

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente.... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores.... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

LAS VÍCTIMAS DE LA ELECTRICIDAD ⁽¹⁾

Un autor con más fecundidad que talento, y que insistía frecuentemente sobre la misma cuestión, pretendía que se tiene perfecto derecho á tratar tres veces del mismo asunto, porque de este modo queda siempre el recurso de decir, de volver á decir y de desdecirse. Invoco el mismo argumento al proseguir un estudio que con idéntico título (2) he publicado ya en esta misma Revista, y pido indulgencia al considerar que mi primer artículo tiene diez años de fecha, y que desde entonces la electricidad ha progresado á pasos de gigante. No es, pues, fácil que incurra en repeticiones, y si me desdigo, no será más que para modificar ciertos puntos de vista, apoyándome en hechos y argumentos recientes.

La cuestión, es desgraciadamente una de las que más deben preocupar á la opinión, porque los peligros á que nos vemos expuestos se multiplican á medida que la electricidad extiende sus aplicaciones. Es ésta un tan maravilloso transmisor y distribuidor de energía, que nuestra civilización se ve obligada á hacerle un sitio que se agranda de día en día; sus conductores, que todo lo invaden, corren á lo largo de nuestras calles, caminos, vías férreas y canales, y penetran hasta en los rincones de nuestras habitaciones. El peligro se hace mayor, por dos razones, con la extensión de las líneas: porque el número de accidentes aumenta proporcionalmente á la longitud de los hilos suspendidos sobre nuestras cabezas, y porque, haciéndose mayor el número de voltios con esta longitud, aumentan todavía los riesgos que hay que correr. El empleo más frecuente de las corrientes alternativas agrava por otra parte las consecuencias de un error, de una imprudencia ó de un contacto fortuito.

Hacer conocer la naturaleza de los peligros á que estamos expuestos, indicar los medios de prevenirnos contra ellos y enseñar á todos la manera de salvar á los que han tenido la desgracia de ser víctimas de la electricidad: ese es el triple objeto de este trabajo. A falta de otro atractivo, su utilidad mantendrá la atención de los lectores. Esperamos que los dos últimos capítulos borrarán favorablemente la penosa impresión que el primero pudiera producir en su espíritu.

I

LOS ACCIDENTES

El doloroso relato que me propongo hacer de los diversos accidentes causados por la electricidad no estaría justificado si no se desprendiese de él una enseñanza; pero la lección no puede ser provechosa más que con la condición de ser presentada con método. Procuremos, pues, clasificar los hechos por categorías, agrupando los que pertenecen á la misma especie y que deben ser atribuidos á las mismas causas.

(1) Conferencia dada en la Asamblea general de la Sociedad Científica de Bruselas.

(2) *Revue des Questions Scientifiques*, número del 20 de Julio de 1899, tomo XXVI, página 5.

Desde luego hacemos constar que, según las estadísticas, los empleados y obreros de las estaciones y de las líneas de distribución son los más castigados; á pesar de su habilidad y experiencia, á despecho de precauciones que toman y que les son impuestas por sus administraciones, suelen con frecuencia ser víctimas de una imprudencia por ellos cometida ó de una torpeza de sus compañeros.

Una maniobra intempestiva ó irregular de un aparato basta, en efecto, para causar una irreparable desgracia, y un olvido de momento puede tener las más espantosas consecuencias. Voy á citar algunos ejemplos que he elegido entre muchos otros (1).

Hay accidentes que reconocen por causa un error; la estación central suministra corriente á una sección en la que los electricistas están ocupados en efectuar una reparación; estos choques son siempre graves, porque las víctimas no toman entonces ninguna precaución, creyéndose seguros, y reciben generalmente la descarga en las condiciones más desfavorables. Como de estos casos no se deduce nada útil ni práctico, nos contentaremos con señalarlos.

He aquí, por el contrario, hechos casuales, de que es bueno conocer todas las circunstancias para prevenirse contra ellos.

En Southampton, en Diciembre de 1893, un obrero recibió la orden de ir á rehacer un empalme de una canalización á baja tensión. Pero, por el contrario de lo que se creía, la pérdida estaba sobre el hilo primero, á 2.000 voltios.

El desgraciado, confiando en las indicaciones recibidas, no se puso los guantes de goma antes de tocar al conductor, y cayó como herido por el rayo. Los más asiduos cuidados no pudieron reanimarle.

El accidente ocurrido en 1894 en Saint-Denis, en la línea de la estación de Epinay, se ha hecho clásico por el relato que de él ha hecho M. d'Arsonval á la Academia de Ciencias y por el feliz resultado obtenido después de un tratamiento racional y enérgico.

En el sitio que tuvo lugar este drama, los tres hilos distribuidores están sostenidos por un poste adosado á un muro á una altura de seis metros. Un obrero estaba á horcajadas sobre la barra que afianzaba la parte inferior; su mano vino á tocar uno de los conductores, mientras que un hilo telefónico que debía colocar se apoyaba sobre la barra y establecía el contacto con uno de los tres conductores. La corriente recorrió su cuerpo, entrando por una mano y saliendo por el muslo, describiendo un corto circuito. La tensión de la corriente era de 4.500 voltios y la frecuencia ha sido apreciada en 55. la víctima sufrió allí la corriente durante varios minutos, hasta que el maquinista de Epinay, viendo chispas en el colector, se figuró había ocurrido algún accidente y telefoneó á La Chapelle para que cortaran la corriente, en lo que se perdió bastante tiempo. El hombre no daba apenas señales de vida cuando se le bajó al suelo, una me-

(1) Son muy frecuentes en los periódicos que he recogido los relatos que siguen; los refiero tal como los he leído, sin asegurar su exactitud y formulando las mayores reservas respecto á las causas á que se atribuye los accidentes y sobre las responsabilidades en que se incurre.

día hora después del accidente; se le salvó, sin embargo, como veremos después.

En Charmauvillers, cerca de Besançon, varios obreros levantaban un antiguo cable, reemplazado por uno nuevo, que corría paralelamente al primero: el nuevo cable estaba alimentado de corriente. Al tirar del antiguo, un electricista lo hizo tocar en la línea y fué derribado por la descarga; su ayudante recibió también una terrible conmoción, y solamente á costa de grandes trabajos pudo ser vuelto á la vida.

En la estación de la Metropolitan de Oxford Street, un obrero electricista se resbaló en el pavimento y cayó contra un cuadro de distribución á 1.000 voltios: se le encontró muerto en una posición inclinada, lo que justificaba la intensidad fulminante del choque.

Un suscriptor de *La Nature*, agregado á la legación de Francia en Guatemala, transmitió á esta interesante revista el relato de un accidente muy curioso. Un buitre que perseguía su presa, lanzándose atolondradamente entre dos conductores eléctricos á alta tensión, se encontró cogido y se quemó. Un electricista creyó poder sin peligro desprender al animal tirándole por las patas, y quedó muerto.

El narrador añadía que éste hacía el número catorce de los agentes de la Compañía muertos en el espacio de un año. Nos inclinamos á creer que la afirmación es algo exagerada.

Sería, por desgracia, fácil citar muchos ejemplos de obreros y agentes víctimas de la electricidad haciendo su servicio; pero es preciso reconocer, y esto da ánimos, que los accidentes de este género resultan menos frecuentes después de una larga práctica, de una instrucción profesional más desarrollada y de exigir al personal mayores precauciones.

Los conductores de aparatos eléctricos en la industria figuran también en gran número en nuestra lúgubre estadística.

En las minas de Marles, el conductor de una berlina se vió apretado contra un muro, á lo largo del cual corrían dos conductores al descubierto alimentados por una corriente continua; su tronco formó un corto circuito entre los hilos, y se quemó horriblemente. La columna vertebral fué seccionada por el chispazo en condiciones tan terribles que la pluma se resiste á describir.

Un mecánico encargado en una fábrica de la maniobra de un puente giratorio accionado por corrientes trifásicas, presentando una tensión de 200 voltios entre sus fases, vino á tocar con la cabeza uno de los hilos de la canalización y sintió una fuerte sacudida; instintivamente adelantó las manos y se agarró fuertemente á los dos hilos que ya no pudo soltar. Quedó así suspendido por los brazos, lanzando gritos desesperados. Un compañero acudió en su socorro, y no pudiéndole hacer soltar la presa, se vió obligado á correr al conmutador para interrumpir la corriente. Fueron precisos varios minutos para esto; sin embargo, la desgraciada víctima pudo descender por su pie del puente giratorio, perdió el conocimiento al llegar al suelo, pero bastó hacerle absorber algunas gotas de éter para que recobrara el conocimiento que había perdido.

Parece deducirse de este relato que una corriente alternativa de 200 voltios no puede ocasionar la muerte; he aquí, por el contrario, un accidente mortal ocasionado por una de 110 voltios.

Ocurrió en Wilmington (Estados Unidos). Un obrero cuidadoso y prudente efectuaba un enlace en lo más alto de un poste, cuando lanzó un grito y cayó sobre los hilos; á pesar de los cuidados que se le prodigaron no pudo salvarse. Se le apreciaron ligeras quemaduras, una en el brazo derecho y otra en la región del corazón, de lo que se dedujo que la muerte era debida á haber afectado la corriente á esta importantísima víscera y á que había sido por largo tiempo. La víctima era un hábil ciclista y reputado *recordman*, lo que parece indicar que tenía el corazón sano, y excluyo toda explicación personal de este accidente; no presentaba en otra parte ninguna señal accidental, y no era aficionado á las bebidas fuertes, lo que excluye la hipótesis del alcoholismo. La muerte debe, por consecuencia, ser atribuida á la trayectoria de la corriente en el cuerpo.

El camino recorrido por la corriente y la naturaleza de los órganos interesados son, en efecto, elementos importantes para la gravedad de los accidentes.

Las corrientes continuas de 220 voltios pueden por sí solas ocasionar la muerte cuando las condiciones son favorables al paso de la corriente; tal es el caso de un electricista que, trabajando en las lámparas de arco, en Madfort, recibió en las dos manos una sacudida que lo mató. La información del *Board of Trade* manifiesta que la víctima tenía los pies mojados y que se encontraba sobre un suelo húmedo. El informe facultativo hacía constar que el cuerpo no presentaba señal alguna de quemadura, pero que el desgraciado había muerto.

El Dr. Kretzmer, de Liegnitz, en Silesia, refiere, por el contrario, un ejemplo de inocuidad relativa de un hilo de tranvía á 600 voltios que cayó sobre la cabeza de uno que conducía un carruaje; el desgraciado fué derribado sin herida grave, pero experimentó en los ojos una sensación parecida á la que debe notarse cuando se tienen los párpados irritados, y perdió casi por completo la vista; una hora después del choque se declaraba la parálisis del lado derecho, después de fenómenos nerviosos alarmantes. La parálisis desapareció; pero la ceguera fué incurable.

Los ejemplos precedentes demuestran el doble carácter subjetivo y objetivo de los fenómenos que se producen en la descarga eléctrica; una corriente continua ó alternativa á baja ó alta tensión causa ó no la muerte, según las circunstancias en que se verifique el contacto, la naturaleza de los órganos atravesados por la corriente y el estado de la víctima. *Le Lancet*, acreditado diario médico inglés, refiere un accidente del que los detalles son tan instructivos como interesantes. Un Ingeniero electricista estaba subido en una silla para manejar un conmutador situado en alto y colocado en un circuito de 60 lámparas de arco, montadas en serie, alimentadas por una corriente alternativa; cuyo voltaje, por consecuencia, era lo menos de 3.000 voltios. Por inadvertencia apoyó una mano sobre la caja metálica de un amperómetro accidentalmente en contacto con los conductores, al mismo tiempo que su otra mano tocaba una columna de fundición; la corriente le atravesó, pues, pasando de una mano á la otra. Recibió un choque formidable, á consecuencia del cual sus manos se crisparon y sus antebrazos se contrajeron dolorosamente contra el pecho: le pareció —y esto ha sido manifestado por varias víctimas heridas en condiciones análogas— que podía contar las fases del alternador, que eran de 83 por segundo, y le pareció también haber quedado sometido durante mucho tiempo á la acción de la corriente, aunque el contacto había sido muy corto. No recobró la libertad de movimientos hasta pasados tres minutos; no se observaron en sus manos más que leves quemaduras, y el accidente no fué de sensibles consecuencias; por el contrario, manifestó que había mejorado en su estado general de salud.

El contacto fortuito de aparatos conductores de hierro con canalizaciones eléctricas ha causado con frecuencia dolorosas sorpresas á obreros imprudentes, torpes ó mal dirigidos. En Roubaix, una caldera que diez caballos conducían á su destino tocó á los hilos aéreos del tranvía: los hombres no experimentaron más que una sacudida sin consecuencias, pero la descarga ocasionó varias víctimas entre los caballos, por ser éstos por naturaleza más sensibles á la electricidad. En Braddock (Pennsylvania) algunos obreros que maniobraban en un puente giratorio establecieron un contacto con un hilo á alta tensión, y dos de ellos pagaron esta imprudencia con su vida. En una ciudad de América, en Omaha, estalló un incendio en una casa que tenía numerosos pisos, lo que hizo necesario el empleo de una escala extensible de hierro; al desarrollarla, tocó en los conductores del sector del alumbrado, produciendo una corriente alternativa de 2.000 voltios. Los cuatro bomberos que maniobraban en el aparato, haciendo girar una manivela colocada al nivel del suelo, recibieron la descarga, quedando instantáneamente muertos; algunos de sus compañeros fueron al mismo tiempo gravemente heridos por el choque eléctrico.

Podría citar otros muchos casos, pero estos poco variados relatos no aportan conclusiones prácticas.

El personal de telégrafos y teléfonos es especialmente el más expuesto por la proximidad de las canalizaciones destinadas al transporte de la energía por medio de la electricidad. He aquí un género de accidente bastante común causado por los hilos aéreos de una línea de tranvías de trole: ocurrió en Walsall, cerca de Londres. Un empleado de la Compañía de Teléfonos, ocupado en reparar un hilo conductor, lo dejó apoyarse en el del tranvía que lo cruzaba por debajo, y resbalando el cable tocó uno de sus extremos en el suelo sin perder contacto con la línea; un caballo que pasaba se enredó en él y quedó en el sitio.

Un accidente análogo ocurrió en 1897 cerca del Jardín Botánico de Bruselas, á consecuencia de la rotura de un hilo telefónico que cayó sobre la red aérea de los tranvías; dos vigorosos caballos que tiraban de un pesado carromato se enredaron en las espiras del hilo y cayeron sobre el empedrado. Los hombres que lo conducían quedaron incapacitados para el trabajo, por lo cual el Estado tuvo que pagar como indemnización 20.000 francos á cada uno de ellos. Los jueces han opinado, sin duda, que los hilos telefónicos no deben romperse; pero se les debería hacer observar que el conductor aéreo debía estar protegido por una cubierta aisladora, lo que hubiera impedido que se cerrase el circuito.

El contacto con personas que estén bajo la acción de una corriente eléctrica no deja de ser peligroso como se ha visto anteriormente.

El drama desarrollado en Puteaux el año último, demuestra á qué graves accidentes se exponen los salvadores animosos, pero imprudentes. Un obrero acababa de ser derribado por una descarga eléctrica; un transeunte se precipita sobre él y trata de levantarlo, pero recibe á su vez un choque terrible que lo derriba al lado de la primera víctima; un segundo sufre la misma suerte, y no se les pudo prestar auxilio hasta después de haber interrumpido la corriente en la fábrica, lo que felizmente pudo hacerse con rapidez gracias al concurso de un ciclista.

Hemos llegado ya á la serie de accidentes más terribles, es decir, los que causan sus víctimas entre los profanos á quienes su mala suerte lleva á tocar un conductor roto que arrastre por el suelo; generalmente los desgraciados pisan el cable, lo que no es muy peligroso si tienen la prudencia de no tocarlo con las manos; pero la educación de la generalidad del público es muy deficiente todavía, y á pesar de todos los avisos y á despecho de los relatos de los periódicos de gran publicidad, se ve que cogen los conductores á manos llenas y pagan la imprudencia con su vida. Yo, por mi situación, me enteré de dos terribles accidentes ocurridos en 1899, en la región del Norte de Francia, cuyo conocimiento constituye una gran enseñanza, por lo cual insistiré sobre este punto.

El primero ocurrió en los alrededores de Saint-Omer (1): una línea que partía de la fábrica de Longuenesse servía varios lugares por una corriente alternativa de 2.000 voltios de tensión y 51 alternativas por segundo; el 1.º de Julio de 1899, á consecuencia de un fuerte viento, un hilo de bronce silíceo de $\frac{30}{10}$ de diámetro se rompió en el cruce con un camino vecinal á 13 metros de un poste y 34 del otro. El extremo que cayó sobre el camino se apoyaba en una longitud de tres metros, y fué arrojado á la cuneta que bordeaba el camino por un electricista de una fábrica de azúcar que pasó por allí. El otro extremo del hilo cayó sobre una empalizada, tocando en el interior de una propiedad particular. Advirtamos que llovió mucho aquel día.

El circuito estaba, pues, perfectamente cerrado por la tierra en estas condiciones; en efecto, las lámparas de los abonados no cesaron de funcionar á pesar de la rotura del hilo. Aparecieron entonces dos obreros de la fábrica de azúcar; uno de ellos tuvo la desgraciada idea de querer coger el hilo en el punto en que descansaba sobre la valla; no experimentando sensación alguna,

se lo comunicó á su compañero retándole á hacer lo que él. Éste, con objeto de colocar el hilo más á su alcance, tiró de él, y haciendo desaparecer esta tracción el contacto de tierra, fué causa de que nuestros dos desgraciados fuesen derribados. El primero es de creer recibiera más corriente que el segundo, por encontrarse más cerca de la central; estaba también probablemente peor aislado y hasta el suelo, muy humedecido por la lluvia de la víspera, era más conductor bajo sus pies; no pudo ser reanimado. El segundo fué salvado.

La ciudad de Wattrelos se ha horrorizado recientemente por una catástrofe que presenta con la que acabamos de citar una gran analogía: desgraciadamente fueron más tardíos los socorros, y tal vez menos enérgicos, causando la electricidad dos víctimas que se hubieran podido arrebatarse á la muerte.

Wattrelos es una importante municipalidad de 26.000 habitantes, formada por la reunión administrativa de numerosos lugares diseminados en una vasta extensión. El alumbrado de gas era imposible á consecuencia de la longitud extraordinaria de las cañerías que hubiera sido preciso establecer para alimentar un pequeño número de mecheros, y á excepción de una sola calle cuyo alumbrado corría á cargo de la fábrica de gas de Roubaix, el resto de la ciudad no lo estaba más que con petróleo. Este alumbrado era mediano y no dejaba de ser muy costoso.

Había que alumbrar, en realidad, 42 kilómetros de calles; la electricidad á alta tensión era la única que podía solucionar este problema: Mr. H. Pollet, alcalde de Wattrelos, lo entendió así. Gracias á su inteligente iniciativa, el concejo hacía establecer en 1898, en muy ventajosas condiciones económicas y por una poderosa Compañía, una red de corrientes trifásicas cuyo circuito primario distribuía la energía de 2.200 voltios por 14 postes de transformación que reducían el potencial á 200 voltios y alimentaban próximamente 750 lámparas de incandescencia y 3 arcos.

Se me encargó llevar el libro de gastos de la empresa y efectuar las experiencias de recepción provisional. La estación central había sido aceptada, pero no sin importantes reservas relativas á la canalización, que no respondía á las condiciones prescritas. Estando los constructores ocupados en las reparaciones de las líneas se desencadenó un huracán sobre Wattrelos el 24 de Septiembre último, y rompió un hilo del circuito primario en el barrio de Saint-Liévin. La fábrica se enteró del accidente por los choques que se produjeron en un grupo electrógeno en servicio; se envió un empleado á revisar la línea, con objeto de averiguar la causa de estos choques, que no produjeron la fusión de los plomos de seguridad del circuito.

Llegó á Saint-Liévin antes de que ocurriera ningún accidente, y se situó junto al hilo roto, gritando para advertir el peligro y separar de allí á todo el mundo. Desgraciadamente, Wattrelos celebraba una fiesta aquel día, y la hora era muy avanzada, más de la una de la madrugada. A pesar de las amonestaciones del empleado, y aunque había separado del medio de la calle el cable caído, cogiéndole con su pañuelo, dos personas llevaron allí desgraciadamente las manos y fueron derribadas. Pero de la información se deduce que una de las víctimas había desde luego tocado el hilo impunemente, y que el propietario de un café cercano, acudiendo en su socorro, lo había también cogido con los dedos, quemándose ligeramente sin ser herido en otra parte.

Estos hechos se explican admitiendo que los aparatos automáticos de conexión con la tierra, instalados sobre los postes, habían funcionado cuando la rotura; esto quizá fué debido á los movimientos del hilo por la acción del viento ó á consecuencia de las tracciones ejercidas sobre él, que desviaron el contacto salvador. Aunque ninguna de las dos víctimas pudo ser reanimada, es preciso reconocer que las circunstancias no permitieron apurar los medios que hubieran podido tener éxito.

Los relatos precedentes constituyen documentos instructivos que conviene clasificar y analizar para sacar provecho de estas temibles lecciones de la experiencia.

Resulta de lo dicho que es evidente que tensiones de 300 voltios pueden resultar peligrosas en corriente continua, en cier-

(1) Debo las noticias detalladas que sobre este asunto poseo á Mr. Lespinasse, Ingeniero de la Société Regionale d'Electricité de Saint-Omer.

tos casos particularmente desgraciados, que se deben considerar como excepcionales; á más de 500 ó 600 voltios, debe recomendarse á todos la mayor prudencia. Las tensiones de 110 voltios, usadas para el alumbrado, pueden, por el contrario, ser consideradas como absolutamente inofensivas.

Con frecuencias de 40 á 80 cambios por segundo, las corrientes alternativas de 200 voltios serán ya peligrosas, si hubiese contacto del hilo con la mano desnuda de una persona mal aislada; la contracción muscular impediría entonces sustraerse al contacto y aumentaría la intensidad del choque, prolongando su duración. A más de 200 voltios un simple toque es peligroso, y puede resultar mortal. Precisa, pues, evitar siempre un contacto directo ó indirecto con los conductores recorridos por corrientes alternativas, cualquiera que sea su voltaje, y toda precaución es poca en este caso.

II

LOS MEDIOS PREVENTIVOS

La relación que acabamos de hacer de accidentes producidos por la electricidad, demuestra que, á pesar de su extrema variedad aparente, pueden, sin embargo, clasificarse en sólo dos categorías que los explican de una manera muy clara, según que haya contacto doble ó sencillo. En el primer caso, seguramente el más raro, el sujeto toca á la vez dos conductores de potenciales opuestos; los obreros electricistas son los más expuestos á este género de accidentes; pero conociendo el peligro que corren, rara vez cometen una imprudencia tan grave, y es preciso una inadvertencia, una caída, una torpeza ó una circunstancia particular, como ocurrió en Marles, para que sean víctimas de estos accidentes. Por otra parte, puede producirse, por desgracia, una rotura de conductores cerrando el circuito, y provocar una catástrofe entre transeúntes á quienes su mala estrella condujo á aquellos lugares. Generalmente el accidente pertenece á la segunda categoría: una persona que se encuentre sobre un suelo conductor, toca un solo hilo; basta entonces que el otro conductor presente un contacto con él para que se produzca un corto circuito por la tierra á través de su cuerpo.

Consideremos primero el caso de que el sujeto esté en contacto con dos polos diferentes: ¡desgraciado de él! Según la diferencia de los potenciales, la naturaleza de los órganos recorridos y la resistencia más ó menos grande que opongan al paso de la energía eléctrica una corriente más ó menos intensa al atravesar el cuerpo de un individuo, podrá ocasionar, ó bien una simple sacudida, ó desórdenes graves, quemaduras, etc., produciendo con frecuencia la muerte corrientes continuas ó alternativas, aun de débil tensión. La gravedad dependerá, sobre todo, de la duración del contacto, del modo que se ha establecido, y del estado y sensibilidad de los órganos encontrados á su paso por la corriente: así la región de las espaldas y la cavidad torácica influirán principalmente en el pneumogástrico ó en el corazón, y habrá fatalmente paralización de la respiración ó de la circulación.

Un obrero que no trabajase más que con una mano, no estaría muy expuesto á un doble contacto de este género, porque sería casi imposible el que con otra parte de su cuerpo cerrase circuito; gozaría de inmunidad relativa si tuviese las manos secas y callosas; estaría en absoluto á cubierto de todo accidente si cubriese sus dos manos con guantes de caucho; viéndose, por el contrario, muy expuesto con las manos desnudas, sudorosas ó mojadas.

Para evitar este género de accidentes, una rigurosa consigna prohíbe á los profanos la entrada en las centrales; se fijan en todos lados carteles que manifiestan que no se pueden tocar los aparatos; los circuitos de éstos, que ofrecen una diferencia de potencial, son señalados de una manera muy visible; se recomienda al personal no ejecutar, mientras se pueda, ningún trabajo durante el funcionamiento de las máquinas, y se les señala repetidas veces los puntos peligrosos, prohibiéndoseles también el

uso de calzado resbaladizo. En una palabra, para evitar desgracias se toman las más minuciosas precauciones, y generalmente son eficaces.

Los accidentes por contacto único, que constituyen la mayoría de los casos, son más difíciles de prever y de evitar.

Para librarse de ellos de una manera general, es muy importante que el hombre esté aislado del suelo lo mejor posible; por esto las habitaciones están alfombradas de *caucho* y tienen taburetes aisladores; los agentes están calzados con zapatos que también lo son; se les recomienda que eviten siempre tocar ningún aparato si apoyan al mismo tiempo los pies en suelo húmedo ó conductor, ó sobre partes metálicas, sobre tuberías y hasta sobre obras de mampostería. Estos medios preventivos son sencillos, racionales y dan una primera garantía de seguridad; pero no son aplicables más que á los obreros electricistas. En el público es, desgraciadamente, donde causa siempre sus víctimas el choque eléctrico por contacto único.

Veamos, para estudiar las causas de estos temibles accidentes y para prevenir sus consecuencias, cuál es la teoría de estos fenómenos.

Consideremos, desde luego, el caso de una canalización recorrida por una corriente continua, y supongámosla perfectamente aislada; si es tocada por una persona en contacto directo con el suelo, es decir, mantenida á potencial cero, el punto tocado se pondrá instantáneamente á potencial cero, y el cuerpo del observador será atravesado por una corriente de carga ó de descarga, según el signo del hilo; la cantidad de electricidad puesta en juego será igual CV si la capacidad del conductor es C y si el potencial tiene un valor V en el punto tocado. Como generalmente la capacidad de las líneas es muy pequeña, la cantidad es mínima y no se experimenta más que una sacudida análoga á la producida por máquinas estáticas: el peligro es nulo y la sensación no es siquiera dolorosa.

Si el individuo estuviese perfectamente aislado, se pondría á potencial V y no sentiría absolutamente nada, puesto que la capacidad de su cuerpo sería despreciable comparada con la de la red.

Una línea bien aislada, transmitiendo una corriente continua, no es, por lo tanto, peligrosa, cualquiera que sea su potencial; pero es muy raro que una línea esté perfectamente aislada. Consideremos, pues, esta hipótesis.

Un sólo conductor es lo más frecuente en la tierra; se puede entonces poner allí la mano sin peligro, y hasta muchas veces no se experimenta sensación alguna. Pero una persona colocada en la tierra no podría tocar al mismo tiempo el otro conductor, porque se cerraría el circuito por la tierra á través de su cuerpo, sería atravesada por una corriente tanto más intensa cuanto peor aislado estuviese el circuito y que opondría menos resistencia á su paso. Esta corriente duraría lo que el contacto; el sujeto experimentaría los efectos de esta corriente. La experiencia podría resultar dolorosa y peligrosa, según las condiciones en que se verificase el contacto, el aislamiento del conductor, su potencial, etc.; no se debe, pues, hacer el ensayo más que con perfecto conocimiento de causa.

Muy distinta es la teoría cuando se trata de corrientes alternativas. Supongamos primero la canalización bien aislada y un hombre aislado también; pone la mano sobre una conducción cuyo voltaje de distribución es, por ejemplo, de 2.000 voltios, y, por consecuencia, cuyo voltaje máximo ó mínimo de ± 2.820 voltios; su potencial propio pasará, pues, de ± 2.820 á -2.820 voltios, tantas veces por segundo como frecuencias haya; pero el sujeto no creará que le pueda ocurrir nada y no se producirá en él ningún efecto fisiológico sensible.

El efecto es diferente cuando el sujeto está en la tierra: dos nuevos hechos intervienen en este caso. El primero se refiere al aislamiento de las líneas; por perfectamente aisladas que hayan podido parecer cuando se las ha experimentado en frío, en el reposo de los alternadores, no poseen este aislamiento cuando la red está alimentada por corrientes alternativas y los megohmios

descienden á algunas decenas de millares de ohmios. Por otra parte, al mismo tiempo que la resistencia aparente de aislamiento disminuye, la capacidad de la línea con relación á la tierra entra en juego de una manera especial y ocurren las cosas como si hubiese condensadores intercalados entre cada conductor y la tierra; resulta, pues, que la víctima se encuentra en las mismas condiciones que cuando toca una línea unida á la tierra. Poniéndose en contacto con uno solo de los cables de la canalización mejor aislada de corrientes alternativas, es atravesado por la corriente exactamente lo mismo que si su cuerpo formase un circuito corto entre los dos cables, y el efecto producido es función no solamente de la intensidad, sino también de la duración de la corriente. Las corrientes alternativas son, pues, objetivamente mucho más peligrosas que las continuas, puesto que la canalización que recorren tiene siempre un débil aislamiento y una gran capacidad, y sólo pueden ser inofensivas para una persona absolutamente aislada del suelo; como además estas corrientes son en extremo activas sobre el organismo, resultan doblemente terribles.

Para combatir las consecuencias de la capacidad de las líneas, se ha propuesto el colocar bobinas de *autoinducción* en derivación; pero la experiencia verificada en París en 1892 en la *Fabrique des Halles Centrales* no ha respondido á las experiencias de los teóricos que habían ideado este paliativo.

La resistencia de aislamiento de una canalización que alcanzaba 100 megohmios en frío, descendía á 2.000 ohmios en marcha, y el empleo de la bobina no permitió hacerla subir más que al cuádruplo, es decir, á 8.000 ohmios; esto fué un resultado muy poco feliz.

La confianza más absoluta es, pues, necesaria cuando se trata de corrientes alternativas, y conviene establecer en principio que es siempre peligroso tocar estas líneas, cualesquiera que sean las condiciones y la manera de que se toquen; nunca será superflua la impresión que sobre este punto se produzca al público, porque para él el temor será el principio de la prudencia. Únicamente á los obreros electricistas podrá decirse que un hombre perfectamente aislado del suelo no corre peligro, porque, con ciertas salvedades, esta enseñanza podrá serles útil en casos particulares. Es necesario desvanecer el error en que viven algunos de que una línea de corrientes alternativas puede ser aislada hasta el punto de hacerse inofensiva; nuestros lectores podrán desengañarlos, y es un deber repetirlo á todas horas y en todas partes.

Una de las mejores medidas preventivas que podrían adoptarse para impedir los accidentes por la electricidad sería educar al público; sería necesario para esto formular brevemente la teoría que precede, exponerla con claridad en artículos de periódicos y en conferencias y darla á conocer en las alcaldías y sitios públicos, vulgarizarla por los maestros en las escuelas, de manera que nadie ignore que es necesario no tocar con la mano desnuda conductores de gran potencial; que el peligro es mucho más grande para las corrientes alternativas que para las continuas; que el aislamiento de los pies constituye una salvaguardia en ocasiones muy eficaz; que los pisos húmedos ó inundados agravan, por el contrario, el peligro, que los guantes de goma permiten manejar los conductores; que un pedazo de tela seca protege también, hasta cierto punto, y que no debe tocarse el cuerpo de una víctima de la electricidad sin aislarse bien previamente, etc.

Conozco muchas desgracias que hubieran podido evitarse si los protagonistas de estos terribles dramas hubiesen conocido estos detalles, y si, teniendo *sangre fría*, hubiesen sabido aprovecharse de ellos; los accidentes de Saint-Omer y Wattrelos (para no recordar más que éstos) no se hubieran producido si las víctimas hubiesen estado poseídas de un terror saludable y provechoso hacia los cables arrastrándose por el suelo, cuyo contacto puede ser mortal para unos, mientras que otros pueden tocarlos impunemente. Las armas de fuego, las calderas de vapor, los mecheros de gas del alumbrado, los ferrocarriles, los tran-

vías, son tan peligrosos como las canalizaciones eléctricas, y, sin embargo, hoy en día la humanidad puede servirse de ellos sin exponerse á sus terribles efectos. Se puede esperar que con el tiempo suceda otro tanto con la electricidad y su temible maquinaria.

Los Gobiernos, á los cuales la sociedad encomienda sus intereses, pueden también dictar é imponer medidas protectoras que atenuen y conjuren las catástrofes causadas por la fatalidad, por la imprudencia ó por la ignorancia de los hombres.

Hasta el 15 de Mayo de 1888, las condiciones que debían llenar las instalaciones eléctricas desde el punto de vista de la seguridad personal, no habían sido objeto de una ley; en esta época se publicó un decreto que sometía las canalizaciones eléctricas á un reconocimiento previo, dictaba diversas prescripciones generales de prudencia y encomendaba á los Ingenieros telegrafistas la vigilancia de esta clase de instalaciones.

Con fecha 25 de Junio de 1895 se dictó otra ley derogando las condiciones anteriores, y bajo ésta vivimos actualmente en Francia, esperando que se dicte otra. Hoy día no puede establecerse ningún conductor ni por encima ni por debajo de un camino público, sin autorización especial del Prefecto, después de un informe favorable de los Ingenieros de telégrafos y conforme con las órdenes del Ministro de Industria y Comercio. Resulta de esta ley que, para establecer una línea son necesarias, no una, sino dos autorizaciones de dos Centros independientes uno de otro, que aplican principios diferentes y que con frecuencia no están acordes, puesto que uno niega lo que el otro ha concedido. Pero, al menos, hay la garantía de la seguridad pública.

Una instrucción técnica para el establecimiento de los conductores de energía eléctrica ha sido impuesta en 1898 por aplicación de la ley de 25 de Junio de 1895; prescribe un cierto número de precauciones, de las que citaremos las más importantes:

Artículo I. Los soportes deben presentar todas las seguridades de solidez necesarias; en particular, los soportes de madera deben ser preservados contra las acciones de la humedad ó del suelo.

Art. II. La distancia entre dos aisladores consecutivos no debe ser superior á 100 metros, salvo en casos excepcionales.

Art. III. 1.º Los conductores deben ofrecer una resistencia suficiente á la tracción, para que no exista ningún peligro de rotura bajo la acción de los esfuerzos que tengan que soportar.

2.º Cuando un conductor está revestido de una materia aisladora, ésta debe tener un espesor de lo menos 2 milímetros, y estar suficientemente protegida en las uniones contra el deterioro ó desgaste por el rozamiento.

3.º Los conductores no deben estar al alcance del público. Cada soporte llevará la inscripción: «Se prohíbe terminantemente tocar los hilos». Tratándose de corrientes continuas de tensión superior á 600 voltios, ó de corrientes alternativas, el concesionario debe atender á que los soportes estén por lo menos á una altura de 2,50 metros, dispuestos de manera especial para evitar en lo posible que el público alcance con las manos los conductores. Además, en los sostenes en ángulo se tomarán las disposiciones necesarias para que el conductor, en el caso de que se desprendiera del aislador, fuera todavía contenido y no corriese el riesgo de arrastrar por el suelo.

4.º En el caso de corrientes continuas de tensiones superiores á 600 voltios ó de corrientes alternativas, se establecerá una red de protección debajo de los conductores, en toda la parte correspondiente á la travesía de las vías públicas, á no ser que el concesionario haya adoptado alguna disposición en virtud de la cual resulte inofensivo el conductor en caso de rotura.

5.º Cuando pase por sitios habitados, si los conductores tienen su apoyo en las casas ribereñas, deben estar colocados á un metro lo menos de las fachadas, á 0,50 metros por encima de las ventanas más elevadas, y, en todo caso, fuera del alcance de los habitantes. Si pasan por encima de un tejado, deben estar á una distancia de 2,50 metros por lo menos.

Art. V. El conjunto de conductores aéreos de la instalación

deberá establecerse de manera que presente un aislamiento kilométrico mínimo de 5 megohmios si se trata de instalaciones de alta tensión, y de un megohmio si las instalaciones son de baja tensión.

Artículo XVII. Todos los puntos accesibles de los transformadores deberán unirse cuidadosamente con la tierra. El aislamiento entre cada uno de sus circuitos, así como el aislamiento entre el primario y la tierra, no deberá nunca ser inferior á 100 megohmios, medido en frío, á 15° próximamente, y de 10 megohmios, medido en caliente, á unos 70°.

Tales son las principales reglas de prudencia que la administración impone; están sabiamente establecidas y formuladas con toda la claridad posible; pero es preciso, sin embargo, reconocer que algunas de ellas admiten diversas interpretaciones. Tomemos, por ejemplo, el art. III; su segundo párrafo exige que la materia aisladora tenga un espesor de 2 milímetros lo menos (1) y no prescribe nada relativo á la resistencia de aislamiento que debe procurar. ¿No hubiera sido preferible el no ocuparse de su espesor y especificar, por el contrario, los aislamientos relativos ó absolutos? Nosotros lo creemos así; la práctica ha hecho ver en todas partes esta inconsecuencia, atendiendo á que se ha creado un aislador llamado *ministerial*, muy defectuoso, que cuelga deshilachado alrededor de los hilos, al cabo de algunos años de estar expuesto á la intemperie; pero que es reglamentario, puesto que tiene los dos milímetros de espesor exigidos.

(Concluirá.)

AIMÉ WITZ.

(De la *Revue des Questions Scientifiques*.)

MINISTERIO DE AGRICULTURA, INDUSTRIA, COMERCIO Y OBRAS PÚBLICAS

REAL ORDEN

Ilmo. Sr.: Remitido á informe del Consejo de Estado en pleno el expediente incoado para construir la estación definitiva de Cádiz, á que la Compañía de los ferrocarriles Andaluces concesionaria de la línea de Puerto Real á Cádiz viene obligada, dicho alto Cuerpo consultivo ha emitido el siguiente dictamen:

«Excmo. Sr.: En cumplimiento de Real orden comunicada por el Ministerio del digno cargo de V. E., este Consejo en pleno ha examinado el expediente relativo á la construcción de la estación definitiva de Cádiz, perteneciente al ferrocarril de Puerto Real á aquella capital.

Resulta de los antecedentes, que después de multitud de trámites; órdenes distintas comunicando á la Compañía para que presentase el proyecto de estación definitiva; proyectos diferentes presentados por la misma desde Abril de 1860, retirados unos, mandados modificar otros; Comisiones mixtas de Ingenieros nombrados por los Ministerios de Guerra y Fomento; Reales órdenes, etc., etc.; fué, por fin, después de un larguísimo expediente, presentado al Ministerio de Fomento por D. L. Villar, Consejero de la Compañía de ferrocarriles Andaluces, concesionario del ferrocarril de Puerto Real á Cádiz, con fecha 23 de Mayo de 1890 (según se dice en el extracto de antecedentes formado por la Dirección general respectiva), un anteproyecto para la construcción de la estación definitiva de Cádiz, como resultado, dice, de las entrevistas celebradas por la Compañía con el Gobierno. El mismo expresa que en la Memoria del anteproyecto se demuestra el deseo de la Compañía de armonizar los intereses de todos, incluso el del ramo de Guerra, y los fundamentos que han servido de base para proyectar esta nueva construcción, y agrega que, si

la solución propuesta llegara á merecer la aprobación de los Ministerios de Fomento y Guerra, presentará la Compañía un proyecto definitivo y detallado; rogando, por último, se diera al asunto preferente atención y que se comunicase el resultado.

El Ministro de Fomento, como primer trámite, acordó pasarlo al de Guerra, á fin de que éste se sirviera manifestar lo que estimara oportuno con relación á los intereses que representa aquel departamento ministerial.

Este Ministerio, por Real orden de fecha 18 de Septiembre de 1890, aprobó dicho estudio, disponiendo al mismo tiempo que el proyecto que se formase para solicitar la concesión definitiva del permiso debía estar conforme con el expresado anteproyecto y satisfacer además las cuatro condiciones que en ella se determinaban.

Después de pasado el anteproyecto á informe de la División de ferrocarriles de Sevilla y de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, el Ministerio de su digno cargo, de acuerdo con lo informado por el Ministerio de la Guerra y de conformidad con el dictamen de la referida Junta Consultiva, dictó la Real orden de fecha 24 de Marzo de 1891, cuyas conclusiones son las siguientes:

1.^a Se aprueba el indicado anteproyecto de la disposición general de la estación definitiva de Cádiz y edificio de viajeros, propuesto por la Compañía, y con arreglo á él se procederá á formalizar, en el más breve plazo posible, el proyecto definitivo y completo de la estación que deberá contener todas las instalaciones que el servicio exige.

2.^a En la formalización de este proyecto se tendrán presentes las prescripciones de la Real orden de 18 de Septiembre anterior emanada del Departamento de la Guerra, muy especialmente la 1.^a y 2.^a, y se cuidará de poner de manifiesto y con todo detalle el modo como han de quedar completamente satisfechas.

3.^a Se estudiará el medio de establecer uno ó dos andenes entre las vías que han de prestar servicio de viajeros, en todo el espacio cubierto del edificio, y se procurará destinar una habitación convenientemente situada al servicio de restaurant que se considere necesario en la estación de Cádiz.

Presentada por la Compañía la Memoria relativa al proyecto de estación definitiva de Cádiz, y una vez informada por la División de ferrocarriles de Sevilla, se pasó por la Dirección general de Obras públicas á informe de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, siendo, por fin, después de acordarse en el mismo ligeras reformas, aprobado, de conformidad con el dictamen de la Junta expresada, por Real orden de 11 de Junio de 1894.

En 2 de Enero de 1895, el Ingeniero Jefe de la División de ferrocarriles de Sevilla transcribió á la Dirección general una comunicación que el Comandante de Ingenieros de la plaza de Cádiz le había dirigido, y en la que le manifestaba «que no habiendo sido aún examinado por Guerra el proyecto de estación definitiva de Cádiz, de cuyos documentos sólo conocía dicha Comandancia el plano de situación y planta, por lo cual no había emitido su informe respecto al alzado y demás circunstancias del edificio, y teniendo presente lo dispuesto por Real orden de 14 de Noviembre de 1894, que prohíbe la realización de toda obra, cualquiera que sea su clase é importancia, que no haya intervenido en su concesión el ramo de Guerra, estimaba que debía prohibirse la ejecución de los trabajos hasta que por el Ministerio correspondiente se expidiera la Real orden de aprobación». El Gobernador militar de Cádiz añadía que debía enviarse el proyecto á la aprobación del ramo de Guerra, circunstancia precisa para que las obras pudieran llevarse á cabo, puesto que no bastaba la Real orden del Ministerio de Fomento para ello.

En 15 de Marzo de 1895 se remitió por la Dirección general de Obras públicas al Ministerio de la Guerra el proyecto aprobado para la estación definitiva de Cádiz, y copia de lo que el Ingeniero Jefe manifestó en 2 de Enero anterior.

El Ministerio de la Guerra, por Real orden de fecha de 26 de Marzo de 1896, se sirvió aprobar el referido proyecto de estación

(1) La regla del *Board of Trade* es la misma: «Cada conductor aéreo de alta tensión debe estar totalmente revestido por un aislador duradero y eficaz, con un espesor, por lo menos, de un décimo de pulgada».