

ferrocarril obtener importantes subvenciones. El segundo puente, conocido bajo el nombre del Gorge Bridge, es una construcción metálica de 41 metros de altura y 100 metros de longitud, sin contar las avenidas. Se montó rápidamente con tres relevos de operarios, colocándose el último roblón á las once y tres cuartos de la noche del 31 de Diciembre, y pasando el primer tren después de terminado el puente, un poco antes de media noche.—H.

UNIDADES ELÉCTRICAS

POR

D. JOSÉ MARÍA DE MADARIAGA

(CONCLUSIÓN)

En 1900, el Instituto Americano de Ingenieros Electricistas solicitó que el Comité de unidades y tipos de medida acordase definitivamente sobre la nomenclatura de las unidades absolutas de los sistemas electrostático y electromagnético, sobre el empleo de prefijos para los múltiplos de las unidades, y sobre la necesidad de *racionalizar* el sistema de unidades de medida. En breve diré en qué consiste esta *racionalización*, si el vocablo es permitido. Todos estos puntos, según el Instituto citado, deberían someterse al Congreso que en aquel mismo año había de celebrarse en París.

El Comité designado por la Sección primera de este Congreso de París, propuso no tomar en consideración proposición alguna que envolviese modificación de los acuerdos adoptados en anteriores Congresos, y no dar legalmente nombre á las unidades magnéticas, por no creerlo necesario, aunque recomendó los de Gauss y de Maxwell para las unidades teóricas de intensidad de campo magnético y de flujo magnético, respectivamente.

Después de una acalorada discusión, la Sección aprobó el acuerdo del Comité, y decidió presentar el asunto á la reunión general de los Delegados de los diferentes Gobiernos.

Á pesar de estos acuerdos y de los anteriormente adoptados en el Congreso de Chicago, sólo legislaron en el sentido indicado los Estados Unidos, Inglaterra, el Canadá, Alemania, Austria y Francia, y sólo alguno de estos países ha obrado enteramente de acuerdo con las resoluciones del Congreso de Chicago.

Celebróse en 1904 el Congreso de San Luis, en el Norte de América, y en él estuvo dignamente representada España por los distinguidos Ingenieros de Caminos Sres. González Echarte y Otamendi. Concurrieron á este Congreso: Alemania, Dinamarca y Suecia, Gran Bretaña, Estados Unidos del Norte de América, Italia, Francia, España, Hungría, Canadá, Australia, República Argentina y la India inglesa.

Varios puntos fueron sometidos á la deliberación de este Congreso, aunque no se tomó sobre ellos un acuerdo definitivo. En la discusión sostenida en el mismo, pusieron de manifiesto dos tendencias principales, que informan, respectivamente, el espíritu eminentemente práctico de los americanos y el espíritu conservador inglés. Presentóse por los primeros la necesidad de no definir sino dos de las unidades de resistencia y de fuerza electromotriz ó intensidad de corriente, puesto que, por la ley de Ohm, la tercera magnitud es consecuencia de las otras dos. Propúsose, además, por los representantes americanos, que las unidades prácticas fuesen definidas, no por su relación con las unidades teóricas que anteriormente he deducido, sino por tipos ó patrones que representen aquéllas ó á algunos de sus múltiplos.

En cuanto al primer punto, excusado es decir que hubo de recaer aprobación; pero surgió la duda de si además del ohmio

había de definirse el voltio ó el amperio, y en cuanto al segundo, las dos tendencias, americana é inglesa, aparecieron enteramente deslindadas.

Los americanos, por boca de Mr. Wol, principalmente, afirmaron que perfeccionándose cada día más los procedimientos operatorios, el designar las unidades de medida por su relación con las unidades teóricas tiene el inconveniente de que los tipos adoptados en una fecha pueden no ser representación exacta de aquella relación al cabo de algunos años. Citóse á este propósito el ejemplo del metro: habiase elegido, primeramente, para representar esta longitud la $\frac{1}{10^7}$ parte del cuadrante del meridiano que pasa por París. Prescindiendo de la posible variación de esta magnitud natural, es evidente que medidas posteriores y más perfeccionadas pudieran dar para aquella fracción una longitud distinta de la de los patrones en aquella fecha adoptados. Por esto se ha elegido para representar esta unidad el tipo ó patrón que se conserva en el establecimiento de Sèvres, destinado á este objeto con carácter internacional. El razonamiento, no puede negarse, tiene fuerza; pero los representantes ingleses, por personas tan autorizadas como Mr. Glazebrook y Ferry, principalmente, sostuvieron que no debe haber inconveniente en expresar la relación de las unidades teóricas con los tipos adoptados, aunque pasado cierto tiempo fuese necesario practicar una revisión, que las nuevas determinaciones exigiesen, consignando, en cada caso, el valor del error respectivo. Este asunto será seguramente uno de los que han de ser objeto de las deliberaciones del próximo Congreso de Londres.

Respecto al primer punto indicado diré que se votó unánimemente la adopción del ohmio, de uno ú otro modo definido, como una de las dos unidades fundamentales; pero hubo disparidad de criterios respecto á si la segunda unidad debería ser el amperio ó el voltio. Los partidarios de la primera solución dan como ventajas de la elección del amperio la invariabilidad de la ley de Faraday que le determina, y la posibilidad de evaluar por un método absoluto, electrodinamométrico, la corriente, mientras que la fuerza electromotriz no puede medirse en unidades absolutas, sino por métodos electrostáticos, y la expresión de la misma en el sistema electromagnético depende siempre del valor del coeficiente que da la relación de las dos unidades de cantidad de electricidad en uno y otro sistema. Preséntanse como inconvenientes para la adopción del amperio, el no poder medir sino corrientes próximas á su mismo valor; la necesidad de emplear mucho tiempo y obtener un peso grande de metal depositado para reducir el error en la determinación, y el tener que regular la corriente de un modo constante.

Los partidarios de que se adopte la preferencia, como fundamental, la unidad práctica de fuerza electromotriz, principalmente los americanos, dan como ventajas, la facilidad de medirla con el potenciómetro; la seguridad en esta medida, la facilidad de reproducción de los tipos ó patrones, y la de poder medir, también, con aquel mismo aparato, la intensidad de la corriente.

Todavía surgió una diferencia respecto al tipo ó patrón que se había de adoptar para la fuerza electromotriz, pues reconociendo el gran valor del elemento Latimer Clark, presentáronse las ventajas que sobre él ofrece el patrón Weston, que difiere esencialmente de aquél, en su modo de preparación, en que el metal atacable es el cadmio. La fuerza electromotriz del primero está próxima á 1,434 voltios á 15°, aunque determinaciones posteriores á las que dieron este valor, permiten afirmar que es un tanto elevado, y las medidas citadas en el Congreso de San Luis por Mr. Glazebrook dan un valor próximo al adoptado en Alemania, 1,4329 voltios. Presenta el elemento Latimer Clark alguna ventaja sobre el Weston, en el sentido de que la fuerza electromotriz varía menos de un elemento á otro del mismo tipo que en el Weston (esta variación alcanza á lo sumo 0,0002 voltios). En cambio, este elemento Clark tiene un coeficiente de variación con la temperatura mayor que el Weston, es mayor su

histéresis en relación con la misma temperatura, menor su duración, y da origen á gases que se desprenden en la superficie de la amalgama, inconvenientes que no tiene el tipo Weston.

Serán, pues, probablemente, todos esos puntos objeto de las deliberaciones del próximo Congreso de Londres, las cuales serán ilustradas, sin duda, por la aportación de nuevos é importantes elementos de determinación que actualmente parece que se están reuniendo. Tampoco se tomó acuerdo en el Congreso de San Luis sobre la nomenclatura de las unidades magnéticas, aunque se acordó recomendar la creación de una Comisión internacional que estudiase y propusiese sobre todas estas cuestiones.

Decía antes que se pretendió también *racionalizar* el sistema de unidades de medida, y esta expresión exige explicación de mi parte.

Dedúcese del teorema de Gauss, para valor del flujo que atraviesa una superficie que dentro de sí encierra alguna ó algunas masas magnéticas ó eléctricas, un coeficiente 4π que trasciende al valor de la fuerza magnetomotriz. El célebre físico inglés Oliver Heaviside razona del siguiente modo para encontrar el valor de la intensidad del campo magnético, ó sea del flujo por unidad de superficie equipotencial. Dice él: el flujo de fuerza que emerge de una masa magnética representa, en definitiva, á esta misma masa, y, por consiguiente, si por m designamos á ésta, tal deberá ser el valor del flujo, y por lo tanto, á una distancia l de m , la intensidad del campo deberá ser

$$\frac{m}{4\pi l^{-2}}$$

La acción del campo correspondiente á la masa m , ejercida sobre otra masa m' , se hallará multiplicando aquella por m' ; luego la ley de Coulomb deberá expresarse, en este orden de ideas, por la fórmula

$$\frac{m m'}{4\pi l^{-2}}$$

De donde se deduce que el coeficiente K^1 de la ley de Coulomb, cuando esta acción se ejerce en el aire, es igual

$$K' = \frac{1}{4\pi}$$

Con esto desaparece de la fórmula de la fuerza magnetomotriz el factor inconmensurable 4π , lo cual es sin duda ventajoso, aunque la modificación que la introducción de estas ideas significa produciría perturbaciones demasiado grandes en la determinación de las magnitudes eléctricas y magnéticas expresadas en las unidades ya de bastante tiempo á esta parte empleadas, sin contar con que la desaparición de este factor inconmensurable, de los valores de la fuerza magnetomotriz, le introduciría en la relación entre las nuevas unidades y las antiguas.

Otras modificaciones se han propuesto para hacer desaparecer este factor molesto y poder llegar directamente á las unidades prácticas.

Una de las más importantes ha sido propuesta por G. Giorgi' en cuyo sistema las unidades fundamentales de longitud, masa y tiempo son el metro, el kilogramo y el segundo.

Las cinco ecuaciones,

$$f = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{q^2}{r^2} \quad f = \frac{1}{\delta} \cdot \frac{m^2}{r^2}$$

$$f = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{mids}{r^2} \cdot \text{sen } \omega$$

$$f = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{i i' ds \cdot ds'}{r^2} (\cos \epsilon - \frac{3}{2} \cos \theta \cdot \cos \theta')$$

$$i = \frac{q}{t}$$

que expresan: las dos primeras, la ley de Coulomb para las acciones eléctricas y magnéticas; la tercera, la ley de Laplace, que da la acción de un elemento de corriente sobre un polo magnético; la cuarta, fórmula de Ampère, fundamento de la electrodinámica, la acción entre dos elementos de corriente, y la quinta, la ley de Faraday, que relaciona la cantidad de electricidad con la intensidad de la corriente y con el tiempo; contienen siete variables: $q, m, i, \alpha, \delta, \gamma$ y ϵ .

Si en ellas, para determinar el problema, se hace $\alpha = 1, \gamma = 1$, resulta que $\frac{1}{\delta}$ es el cuadrado de la velocidad de propagación de la luz, ó coeficiente anteriormente designado por K' , y se tiene el sistema electrostático. Si se hace $\delta = 1$ y $\gamma = 1$,

$$\frac{1}{\alpha} = K', \text{ y } \epsilon = 1, \text{ valores que corresponden al sistema elec-}$$

tromagnético. En el propuesto por el Sr. Giorgi se toma $\gamma = 4\pi$, con lo cual desaparece este factor inconmensurable de las fórmulas en que entra la fuerza magnetomotriz, y la otra variable indeterminada se elige, no entre los coeficientes apuntados, sino entre las unidades prácticas, el ohmio internacional, por ejemplo, y se tiene un sistema que no es, propiamente hablando, ni electromagnético, ni electrostático, ni electrodinámico, pero sí racional, en el sentido de que sus unidades pueden deducirse unas de otras, como las teóricas del sistema llamado absoluto.

También M. Blondel cree que el sistema práctico con los diversos exponentes de 10 que aparecen en la relación de sus unidades con las teóricas es complicado, y que podría tomarse, para simplificar, como unidad auxiliar de corriente la unidad teórica C. G. S., y por unidad de fuerza electromotriz 10^9 unidades electromagnéticas. En estas condiciones las relaciones entre las unidades auxiliares y las teóricas serían siempre 1, ó la novena potencia de 10.

Es claro que todas estas modificaciones significan, como he dicho anteriormente, una perturbación demasiado grande, á cambio de las ventajas que pueden proporcionar, y será difícil, al menos así lo estimo, que los futuros Congresos se decidan á adoptarlas.

VENTILACION DE ALCANTARILLAS

La necesidad de ventilar las alcantarillas no admite duda; pero no todos están de acuerdo sobre el procedimiento más adecuado para asegurar dicha ventilación.

El medio, el más ordinariamente utilizado é impuesto por otra parte en Bélgica por las instrucciones de la Administración de Higiene pública, consiste en suprimir los golpes de aire que se notan frecuentemente en las bocas de los sumideros.

Teóricamente, esta supresión se realiza sin inconvenientes; se admite que cuando una corriente de agua continua existe en la alcantarilla, la atmósfera de la obra participa del movimiento de la masa líquida, y se produce por tanto en las bocas de los sumideros una *aspiración del aire exterior*; no hay, pues, temor de que se desprendan por estas bocas gases mal olientes ó infectos.

Pero en la práctica no ocurre así frecuentemente: la corriente de agua se reduce algunas veces á un delgado filete líquido que no produce ningún arrastre en el aire contenido en la alcantarilla, y no hay por lo tanto aspiración en los registros, y los gases interiores pueden salir libremente. Otras veces, por virtud de la fuerte pendiente de la canalización, funciona ésta como una chimenea, y el aire que entra entonces por las bocas colocadas en la parte inferior del acueducto caminan en sentido contrario por la corriente de agua y salen á la atmósfera por los registros establecidos en la parte alta de la obra. Finalmente, otras veces esta misma inversión de la corriente gaseosa es