unidad de fuerza electromotriz "voltio", y la unidad de intensidad "Weber".

Estas tres unidades vinculadas por la fórmula " $I = E / R$ ", traducían la relación establecida por Ohm entre la tensión de los terminales de una resistencia, y la intensidad de la corriente que pasaría a través de ella. Un weber, sería en consecuencia, la intensidad de la corriente que circularía en una resistencia de un ohm, bajo la acción de una fuerza electromotriz de un voltio.



Tanto Francia como Alemania utilizaron la resistencia, la tensión y la intensidad como conceptos básicos. Sin embargo, y fieles a su orgullo nacionalista, en los dos países estas unidades se consideraban principalmente como unidades surgidas de las obras de sus propios ingenieros. ...

#### ELECTRICISTAS NO HABLAN UNA SOLA LENGUA

#### UNIDADES DE "RESISTENCIA" TEORICAS Y UNIDADES PRACTICAS

Antes de 1881, el Reino Unido estableció una unidad "teórica", que solo era utilizable en formulas científicas, y también una unidad de "práctica", mas allegada a las necesidades cotidianas de medición.

**LA UNIDAD TEORICA:** Al existir un problema con la coexistencia de dos posibles sistemas teóricos: el sistema electrostático y el sistema electromagnético, era dificultoso entonces construir un sistema coherente de unidades eléctricas. Por lo tanto, y solo por su directa relación con las aplicaciones industriales, el sistema electromagnético CGS fue elegido como sistema de unidades "teóricas". En este sistema, la resistencia tenía la dimensión de la velocidad. Su unidad teórica era por tanto, el cm/s.



#### LA UNIDAD PRACTICA:

Pero como el valor de la unidad teórica CGS (cm/s), correspondía en realidad a una resistencia muy baja, la Asociación Británica, debió por lo tanto seleccionar una unidad de práctica más conveniente para facilitar la medición de resistencias ordinarias.

De aquí surgió la unidad equivalente a una velocidad de 10 millones de metros por segundo (10<sup>9</sup> unidades CGS), y se la llamó entonces finalmente **ohm**.

Resulta necesario recordar que 10 millones de metros, corresponden a un cuarto de la longitud del meridiano terrestre, y es el valor universal que se utiliza para definir el metro.

#### LOS PATRONES:

Una vez definida esta unidad práctica, los patrones tuvieron que ser construidos para poder universalizar a las mismas. Estos primeros patrones fueron creados con resistencias metálicas.

En Inglaterra, Maxwell, que estaba a cargo de la comisión, fue el encargado de establecer estos patrones, describiéndolos como: *"hecho de una aleación de dos piezas de plata y una de platino en forma de cables de 5 mm a 8 mm de diámetro, y de dos metros de longitud. Estos alambres se sueldan en electrodos de cobre. El alambre ha de ser cubierto con dos capas de seda, incrustadas en parafina sólida, y encerrados en una caja de"*

*latón delgado, de modo que pueda ser fácilmente llevado a una temperatura en la cual su resistencia sea con precisión de un ohmio. Esta temperatura se marcará en el soporte aislante de la bobina ".....*

Mientras tanto, en Francia, la resistencia sería calculada en *kilómetros de resistencia*. Esta unidad, creada por Breguet, con los telegrafistas

en mente, estuvo representada por la resistencia de un hilo telegráfico 4mm de diámetro y mil metros de longitud. Esta unidad tenía aproximadamente un valor de 10 ohmios. Se construyeron varios patrones, pero sus valores dependían en gran medida de la calidad del hierro utilizado.

En Alemania, y bajo una mayor practicidad, se utilizaría la unidad del Siemens (símbolo SU), cuyo patrón sería representado por la resistencia de una columna de mercurio, de un metro de largo y un milímetro cuadrado en la sección. Su valor sería aproximadamente 0,9536 ohmios



#### UNIDADES DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

La unidad CGS para definir la fuerza electromotriz ( $\text{cm}^{3/2} \times \text{g}^{1/2} \times \text{s}^{-2}$ ), tiene también un valor muy bajo, por lo tanto, la Asociación Británica eligió como unidad práctica electromotriz, al voltio, que tiene un valor de 108 unidades CGS, siendo más o menos representado por la fuerza electromotriz de la celda de Daniell.

Tengamos en cuenta que esta celda desarrollada por Daniell en 1836, tenía un electrodo de cobre sumergido en una solución saturada de sulfato de cobre, asociado con un electrodo de zinc sumergido en una solución de sulfato de zinc.

Esta celda "impolarizable" tenía una FEM constante de 1,079 voltios. La pila Daniell pasó a ser entonces, un estándar de referencia en Francia y Alemania.

#### UNIDADES DE INTENSIDAD.

La unidad práctica de la Asociación Británica sería el Weber, equivalente a la intensidad de la corriente pasando por una resistencia de un ohm, con una fuerza electromotriz de un voltio entre sus extremos. Su valor correspondería a 0,1 unidades CGS (unidad CGS=  $\text{cm}^{1/2} \times \text{g}^{1/2} \times \text{s}^{-1}$ ).

Esta unidad resultaba para ese entonces muy conveniente, ya que ofrecería una herramienta para escribir toda la gama de intensidades de corrientes para el uso industrial de la época.



En la parte inferior de la escala, la intensidad de las corrientes de teléfonos estaría a sólo unos micro-webers, y la de las corrientes telegráficas estaría a pocos milli-webers. En el otro extremo de la escala, las corrientes producidas por la "máquinas Gramme", (que permitían transformar energía mecánica en energía eléctrica) oscilaban entre 20 y 30 weber.

Los aparatos electromagnéticos que se utilizarían para medir estas corrientes, ya se estaban extendiendo, y fueron graduados de acuerdo con su propósito en weber o milli-webers, siguiendo normalmente una compleja función química: una corriente de un Weber equivalente a un depósito de 1,19 gramos de cobre por hora sobre el cátodo de un electrolizador de sulfato de cobre.....

En Alemania, la unidad patrón de intensidad era aquella que atravesaría una resistencia de un



**Siemens**, vinculado a los terminales de una batería de Daniell, con un valor equivalente a 1,16 Weber.



Francia complicó las cosas aún más, e hizo una rara elección de su patrón. Si bien las unidades británicas y alemanas eran tomadas como referencia, un electrolizador se insertó en el circuito, y la intensidad de la corriente pasó a expresarse en cm<sup>3</sup> de gas emitido por hora en los bornes de un electrolizador de ácido sulfúrico, o en gramos de cobre depositado por hora sobre el cátodo de un electrolizador de sulfato de cobre.....

Una vez más, el mundo eléctrico estaba en crisis, de identidad, y era obvio que un idioma común se hacía necesario. Ese fue el objetivo fijado para el primer congreso de los "electricistas" en París



**1881 : FIRST INTERNATIONAL CONGRESS OF ELECTRICIANS, FIRST INTERNATIONAL SYSTEM.**

El congreso se llevó a cabo en París, en 1881, con más de 250 delegados de 28 países diferentes, con científicos tales como el famoso William

Thomson (quien era de hecho Lord Kelvin), Kirchhoff, Siemens, Mach, Gramme, Planté, Lenz entre otros.

El tema prioritario a tratar era las unidades y los patrones eléctricos. Como era lógico, existía una oposición entre los científicos británicos, ya que con su sistema CGS, querían colocar las unidades eléctricas en el ámbito teórico de la mecánica, y de los ingenieros alemanes que querían un nivel más adecuado a la especialidad eléctrica.

La discusión resultó ser difícil y confusa; proposiciones y objeciones vinieron "de la nada", especialmente de personas que no eran conscientes con la importancia de las resoluciones que se debían alcanzar.

Finalmente el presidente del congreso Jean Baptiste Dumas, (un químico), comunicó lo siguiente:



"El acuerdo se obtuvo a través de una decisión unánime. Ha conectado por un lado, las unidades eléctricas absolutas para el sistema métrico decimal, mediante la adopción de las bases del centímetro, el gramo y el segundo, y por otro lado, se han creado unidades prácticas más cercanas a las "grandezas", que todos estábamos acostumbrados a considerar en la práctica.

De este modo, se los ha conectado a través de vínculos sólidos con unidades absolutas. El sistema está a partir de ahora bajo pleno derecho".

Las conclusiones de este primer congreso se podrían resumir en siete puntos:

- 1° El sistema CGS fue adoptado.
- 2° La unidad de resistencia poseerá el nombre **ohm**, con un valor de 108 unidades CGS.

3° La unidad de resistencia práctica (ohm) estará constituida por una columna de mercurio con una sección de un milímetro cuadrado bajo la temperatura de 0 °C.

4° Un comité internacional determinará la longitud de la columna de mercurio que representa un ohm.



5° La unidad de intensidad de corriente se llamará "**amperio**", equivalente a la intensidad de la corriente generada por un voltio en un ohm.

6° La cantidad de unidad de la electricidad se llamará "**coulomb**", o la cantidad de energía eléctrica producida por la corriente de un amperio durante un segundo (según la relación  $Q = I \times t$ )

7° La unidad de capacidad será el "**faradio**", definido por la condición de que "un culombio en un faradio produce un voltio " (según la relación  $Q / C = V$ ).

De esta manera, Ampère y Coulomb, como ciudadanos del país invitante, fueron honrados con la elección de sus nombres para unidades de intensidad y de carga.

En tanto Weber fue dejado de lado, pero posteriormente se le daría su nombre a la unidad de flujo magnético.



Esta nueva forma de atribución de nombres de científicos famosos a las unidades, se destacó a través J.B. Dumas en un discurso de clausura del congreso, un tanto lírico.

"La Asociación Británica tuvo la brillante idea de nombrar a estas diferentes unidades con el nombre de los científicos a los que debemos los principales descubrimientos que dieron origen a la electricidad moderna.

Los nombres de Coulomb, Volta, Ampère, Ohm y Faraday, estarán estrechamente vinculados a las aplicaciones cotidianas de las doctrinas que conciben con éxito la industria, acostumbrando a repetir diariamente estos nombres, dignos de veneración secular, y testificará la gratitud que toda la humanidad debe a estos espíritus iluminados".

Una nueva moda había nacido: El científico se había convertido en un personaje destinado a ser popular. La decisión de dar los nombres de las celebridades científicas a las unidades no fue unánime, y por el contrario, chocaba con la naturaleza principalmente impersonal de la nomenclatura científica de esos años.

Por otra parte, se decía que era de temer que en el próximo siglo, a través de la fuerza del impulso y las modificaciones de las ciencias, se abandonara esta terminología, lo cual somos conscientes hoy en día que esto no ha sido así.



#### EL JULIO Y EL WATT:

En 1882, la Asociación Británica, hizo una proposición para las unidades de energía y de potencia. El sistema CGS ya había conseguido una unidad de trabajo, el **ergio** ( $1 \text{ erg} = 981 \text{ g.cm}^2.\text{s}^{-1}$ ), el cual se deduce de una unidad de la fuerza, la **dina** ( $1 \text{ dina: } 981 \text{ g.cm.s}^{-2}$ ), y una unidad de potencia: el erg /s.



Para la unidad práctica de la energía se sugirió llamar "joule" al "coulomb.volt", en uso con anterioridad.

Los electricistas británicos consideraban a Joule (1818-1889), como un miembro de su comunidad, debido a sus primeros trabajos científicos en 1838 relacionados con el magnetismo, y a que en sus primeros veinte años de vida descubrió nada menos que la "saturación magnética", es decir el valor límite alcanzado a través de la "magnetización" de un núcleo magnético de acero, excitado por un campo magnético.



En 1842 se describió la ley que llevaría su nombre, y que relaciona la energía calorífica en Watt, emitida durante un tiempo determinado, "t", por una resistencia "R", atravesada por una corriente "I".

Una ley que se puede escribir de la siguiente manera:  $W = R \cdot I^2 \cdot t$ .

Joule sólo tenía unos veinte años, cuando trabajaba por establecer la relación que mostraría la transformación directa de trabajo mecánico en calor.

Para la potencia, la Asociación propuso al " watt " en lugar del "ampere x volt", y al hacerlo, invadió el campo de los "mechanicians" entre los cuales Watt fue miembro distinguido y activo.

La conversión de las unidades de trabajo y de potencia utilizados por los "mechanicians", eran las siguientes:



1 kilográmetro = 9,81 julios.

1 caballo de fuerza = 736 vatios.

De esta manera, y ya en forma imparable, en 1884, la "Conferencia Internacional para la determinación de las unidades eléctricas" se reunió en París, fijando el valor del ohm, como la resistencia de una columna de mercurio de un milímetro cuadrado de sección, y 106 cm de longitud, a la temperatura de fusión del hielo.

El "amperio" se definió como la corriente cuyo valor absoluto era 0,1 CGS (unidades electromagnéticas).

La tensión se fijó como la fuerza electromotriz que una corriente de un amperio en un conductor cuya resistencia fuera el ohm "legal".

En 1889 el congreso internacional de los electricistas regresó a París durante la Exposición Internacional. El julio y el Vatio se confirmaron como unidades de energía y de potencia.

El kilovatio fue aceptado en sustitución de los caballos de potencia para la medida de potencia de los motores eléctricos.

En una forma un poco difícil, el congreso de los electricistas invitó al congreso de "mechanicians", que se celebró al mismo tiempo para abandonar el "caballo de fuerza" y adoptar el sistema CGS, y aclarar las nociones de "fuerza" y "trabajo" expresiones que demasiado a menudo eran mezcladas o utilizadas erróneamente en los textos de los mecánicos.



Los "mechanicians" aceptados para aclarar las nociones de fuerza y de trabajo, decidieron:

- . La palabra " forzar " sólo se utilizaría en adelante como sinónimo de esfuerzo.
- . La palabra "trabajo" solo designaría el producto de una fuerza por la distancia que su punto de aplicación cubre en su propia dirección.

. La palabra "potencia" se usaría exclusivamente para designar el cociente de un trabajo por el tiempo utilizado para producirlo.

Pero al mismo tiempo, los "mechanicians" no quisieron abandonar sus propias unidades, ya que podrían parecer como superados por sus colegas electricistas; entonces:

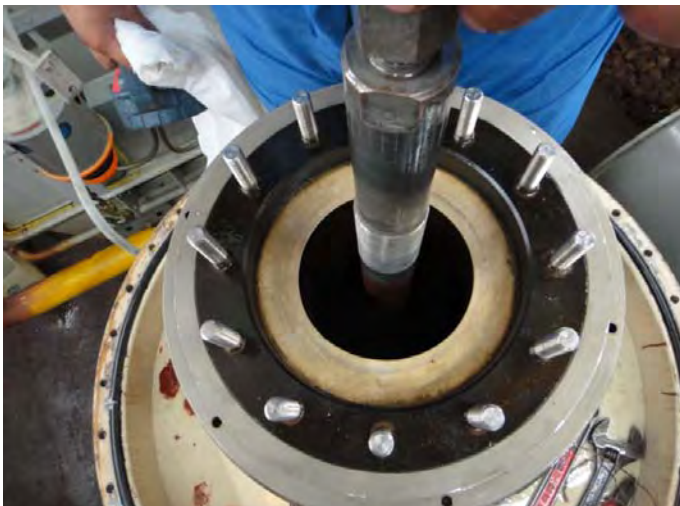
. La unidad de fuerza seguiría siendo el kilogramo fuerza (peso en París de una masa de un kilogramo).

. La unidad de trabajo seguiría siendo el kilográmetro (trabajo de una fuerza de un kilogramo-fuerza que desplaza su punto de aplicación en un metro, en su dirección).

. La unidad de potencia se dejaría a su propia elección: el caballo fuerza de 75 kilográmetros por segundo, y el "poncelet" de 100 kilográmetros por segundo.



La palabra energía se mantendría en el lenguaje como una generalización muy conveniente, incluyendo las diferentes formas similares: trabajo, fuerza cinética, calor. No hay ninguna unidad especial para la energía considerada en general, y se valorará numéricamente de acuerdo a las circunstancias mediante el Julio, el kilográmetro, el calórico, etc.



La terquedad de los "mechanicians" obligaría a los estudiantes de secundaria franceses, a seguir aprendiendo hasta los años sesenta, que una fuerza se expresa en "kilogramo-fuerza", un peso en "kilogramo peso", un trabajo en "kilográmetro", y la fuerza mecánica en "caballo vapor".

En 1893, se celebró un congreso de electricistas en la ciudad de Chicago, y fue considerado como el segundo congreso oficial a partir del primero de 1881. Estuvieron representados los Gobiernos de los países que participaron en ese encuentro internacional, y las decisiones tendrían fuerza de ley internacional, y se confirmarían las unidades ya elegidas.

El ohm internacional se definió, de forma práctica, por una columna de mercurio de un milímetro cuadrado de sección, 106,3 cm de largo y de una masa de 14,4521 programa.

El amperio internacional, como la corriente que va a depositar 0,00118 gramos por segundo de plata en el cátodo de un electrolizador de nitrato de plata.

La tensión internacional sería la fuerza electromotriz correspondiente a 1000/1434 de una batería de Clark, una "batería despolarizada", que en ese momento había reemplazado a la pila Daniell. Fueron también confirmados el Julio y el Vatio. El país anfitrión no quedó en el olvido. El Henry fue aceptado como la unidad internacional de medida de la inductancia magnética de un circuito eléctrico.

#### EN EL CAMINO HACIA EL SISTEMA MKSA.

Los electricistas británicos, y en particular, Maxwell, habían sentido la necesidad de completar el sistema CGS, con una unidad específica de la electricidad, relacionada con la unidad de carga eléctrica, o la unidad de intensidad de corriente.





Como siempre, existen dos sistemas que compiten entre sí, y que dan diferentes dimensiones de las unidades.: uno procedente de la electrostática y la ley de Coulomb, y el otro desde el electromagnetismo y la ley de Laplace.

En el sistema electromagnético, por ejemplo, la resistencia tiene la dimensión de una velocidad, expresada por el cociente de una longitud L por un tiempo T.

En el sistema electrostático, la resistencia tiene la dimensión de la inversa de una velocidad (cociente de un tiempo T por una longitud L).



Del mismo modo, todas las unidades de carga (cantidad), la intensidad (corriente), la tensión (potencial), la capacidad... tienen dimensiones diferentes en los dos sistemas.

Sin embargo, se observó que la relación entre las dimensiones de las magnitudes eléctricas en cada sistema, incluían una distinta constante "c" para multiplicar a la velocidad; una observación cuya importancia ya se había mencionado en la teoría de Maxwell. Por lo tanto, el sistema CGS que había sido creado exclusivamente del sistema electromagnético, se adaptaría mal al sistema electrostático.

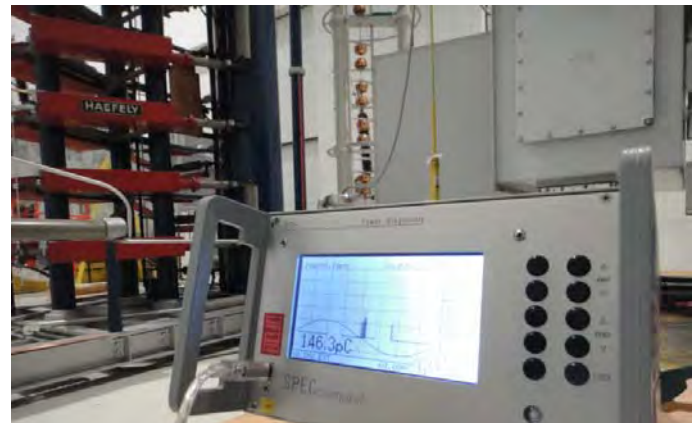


En 1901 el ingeniero eléctrico italiano Giovanni Giorgi sugirió una solución para conciliar estos dos sistemas, que en última instancia conduciría a la elección de los amperios como la unidad básica de electricidad, el metro como unidad de longitud y el segundo como la unidad de tiempo.

Para las masas, fue elegido el "kilogramo", a pesar de que el prefijo "kilo" no sería adecuado para designar una unidad.

Este sistema recibió el nombre de sistema Giorgi o sistema MKSA. En 1906 se creó la "Comisión Electrotécnica Internacional" (IEC) con una misión específica: la normalización del sistema de medidas que sería utilizado para toda la electricidad industrial.

En 1948, la Conferencia general de pesos y medidas propuso el **Newton** como unidad de fuerza (una fuerza que podría dar a una masa de un kg una aceleración de un metro/s<sup>2</sup>). Con esta hoy sencilla relación, las unidades mecánicas y eléctricas pudieron ser finalmente unificadas.



El Julio que hasta ese entonces se definía solo como la energía producida en un segundo, por una corriente de un amperio, transportada a través de una resistencia de un ohm, pasó a corresponderse además, como el trabajo de una fuerza de un Newton, que mueve su punto de aplicación en un metro, y en su dirección.

El sistema MKSA recibió entonces el nombre de Sistema Internacional (SI), adoptado por la undécima Conferencia General de Pesos y Medidas (GCWM en 1960).

El 3 de mayo de 1961, la república francesa publicó el Decreto de legalización de la SI en Francia.

Fue la victoria final de los sistemas de unidades "electricistas" versus los "mechanicians".

FUENTE: **INDUCOR INGENIERIA S.A.**  
ELECTRICAL TESTING GROUP  
[www.inducor.com.ar](http://www.inducor.com.ar)