

también al nivel del suelo, hubieron de discurrir una disposición especial para establecer la comunicación eléctrica de las máquinas. Esta disposición consiste en un contacto móvil, en un carretón que rueda por un conductor aéreo sostenido en postes, como los hilos telegráficos, y que sirviendo á la ida para la transmisión de la corriente, los rieles debían servir de hilo de vuelta.

Tal es también, poco más ó menos, la disposición adoptada para la tranvía eléctrica que los visitantes de la Exposición de Electricidad vieron funcionar en 1881 entre la plaza de la Concordia y la entrada oriental del Palacio de la Industria, sólo que, no pudiendo servir los rieles de conductores de regreso, á causa de la imposibilidad de aislarlos del suelo, hubo necesidad de establecer para la comunicación eléctrica dos conductores aéreos y dos contactos móviles. Estos conductores eran tubos de latón, fijos por una y otra parte en listones de madera sostenidos á lo largo de los postes por cables análogos á los de los puentes colgantes. Por el interior de los tubos corría una especie de lanzadera de latón, de la que bajaban dos varillas verticales por las cuales se deslizaba un travesaño con una ruedecita maciza, la cual se apoyaba en los tubos por la parte superior de su circunferencia. Merced á una ranura longitudinal, este sistema de contacto podía correr á lo largo de los conductores. De cada contacto partía un hilo aislado que se enlazaba con el polo de la máquina motora, la cual estaba colocada, como en el vagón de Lichterfelde, entre las ruedas del vehículo, á las cuales comunicaba su movimiento de rotación por medio de una cadena de Galle.

La longitud del trayecto era de unos 500 metros, que el carruaje locomóvil recorría en 2 minutos por término medio, ó sea con una velocidad de 15 kilómetros por hora, aunque hubiera podido andar cuatro veces más de prisa. Completamente cargado con sus 50 viajeros, pesaba unos 9,000 kilogramos. La vía tenía dos curvas, una de 55 y otra de 30 metros de radio, y en cierta parte de su trayecto una rampa de 2 centímetros por metro. El trabajo desarrollado por la máquina era, por término medio, de 3,5 caballos de vapor; en las curvas llegaba á 7,5 y en la rampa á 8,5. De aquí resultaba la necesidad de un regulador de velocidad, con cuyo objeto el conductor tenía á su disposición la manivela de un reostato, con la cual introducía en el circuito las resistencias convenientes. Del propio medio se valía un poco antes del momento en que quería detener el carruaje, rompiendo al efecto el circuito.

Según los experimentos de que acabamos de dar cuenta, parece que puede entrar en el terreno de la práctica la tracción de los tranvías por la electricidad. Por supuesto, que al decir esto no nos referimos al lado económico del asunto. Es indudable que este sistema de propulsión será muy ventajoso en las grandes ciudades, y sobre todo en aquellas en que sea fácil establecer vías aéreas. Suprimiéndose con la sustitución de las locomotoras de vapor por una máquina fija el fuego y el combustible, y por consiguiente el vapor, el humo y las chispas de carbón, se suprimirán á la vez todos los inconvenientes que han impedido hasta aquí la circulación de las locomotoras ordinarias por el interior de las ciudades, ventajas que serían mucho mayores de poderse adoptar la tracción eléctrica en los caminos de hierro subterráneos, en cuyo caso particular la fuerza del generador podría producir además la luz indispensable para el alumbrado de los grandes túneles.

Los señores Siemens han propuesto la aplicación de su sistema al transporte de pliegos y paquetes postales. Pero desde el mes de agosto de 1879 había tenido M. Carlos Bontemps la misma idea, y entonces se hicieron pruebas con un pequeño ferrocarril eléctrico postal en el patio de la Dirección de Telégrafos, bajo la de M. Deprez; la lo-

comotora eléctrica que este físico había mandado construir con tal objeto debía circular por las cloacas parisienses. Se ha abandonado este proyecto de *estación eléctrica*, pero merecería que se volvieran á ocupar de él. La locomotora eléctrica de M. Deprez figuraba en la Exposición lo propio que el pequeño tren postal de los señores Siemens, el cual se componía de una máquina motora Siemens montada en un carretón de cuatro ruedas. La corriente le llegaba por los rieles y por éstas, y su movimiento arrastraba el de las cajas metálicas montadas también sobre ruedas, y que contenían los despachos. Los cálculos de M. Deprez prueban que bastaría una fuerza de 12 caballos para el transporte de despachos en toda la red subterránea de París; este mismo trabajo, hecho en la actualidad por medio de tubos neumáticos, necesita una de 120 caballos.

## IV

## APLICACIONES DE LA TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE LA FUERZA EN LAS MINAS

Se ha hecho también uso de las máquinas eléctricas en la explotación de las minas para la extracción de minerales metálicos ó de carbón de piedra. Citaremos como ejemplo de esta aplicación de la transmisión de la fuerza por la electricidad la instalación hecha en las minas de la Péronnière por los ingenieros Charoussat y Bague. Tratábase de hacer funcionar una cabria situada á 555 metros de profundidad en la mina al principio de una bajada, de modo que se pudieran llevar las banastas de hulla extraídas cuarenta metros más abajo hasta el nivel de acarreo de uno de los pozos de extracción. Una máquina de vapor horizontal, sistema Méyer, que se instaló fuera de otro pozo, situado á 1,200 metros de la cabria, pone en movimiento dos máquinas Gramme por medio de dos poleas que obran á frotamiento sobre dos ruedas macizas de papel comprimido de que está provisto en sus extremos el eje de cada máquina. La velocidad de rotación de dos generadoras es de 1,300 vueltas por minuto. Otras dos máquinas Gramme, instaladas dentro de la mina junto á la cabria, reciben la corriente engendrada por las primeras por medio de dos cables que reunen para cada par los polos de nombres contrarios de la máquina generadora y de la máquina motora. Cada uno de estos conductores está formado de 16 alambres de cobre enteramente puro de un milímetro de diámetro. Las máquinas motoras giran con una velocidad que varía entre los 0,6 y los 0,9 de la de las generadoras. En estas condiciones, la cabria puede subir hasta cuatro banastas de 400 kilogramos en 160 segundos, efectuando así un trabajo útil de 400 kilográmetros por segundo, puesto que la altura es de 40 metros. Como la máquina de vapor desarrolla un trabajo de 1,430 kilográmetros, el rendimiento práctico es de un poco más de 26 por 100. Pero si se considera el rendimiento eléctrico de las máquinas Gramme motoras comparadas con las máquinas generadoras, el rendimiento llega á 61 por 100.

Los ingenieros que han hecho esta instalación resumen en estos términos las conclusiones que resultan de las observaciones hechas durante los seis primeros meses: "Creemos que la electricidad empleada para transmitir la fuerza en las minas podrá reemplazar ventajosamente, desde el punto de vista del rendimiento, el coste de instalación, y sobre todo del entretenimiento, el aire comprimido y la tracción mecánica, principalmente en los casos siguientes:

- „1.º Cuando en la mina no haya demasiado *grisú*;
- „2.º Cuando la distancia entre el manantial de electricidad y el receptor sea larga;

„3.º Cuando las galerías en que se han de poner los órganos de transmisión, como cables, tubos ó cadenas, sean sinuosas, y sobre todo, cuando no se disponga para instalar la transmisión sino de una serie de galerías y falsos pozos enlazados en ángulo recto.,,

Podríamos multiplicar los ejemplos de esta nueva aplicación de los poderosos generadores eléctricos transformados en motores, aplicación que ha sido posible merced á la intervención de las máquinas de Gramme de corrientes continuas. Para esto bastarían recordar cuanto han podido admirar los visitantes del Palacio de la Industria durante la magnífica Exposición de Electricidad. Allí trabajaba sin descanso una multitud de máquinas y artefactos de toda clase, tornos, máquinas de cepillar madera, de tejer, de bordar, de coser, etc., movidas por una fuerza invisible. Mas acerca de este punto deberíamos ocuparnos de otra cuestión que se relaciona con la de la transmisión de la fuerza y de la cual trataremos cuando hayamos descrito los numerosos aparatos del alumbrado eléctrico; nos referimos á la distribución de la electricidad. Añadamos, sin embargo, desde luego que algunos experimentos recientes, hechos en Baviera en la línea de Munich á Miesbach, han confirmado los cálculos de M. Marcelo Deprez. Se ha efectuado con una pérdida de menos de 40 por 100 la transmisión de la fuerza entre dos máquinas Gramme idénticas, enlazadas con un hilo conductor de hierro galvanizado de 4,5 milímetros de diámetro. La distancia entre ambas estaciones es de 57 kilómetros.

## CAPÍTULO XII

### LA LUZ ELÉCTRICA

#### I

##### REGULADORES DE LAS LÁMPARAS FOTO-ELÉCTRICAS

La luz eléctrica, esa luz que brota entre los dos conos de carbón en que terminan los reóforos de una pila poderosa ó de una gran máquina de inducción, es, después de la del sol, la más deslumbradora de cuantas ha acertado á producir artificialmente el ingenio humano. Por esto se la ha utilizado en un gran número de aplicaciones científicas, industriales y militares, y hoy empieza ya á servir para el alumbrado público de las plazas y calles de las grandes ciudades, para los trabajos que no conviene interrumpir de noche, para las construcciones submarinas, las obras de las galerías de minas, los reconocimientos militares nocturnos, la marina, los faros, para los efectos del decorado en las funciones teatrales, y en fin, para los establecimientos públicos y casas particulares. En la mayoría de estos diferentes casos, el mejor éxito ha coronado las tentativas hechas, aunque no sin necesitar estudios especiales y la solución de dificultades particulares.

La producción del arco voltaico no es el único medio encontrado para obtener una luz bastante intensa á fin de emplearla en el alumbrado. Cuando se interpone en el circuito de una corriente alguna substancia de conductibilidad relativa bastante débil ó que ofrezca gran resistencia, como una barrita de carbón, un alambre de metal poco

fusible, como platino ó iridio, resulta una elevación de temperatura que pone á la substancia en cuestión en estado incandescente y puede mantenerla en él bastante tiempo para que se pueda aprovechar en el alumbrado la luz que procede de ella. Hanse originado de aquí dos clases de aparatos para el alumbrado eléctrico: los que utilizan el arco voltaico, y los que se valen de la luz producida por incandescencia. Empezaremos por la descripción de los aparatos de la primera clase, que son también los más antiguos.

Una de las principales dificultades del empleo del *arco voltaico* está en su discontinuidad. Sábese en efecto que cuando brota el haz luminoso entre los dos conos de carbón, la corriente transporta de uno á otro partículas de materia sumamente tenues; uno de los carbones parece crecer á costa del otro; pero en definitiva, la distancia entre ambas puntas va aumentando á causa de la combustión, y á medida que se embotan, la corriente se debilita, la intensidad de la luz decrece, y al cabo de cierto tiempo acaba por extinguirse. En caso de que la corriente empleada sea la de una pila voltaica ó de una máquina generatriz de corrientes continuas, es decir, que conserve constantemente el mismo sentido, el desgaste de los conos de carbón está en la proporción de 1 á 2, siendo el carbón positivo el que se desgasta más pronto. Si la máquina empleada es una de inducción, en que la corriente cambia de sentido á cada revolución, cada carbón resulta ser alternativamente positivo y negativo, siendo igual en ambos el desgaste. De todos modos, se comprende la necesidad de mantener las puntas de los dos conos á constante distancia, si se ha de conseguir un foco de luz continua. Esto se ha logrado mediante los aparatos llamados *reguladores*.

El principio de los reguladores de la luz eléctrica es la corriente misma; la fuerza eléctrica es precisamente la encargada de acercar los carbones, de mantenerlos á distancia conveniente. Para ello se hace pasar la corriente por las espiras de la bobina de un electro-imán y una armadura de hierro dulce se pone en contacto con sus polos cuando la corriente es de suficiente intensidad, es decir, mientras las puntas de los carbones están bastante próximas para producir un arco luminoso intenso. En este caso, la armadura está en relación con un mecanismo motor, con un aparato de relojería engranado á ella, aparato que no funciona, ó mejor dicho, que no puede acercar las varillas que llevan los dos conos de carbón, los cuales se desgastan poco á poco, su separación aumenta, crece la resistencia al paso de la corriente y la intensidad de ésta disminuye. Un muelle antagonista, que mantiene la armadura, acaba por prevalecer sobre la atracción del electro-imán; el contacto cesa y el movimiento de la armadura hace que el aparato de relojería se ponga en marcha, funcionando de modo que acerca entre sí los dos conos en la medida conveniente. Entonces la corriente recobra poco á poco su intensidad, síguese un nuevo contacto de la armadura, parálizase el movimiento, y de esta suerte continúa moviéndose y deteniéndose éste indefinidamente.

Comprendido ya el principio en que están basados los reguladores—cuya primera idea y realización debemos á Foucault,—se comprenderá también sin dificultad el mecanismo y el modo de funcionar más usados de estos aparatos.

Describamos desde luego el *regulador Duboscq*, discurrido para utilizar las corrientes continuas suministradas por las pilas.

La figura 440 representa este regulador.

*c* y *c'* son las dos barritas de carbón entre cuyas puntas brota el arco luminoso. La corriente que da lugar á la producción de la luz parte del polo positivo de la pila, entra por el tornillo *R*, recorre el hilo *g*, la bobina del electro-imán *BB*, la varilla *T*, pasa