

4420

Á LA SOCIEDAD
ECONÓMICA MATRITENSE
DE AMIGOS DEL PAIS

legítima representante
de los intereses morales y materiales del país

DEDICA LA
BIBLIOTECA ENCICLOPÉDICA POPULAR ILUSTRADA

El Socio
GREGORIO ESTRADA

1912
4557

7

C

nu

d

d

d

d

d

d

d

d

Sec
Man

d

d

d

d

d

Man

d

d

d

d

CATÁLOGO DE OBRAS PUBLICAS

Seccion 1.^a—Artes y Oficios.

- Manual de Metalúrgia, dos tomos, con grabados, por D. Luis Barinaga, Ingeniero de Minas.
- del Fundidor de metales, un tomo, con grabados, por D. Ernesto Bergue, Ingeniero.
- del Albañil, un tomo, con grabados, por D. Ricardo Marcos y Bausá, Arquitecto (declarado de utilidad).
- de Música, un tomo, por D. M. Blazquez de Villacampa.
- de Industrias químicas inorgánicas, dos tomos, con grabados, por D. F. Balaguer y Primo, Ingeniero Industrial, Químico y Mecánico.
- del Conductor de máquinas tipográficas, dos tomos, con grabados, por M. L. Monet.
- de Galvanoplastia y Estereotipia, con grabados, por el mismo autor.
- de Litografía, un tomo, con grabados, por D. Justo Zapater y Jareño y D. José García Alcaráz, Grabadores.
- de Cerámica, tomo I, con grabados, por D. Manuel Piñon, Director de la fabrica de mosaicos "La Alcuadiana "

Seccion 2.^a—Agricultura, Cultivo y Ganadería.

- Manual de Cultivos Agrícolas, por D. Eugenio Plá y Rave, Ingeniero de Montes (declarado de texto).
- de Cultivos de árboles frutales y de adorno, un tomo, por el mismo autor.
- de Cultivo de árboles forestales, un tomo, por el mismo autor.
- de Sericicultura, un tomo, con grabados, por don José Galante.
- de Aguas y Riegos, un tomo, por D. Rafael Laguna.
- de Agronomía, un tomo, por D. Luis Alvarez Alvístar.

Seccion 3.^a—Conocimientos útiles.

- Manual de Fisica popular, un tomo, con grabados, por D. Gumersindo Vicuña, Ingeniero Industrial y Catedrático.
- de Astronomía popular, un tomo, con grabados, por D. Alberto Bosch, Ingeniero.
- de Derecho Administrativo popular, un tomo, por D. Francisco Cañamaque.
- de Química orgánica, un tomo, con grabados, por D. Gabriel de la Puerta, Catedrático (declarado de utilidad).
- de Mecánica popular, un tomo con grabados, por

- D. Tomás Ariño, Catedrático (declarado de utilidad).
Manual de Extradiciones, un tomo, por D. Rafael García Santistéban.
 — de **Mineralogía**, un tomo, con grabados, por D. Juan José Muñoz.
 — de **Electricidad popular**, un tomo, con grabados, por D. José Casas.

Sección 4.^a—Historia.

- Guadalete y Coyadonga**, un tomo, por D. Eusebio Martínez de Velasco.
Leon y Castilla (*Páginas de la historia patria*), un tomo, por el mismo.

Sección 5.^a—Religion.

- Año cristiano**, novísima versión de la obra del P. Juan Croisset, con el *Santoral Español*. Meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo, por D. A. Bravo y Tudela. (Con la licencia Eclesiástica).

Sección 6.^a—Recreativa.

- Las Frases célebres**, un tomo, por D. Felipe Picatoste.
Novisimoromancero español (inédito), tres tomos.
El Libro de la familia, un tomo, por D. Teodoro Guerrero.
Romancero de Zamora, un tomo, formado por D. Cesáreo Fernandez Duro.

OBRAS EN PRENSA.

- Manual del Vidriero, Plomero y Hojalatero**, por D. Manuel Gonzalez y Martí, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
 — de **Geología**, aplicada á la Agricultura y á las Artes industriales, con grabs., por D. Juan J. Muñoz.
 — de **Entomología**, tomo I, con grabados, por don Javier Hoceja y Rosillo, Ingeniero de Montes.
Los Ferro-carriles, tomo I por el Excmo. Sr. D. Eusebio Pago, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Año cristiano, meses de Junio y Julio.
Las Pequeñas industrias, tomo I, por D. Gabriel Gironi, Ingeniero industrial.

A los suscritores que lo son á las seis secciones de la BIBLIOTECA les sirve *gratis* la empresa la preciosa y utilísima *Revista Popular de Conocimientos Utiles* única de su género que se publica en España.

CAPÍTULO PRELIMINAR

La contemplacion de los grandes fenómenos que nos ofrece el mundo exterior de la materia ha sugerido á la humanidad, en la larga sucesion de las generaciones, impulsos muy contrapuestos. En la antigüedad, por ejemplo, todas esas múltiples y variadas maneras que de manifestarse tiene esa fuerza invisible que reside en los senos de la naturaleza, solian ser objeto de estéril admiracion cuando no de terror y asombro; fuentes de poética inspiracion á las veces, é instrumentos inconscientes de poder político ó sacerdotal otras; mas nunca, ó en muy escasas ocasiones, motivo de exámen racional por el que se pudiera averiguar la causa verdadera, la ley natural que á la generacion de tales fenómenos presidiera. Parcial y muy superficialmente conocidos, tosca, fantástica ó maliciosamente interpretados, las generacio-

nes recibían los beneficios ó experimentaban los azotes que de ellos provenían, sin que por virtud de esa propensión propia de la antigüedad á crear una naturaleza convencional, en la que los engendros de la imaginación suplían las causas misteriosas que la razón fría no buscaba, pudieran nunca remontarse á la sublime armonía de las leyes que en el fondo de tanta magnificencia natural se encubre, ni con ellas sustituir el universo real lleno de luz, de grandiosidad y belleza, al universo imaginario, artificioso y en parte sombrío que de la mente de los poetas había salido.

La sencilla verdad en aquellas remotas edades no se hubiera concebido sin vestir el ropaje de la ficción poética ó sin expresarla en ese conceptualismo sensual y mitológico que poblaba de imágenes rientes la fantasía, pero que ni fortificaba la razón ni nutría la inteligencia: concebíase á la naturaleza por lo comun bajo formas humanas y un pintoresco y animado simbolismo cuya más alta representación eran las deidades del Olimpo, sometía al cetro veleidoso de éstas el régimen de fenómenos cuya caprichosa irregu-

laridad, objeto de temor ó maravilla, en su mismo desconocimiento consistía.

Muy distinto es el concepto que del mundo de la materia se ha ido formando la humanidad desde que se fió al sólo esfuerzo de la razón el cuidado de estudiarla. Desde entónces han ido cayendo una á una, bajo la piqueta incansable de la ciencia, las piedras de ese vetusto torreón erigido con los errores de muchas generaciones. Aquel vano bien que ingenioso y bello simbolismo con que se reemplazaba los sólidos fundamentos de la filosofía natural, vino á convertirse en vasto arsenal de imágenes que la misma sentida y libre poesía de nuestros tiempos desdeña; hoy las manifestaciones de la naturaleza tampoco se nos podrían representar como decretos implacables de una iracunda voluntad ó como pródigos agasajos de una providencia caprichosa: sus grandes, sus severas é inmutables leyes en parte hánle sido á la ciencia reveladas, y ya no es preciso excitar el sentimiento con las fútiles concepciones de una fantasía exuberante, para que el hombre conciba, á medida que su conocimiento se dilata y perfecciona, la suprema

intuición de un Creador de cuya escesitud y poder da testimonio la sublimidad de lo creado.

El conocimiento real, progresivo, incesante del universo, es hoy además fuente de verdadera inspiración, como lo fué en la antigüedad la concepción arbitraria de un mundo á semejanza del hombre imaginado, y como él sujeto á vuelos sublimes y á bajos estímulos terrenales. Pero hoy, ni la contemplación del universo es para el hombre estéril, ni de ella se derivan las torpes sugerencias con que se solía aherrojar la razón de la crédula, medrosa ignorancia. El hombre de nuestros días aprende en la contemplación y el estudio de la naturaleza á conocer la pequeñez de su poder, y halla en la comparación con el pasado el secreto de su inteligencia perfectible; así que por los bienes adquiridos, por las perfecciones ya alcanzadas, por los secretos que ha logrado descifrar en ese gran libro del universo sin cesar abierto ante sus ojos, concibe los beneficios á que podrá aspirar, y lucha, investiga y se perfecciona, siendo para su inteligente actividad fuerte aguijón que le impulsa á la

adquisición de nuevos perfeccionamientos y progresos, el incentivo de las conquistas sobre la materia realizadas.

Así ha llegado á ser tan vasto y admirable el cuadro de los conocimientos que nuestra generación se encuentra atesorados: así ha podido el hombre ver extendido su poder y acrecentados los medios de su bienestar hasta un límite que, hace un siglo tan sólo, hubiérase conceptuado inasequible. Hoy, en efecto, las aplicaciones de la ciencia son innumerables y fecundas, y cada día es más fructuosa esa lucha eterna que á triunfar de la materia, que para la incesante elevación de su espíritu hácia la fuente suprema de todo poder y de la infinita sabiduría, tiene la perfectible humanidad empeñado.

De aquel cuadro, ni un mal bosquejo podemos dar; con esas aplicaciones á cada paso tropezamos en los usos ordinarios de la vida. Nuestro bienestar relativo, en gran parte á los progresos de las ciencias es debido, no siendo ciertamente la rama de estas que nos va á ocupar la que ha aportado un tributo ménos brillante en medios de acción.

poderosos y utilísimos á la sociedad de nuestros días.

¡LA ELECTRICIDAD!

El conocimiento, la posesion, digámoslo así, de este agente físico poderoso, casi data de ayer; su existencia, empero, es tan antigua como el mundo; porque la esencia de la electricidad, si así podemos expresarnos, reside en lo más recóndito de la naturaleza, co-existe, envuelve, baña los átomos invisibles de la materia; porque con ellos gira en evoluciones que en lo infinitamente pequeñas diríase remedan las evoluciones asombrosas de los cuerpos que flotan en la vastidad de los cielos, si es que acaso la electricidad no fuera el vehículo mismo en que tales evoluciones se operan bajo el impulso del soplo de Dios, por cuya voluntad tan inescrutables movimientos se originan.

En los más grandes como en los más sutiles fenómenos naturales, la acción directa, íntima de la electricidad, es manifiesta. El sayo que aborta la nube, y que á manera de rierpe de fuego se enrosca en el copudo tronco que señorea la selva y le abate; la luz cárdena que en noche tormentosa surge del

alto mástil de la combatida nave; el fuego celeste que hiere y quebranta la flecha enhiesta de nuestras soberbias construcciones; el súbito estremecimiento ó la titilacion suave y placentera que en ocasiones recorre nuestro sér, cual si sus cuerdas sutilísimas, con arreglo á la gama de las pasiones, entráran en rápida ó lentísima vibracion, manifestaciones son de ese flúido, de ese agente que reside en las más ocultas entrañas de la materia, enérgicas ó dulces explosiones de la electricidad; en la que aquellos fenómenos hallan su oculta razon y origen, y que, por presidir á las más misteriosas é importantes funciones de la naturaleza, digérase que es el espíritu vital por el que se perpetúa el universo.

La humanidad ha permanecido muchos siglos sufriendo la tiranía de ese oculto poder, ni presentido, á la sazón, ni conocido; mas ya se ha desgarrado una punta del velo en que el misterio se encubria; hoy el hombre busca dentro de sí, tiende á lo alto sus miradas ó penetra con la vivísima antorcha del cálculo y la razon en los arcanos del mundo molecular, y halla do quier vestigios

de la universalidad de aquel flúido: mas ya no se contenta con reconocerlo solamente, sino que, arrancándole el cetro de un poder á las veces destructor, lo provoca á voluntad, lo sojuzga y utiliza, sirviéndose de las ventajas que ofrece como medio inestimable y poderoso de exploracion para avanzar á la conquista de más recónditas verdades.

Así el rayo, mensajero pavoroso un tiempo de la airada divinidad, sigue hoy sumiso el camino que la mano de débil mortal le traza, y corre á abismarse en los senos de la tierra, en donde su electricidad se confunde con la que en ellos perdurablemente late. No era bastante, empero, dominar el rayo, y ya el rayo se produce. La chispa lanzada por humano artificio, en efecto, es la imágen del fuego celeste. Este destruye, aniquila y descompone cuanto toca; así tambien la chispa se conduce respecto de las materias en el seno de las cuales se produce; á bien que la chispa más útil que el rayo cuando la inteligencia de su evocador la guía, ya no es arma ciega de destruccion tan solamente, sino que, ademas, combina y reconstituye las materias disgregadas, devolviendo ai

cuerpo, entre cuyos elementales componentes estalla, su forma complexa, su sér pristino.

Pero el imperio del hombre se dilata sobre la naturaleza á cada nuevo descubrimiento que en su afan insaciable de progreso obtiene. La chispa, llama fugaz de escaso ó ningun valor como medio luminoso, fué el destello precursor de ese radiante sol que brilla en el zénit de nuestras grandes ciudades, cuando por la diurna rotacion queda extinguida la luz del astro rey que inundára el firmamento.

Y no es este ciertamente el único ni el más bello atributo del agente físico de que nos ocupamos, porque la electricidad en sus múltiples y trascendentales aplicaciones constituye, á no dudar, el descubrimiento más grandioso de cuantos ha podido realizar la humana inteligencia.

No cabe encerrar en breves líneas un paralelo entre sus beneficios, y los beneficios que de los demas adelantos la humanidad ha reportado; mas sí es cierto que el hombre, valiéndose de los instrumentos que le ha procurado su saber y de las luces que le ha

sugerido su sublime inteligencia, ha hundido la mirada en los infinitos espacios planetarios y ha fijado las leyes que presiden á las evoluciones de los cuerpos que en el éter flotan; si le es tambien que ha condensado el vapor acuoso en una caldera y por él ha surcado los mares y ha recorrido la tierra con vertiginosa rapidez y segura planta. ¿no parece asimismo que haya arrancado, merced á la electricidad, uno de esos inmensos focos de luz de que está tachonada la bóveda celeste, y le ha implantado en nuestra morada sideral para que ahuyente las tinieblas que la envuelven á cada una de sus revoluciones planetarias? ¿No le ha servido la electricidad para trasportar su pensamiento, los mandatos de su voluntad, más áun, los acentos de su voz, al traves del espacio, borrando el tiempo y las distancias? ¿No ha aprendido á avivar, con auxilio de la electricidad, las más importantes funciones de nuestro enervado organismo? No ha llegado á tener en ella un agente terapéutico eficaz, y no ha llegado, por fin, á hacerle concebir, tras de aterradores experimentos de galvanizacion en cadáveres humanos, la es-

peranza temeraria de una posible resurrección?

Pues si tantos bienes y tan distintos proclaman los incomparables beneficios de un agente cuya directa utilización es para el hombre el poderoso arsenal de que extrae á voluntad calor, luz, fuerza aislada ó conjuntamente; con el cual ha agrandado inmensurablemente la esfera de su actividad y los dominios que sobre la ruda materia ejercia; si en él legítimamente funda la esperanza de un bello porvenir en el que dilatados los límites de su poder y mejoradas las condiciones de su bienestar han de serle asequibles conquistas, cuya realización parecería hoy quimérica si por acaso fuera soñada, ¿qué mucho que sea la electricidad objeto de tantos desvelos, acicate de tantas esperanzas, camino apenas desbrozado, en cuyo término columbra el filósofo verdades luminosas que le acerquen al ideal supremo de la sabiduría?

Tal es la razón de haber llegado á ser en nuestros días la electricidad uno de los estudios más predilectos, y de que, en fuerza de ellos, haya adquirido esta ciencia tales

medros que exija una atención muy preferente y especial su conocimiento fructuoso. No habremos de penetrar nosotros en nuestro humilde *Manual* en el misterioso santuario que encierra sus grandes teorías, y el tesoro de especulaciones y experimentos trascendentalísimos que amontona día tras día la actividad infatigable de los sabios; ni esta podría ser en ningún caso nuestra misión. Esta es, por el contrario, muy sencilla, mucho más modesta y asequible. Consiste en delinear un cuadro reducido, en el cual tengan cabida los conocimientos elementales en que descansa el estudio de una ciencia bella cuanto difícilísima, y los perfiles más visibles de las aplicaciones maravillosas á que la investigación industrial y práctica de la misma ha dado lugar. Escribimos para los indoctos; y si en esta tarea logramos iniciar á algunos desheredados de la ciencia en los secretos más elementales de ella, y esta iniciación les sirve de estímulo para acometer un estudio más perfecto y general de las materias que tan ligeramente en este *Manual* esbozamos, daremos por bien logrados nuestros deseos.

MANUAL

DE

ELECTRICIDAD POPULAR

CAPITULO PRIMERO.

I.

MAGNETISMO.

El reino mineral ofrece una sustancia que por una aptitud muy singular de que está dotada, mereció que la antigüedad la considerára como formando parte de aquellos productos de la naturaleza á quienes suponía dotados de alma y vida. Nos referimos al *iman*.

Es residencia el *óxido de hierro magnético*, con cuyo nombre se designa entre los químicos el imán, de esa fuerza singularísima llamada *electricidad* que nos proponemos dar á conocer. Son sus moléculas asiento perdurable de la secreta vibración que á determinar aquella energía concurre, y los movimientos unas veces atractivos, otras repulsivos respecto de otras materias, por los cuales es el conocimiento del imán tan popular y hasta legendario, van á ser los que trataremos de explicar ántes de

emprender la exposicion de los fenómenos propiamente eléctricos que constituyen nuestro principal objeto.

La separacion que esto supone entre los fenómenos *magnéticos*, que así se llaman los en que entra como agente el iman, y los eléctricos, en realidad no existe. La identidad de efectos que entre e *magnetismo* y la *electricidad* se observa, ha hecho desaparecer el concepto de una distincion que sólo subsiste y se respeta en la enseñanza como un simple método de coordinacion de fenómenos sólo en la apariencia de semejantes.

La atraccion, ya lo hemos dicho, es la propiedad característica de los imanes. Ejércenla respecto de todos los cuerpos en un grado variable, imperceptible á las veces, de intensidad, pero la muestran en grado superior en presencia de los metales, y de éstos singularmente el hierro. Son obstáculos para la libre manifestacion de ese poder la distancia y la temperatura; así un iman calentado al rojo pierde por completo su virtud atractiva. El acero frotado de una manera conveniente por el óxido de hierro magnético, adquiere las propiedades de éste y constituye un verdadero *iman artificial*, cuyos efectos en nada se diferencian de los del *iman natural*.

Citaremos un experimento elemental y sencillísimo por el que se reconoce el poder atractivo de que están dotados los imanes.

Este experimento es el siguiente:

Se introduce una barrita iman en un monton de limaduras de hierro, revolviéndola bien entre ellas. Al separar el iman se ve que lleva adheridas á sus extremidades dos á manera de penachos formados de partículas metálicas. El centro de la barrita no conserva adherencia alguna.

Este sencillo fenómeno viene á ser una manifestacion singularísima de la manera como ejercen su accion los imanes. Su poder magnético, en efecto, reside en los extremos, por lo que se observa que en ellos las limaduras se amontonan; no así el centro de cuyo contacto se sustraen con suma facilidad las escasas partículas que hayan quedado en él adheridas. Esta parte del iman, exenta de poder magnético, se llama *línea neutra*; y *polos* los puntos inmediatos á los extremos en que más potente se ha mostrado la fuerza de atraccion.

Veamos cómo puede explicarse el anterior fenómeno.

Si próximo á un iman colocamos una barrita cilíndrica de hierro, bajo la influencia del primero ejercerá ésta la propiedad atractiva que al iman es peculiar; es decir, que retendrá las

partículas metálicas dispuestas en penachos en sus extremos. Mientras entre el hierro y el iman la distancia primera subsista, la virtud magnética del hierro subsistirá tambien; mas si el iman se aleja, los penachos se descompondrán y la barrita acabará por perder completamente el poder que de su proximidad con el iman habia recibido. El hierro, pues, ha llegado á constituirse en iman artificial. Empero esta cualidad en él no es permanente, y se concibe que, así como él ha adquirido *polaridad* magnética, ó lo que es lo mismo, dos centros de atraccion, la adquieren tambien las partículas metálicas del experimento anterior, cada una de las cuales, por esta razon, se convierte en iman respecto de la más apartada, y juntas componen el todo compacto que en forma de penacho hemos citado.

Introduzcamos una variante en el experimento último, y veamos lo que resulta.

Sustituyamos á la barrita de hierro una de acero, inmediata asimismo al iman. Como en el caso anterior la influencia magnética se manifestará en el acero, pero en lugar de ser instantánea como allí es, este último experimentará la polaridad de una manera lenta y gradual. Las limaduras no se le adherirán, pues, hasta pasado algun rato. En cambio, en vez de perder el acero el poder de atraccion apenas el

iman se aleja, como con el hierro sucede, parecerá oponer una cierta resistencia á desprenderse de él, toda vez que la polaridad persiste buen rato despues de haber desaparecido la causa que la produjera. Esta resistencia que parece mostrar el acero á desprenderse del magnetismo que ha recibido, se llama *fuersa coercitiva*.

La diferente aptitud magnética que el hierro y el acero poseen, ha sido la causa de que se empleára con preferencia este segundo metal para preparar los imanes artificiales. Uno de los procedimientos que se emplean para verificar esta transformación, consiste en friccionar una barrita de acero por el procedimiento del contacto separado, segun se llama, para diferenciarlo de otros dos que creemos superabundante dar á conocer. Consiste este procedimiento en colocar en contacto con el promedio de la barrita que se quiera imantar los polos contrarios de dos imanes naturales, y pasear luego éstos un número igual de veces desde el centro hasta las extremidades del acero. Una piececita de hierro dulce colocada despues en contacto con ésta, refuerza ó conserva el poder magnético del iman artificial. La accion de la tierra y la electricidad son orígenes igualmente de imantacion.

Servirá de complemento á esta breve nocion

del magnetismo una ligera observacion acerca de la accion que entre sí ejercen los imanes.

Suspendamos horizontalmente del extremo de un hilo un iman. La actitud de reposo que invariablemente éste tomará, estará indicada por una línea norte-sur. De ahí la designacion de *polos* que han recibido las extremidades del iman. Fijemos el sentido de esta polaridad y aproximemos á esta barrita orientada otra que tenemos en la mano y que lo ha sido ya análogamente. Los hechos que resultarán de esta aproximacion, serán los siguientes: La extremidad que miraba al Norte del iman suspendido será repelida por la extremidad igual del iman que le acercamos; y en cambio la extremidad Sur que vendrá á ocupar el lugar de la primera será atraida por la Norte del iman que sostenemos. Procediendo de análoga, aunque inversa manera, con las extremidades Sur, observaremos igual fenómeno. Se desprende, pues, de este sencillo experimento un principio que es fundamental y que se enuncia de la siguiente manera:

Polos de igual nombre se repelen; polos de nombre contrario se atraen.

Digamos, empero, cuál es el nombre de esos polos aunque es fácil de adivinar; mas ántes procedamos á explicar, segun la teoría clásica,

el hecho del que la ley anterior se ha derivado.

Considérase á la tierra como un iman de inmensa extension, y su influencia magnética respecto de la aguja imantada ó iman, se manifiesta á la manera de lo que en Mecánica se llama un *par* de fuerzas; es decir, un sistema de dos fuerzas iguales que obran en opuesto sentido. Así la aguja ó el iman adquiere una posicion fija entre las fuerzas iguales que en opuesto sentido la solicitan.

Estas fuerzas pueden considerarse que residen en los polos magnéticos de la tierra, los cuales, por lo demas, son distintos de los terrestres; y esos polos, ejerciendo una repulsion ó una atraccion respecto de las extremidades de la barrita ó aguja imantada segun sea la posicion que tuvieren con relacion á aquéllos, imprimen á la aguja oscilaciones hasta que ha adquirido ésta la direccion norte-sur; es decir, la del meridiano magnético. Ahora bien, como polos de igual nombre se repelen, nada más lógico que llamar *polo austral* ó *polo sur* á la extremidad del iman que mira al Norte, y *polo boreal* ó *polo norte* á la extremidad que mira al Sur.

Fácil es, conocido este principio, determinar la polaridad de una aguja. Basta acercarla á otra ya imantada y orientada. Todo polo de la

primera, atraído por el austral de la segunda, será polo sur, y norte, por tanto, el opuesto de la misma.

El primer empleo y el más trascendental sin duda de cuantos al imán se han dado, data del siglo XII, y consiste en su aplicación como medio de orientación en el mar en ausencia del sol ó de la estrella polar, únicos guías de que se podía servir en su incierto derrotero el antiguo mareante. La *brújula marina*, instrumento importantísimo que responde á tan gran necesidad, consiste precisamente en una habilísima utilización del imán artificial. Con la brújula que señala de continuo al navegante la meridiana del punto en que su bajel se halla, es decir, la línea ideal que va de un polo magnético al otro polo, pasando empero por aquel punto, la dirección no sólo es posible, sino relativamente segura y fácil; pues partiendo de aquella base de apreciación, y fijando el rumbo que el buque ha de tomar, sobre la carta, se imprime á éste de continuo la conveniente inclinación respecto de la línea meridiana, con lo cual día tras día, hora tras hora, logra avanzarse con relativa seguridad en medio del inmenso camino líquido en el que no penetraba un tiempo sin incertidumbre y terror el nauta desprevenido.

En cuanto á la constitucion probable del iman, háse inducido ésta de algunos experimentos realizados en el siglo XVI por el famoso médico Gilbert, á quien por haber sometido á un exámen racional los fenómenos de la electricidad y el magnetismo, le ha declarado la posteridad padre de la ciencia eléctrica.

Citemos uno de esos experimentos, que es muy sencillo ciertamente.

Consiste en romper en varios trozos una aguja imantada y en reconocer despues magnéticamente los fragmentos resultantes. Del exámen resulta que las mitades contiguas de dos fragmentos consecutivos cualesquiera, poseen opuesta polaridad; de modo que de la division resultan tantos imanes cabales como partes han salido del iman total. Si éste se reconstituye agregando los fragmentos, se obtiene la aguja imantada sin alteracion alguna de su poder magnético. Es fácil comprender que en esta operacion inversa se produce una neutralizacion mútua de las opuestas polaridades.

De este experimento, pues, ha nacido la idea de que es el iman un haz de imanes diminutos, elementales, dispuestos en el iman total en filas paralelas y con los polos de igual nombre, dotados de uniforme inclinacion. Esta idea funda

mental, cuya comprobacion era difícil, la veremos conexionada con algun principio del electro-magnetismo que parece ser su elocuente confirmacion.

CAPITULO II.

ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

I. Electricidad de friccion.—Atracciones y repulsiones.—Péndulo eléctrico.—Leyes generales de la atraccion.—Electricidad *vitrea* y electricidad *resinosa*.—Teoría moderna.

Elejimos el iman como estudio preliminar de nuestro trabajo, porque él nos revela de una manera clara, bien que abstracta, una de las manifestaciones más comunes de la electricidad de que vamos á tratar. Nos referimos á la virtud atractiva, admitiendo la expresion en su sentido experimental y práctico, de que aparece estar dotada aquella fuerza universal.

La electricidad puede desarrollarse de varias maneras. La primera, que es asimismo la más asequible, consiste en friccionar de una manera conveniente sustancias determinadas, bien que todas sean susceptibles de electrizacion por este procedimiento.

De la electricidad así desarrollada es de la que vamos á tratar en este capítulo, pues que de la que se obtiene mediante acciones químicas, ó bien por el calor, por procedimientos

mecánicos, por presión y hasta por la electricidad misma, nos ocuparemos más adelante.

Prévia la fricción con un paño ó una piel de gato, manifiestan ciertas sustancias, segun hemos indicado, una fuerza atractiva respecto de cuerpecillos sutiles, tales como pajitas, trocitos de papel ó barbas de pluma. El ambar amarillo, (1) el lacre, la gutta-percha, la resina, el azufre, la seda, el vidrio y el caucho endurecido, á que se da el nombre de ebonita, figuran en primer lugar en el número de esas sustancias.

Procedamos á la comprobación experimental de ese hecho.

Existe en Física un sencillo instrumento de prueba, llamado *péndulo eléctrico*, cuyas funciones características vamos á reconocer. Una simple bolita de médula de saúco colocada al extremo de un hilo de seda, que libremente pende de un pie de vidrio doblado por la parte superior: tal es el *péndulo eléctrico*.

Veámosle ejercer sus funciones.

Después de haber frotado con un paño una barrita de vidrio, acerquémosla á la esferilla del péndulo. Esta á la aproximación del vidrio,

(1) *Electron*, en griego; de cuya palabra procede el nombre de *electricidad* dado al agente físico cuya presencia en aquél después de friccionado, se manifiesta.

abandonará su actitud de reposo, y se lanzará al encuentro del cuerpo friccionado: el contacto, sin embargo, será instantáneo, pues la bolita retrocederá en seguida como por efecto de una repulsion ejercida sobre ella.

Si al vidrio sustituimos la goma laca, igual fenómeno se producirá. Existirá una atraccion de la bolita seguida de una repulsion.

Esta identidad, sin embargo, sólo es aparente.

La comprobacion de este aserto es fácil; si en el instante mismo de retroceder la esferilla por haber experimentado el contacto del vidrio, por ejemplo, que ántes la atrajera, le acercamos la goma laca, se lanzará hácia ella impelida por súbita atraccion; y recíprocamente; si es la goma laca la que promueve la repulsion de la esferilla, al acercar á ésta el vidrio se precipitará á su encuentro la bolita.

Considerando que el vidrio y la goma laca poseen el estado eléctrico, y que por él son origen de aquellos singulares movimientos de atraccion y repulsion en los cuerpos á quienes han tocado, puede deducirse del fenómeno anterior el hecho complejo siguiente: la electricidad del vidrio rechaza todo cuerpo que del vidrio haya recibido la suya, y atrae los que de la goma laca la tienen; y por el contrario, la

electricidad de la goma laca atrae la del vidrio y repele la suya propia.

Generalizando este principio que la experiencia demostró ser cierto en todos los casos, se fundaron dos leyes que importa no olvidar:

1.^a *Dos cuerpos dotados de igual electricidad se rechazan; y*

2.^a *Dos cuerpos dotados de electricidad contraria se atraen.*

Cuando los físicos del siglo pasado, partiendo del fenómeno anterior, quisieron remontarse á su origen, imaginaron una teoría, en la cual se admitían dos electricidades distintas y genéricas; la *vítrea* y la *resinosa*, en cuya más particularizada exposición no podemos entrar. Mas esta teoría y otras que sucesivamente se han ido concibiendo y en las cuales se admitía siempre la dualidad eléctrica, bien que sustituyendo á la denominación de vítrea y resinosa, la más general de positiva y negativa que aún para significar el diferente estado eléctrico de los cuerpos prevalece; estas teorías, repetimos, han sido oscurecidas hoy por otra acaso no mucho más verdadera, pero sí mucho más grandiosa y á la par sencilla y clara. Esta teoría que se acomoda perfectamente con la idea admirablemente sintética de una sola causa mecánica que por variadas transformaciones de movimien-

to es origen de todos los grandes fenómenos físico-naturales, se basa en la concepcion de un flúido único llamado *éter*, cuya funcion consiste en recibir y trasmitir alternada ó simultáneamente de los átomos de la materia los movimientos de que se supone se hallan éstos animados. Las *modalidades*, es decir, los caractéres diversos de estos movimientos, son los que dan origen al calor, á la luz y á la electricidad. Esta teoría ha recibido el nombre de *unidad de las fuerzas físicas*, cuyo esclarecido campeon ha sido el P. Secchi. Por lo que á la electricidad atañe, diremos únicamente que en la moderna hipótesis se considera que cualquier dilatacion ó condensacion del flúido etéreo en la superficie de un cuerpo, origina el estado eléctrico en que el cuerpo se manifiesta, y por consiguiente se parte del principio de un estado de equilibrio en el éter que compenetra y rodea los átomos de la materia. Cuando, pues, por una causa cualquiera este equilibrio se quebranta, cesa el *estado neutro* en que, segun la frase admitida, el cuerpo se hallaba, y aparece la electricidad en la forma positiva ó en la negativa. Ocurre lo primero cuando hay exceso, condensacion en el cuerpo electrizado, y lo segundo cuando, por el contrario, la cantidad de éter resulta en defecto, ó lo que es lo mismo, dilatado.

Los signos + (más) y — (ménos) empleáanse para designar gráficamente ambos estados.

II. Cuerpos *conductores*.—Cuerpos *aisladores*.—*Depósito común*.—Experimento de Faraday.—Propagación de la electricidad.—*Poder de las puntas*.—Tension.

Después de esta rapidísima excursión al campo de las hipótesis, volvamos á los fenómenos y hechos de pura experimentación, únicos que nos han de ocupar en adelante.

Todas las sustancias, dijimos, son susceptibles de electrizarse por fricción. En unas, como las que dejamos consignadas, esa electrización es relativamente difícil, si bien una vez conseguida persevera en el cuerpo, y casi en las mismas moléculas que fueran directamente heridas por la fricción. Por el contrario, existen otras sustancias como los metales, por ejemplo, á las cuales infúndenseles el estado eléctrico con suma facilidad, aunque por otro lado la pierden con instantaneidad suma. Esta circunstancia originó precisamente el error muy común entre los primeros físicos, de reputar refractarios á la electrización, cuerpos dotados en alto grado de idoneidad eléctrica. Hoy el error se explica facilísimamente. En los metales propágase la electricidad con celeridad tal, que llegando después de invadir su masa, á la mano

del operador, perdíase á través del cuerpo de éste en la tierra. Esta es el *depósito comun* de la electricidad. Así la manifestacion del estado eléctrico en los metales pasaba inadvertida.

Del estudio que á la sazón se hizo de las cualidades eléctricas de los cuerpos, resultó la division de éstos en *conductores* y en *aisladores*, constituyendo los segundos aquellas sustancias en quienes sólo una fricción asídúa desarrolla la electricidad, y ésta se propaga con lentitud al través de sus moléculas; y los primeros consisten principalmente en los metales, á los cuales, para que acusen los signos de electrización, precisa rodearlos esmeradamente de sustancias *aisladoras*.

En suma, quedaron declaradas eléctricas las sustancias ántes reputadas más refractarias, y refractarias las que en un principio se las juzgá-
ra más eléctricas (1).

(1) Las sustancias que á continuación consignamos están agrupadas con arreglo al orden decreciente de su poder conductor: todos los metales; los ácidos concentrados; los ácidos diluidos; las soluciones salinas; el agua de mar; la de manantial; la de lluvia; los vegetales vivos; los animales vivos; el vapor; el aire rarefacto; el vidrio pulverizado y la flor de azufre.—En cuanto á las sustancias llamadas aisladoras agrupamos asimismo algunas tomadas en el orden inverso de su poder aislador: los óxidos secos metálicos; el hielo; la cal; el caucho; la porcelana, los gases y el aire estando secos; la seda; el vidrio; la cera; el azufre; las resinas; el ambar; la goma laca y la gutapercha.

Parece desprenderse de lo que dejamos consignado, que cualquier cuerpo conductor ha de poder conservar indefinidamente la energía eléctrica que una vez haya recibido, siempre que buenos contactos aisladores presenten un valladar á la difusion de su electricidad. Mas no es así ciertamente; no hay sustancias absolutamente aisladoras; el aire, con ser un mal conductor, al fin admite y da paso á la electricidad; además, la que se desarrolla por fricción, tiende insensiblemente á acumularse en la superficie de los cuerpos, desde donde, y merced á la conductibilidad relativa del aire y de cualquier otro aislador, se vierte, digámoslo así, en el depósito comun, que es la tierra.

Un experimento muy sencillo debido á Faraday pone de manifiesto esta tendencia de la electricidad.

En torno de un aro sostenido verticalmente por un pié aislador, se coloca una bolsa cónica de muselina, muy semejante á las que se emplean para coger mariposas. Dos cordoncillos de seda unidos respectivamente á las extremidades interior y exterior del cono que forma la bolsa permiten la inversion de ésta al igual que se haria con una calceta, cuantas veces se quiera. Si se comunica á la bolsa el estado eléctrico, podrá reconocerse por medio de un *plano de*

prueba (1) que sólo su cara exterior ha quedado electrizada. Pues bien, dése vuelta á la bolsa, y aunque la cara exterior haya pasado á serlo interior, sólo en aquélla se podrán obtener señales de electrización.

El experimento es, pues, concluyente. La electricidad se acumula en la superficie de los cuerpos, formando una sutilísima aureola cuya densidad varía con la forma y dimensiones del cuerpo. En la esfera elecurizada, por ejemplo, la capa fluídica que la cubre es uniforme.

Ahoga bien, la electricidad es un fluído tan eminentemente elástico como lo prueba el hecho que acabamos de citar. Por su naturaleza ha de tender necesariamente á dilatarse, á salir fuera del recinto material en que ha sido generada y en el que ha podido discurrir y acumularse con entera facilidad. El aire, empero, y los demas aisladores que la prevision del operador le o pone, cohiben sus movimientos de dilatacion, y de ahí que pueda imaginarse un estado especial de la energía eléctrica, una lucha entre la electricidad y el medio aeriforme que la envuelve y mal de su grado retiene, pero de la cual sale vencedora la primera cuando sus moléculas han

(1) Consiste en un disco de papel dorado sostenido por un mango de goma laca.

penetrado poco á poco las del aire, al fin conductor, que á su expansion se opone. Ese estado especial, esa presion que contra el obstáculo que el aislador atmosférico le opone ejerce el flúido eléctrico, es lo que constituye la *tension*, cualidad característica de la electricidad desarrollada por el frotamiento.

Sucede que cuando dos conductores llegan á tocarse, si uno de ellos se halla electrizado, el segundo adquiere una parte mayor ó menor de electricidad. Esta sustraccion de flúido eléctrico en beneficio del cuerpo en estado neutro guarda relacion con la superficie que uno y otro conductores poseen. Si son iguales, la *carga* eléctrica se produce por igual; á mayor superficie corresponde mayor grado de electrizacion, por lo cual es fácil comprender que si la del conductor libre es muy grande, puede llegar á absorber toda la electricidad que el otro haya adquirido. Esto es precisamente lo que con la tierra sucede. Basta que contacte con ella por un punto un cuerpo electrizado, para que á su seno fluya instantáneamente todo el flúido que el conductor tenga acumulado. De ahí que la tierra haya recibido el nombre de *depósito comun* que le hemos dado. Por lo demas, como es tan inmensa la superficie que posee, no hay carga de electricidad, por potente que sea, que

revele en ella signo alguno de electrizacion.

Fácil nos será ahora, despues de las observaciones precedentes, dar á conocer un fenómeno importantísimo revelado por Francklin.

La tension, hemos dicho, es uniforme en todos los puntos de una esfera; y será mayor cuanto mayor sea la curvatura del cuerpo electrizado. Esto último se desprende de los hechos anteriormente consignados. Ahora bien, como en un cuerpo que termina en punta puede considerarse á ésta como formando parte de una superficie de curvatura infinita, infinita será tambien la tension que en ella la electricidad adquiere, y grande por lo mismo su poder para vencer la resistencia del medio aeriforme aislador.

Este es el fenómeno dado á conocer por el insigne físico de Filadelfia, y es conocido por el *poder de las puntas*.

Por ellas, en efecto, como veremos despues, descargan los cuerpos en la atmósfera la electricidad en su superficie acumulada.

III.—Grey y Wheler establecen el límite de la propagación eléctrica en el siglo XVIII.—Fenómeno de la *polaridad*.—Hipótesis relativa á los movimientos atractivos y repulsivos.—Chispa eléctrica.—Corriente eléctrica.—Naturaleza de la chispa eléctrica.

La trasmisión del fluido eléctrico por contacto de un cuerpo electrizado, sirviónos para explicar el fenómeno de la tensión. Dimos entonces por implícitamente cierta la posibilidad de aquella propagación de la electricidad de un cuerpo en otro, y así es en efecto, siendo elocuentísimo testimonio de ello en nuestros días, el uso continuo y general de la telegrafía eléctrica.

Verdad tan palmaria no había sido, empero, averiguada por los primeros físicos que de nuestro agente universal se ocuparon, datando los primeros experimentos en que la propagación eléctrica hubo de manifestarse, de principios del siglo XVIII.

Grey y Wheler, físicos ingleses, fueron de los primeros en estudiar el fenómeno. De sus ensayos minuciosos y reiterados adquirieron el convencimiento de que el fluido eléctrico se podía trasportar á *seiscientos setenta y cinco piés* de distancia, límite máximo del conductor de que en sus experimentos se sirvieron. ¡Menguada velocidad para un fluido que no reconoce límites para su carrera incoercible!

La propagacion de la electricidad á traves de los cuerpos conductores es, pues, un hecho inconcuso; nos toca averiguar ahora las circunstancias que señalan la trasmision de su energía á conductores que del electrizado se hallan separados por el aire ú otra sustancia aisladora, y esto nos servirá para conocer los primeros experimentos de atraccion y repulsion de que nos hemos ocupado.

Adoptemos para nuestro exámen un cuerpo A electrizado positivamente. Enfrente de él y no á mucha distancia coloquemos un conductor B en estado natural (fig. 1.^a).

Si una vez establecida esta contigüidad tocamos el cuerpo B con un plano de prueba sucesivamente en diferentes puntos de su superficie, observaremos en esta una doble manifestacion eléctrica. Por ejemplo, el lado b , inmediato á A , resulta negativamente electrizado, en tanto que el lado b' , opuesto al primero, lo está positivamente.

Este fenómeno se llama *polaridad eléctrica*.

La ley que determina esta accion eléctrica á distancia, ó *inductora*, segun se la designa muchas veces, es constante. Variando las condiciones del experimento se demostraria esta generalidad. En cualquier caso, el cuerpo A se

llama *inductor*, y el cuerpo *B*, sujeto á su influencia, *inducido*.

Por la moderna teoría explícase el fenómeno de la siguiente manera:

En *A*, cuerpo electrizado con signo positivo, se halla el éter en estado de condensacion. En virtud de la presion que éste ejerce hállase perturbado el equilibrio del espacio que rodea el cuerpo, cuyo desequilibrio trasciende á *B*, conductor situado en la esfera de actividad de *A*. Para determinar esta alteracion no ha sido indispensable que se propagára á *B* la carga eléctrica que en gran tension *A* posee. La sola fuerza difusiva de la electricidad oprimiendo una tras otra las capas etéreas colocadas en el intervalo que á los dos cuerpos separa, basta para comunicar al éter del conductor *B* el impulso que rechaza el flúido natural de éste hácia la extremidad más remota del cuerpo, en que ya la presion es más débil.

Así, y merced á la extraordinaria movilidad del éter, prodúcese una trasmision de fuerza que en determinados casos trasciende á las moléculas materiales; es decir, al cuerpo mismo. Este caso resulta cuando el cuerpo está en actitud de moverse y cuando además la presion etérea es superior á lo que el estado natural de aquél podría permitir. El cuerpo entónces hállase

arrastrado tras el movimiento del flúido, para dejar con su movimiento restablecido el equilibrio dinámico perturbado.

Tal es la causa de los movimientos atractivos y repulsivos que en el capítulo II nos han ocupado.

Mas dejando á un lado toda idea teórica que pudiera holgar en un *Manual* práctico de la índole del que escribimos, prosigamos nuestra exposicion elemental citando algunos hechos que son el necesario complemento de lo ya expuesto. En la *máquina eléctrica*, de que en seguida habremos de hablar, los hallaremos, ademas, resumidos todos.

De la teoría que de la polaridad eléctrica hemos dado puede deducirse fácilmente que habria de ser tanto mayor la influencia eléctrica que experimente el cuerpo *B* cuanto más próximo á él esté situado el inductor *A*. Si la distancia que los separa llega á ser muy pequeña, cruza el intervalo un fulgor ténue y fugaz, acompañado de un ligero estallido, indicio de una descarga eléctrica. Con ella las electricidades opuestas acumuladas en *A* y *B* se han combinado, y vuelto estos cuerpos á su estado natural.

Tal es el fenómeno de la *chispa eléctrica*; ella supone siempre la neutralizacion de dos opuestas electricidades.

Existe otra manera de procurar esa descarga; mejor dicho, de destruir el estado de polaridad entre dos cuerpos.

Tenemos en *A* y *B* dos esferas metálicas, por ejemplo; por efecto de la induccion la una está electrizada con signo positivo, y con signo negativo la otra; en una palabra, la esfera *B* está polarizada bajo la influencia de *A*.

Entre las dos esferas, y á manera de puente que salve el breve espacio que los separa, supóngase que tendemos un hilo delgado de metal. El fenómeno á que esta disposicion da lugar es el siguiente.

El hilo experimenta desde luégo un aumento en su temperatura; además, una aguja imantada situada en su vecindad sufre una rápida desviacion. Son los efectos característicos del paso de una *corriente eléctrica* á lo largo del hilo. Al tratar de la electricidad *dinámica* nos ocuparemos de esta y otras particularidades del flúido etéreo en movimiento.

Por de pronto dejemos sentado que al cesar aquella rapidísima *corriente*, han desaparecido las electricidades contrarias de *A* y *B*; se han reconstituido, volviendo las esferas á su estado natural.

Este resultado difiere sólo del anterior en la manera distinta de haber sido provocado; allí

como aquí se ha restablecido el equilibrio entre dos cargas de fluido eléctrico desigualmente repartido; allí el cuerpo que poseía el fluido condensado lanzó al traves del aire y en forma de descarga al cuerpo rarefacto, la electricidad que tenía en exceso acumulada; aquí prodújose esa misma trasmision por medio del hilo conductor y en forma de corriente.

La semejanza, sin embargo, entre los dos fenómenos es más aparente que real; la chispa, en efecto, el fenómeno luminoso que acompaña á la descarga consiste en un chorro de partículas incandescentes arrancadas de *A* y proyectadas en el cuerpo *B*. Estas partículas, al cruzar el aislador aeriforme que separa á los dos cuerpos, forma, por decirlo así, el cauce material, el hilo conductor por el que se desliza la corriente.

Tal es la íntima analogía que existe entre los dos hechos que acabamos de estudiar; y tal es tambien la naturaleza física de la *chispa eléctrica* deducida del análisis de los cuerpos entre quienes ha estallado, y del color, además, de la llama fugaz que ella produce. Esta llama es siempre la peculiar, la específica, digámoslo así, de los metales de donde el fenómeno luminoso brota. Así, por ejemplo, siendo las esferas de zinc, la chispa es azulada, y verde en el caso de

ser de plata. Estos son precisamente los colores que afecta la incandescencia de esos metales.

IV.—Otto de Guericke.—Su máquina eléctrica.—La de Ramsdem.—Condensador.—Botella de Leyden.

La *máquina eléctrica* de que ahora nos vamos á ocupar es la simplificacion y perfeccionamiento juntamente del procedimiento rudimentario de friccion que para electrizar los cuerpos los primeros físicos emplearon. Ella encierra, como ya en otro lugar dejamos apuntado, la síntesis de los fenómenos que nos han ocupado hasta aquí.

Fué su inventor el famoso burgomaestre de Magdeburgo, Otto de Guericke, á quien debe la Física asimismo la invencion de la máquina neumática; empero el instrumento que él construyó era en alto grado deficiente. Consistia su invento en una esfera de azufre fija en un eje, á la que daba vueltas con una mano, mientras se servía de la otra para aplicarla á la esfera á guisa de frotador. El sistema, como se ve, era en alto grado primitivo.

Nuevas necesidades aportaron al instrumento nuevas y muy importantes alteraciones, hasta que en 1760 dió á conocer Ramsdem la máquina que con su nombre es conocida, y universal-

mente aceptada, con ligeras modificaciones, en los gabinetes de Física experimental.

Esta es la máquina que, algo superficialmente describiremos, y que la figura 2.^a representa.

Constitúyela principalmente un platillo de vidrio móvil que gira en torno de un eje horizontal. Una manivela sirve para imprimir su movimiento de rotación á este disco, el cual, al girar, va frotando cuatro cojinetes fijos colocados en los montantes.

Perpendicularmente al platillo, hállase el conductor de metal que está destinado á recibir la electricidad. Cuatro piés de vidrio le aislan de la tierra; y por medio de dos arcos que rodean el disco se presentan á la superficie de éste algunas puntas.

Al entrar el platillo en rotación, el frotamiento de los cojinetes genera en él la electricidad positiva; ésta, al pasar el disco por frente á las puntas, desorrolla la electricidad negativa en ellas, y por una virtualidad análoga á la polaridad que acabamos de estudiar, cárgase casi simultáneamente el conductor de fluido positivo, y se carga con efluvios reiterados á cada nueva rotación.

Una cadena que partiendo de la armadura exterior del disco descansa en el suelo, sirve

para sustraer á la máquina su electricidad negativa y depositarla en la tierra.

Del conductor de la máquina, en el que se acumula la electricidad, puede obtenerse el fenómeno de la chispa. Basta aproximar un dedo á la conveniente distancia; una lucécita ténue brota entre el conductor y la mano, y se experimenta en ésta la sensacion de un alfilerazo. Entiéndase que esta inanidad de la descarga es sólo relativa; chispas hay con las que se mata un buey.

La extraordinaria tension de que está dotada la electricidad que ésta y las demas máquinas eléctricas producen, es causa de que se pierda rápidamente en el aire ó al traves de los aisladores. Sus efectos, pues, son transitorios y fugaces, aunque á remediar en parte esta limitacion obedece la invencion de otros instrumentos destinados á acumular en una superficie reducida la mayor cantidad posible del flúido que el generador procura, y retenerle aprisionado para su utilizacion ulterior parcial ó conjuntamente.

El *condensador* responde á esta necesidad.

El condensador reducido á sus elementos más sencillos consiste en dos hojas ó láminas de una sustancia conductora cualquiera, separadas por una hoja tercera, que ha de ser aislado-

ra precisamente. Fácil es, pues, con este sencillo dato, imaginar la teoría que al condensador informa. Es un caso de induccion como el que ya hemos visto. Solamente el aislador ha variado. Mas no anticipemos los razonamientos.

Las dos hojas conductoras llámense *armaduras* del condensador.

Si se une por medio de una comunicacion metálica al conductor de una máquina una de las dos armaduras y se establece otra comunicacion metálica, además, entre la tierra y la opuesta armadura á cada rotacion del disco, recibirá una carga eléctrica la hoja correspondiente del condensador. La electricidad de esta armadura será de igual signo, pues, que la de la máquina; y de signo contrario la de la armadura opuesta. Nuevas cargas de electricidad procedentes del generador penetrarán en la primera armadura y ejercerán su influencia en la segunda, hasta que el grado de tension que haya alcanzado la cara del condensador inmediata á la máquina, por ser igual al que la de ésta posee, haga imposible una mayor acumulacion. Si en este momento se aísla por completo el condensador de la tierra y de la máquina, la electricidad que haya recibido permanecerá latente en sus caras interiores. En ella continuaria indefinidamente en tanto que no se provocára la *descarga*, si al traves del cuer-

po aislador que separa las dos armaduras no se operará lentamente la neutralización de las dos opuestas eléctricas en cada una de aquellas contenida.

La cualidad más ó menos aisladora de esa hoja intermedia determina el grado de aptitud del condensador para retener la electricidad. Representando, por ejemplo, por 1 el poder condensador del aire, se ha calculado en 1,76 el del vidrio y en 2 el de la goma laca, es decir, que poseyendo tres condensadores, cuyos aisladores fueran aquéllos, siendo iguales en lo demás, resultaría que su capacidad condensadora respectiva estaría representada por 1, por 1,76 y por 2, según el aislador que poseyeran.

El condensador es de uso muy común en telegrafía submarina; también se aplica en algún procedimiento generador de corrientes para la luz eléctrica, como por ejemplo, en el sistema del oficial ruso Jablockhoff.

Nos falta decir, empero, cómo se obtiene la descarga de este instrumento acumulador del fluido eléctrico.

Existen dos maneras: una consiste en la descarga lenta; la otra produce la descarga instantánea.

Para la primera se aproxima el dedo á la cara del condensador, cuyo signo eléctrico sea

positivo; el efecto ya nos es conocido; brota una chispa. Se establece igual aproximación respecto de la armadura opuesta y se obtiene igual resultado. Este juego alternativo se produce, y con él llega á agotarse la electricidad. Si el aire ambiente es seco, la maniobra puede llegar á prolongarse algunas horas.

Expongamos el segundo procedimiento; en éste la descarga es instantánea.

Existe para estos oficios un instrumento especial llamado *excitador*, consistente en un juego de dos arcos de metal unidos con charnela por uno de sus extremos. Una bola del mismo metal forma el extremo libre de cada uno de los arcos. Estos tienen además adheridos dos mangos de una materia aisladora, por los cuales puede cogerse sin peligro el excitador.

En cuanto á su uso, es muy sencillo. Se aplica á una armadura cualquiera una de las dos bolas, y se aproxima la otra á la armadura opuesta cuidando que no se toquen. En el espacio que queda entre las dos salta la chispa.

El cuerpo humano podría hacer las veces de arco excitador si el intentarlo no fuera peligroso. Las manos en este caso podrían sustituir á las dos bolas del arco.

A costa del choque violento de una de estas descargas, vino á concebir el físico holandés

Musschembrock, la idea de un nuevo instrumento condensador, muy distinto en la forma del que acabamos de describir.

Se le conoce bajo el nombre de *botella de Leyden*, por haber sido en esta ciudad donde se verificó el descubrimiento.

Daremos de la botella de Leyden una ligera explicacion.

Su forma es realmente la de uno de aquellos objetos de uso comun. Tiene el interior y el exterior recubiertos hasta cierta altura de hojas de estaño; estas son las armaduras. La interior está en contacto con un vástago de metal que, á través del corcho de que está formado el tapon de la botella, ó de otra cualquier sustancia aisladora, penetra en ella. La extremidad superior de este vástago pónese en comunicacion con el conductor de una máquina en el momento de ir á cargar la botella.

En cuanto á la armadura exterior, ha de estar en comunicacion con la tierra mientras la condensacion se produce. Obtenida ésta, y aislada la botella, ó, lo que es lo mismo, rota aquella comunicacion, la descarga es muy fácil. Basta aplicar el boton del excitador á la envoltura metálica de la botella, y aproximar el otro al vástago que penetra en la misma. El efecto que se obtiene nos es ya conocido: la chispa eléctrica.

Uniendo entre sí varias botellas de modo que sus armaduras del mismo nombre queden enlazadas por una comunicacion metálica, se constituye la *batería*. Con ésta se aumenta considerablemente la superficie de condensacion. Su descarga, por un procedimiento análogo obtenida, puede suministrar una chispa formidable.

CAPÍTULO III.

ELECTRICIDAD DINÁMICA

I. Definiciones.—Volta.—Galvani.—Trabajos de éste.—Polémica memorable.—Errores que originaron la pila eléctrica.

Entre los procedimientos que ligeramente hemos dado á conocer como propios para el desarrollo de la electricidad, figura en preferente lugar el que se basa en las acciones químicar. De la electricidad que por este medio se genera, y de la *pila*, que es su más genuina expresion, nos ocuparemos desde luego.

La invencion de la pila señaló un paso gigantesco en los progresos de la ciencia eléctrica. El conocimiento único de la electricidad de frotacion que hasta aquel momento se tuviera, parecia haber condenado á perpétua esterilidad

los esfuerzos de los sabios que al estudio de nuevo agente se habian dedicado. Puro motivo de recreacion científica los fenómenos eléctricos que hombres doctos provocaban y el vulgo celebraba, nunca se habia podido obtener de un agente tan refractario á toda accion persistente y continuada, las funciones admirables, trascendentalísimas y prácticas á que despues la electricidad de la pila hubo de aplicarse. Así se explica que esta electricidad, con afectar caractéres que no permiten dudar de su fundamental identidad con la primera, haya permitido, no obstante, á la vuelta de una relativamente corta posesion, progresos y aplicaciones innumerables y fructuosísimas á que con la electricidad de frotacion tal vez no se hubiera llegado, y que de sus leyes sábiamente investigadas surgiera la rama más importante y trascendental de la fisica moderna.

Se expresa la manera peculiar que ambas electricidades tienen de manifestarse, diciendo que la de frotacion es *estática*, ó en equilibrio, y *dinámica*, ó en movimiento, la que es debida al resultado de una accion química.

Con el estudio de esta segunda se hará más perceptible y evidente la diferencia que separa i las dos.

Volta, profesor de la Universidad de Pavía.

cuyo nombre será para siempre más memorable, inventó la pila. Empero este nombre no suele ir adscrito al del invento que ha dado al físico italiano perdurable reputacion, más que de una manera adjetivada y casi accidental, conservándose para el instrumento el de *pila*, que sólo indica una disposicion transitoria que á su inventor plugo dar á un motor tan sencillo y prodigioso. Así se dice, por ejemplo, *pila voltáica*, *elemento voltáico*, cuando de una manera genérica se quiere designar la pila ó alguno de sus elementos componentes.

Una polémica tenaz, pero siempre cortés y levantada, que Volta sostuvo con su compatriota Galvani, fué ocasion de haberse inventado el motor más maravilloso en razon de los caracteres múltiples que su poder afecta.

La pila fué el producto de muchos errores; que del choque de éstos es, casi siempre, como brota la verdad. Volta nunca acertó á comprender ni á explicar, como otros físicos contemporáneos suyos hicieron, la esencia de su propio invento; tampoco llegó á entrever su inmensa utilidad, bien que esto en modo alguno habria de extrañarnos, considerando la escasísima eficacia que á la sazón tenía el flúido eléctrico que la pila generaba.

Galvani, por un acontecimiento fortuito, vino

á descubrir los efectos de la polaridad eléctrica en los miembros mutilados de una rana, en la cual, como anatómico, operaba. Las contracciones que sufrieron los miembros de aquel animal bajo la influencia del fluido eléctrico excitado en una máquina en cuya plataforma habian quedado abandonados, fueron para Galvani un rayo de luz. Desde entonces quiso comprobar en la rana la existencia del fluido vital, que en su concepto era la misma electricidad. Este propósito le consumió algunos años en estériles manipulaciones, cuando por otra casualidad despertó en el mismo animal las contracciones tetánicas, pero sin el concurso de la electricidad de la máquina. Bastábale para ello unir, por medio de un arco conductor, que formaba con dos metales, los nervios lumbares y los músculos crurales de la rana.

Este fué el punto de partida de la polémica famosa entre el doctor Galvani y el físico de Pavía.

Opinó Galvani, en virtud de aquel hecho, que existía una corriente propia en los miembros del animal; pero Volta le objetó que la sola reunion de los dos metales bastaba para desarrollarla. Esta misma idea, perseguida sin cesar por el físico de Pavía, y con arreglo á la

cual explicó despues, expresamente, sin duda, la teoría de la pila, le condujo tras muchos experimentos, no siempre bien interpretados, al resultado fructuosísimo con el que asombró á los sabios.

A los razonamientos y á las pruebas de Volta contestaba Galvani con razonamientos y testimonios brillantísimos y concluyentes; Volta, empero, perseveró en su teoría; y reiterando en su gabinete los ensayos para obtener de ellos argumentos de polémica con que replicar á su adversario, vino á dar con un experimento afortunado, que fué el gérmen de su motor famoso.

Habia amontonado el profesor de Pavía, en uno de estos experimentos, discos de zinc y de plata, colocados alternadamente y formando una especie de pila. De este hacinamiento de metales obtuvo algunos testimonios débiles de electrizacion, merced, sin duda, al contacto húmedo de la mano; pero ellos bastaron para estimularle en su propósito y confirmarle en su opinion errónea del valor de aquel simple contacto de dos metales distintos.

En esto se hallaba un dia, despues de haber leído en un periódico la noticia de una eleccion pontificia. Meditabundo habia suspendido la lectura, y por un acto puramente maquinal,

arrancó una esquina del periódico, la llevó á los labios, y humedecida como quedó, pegó-la á uno de los discos de metal. Este hecho sencillo fué para Volta la revelacion del elemento que faltaba á su *órgano electro-motor*. Acababa de descubrirse la pila.

No seguiremos al ilustre físico en sus demas experimentos. Pasaremos de un salto á describir el invento con arreglo á la disposicion definitiva con que lo dió á conocer al mundo sabio.

II. La primera pila.—La pila moderna.—Experimento de La Rive.—Corriente eléctrica.—Electrodos.—Reóforos.—Polos.—Circuito abierto.—Circuito cerrado.—Elemento ó par.

Entre tres varillas de madera sostenidas verticalmente sobre un pié circular de igual sustancia, fué superponiendo discos de cobre y de zinc de la siguiente manera: primero un disco de cobre, y sobre éste uno de zinc; á continuacion una rodajita de paño humedecido con agua salada, y encima otro disco de cobre y otro de zinc; volvió á colocar sobre éste último una rodajita, y así, alternativamente, fué amontonando discos hasta que hubo formado una columna, en la cual el disco de zinc ocupaba la parte superior.

La pila así formada se la designaba por el

número de *pares* de discos que la componian.

Armado de este *órgano electro-artificial*, segun él mismo le llamaba, Volta obtuvo los efectos de electrizacion que la máquina eléctrica, ayudada del condensador, suministraba; pero acaso por no faltar á las exigencias de su falsa teoría, que en otro orden de experimentos hubiera resultado menoscabada, no ensayó sus efectos en las descomposiciones químicas, con lo cual el físico de Pavía vino á limitarse el campo de exploraciones, allí donde otros, ménos preocupados que él, lograron triunfos muy señalados.

Sus ideas, no obstante la oposicion que desde luégo encontraron en Italia mismo por Fabroni, que ya explicaba por la accion química el hecho capital descubierto por Galvani; en Rusia por Parrot, por Wollaston en Inglaterra y por Gauthet en Francia, hubieron de prevalecer aún muchos años, debiéndose muy principalmente á los trabajos que de La Rive dió á conocer en 1835, que aquellas se desacreditáran y cedieran el cetro que en la opinion habian ejercido, á la teórica química que hoy reina sin contradiccion ni cortapisa. Por esta, siquier sea ligeramente, habremos de explicar nosotros tan interesantísimo instrumento.

Por ahora, dejando á un lado toda digresion

agena á nuestro propósito, acometamos la descripción de la pila segun modernamente se construye.

El físico de La Rive, á quien acabamos de citar, sugirió un experimento, que es el que generalmente se emplea para poner de manifiesto el desarrollo de la electricidad en el más interesante de sus generadores.

En un vaso de vidrio (fig. 3) que contiene agua y una pequeña cantidad de ácido sulfúrico, se introduce una barrita de zinc ordinario. Inmediatamente entra el metal en disolución, y numerosas burbujitas procedentes de la descomposición del agua, surcan el líquido. Estas burbujitas son el gas hidrógeno, que en unión del oxígeno constituyen el agua. Si en vez de zinc impuro, es decir, que contiene en mezcla otros metales, se emplea zinc destilado, aquella acción será muy lenta y el hidrógeno puesto en libertad se adherirá á la superficie del metal.

Esta diferente función del zinc, segun sea su estado de pureza ó impureza, nos permitirá explicar más adelante una de las mayores causas de perturbación de que adolece la pila.

Juntamente con el zinc puro, bien que sin establecer contacto con él, introduzcamos en el vaso otro metal: una barrita de cobre, por

Zinc + SO_4H_2

ejemplo. En este caso no se observará en el líquido ninguna acción; pero si, por el contrario, ponemos en contacto ambos metales, aparece aquella con singular energía, dejando de manifestarse en cuanto el zinc y el platino se separan.

Reconociendo con ayuda de un electrómetro (1) muy delicado el estado eléctrico de los metales, en tanto que no se hallan en contacto, observaremos los efectos característicos de la electricidad *estática*, con signo contrario en cada barrita, pero con escasa tensión. Tenemos aquí, pues, la electricidad de la pila reducida á la condición de estática.

Unamos ahora los dos metales (fig. 4), y verifiquemos esta unión fuera del vaso por medio de un arco ó alambre conductor. Instantáneamente se manifestará la acción química; las dos fuerzas que en estado de tensión existían en los metales se precipitarán, digámoslo así, á lo largo del puente, á su libre propagación, tendido y mediante su combinación quedarán neutralizadas.

(1) Existe el del profesor inglés Thomson, que permite apreciar, sin auxilio de condensador, los efectos electrostáticos de un par voltáico cuya fuerza electro-motriz sea la décima parte de un elemento Daniell.

Mas la accion química persiste, y con ella el estado de tension en que los metales se hallan. A una *carga*, pues, si por analogía podemos expresarnos, sucederá otra carga en el arco conductor, y á la primera neutralizacion sucederán otras, reiteradas, rapidísimas, ilimitadas, en tanto que el contacto subsista. Recorrerá, en suma, el arco ó el alambre, una *corriente*, no instantánea como la que en los fenómenos de la induccion estática vimos, sino constante y regular, cuyo término será la separacion de los metales. Esta es la manifestacion de la electricidad en su forma *dinámica*. Habrá, pues, un flujo, un transporte de electricidad á lo largo del conductor que enlaza los metales.

Una aguja imantada colocada cerca de éste revelará con sus desviaciones la existencia de la corriente.

La electricidad, bajo esta segunda forma, se manifiesta igualmente en las dos modalidades que ya conocemos: la positiva y la negativa. En la pila teórica de que hemos hablado, y en general en todas las pilas, la electricidad positiva se desarrolla en el metal más *oxidable*, el cual recibe por esta razon el nombre de *electrodo positivo*. El otro metal se llama *electrodo negativo*.

La corriente que nace en el electrodo positi-

vo cruza el líquido para dirigirse al negativo, á través del cual y por el conductor tendido entre los dos, vuelve al primero. Esto es lo que constituye el *circuito* de la pila. El alambre exterior de union entre los metales ó cada uno de los dos en que puede verificarse aquella, partiendo de los opuestos electrodos, se llama *reóforo*. Teniendo en cuenta la tension peculiar que en su extremidad superior presenta cada electrodo, y la marcha de la corriente en el circuito á partir de ellos, se designa *polo positivo* la extremidad del electrodo negativo en que el circuito metálico ó exterior principia; y *polo negativo* la del *electrodo positivo*, que es por donde la corriente vuelve al vaso ó circuito interior. Existe en esta nomenclatura una contradiccion que sólo es aparente. Conviene por tanto fijarse mucho en sus términos para no dar lugar á confusiones.

Cuando son dos los reóforos de la pila y su empalme no queda formado, se dice que el circuito es *abierto*; y *cerrado*, por el contrario, cuando no existe aquella solucion de continuidad.

En rigor, el vaso hipotético de que nos hemos servido constituye una *pila*, aunque más propiamente es un simple *elemento* ó *par* de ella. La reunion, por tanto, de un número inde-

terminado de éstos, será lo que entendamos por pila.

IV.—Teoría química de la pila.—Polarización del electrodo.—Corrientes secundarias.—Amalgamación del zinc.—Noción de las resistencias en el circuito.—Disposición de las pilas; en tensión; en cantidad; en oposición.

Con sólo variar alguno de los electrodos y también el líquido encerrado en los vasos, se puede llegar á constituir un número indefinido de pilas. Esto explica la abundancia que de ellas existe.

Sólo de muy pocas hemos de hablar; mas por ahora, sin separarnos de la pila zinc-cobre y agua acidulada de nuestra hipótesis, estudiaremos ligeramente la acción química que es en su seno origen de la electricidad.

Desde el momento en que por el enlace de los reóforos cerramos el circuito de la pila, ó lo que es lo mismo, ponemos en contacto eléctrico los dos metales, el agua del vaso entra en descomposición (1). El oxígeno se dirige al zinc (metal oxidable), y de su combinación con él se forma el óxido de zinc. Este óxido se disuelve inmediatamente en el agua y se convierte en sulfato por contener aquella ácido sulfúrico. En cuanto al hidrógeno, al quedar en libertad, se

(1) El agua se compone de dos gases, *hidrógeno* y *oxígeno* conteniendo dos partes del primero y una del segundo.

dirige en burbujitas al cobre (metal no oxidable), independientemente de alguna accion secundaria, de que ligeramente hemos de hablar.

Esto por lo que toca á la accion química puramente. En cuanto á los efectos eléctricos, se supone que el contacto del zinc con el agua desarrolla una fuerza electro-motriz que carga al primero negativamente, y positivamente á la segunda, encargándose el cobre de recoger del líquido esta electricidad, que conserva en estado de tension en tanto que el circuito es abierto. Ya conocemos la funcion ulterior.

Ocurre, sin embargo, que la accion química se debilita por ciertos efectos secundarios á que hemos hecho alusion, y al par mengua la fuerza electro-motriz que de ella se deriva.

El hidrógeno del agua, en efecto, tiene la propiedad de separar los metales que forman parte de su solucion. Así que apénas el sulfato de zinc se ha corrido en el líquido hasta tocar al cobre, el hidrógeno le descompone y recubre de zinc, con lo cual vienen á tenerse dos electrodos semejantes. Tambien obra el hidrógeno respecto del cobre, al adherirse á él, como si fuese un líquido, en cuyo caso resulta alterado el que la pila tenía, y surge una nueva causa de debilitacion de la fuerza electro-motriz. Cuando esto ocurre se dice que el cobre está *polarizado*.

De estas causas de debilitacion de la corriente ofrece una idea clara el experimento de La Rive, que al principiar el estudio de la pila hemos referido. Allí vimos que el zinc impuro provocaba por sí sólo la accion química, en tanto que el zinc destilado no producía en el vaso la menor alteracion. Consiste lo primero, en que conteniendo el metal resíduos pequeños de otros metales, en el lugar de éstos se establece un *par* y se originan pequenísimas corrientes voltáicas, cuyos efectos debilitan los de la corriente principal: esas corrientes son las llamadas *secundarias*.

Para evitar esta causa perenne de perturbacion en la pila, se pensó primero en el empleo de zines químicamente puros; mas como quiera que éstos sean de difícil ó costosa obtencion, se optó por un procedimiento llamado *amalgamacion*, consistente en bañar en mercurio la superficie del zinc, con lo cual se hace más regular y uniforme su consumo.

Al describir la pila Daniell veremos cómo se remedian las otras dos causas de debilitacion.

No podemos entrar en el estudio de la fuerza electro-motriz que desarrolla la pila, ni tampoco en el de las *resistencias*, que halla la utilizacion integral de la misma como fuerza viva en un punto determinado del circuito. Estas resisten-

cias se originan principalmente de la naturaleza de las sustancias que constituyen entrambos circuitos el interior y el exterior, y hasta de las dimensiones y colocacion de los mismos. Mas es bueno que conozcamos las disposiciones várias que conviene adoptar para establecer una pila en armonía con los efectos que de ella se solicitan.

Determinado el número de *pares ó elementos* de que la pila se ha de componer, si, por ejemplo, se une el polo positivo de un par con el negativo de otro, y el positivo de éste con el negativo del siguiente, y se prosigue esta disposicion hasta que no haya más pares, el polo negativo del último y el positivo del primero resultarán libres y en actitud de convertirse, mediante su union ulterior, en polos respectivos de la pila total constituida. Así se tiene una pila en *tension*. Está es la disposicion que se adopta en Telegrafia.

Si se enlazan entre sí todos los polos positivos de los pares que haya que disponer en *bateria ó pila*, y otro tanto se hace con los negativos, resultará un reóforo total positivo y otro negativo, cuya union definitiva constituirá el circuito. Tal es la pila en *cantidad*.

Tambien se puede disponer en *tension* las dos uidades de una pila; pero si hecho esto se une

el positivo, que en una mitad resulta con el positivo de la otra, y análogamente se obra con los negativos, los efectos que se obtengan serán nulos, supuesto que habremos dispuesto dos pilas iguales cuyas fuerzas contraponemos. Mas si ahora hacemos partir un reóforo del hilo de union de cada serie de polos semejantes, el resultado será una pila en *oposicion*, cuya fuerza electro-motriz se habrá aumentado á expensas de la resistencia interior de los elementos. Esta disposicion habremos de recordarla al describir la máquina Gramme.

V.—Pila [Daniell.

El elemento de la pila Daniell ha sido adoptado en Inglaterra en virtud de la regularidad de su accion, es decir, de la constancia de su fuerza electro-motriz como unidad métrica para determinar la de otros elementos.

En la pila Daniell se ha procurado evitar las acciones secundarias, y principalmente la que el hidrógeno ejerce en el electrodo cobre, en el cual ya hemos dicho que depositaba el zinc que sustraía de la solucion de este metal en el líquido. Para ello, Daniell recurrió al medio de rodear el cobre de una sal de su propio metal; así el hidrógeno, al ejercer su accion disolven-

te, extraerá cobre en vez de zinc, cuyo cobre, al ser precipitado por aquel gas en el metal negativo, bien léjos de debilitarle, vendrá á robustecer, por el contrario, su accion.

La descripción de la pila servirá de aclaración á lo que decimos.

La fig. 5 representa tres pares Daniell asociados en tension. El vaso exterior es de vidrio. Dentro de éste se halla el cilindro hueco de cinc *Z* que rodea un vaso de porcelana porosa y un vástago de cobre *c*.

Dos son los líquidos contenidos en el par. El vaso poroso contiene una solución saturada de sulfato de cobre en que se baña el metal del mismo nombre; y en el vaso exterior se encuentra el ácido sulfúrico diluido en agua. Existe comunicación entre estos líquidos, merced á los poros del vaso de porcelana.

Al entrar la pila en acción, el zinc se oxida y empieza á disolverse, formando el sulfato de zinc. El hidrógeno atraviesa los poros, descompone una parte del sulfato de cobre, que junto al metal de este nombre existe, y precipita en él el cobre procedente de la disolución. Tal es, muy ligeramente descrita, la teoría de la pila Daniell.

VI.—Pila Callaud.

De la pila Daniell, que ha sido punto de partida para la formacion de otras muchas pilas, han presentado modificaciones Callaud en Francia, Meidinger en Alemania y Warley en Inglaterra. Esta modificacion consiste en la supresion del vaso poroso, que ofrecia no pocos inconvenientes en la práctica.

Daremos una idea de la primera de estas pilas, por ser la más conocida en España.

Consiste en un vaso de vidrio, de unos 12 centímetros de altura, en cuyo interior se deposita el sulfato de cobre, que queda bañado en el agua que cubre gran parte del interior del vaso. El zinc es un cilindro que se sostiene en la parte alta del vaso, gracias á dos orejas ó asas que descansan en el borde de aquél. En una de ellas va soldado el vástago de cobre que ha de penetrar en el siguiente par. Al efecto, este vástago se dobla en ángulo recto por la parte superior, mientras que por la inferior, que es la que constituye el electrodo negativo, está enroscada en espiral.

VII.—Pila Bunsen:

Con la mira constante de obtener la *despolarizacion* del electrodo, el físico Grove imaginó

en 1839 una pila en la que se satisfacía asaz cumplidamente aquella disposición mediante el empleo de sustancias muy oxigenadas.

Modificación de esta pila, que como la de Daniell es de dos líquidos, viene á ser la de Bunsen, tan conocida, y de la que nos vamos á ocupar. En ésta se sustituyó al platino, que para su electrodo negativo Grove empleaba, el carbon de retorta procedente de la destilación de la hulla en las fábricas del gas del alumbrado.

La pila de Bunsen exige, como la de Daniell, dos vasos: el exterior, que es de vidrio, ó mejor de gres barnizado, y el interior, de tierra cocida muy porosa. Este segundo vaso contiene ácido nítrico y el exterior agua acidulada con el ácido sulfúrico.

Ya hemos dicho que el electrodo negativo era el carbon; en cuanto al positivo es el mismo zinc dispuesto en forma de cilindro, y que descansa en el fondo del vaso, al par que por el extremo superior rebasa sus bordes. Unas pinzas, provistas de un tornillo, sirven para empalmar, formando un eficaz contacto, reóforos y electrodos.

Recomiéndase la pila de Bunsen por su energía, y al par por la constancia de su acción, cuyas cualidades, por ser recomendables en las aplicaciones de la luz eléctrica, hánle permitido

alimentar una lámpara de arco voltaico con sólo 60 elementos en batería.

Advertiremos, por último, que el entretenimiento de esta pila exige la mayor precaución á consecuencia de los vapores mefíticos que exhala.

VIII.—Pila Leclanché.

La sustitucion de los ácidos oxigenados por ciertos óxidos, tales como el peróxido de plomo y el bióxido de manganeso, ha sido origen de nuevas pilas, de entre las cuales daremos á conocer la de Leclanché, cuyas ventajas, allí en donde no se requiere una corriente continua, son indiscutibles.

Dos vasos, uno exterior de vidrio, y el poroso interior, contienen los elementos esenciales de la pila. El primero de ellos es cuadrado, recogién dose por la parte superior para formar un gollete, cuya boca circular ajusta casi con el vaso poroso. Así se cohibe la evaporacion de la sustancia que el de vidrio contiene. Forma el electrodo positivo una barrita cilíndrica de zinc que va contenida en el recipiente exterior, el cual, además, contiene agua con clorhidrato de amoniaco hasta la mitad de la altura del vaso poroso. Este se llena en partes casi iguales de

peróxido de manganeso y carbón de retorta. Un trozo de esta misma sustancia, guarnecida en la parte superior con una masa de plomo provista de un tornillo para efectuar el empalme con el reóforo correspondiente, constituye el electrodo positivo.

Tal es la pila Leclanché.

IX.—Pila Niaudet.

El reputado físico francés M. Alfredo Niaudet, ha dado á conocer recientemente en una Memoria leída en la Academia de Ciencias de París una pila de su invencion, en la cual el elemento despolarizador es el cloruro de cal. De las excelencias de la combinacion por el académico francés realizada, se hacen grandes elogios.

La pila consta de dos vasos. El electrodo positivo, que lo forma el zinc, se halla en el exterior, que contiene una solucion de sal marina, líquido sumamente conductor, en el que aquel metal se baña.

En cuanto al vaso interior, es de porcelana muy porosa, ó bien de papel pergamino. En este vaso se halla contenida junto al electrodo negativo, que es de carbon, la sustancia despolarizadora, es decir, el cloruro de cal.

Esta pila es económica, constante en su ac-

cion y nada peligrosa en su uso. El olor del cloruro de cal no se hace sensible, si, como lo recomienda el autor, se cierra el vaso con un tapon de corcho cubierto de pez, en el que se practica, sin embargo, un agujero por el que se vierte en el interior un poco de agua en el momento de entrar la pila en accion. Gracias á esta disposicion, la pila resulta, ademas, transportable.

X.—Pila termo-eléctrica.

Dos son los procedimientos que dejamos estudiados en sus actitudes características para el desarrollo de la electricidad; la frotacion y la accion química. Expondremos ahora muy sucintamente un tercero, el que ha dado origen á una clase de pilas llamadas *termo-eléctricas*, nombre con el que se expresa suficientemente cuál sea el generador de electricidad á que nos referimos: el calor.

El calor genera, en efecto, la energía eléctrica en los cuerpos, de la misma manera que la electricidad desarrolla el calor, segun habremos de ver más adelante.

Existen algunos cristales naturales, como la turmalina y el topacio, los cuales, tras la elevacion de su temperatura, manifiestan propieda-

des eléctricas. Este hecho, y alguno más anunciado por Volta referentes al estado termoeléctrico de los metales, eran ya conocidos cuando Seebeck, el primero, dió la más clara y elegante demostracion de la causa determinante de donde proceden todos. El movimiento calorífico en los metales determina en ellos corrientes eléctricas. Tal es la conclusion experimental debida á Seebeck.

Por lo demas, el medio de que se valió es muy sencillo. Se dobla por sus dos extremos una lámina de cobre de manera que forme una doble articulacion en ángulo recto cada uno de ellos, es decir, una especie de Z. La rama inferior y más corta se suelda á otra lámina perfectamente recta, de bismuto. En el hueco que entre las dos láminas queda se coloca una aguja imantada, con cuya direccion norte-sur se hace coincidir la posicion longitudinal de los metales.

Tal es el aparato de que Seebeck se sirvió.

Ahora bien, para reconocer la existencia de la corriente en este instrumento en cuanto el calor haya elevado su temperatura, basta calentar una de las soldaduras de los metales. La aguja se desviará al poco rato, y el sentido de la desviacion nos indicará el de la corriente. Esta, pues, recorrerá el cobre desde la soldadu-

ra calentada á la soldadura fria. Cuanto mayor sea la diferencia que entre sí guardan las temperaturas de éstas, así será más enérgica la corriente que entre ellas circula.

Los metales cuya combinacion produce mejores resultados bajo el punto de vista de la intensidad de la corriente, son el bismuto y el antimonio. Aquella resulta, sin embargo, relativamente muy débil, por excelentes que sean las condiciones de la combinacion verificada.

Con esos elementos dispuso M. Nobili una pila termo-eléctrica, que es la más comunmente usada en las aplicaciones científicas de calorimetría, únicas casi á que estos generadores de electricidad han sido dedicados. Con ella y el *galvanómetro*, instrumento especial destinado á medir la intensidad de las corrientes, construyó el físico italiano Melloni su *termo-multiplificador*, instrumento delicadísimo que se aplica precisamente á los usos de que dejamos hecha referencia.

XI.—Voltámetro.—Descomposicion del agua.—Recomposicion.—Descomposicion de las sales.—Ley de los equivalentes químicos.—Galvanoplastia.

Las funciones especiales de la pila *hidroeléctrica*, nombre por el que aún no habíamos designado la que se funda en las acciones químicas.

micas, son muy variadas. La corriente eléctrica que en esa pila tiene su origen constituye uno de los estudios más árdulos y complexos de la electricidad, ya se la considere en las causas íntimas y misteriosas que la generan, ya en las condiciones variabilísimas de su desarrollo y propagacion, ó bien en los efectos mismos que de su accion en los circuitos se obtienen, y entre los cuales se comprenden las aplicaciones admirables que han nacido del estudio de la electricidad.

Estudiar, ni aún superficialmente, la corriente bajo tan variados aspectos, nos sería imposible. Impórtanos empero darla á conocer en alguna de sus más culminantes cualidades, y mientras llega la ocasion de verla manifestar su influencia como potencia mecánica, como origen de luz y de calor, la examinaremos en el más fundamental de sus atributos químicos, ántes de entrar en la exposicion de los fenómenos que constituyen el lazo de union entre el magnetismo, de que muy someramente ya hablamos, y la electricidad, cuyos principios fundamentales aún nos ocupan. Estos fenómenos serán objeto del siguiente capítulo.

La corriente eléctrica, al atravesar un cuerpo compuesto, separa, en general, los elementos químicos, los cuerpos simples de que el cuerpo

está formado. Estos elementos se transfieren á los electrodos, por los cuales penetra, y sale la corriente que opera la descomposicion.

Esta accion electro-química se obtuvo primeramente en el agua, y los resultados de la descomposicion vinieron en apoyo de los hechos sentados por el químico insigne Lavoisier, quien por medios no eléctricos habia verificado la misma descomposicion.

Para obtenerla es preciso introducir en un vaso que contiene agua ligeramente acidulada, dos hilos de platino unidos á los reóforos de una pila. En cuanto la corriente penetra en el circuito y atraviesa el agua, surgen del seno de ésta burbujitas, indicio de la accion disolvente de aquélla, las cuales, como por una seleccion misteriosa, se encaminan á un determinado electrodo. Si rodea á cada uno de estos un tubo de vidrio ó probeta, descansando en el fondo del vaso en que se produce la descomposicion, dentro de las probetas se recogen separadamente los dos gases de que el agua se compone, y en la proporcion que el análisis químico habia revelado: dos partes de hidrógeno y una de oxígeno.

El instrumento que dejamos descrito, y que representamos en la figura 6, se llama *Voltámetro*.

Este nombre no se hallaría justificado si el voltámetro no fuera, como realmente es, un instrumento de medida para las cantidades de electricidad, según hemos de ver muy pronto.

Veamos ántes cómo se comprueba la acción sintética, por decirlo así, del experimento.

Podemos, por ejemplo, en vez de dos probetas emplear una solamente. En este caso se habrán recogido en ella los dos gases, de cuya unión habrá resultado una mezcla detonante, de la que, combinada, vuelve á aparecer el agua.

Citemos aún otro experimento.

En un vaso tenemos una solución de nitrato de plomo, es decir, una sal compuesta de ácido nítrico, oxígeno y plomo. Al introducir en el vaso los extremos libres de los reóforos de una pila, el electrodo ó extremo negativo, se cubre de partículas cristalinas, procedentes del metal contenido en la sal; este metal es el plomo. Al otro electrodo acuden el oxígeno y el ácido nítrico.

Este experimento ha servido de punto de partida para llegar al procedimiento de la Galvanoplastia.

Si en vez del nitrato de plomo se hubiese empleado otra sal, el sulfato de cobre, por ejemplo, y en el electrodo negativo hubiésemos colocado el molde hueco en gutapercha de una

medalla cualquiera, en éste habria venido á depositarse el cobre de la sal, apénas la corriente iniciára su accion disolvente. En esto consiste la galvanoplastia, y por un procedimiento análogo se obtiene el plateado y dorado galvánicos tan comunes en nuestros días.

Volvamos á nuestro anterior experimento.

Si se calcula el peso del plomo depositado en el electrodo negativo, y los del zinc disuelto en cada uno de los elementos de la pila, de cuya corriente se ha obtenido la descomposicion, se observará que estos últimos pesos son perfectamente iguales entre sí y proporcionales al peso del plomo; es decir, que las cantidades que resulten son precisamente las que representan las proporciones en que mutuamente se pueden reemplazar en cualquier combinacion química el zinc y el plomo; ó lo que es lo mismo, el peso de los elementos separados dentro del circuito total, se halla subordinado á la proporcionalidad establecida para los equivalentes químicos.

Esta ley general é importantísima de que sólo tan ligerísima idea podemos dar es debida á Faraday.

Partiendo de su fijeza y de la observacion prévia de los efectos *electrolíticos*—que así se llaman los de las descomposiciones químicas

por la pila, ó *electróliza*, de que nos acabamos de ocupar—que se obtienen con un número determinado de elementos voltaicos, puede llegarse á la nocion de cantidad eléctrica y adoptar ésta como tipo de medida para otras cantidades, y este es precisamente el objeto que cumplidamente llena el *Voltámetro*, segun apuntamos en otro lugar.

Este instrumento es debido asimismo á Faraday.

CAPÍTULO IV.

ØRSTED, AMPERE Y FARADAY.

I.—Preliminar.—Descubrimiento de Ørsted.—Trabajos de Ampere.—Electro-dinámica.—Electro-magnetismo.—Solenoides.—Galvanómetro.—Electro-íman.

Se concibe que el descubrimiento de un generador eléctrico tan permanente y flexible como es la pila, haya señalado un progreso grandísimo en la utilizacion del agente universal que estudiamos; y así ha sido en efecto. La química principalmente aprovechóse ántes que otra rama alguna de la ciencia ó manifestacion de la humana actividad, del motor singularísimo que Volta habia concebido; así que no quedaba á los pocos años cuerpo alguno, por refractario

que fuese, que hubiese resistido á la potente accion disolvente de la pila. Todos fuéron mostrando, uno tras otro, á la escrutadora mirada de los sabios, los elementos diversos que formaban su íntima é individual composicion. La química, pues, avanzó desde aquel punto á su actual asombroso estado de progreso con pasos de gigante.

Empero fuera de esta parte importantísima de la ciencia, mostrábase estéril la electricidad en aplicaciones fecundas, siendo aún tan insuficientes los elementos que de su estudio habian resultado. Un hecho casual abrió el horizonte y fué la aurora de descubrimientos admirables.

Ørsted, físico de Copenhague, unió por vez primera, en 1820, los extremos libres de dos reóforos. Hasta entónces venía observándose la pila tan sólo bajo el punto de vista de la tension eléctrica que en aquéllos se manifiesta. Unió los reóforos, pues, en la vecindad de una aguja imantada, y fué grande su asombro al reparar las oscilaciones á que ésta última se entregaba.

Este hecho, publicado, fué el rayo de luz que necesitaba la inteligencia superior de Ampere para concebir aquella hermosa teoría que ha hecho imperecedera su memoria.

Ampere estudió y comparó entre sí los cir-

cuitos cerrados y pudo trazar las leyes que presiden á la accion mútua de las corrientes: así nació *la electro-dinámica*.

Sustituyó á las corrientes, en sus experimentos, el iman, y por la identidad de resultados dedujo la identidad de origen de las fuerzas, ántes reputadas distintas, que en los imanes y las corrientes operan: el magnetismo y la electricidad. Así creó el *electro-magnetismo*.

Hizo más; descendió con la antorcha del cálculo hasta las profundidades de una descomposicion ideal, en átomos casi, de los circuitos y del cálculo obtuvo la confirmacion más brillante que de su sagacísima induccion experimental se podía esperar.

De esas admirables leyes y de los experimentos de que fuéron sábia deduccion, sólo una idea muy ligera podemos dar.

Acometamos, pues, nuestra tarea.

El hecho capital de donde se derivan todos los fenómenos de la electro-dinámica, consiste en las atracciones ó repulsiones, segun los casos, que observó Ampere entre circuitos recorridos simultáneamente por una corriente. La direccion relativa de éstas determina el carácter de aquellos movimientos.

Vamos á citar un ejemplo de esta mútua accion.

Tenemos una caja de madera dividida en dos mitades, en la cual se deposita mercurio. Un hilo doblado de tal modo que sus dos extremidades penetren respectivamente en el mercurio de ambos compartimientos, flota libremente en él.

Las dos masas líquidas resultan por tanto en comunicacion. Si se introduce súbitamente en la caja y enfrente de las extremidades del hilo los reóforos de una pila, aquél retrocederá como si huyera la proximidad de los reóforos. Existe, pues, una accion repulsiva entre el flotado y el mercurio apénas los recorre una corriente vol-táica. El hecho más inmediato que de este fenómeno se desprende, es que dos porciones contiguas de una misma corriente se rechazan.

Ampere imaginó muchos instrumentos para la observacion de estos fenómenos, en cuya descripcion no nos es posible entrar; de sus leyes sobre la electro-dinámica sólo la más importante vamos á citar, ya que no nos sea posible demostrarlas experimentalmente todas. Esta ley es la siguiente:

1. Dos corrientes paralelas se atraen si avanzan en igual sentido, y se rechazan cuando marchan en sentido opuesto.

Ampere reconoció la accion directriz que la tierra ejerce en una corriente cerrada móvil; y

cuando hubo reunido una serie de corrientes circulares sobre un eje comun, y experimentado la influencia que en sus movimientos asimismo aquella desempeña, vió que el instrumento así constituido, á que llamó *solenoides*, tendia á colocarse en un plano sensiblemente perpendicular al del meridiano magnético.

Comparó estos fenómenos con los del magnetismo, y teniendo en cuenta la estrecha analogía que entre los movimientos del iman y los del solenoide, bajo la accion de la tierra, existe, examinó la influencia que uno y otro ejercian entre sí, y de este estudio nació la electro-dinámica. Demostró que el solenoide participa respecto de otro solenoide y de la tierra de iguales propiedades que el iman, y de experimento en experimento y de analogía en analogía, sentó la hipótesis, en conclusion, de que un iman no es más que una serie de corrientes circulares ó de solenoides diminutos, cuyos polos de igual nombre están dirigidos hácia un mismo lado.

Esto por lo que atañe á la idea general que precisaba dar de las dos nuevas teorías importantísimas que nos ocupan.

Fijemos, empero, algo más circunstanciadamente, la atencion en algunos de los fenómenos del eletro-magnetismo.

Cersted no se limitó á reconocer las desviaciones de la aguja ante la proximidad de una corriente. Estudió el hecho, y vió que la aguja caía en la inmovilidad despues de colocarse casi perpendicularmente á la direccion que seguia la corriente (fig. 7.^a).

Esta desviacion se produce tanto si la corriente pasa por encima como por debajo de la aguja. Si pues se dobla el hilo conductor de modo que pase por todos los puntos de una circunferencia en torno de la aguja, la fuerza que llamaremos directriz habrá aumentado. Multipliquense, pues, las circunvoluciones del circuito, y á cada nueva circunferencia resultará aumentada la desviacion (fig. 8.^a). Por este procedimiento puede llegar á multiplicarse considerablemente la accion de una corriente. La más débil, cuya influencia de otro modo no se hubiera podido notar, resultaria acusada en un circuito de esta manera dispuesto.

Tal es la teoría del *multiplicador ó galvanómetro*, cuya funcion más adelante habremos de ver.

Supongamos ahora una corriente rectilínea marchando en presencia de una barra de hierro dulce (fig. 9.^a).

Como si esta fuera un solenoide bajo la influencia de la corriente, sus corrientes circulares

se orientarán; más claro, el hierro dulce adquirirá la imantacion, y por ella dos polos *n s*, y un punto neutro. Mientras dure la corriente rectilínea poseemos, pues, en la barrita, un imán *artificial temporal*.

Si por un procedimiento análogo al que hemos seguido en el caso del multiplicador formamos con el circuito circunvoluciones alrededor del hierro dulce, á cada circunvolucion que se añada, la imantacion de la barrita aumentará (figura 10).

De ahí ha venido la idea del *electro-imán*.

Este instrumento, de suma importancia como muy pronto habremos de ver, sólo posee la fuerza de atraccion propia del imán cuando la corriente recorre el circuito que rodea á la barra, y la pierde en seguida que aquella cesa en virtud de la escasa fuerza *coercitiva* de que el hierro dulce está dotado.

Es comun dar al electro-imán la forma de una herradura. La fuerza magnética que en ellos se puede desarrollar varía con las circunvoluciones de hilo y con la energía de la pila. Han llegado á construirse electro-ímanes capaces de sostener un peso de 1.000 kilos pendiente de la armadura. El circuito de hilo muy delgado de que está formado el electro-imán se llama *bobina*. En la figura 11 representamos un doble

electro-iman con su armadura EF , y ejerciendo sus polos CA su acción magnética sobre otra barra.

Tales son las nociones compendiadísimas que podemos dar de las teorías de Ampere.

Ocupémonos ahora de los trabajos de Faraday.

II —Inducción electro-dinámica.—Experimentos de Faraday.—Definición.—Bobina Rhunkorf.

Estudiando la electricidad estática vimos lo que era la electrización por influencia ó á distancia, es decir, la *inducción*. Ahora averiguaremos la influencia de la misma electrización en los circuitos.

Los trabajos que en este sentido llevó á cabo Faraday son el digno complemento de los de Ampere que acabamos de examinar, y ellos fueron para la ciencia eléctrica fuente abundantísima de un ignorado poder, cuya manifestación más admirable hallaremos al tratar de las potentes máquinas electro-dinámicas que han sido su fructuosísima consecuencia.

Existe una diferencia entre la inducción que ya conocemos y la que ahora nos va á ocupar. Aquélla es la llamada electro-estática; ésta electro-dinámica; y sus resultados respectivos,

como pronto hemos de ver, no guardan más analogía que los nombres.

Examinemos los principales fenómenos de inducción electro-dinámica.

Disponemos de una bobina $A B$ (fig. 12), cuyos dos extremos están unidos al circuito de un galvanómetro. Ya sabemos que la aguja de éste sufre una desviación al pasar la electricidad, añadamos, para lo sucesivo, que esta desviación medida en un disco graduado, sobre el cual gira la aguja, da á conocer la intensidad de la corriente; el sentido de ésta lo revela además el de la aguja.

Poseemos también una bobina menor $C D$. Los extremos del hilo de ésta constituyen los reóforos de una pila; es decir, que las espirales se hallan recorridas por una corriente.

Para nuestro experimento hemos de imaginar que en un principio las dos bobinas están separadas.

Supongámoslo así y procedamos á introducir la bobina menor en el hueco de la mayor. Si al verificarlo nos fijamos en el galvanómetro, veremos á la aguja salir súbitamente de su estado de reposo. Su desviación acusará una corriente instantánea marchando en sentido opuesto á la que recorre la bobina $C D$. Será, pues, una corriente *inversa*. La aguja volverá á su es-

tado de reposo en tanto que no movamos la bobina menor. Saquémosla, con todo, y en el mismo instante observaremos una nueva desviación; ésta, sin embargo, será en sentido contrario de la primera: se habrá originado, por tanto, una corriente *directa*.

Tal es el experimento capital de Faraday.

Si dentro de la bobina mayor promovemos iguales movimientos de una manera viva, reiterada, á cada uno de de ellos aparecerá en el circuito de *AB* una corriente de instantaneidad suma y de una alternativa perfecta en su sentido.

Igual fenómeno obtendremos, si en vez de producir estos movimientos verificamos frecuentes interrupciones en el circuito de la pila, abriéndolo y cerrándolo por un procedimiento mecánico cualquiera.

Un selenoide posee las mismas propiedades que el iman. Si pues á la bobina móvil sustituimos un iman, ninguno de los efectos del experimento variará.

La bobina *CD* recorrida por la corriente de la pila y móvil se llama *circuito primario*, ó bien *circuito inductor*; y la bobina mayor, en cuyas espirales toman origen las *corrientes de inducción*, se llama *circuito inducido*.

Hemos compendiado, pues, lo más esencial que á la teoría de inducción se refiere.

En estos fenómenos se basa directamente la *bobina Rhumkorf*, en la cual la electricidad de tensión adquiere una potencia formidable.

La bobina Rhumkorf suministra la imagen más perfecta del rayo; sus chispas llegan á adquirir una longitud de 80 centímetros. El mérito más relevante, sin embargo, de este admirable ingenio bajo el punto de vista científico, consiste sin duda alguna en que transforma en electricidad estática la dinámica de la pila.

La bobina Rhumkorf, de la que no podemos dar una descripción completa, consiste en una doble bobina. La interior, de hilo grueso, recibe la corriente de una pila voltaica. La exterior, de hilo muy sutil y de enorme desarrollo, es la que experimenta la influencia de la primera y produce las corrientes de inducción. Un aparato especial ingeniosísimo llamado *interruptor* y debido á Fizeau, sirve para quebrantar, digámoslo así, la continuidad de la corriente de la pila. Gracias á estas interrupciones que vienen á hacer oficios del movimiento inductor de que acabamos de hacer mérito, la inducción se manifiesta y con ella surgen las poderosas corrientes de gran tensión, uno de cuyos efectos ya conocemos.

CAPITULO V.

TELEGRAFÍA ELÉCTRICA.

I.—Ojeada histórica.

La idea de la telegrafía, es decir, el procedimiento, ciencia ó arte mediante el cual se puede *escribir á distancia*, debió acudir espontánea súbitamente al espíritu de los primeros deslumbrados experimentadores del agente electricidad; y así sucedió en efecto.

Ciertamente que la idea, despojada del artificio que habia de emplearse para realizarla, no era nueva; desde los primeros esbozos de civilizacion que registra la Historia, desde las primeras aspiraciones que á la universalidad y al progreso manifestaron los hombres, comprendióse ya la necesidad de suplir con el arte la limitacion de los medios naturales que para la propagacion rápida del pensamiento á grandes distancias el sér humano poseia. Esta necesidad sentida, y tras muchas tentativas imperfectísimamente llenada, nunca, empero, se vió cumplidamente satisfecha. Los medios empleados por la antigüedad y por las generaciones que en siglos ménos remotos han perseguido el ideal de

un sistema de telegrafía rapidísimo, sólo podían consistir en la mejora relativa de los procedimientos de suyo muy deficientes que esas civilizaciones poseían. Faltaba el agente cuya sabia utilización pudiera corresponder al ideal de velocidad que ya entonces para las comunicaciones se concebía, y en defecto de él apelábase con lógica elección al empleo de la luz y el sonido, otros agentes naturales también, pero de cuyo uso sólo beneficios precarios se podía reportar, careciendo el hombre á la sazón de los instrumentos auxiliares que han venido á reforzarlos.

La Historia registra, en efecto, muchos procedimientos de telegrafía sobre esa base imaginados; en todos se trata de señales más ó menos ingeniosamente combinadas con antorchas, fogatas, humaredas ó banderas, mas su bondad y alcance los limitaban en toda ocasión la ausencia de un sistema alfabético que subviniera y se amoldara á todas las formas del pensamiento, y la multiplicación enorme de puestos de señales que precisaba establecer, á falta de los instrumentos ópticos que pudieran aproximar los puntos relativamente alejados.

En estas tentativas, no siempre vanas, pero tampoco para la práctica regular de un sistema verdaderamente fructuosas, trascurrieron mu-

chos siglos y llegaron los albores de la gran revolución francesa, en que ya los fenómenos de la electricidad eran objeto de las esperanzadas investigaciones de los doctos. Entónces hubo de arraigarse, sin duda, en el ánimo de todos, la posibilidad de realizar por medio de aquél agente físico, cuya rapidez fulmínea, bien que de una manera imperfecta ya se habia experimentado el ideal de tantos siglos, y coincide precisamente con la esterilidad de las primeras tentativas que en este sentido se hicieron, el triunfo glorioso de los hermanos Chappe, cuyo telégrafo óptico de señales fué ensayado á la sazón y practicado desde luégo.

La telegrafía acababa de penetrar con segura planta en el dominio de las aplicaciones prácticas.

El telégrafo Chappe, de una rapidez y perfección puramente relativas, nació, pues, al calor de aquella gran conmoción social que dió saludable y vigoroso impulso á las ciencias de la paz y el progreso, aún en medio de los horrores de la guerra en que hubo de vivir perpetuamente. Fuéron los primeros frutos del hermoso invento para la Asamblea patriótica que en momentos de angustia para su país le habia adoptado; y su mision sólo terminó, cuando, poseedora ya la ciencia de esos ingenios admi-

rables, merced á cuya aplicacion el pensamiento ya no halla trabas que paralicen su propagacion instantánea, cayeron las gloriosas torres para ceder el paso á su rival afortunado.

Morse, el pintor americano, y Wheatstone, el fisico inglés, derribaron con sus inventos eléctricos aquel gigante Briareo cuyos brazos innumerables agitábanse con fecunda actividad en el espacio.

Mas ántes que estos héroes del progreso dieran al problema cien veces secular de la telegrafía su maravillosa, su verdaderamente práctica solucion, muchos habian sido ya los esfuerzos que á los suyos afortunados habian precedido.

En el número de esos obreros de la ciencia cuya mision providencial hállase reducida á aportar la labor de sus vigiliass, la piedra de sus cavilaciones al grandioso edificio de una verdad perseguida que otros con la suya coronan, España posee dos nombres cuya aureola brillante contrasta con las tinieblas que oscurecen la aurora de nuestra regeneracion política y científica: Salvá y Bethancourt, médico afamado el primero, ingeniero ilustre el segundo, que florecieron al finalizar el siglo XVIII.

No podemos particularizar sus notables trabajos. Los sistemas que aisladamente idearon

eran excelentes hasta donde lo consentía la índole de la electricidad que utilizaban. Su deficiencia en gran parte al agente era debida, y aun así, el telégrafo que Salvá concibió pudo arrostrar con gloria el ensayo de una línea entre Madrid y Aranjuez establecida, y en presencia de Carlos IV y su corte ensayada.

El descubrimiento de la pila al fenecer el último siglo y los trabajos fecundos de Ørsted, Ampere, Arago y Faraday, abrieron nuevo y más holgado cauce á las investigaciones de la ciencia, no tardando ya los primeros esbozos de telegrafía, con auxilio de la electricidad dinámica buscada, en anunciar el carácter profundamente práctico y trascendental que acababa de darse al espinosísimo problema.

Seguir paso á paso las vicisitudes porque éste ha ido pasando, enumerar y estudiar uno á uno los inventos que á tanta altura á la telegrafía eléctrica han traído, sería, pues, de sobra prolijo, para ser en nuestro *Manual* intentado. Nos encerraremos, pues dentro de los límites modestos que nos corresponden, y rompiendo toda conexión y orden históricos, hablaremos de algunos sistemas con toda la extensión que la del libro nos consienta.

II.—Samuel Morse:

Samuel Morse, de quien por incidencia hemos hablado, es el patriarca de la telegrafía eléctrica. Su sistema, tras largas peripecias planteado en 1844 en los Estados de la Union Americana, impera aún hoy, no obstante los años trascurridos y el número considerable de inventos perfeccionadísimos en este período de tiempo realizados. Y es que el aparato Morse, lentísimo y todo como es junto á esos procedimientos admirables de trasmision aceleradísimas que cada día las administraciones telegráficas acogen y con laudable solicitud aplican, es por otra parte el más sólido, el más sencillito y resistente entre los que á compartir sus beneficios han venido. El aparato del físico y pintor americano está dotado de tal ductilidad, que por igual se plega á las facilidades estimulantes de un circuito en las mejores condiciones de aislamiento establecido, como á la desigualdad lenta y embarazosa de un conductor que deja en las sirtes de sus mil contactos con la tierra buena parte de la corriente que íntegramente por él circular debía.

De este sistema, pues, hablaremos el primero.

Mas ántes, permítasenos decir dos palabras acerca de su insigne autor.

Samuel Morse, ántes que físico, fué pintor y escultor muy distinguido. Dedicóse á la Física por vocacion, y vino á ser inventor por incidencia. Inicióle en la filosofía natural, segun á la sazón á aquella ciencia se llamaba, el profesor de Magnetismo del *Ateneo* en cuyo establecimiento docente ejercía el mismo Morse una cátedra. De su amigo recibió nuestro físico primerizo un electro-iman, cuya aparicion en Europa por aquellos tiempos ocurriera, y ese instrumento mismo le sirvió algun tiempo despues para construir su invento.

Concibió el plan de su sistema á bordo del *Sully* de vuelta de un viaje á Europa, y al calor de luminosas discusiones con el profesor Jakson y otras personas que con él viajaban, como así lo anunció al capitán del buque al despedirse de él, en ese misticismo profético que es propio del genio y del puritano.

Morse cumplió su promesa; poco tiempo despues ensayaba su aparato electro-magnético.

Las contrariedades que experimentó el inventor no son para contadas. De sus amarguras ha participado en toda ocasion el genio ántes de ver reconocida su obra. Desdeñado en América vino á Europa, en donde le aguardaba una

nueva decepcion, por lo cual, pobre y desalentado volvió su patria, en donde tras de algun descanso recobró á su ánimo abatido, el fuerte temple yankee que sabe doblarse, mas no se quebranta antè las dificultades que halla. Trabajó de nuevo cerca de sus compatriotas; insistió, porfió; logró evidenciar la bondad de su sistema en ensayos á que al cabo le invitaron, y así obtuvo del Congreso una subvencion de 30.000 pesos para realizar en más vasta escala su proyecto.

Esta buena fortuna no era más que relativa. El voto del Congreso no daba por sí sólo carácter ejecutivo al *bill* de subvencion. Faltaba el del Senado, y los miembros de la egregia Cámara se mostraban más pródigos de promesas que diligentes en cumplirlas; y eran muchos, en efecto, los asuntos que habian de discutir ántes de llegar al *bill telegráfico*, que era la última esperanza del sabio inventor.

Un dia, Morse, el dia que precedió á su gran triunfo, llegó al colmo de la desesperacion.

Iba á cerrarse la legislatura. Faltaba tan sólo una sesion, tiempo insuficiente para que pudiera despachar el Senado la balumba de negocios bajo cuyo peso gemía el *bill*.

Lleno de afliccion y desánimo el profesor, exhausto de recursos ademas, abandonó la Cá-

mará y se dirigió á la posada, resuelto á salir de Washington al siguiente día. Su permanencia en la capital un día más hubiérale sido imposible.

Así se lo notició al fondista al auunciarle, tras del relato de sus cuitas, su firme resolucion.

Hallábase en aquel momento en la sala de la fonda una jóven, á quien las desgracias del inventor hubieron de afligir. De repente, como impulsada por una resolucion súbita, y no obstante ser desconocida del profesor:

—Tenga V. ánimo, le dijo; yo le protegeré á usted.

Morse se sintió más conmovido que estupefacto ante aquella inesperada y calurosa excitacion.

Sonrió á la niña bondadosamente, y no sin amargura le expresó su gratitud. Era aquella hija del director de la seccion de patentes en el Ministerio, Mr. Ellsworth, de cuya casa eran tertulianos habituales muchos senadores y hombres de influjo en el país. En ellos confiaba la generosa jóven; y en cuanto hubo recabado del inventor la promesa de diferir un sólo dia su partida, se encaminó á su casa para dar principio á sus trabajos.

Los primeros no fuéron ciertamente infructuosos. Por de pronto obtuvo la intrépida Miss.

promesa de aquellos indolentes padres conscriptos de prorogar un día la legislatura. Después se dedicó á captar voluntades y recabar votos para el proyecto que apadrinaba; y al llegar el momento supremo de la sesión, se instaló en el sitio más visible de la tribuna, desde el cual era su presencia aguijón para los somnolentos senadores, de cuya actividad se requería un esfuerzo de atención no acostumbrado. Así se desbrozó rápidamente el camino que obstruía el acceso del *bill* telegráfico á la discusión. Sonó el momento de votar. Cuatro minutos después, al dar el reloj las cuatro campanadas de la madrugada, se levantaba la sesión y se declaraba cerrada la legislatura.

Morse era deudor á la noble y entusiasta actividad de Miss Ellsworth de la aplicación de sus sistema. Pocos meses después, en Mayo de 1844, éste se inauguraba brillantemente en una línea de algunas leguas, tendida en Washington y Baltimore.

VI.—Aparato Morse.—Pararayos.—Conmutadores.—Timbres eléctricos.—Alfabeto Morse.

Examinemos ahora, siquiera sea superficialmente, la obra de Samuel Finley Brees Morse.

Conocido el principio de la imantación temporal del hierro dulce cuando le rodea una bo-

bina y recorre el circuito de ésta una corriente, es fácil comprender lo más esencial del sistema.

Supongamos que introducimos en un circuito cerrado uno de estos electro-imanés. Se comprende que habrá que enlazar los dos extremos del hilo de la bobina á los dos extremos libres de los reóforos de una pila. Siendo continua la acción de las corrientes en este circuito, claro está que la imantación del hierro dulce habrá de ser permanente. Además, si en el campo magnético de este electro-íman colocamos una palanquita de hierro en aptitud de moverse, merced á un resorte tensor convenientemente colocado en el promedio de la palanquita, ésta experimentará la atracción del electro-íman, y venciendo la resistencia del tensor, se adherirá al núcleo de hierro dulce de la bobina.

Mas si interrumpimos la continuidad del circuito, y la corriente voltaica suspende su acción, el electro-íman perderá su magnetismo y la palanquita se apartará, solicitada por la fuerza del tensor.

Cabe, pues, producir en esta palanquita movimientos de vaiven, es decir, atractivos y repulsivos en correlación con las imantaciones y desimantaciones del electro-íman, siempre que de una manera conveniente se quebrante la continuidad del circuito, ó lo que es lo mismo,

se produzcan emisiones intermitentes de corriente.

Esto es lo que en el fondo viene á suceder en el sistema telegráfico del sabio pintor americano.

Supongamos un circuito dentro del cual se hallan los siguientes elementos: En primer lugar una pila. El reóforo positivo de ésta hará oficios de hilo conductor, y su extremo libre, así como el del reóforo negativo, los introduciremos en la tierra unidos á una plancha de cobre enterrada, á ser posible, en sitio húmedo. Con este procedimiento, debido al físico monsieur Steinhell, se conserva el circuito al traves de la tierra, y se evita la union, á veces á larguísima distancia del reóforo negativo con el positivo. En un punto cualquiera del conductor, al final, por ejemplo, introduciremos un electroiman doble, de la manera que más arriba dejamos indicada. No existiendo más elementos que éstos en el circuito, ni la menor solución de continuidad, tendremos el caso, que ya hemos citado, de la imantacion permanente de hierro dulce del electro-iman. Introduzcamos, pues, en el circuito el instrumento que representamos en la fig. 13, y las condiciones de aquella continuidad habrán variado por completo.

El instrumento de que hacemos uso es la re-

presentacion teórica de un *manipulador* del sistema Morse; viene á ser el interruptor de nuestra hipótesis.

Lo describiremos, así como sus funciones importantísimas, someramente.

Consiste en una palanca de metal AOB , móvil, merced al eje O de igual sustancia, que descansa en un soporte de madera. En C y en D posee dos contactos, entre los cuales oscila la palanca bajo el impulso de la mano que gravita sobre el mango de madera B . La interposicion de este instrumento en el circuito se verifica por medio de una borna en comunicacion metálica con el eje O , y á la cual se empalma el extremo del conductor de línea, que se supone cortado en este punto. El otro extremo, que es el que va á la pila, comunica con el contacto D .

Como quiera que en la posicion de reposo del manipulador no existe contacto entre D y la palanca, el circuito se halla interrumpido ó abierto. Mas si por un movimiento de la mano sobre el boton B inclinamos la palanca, la corriente que llega al contacto D invade aquella, y por el eje O y la comunicacion interior de que hemos hablado, pasa á la línea. Es decir, que el circuito entónces se cierra, surge una corriente, y ésta produce la imantacion del nú-

cleo del electro-iman. En ese movimiento el contacto en *A* ha cesado; ya veremos despues su especial funcion.

Resulta, pues, que con la imantacion del órgano electro-magnético se habrá producido una atraccion de la palanquita, que suponemos establecida enel campo magnético de aquél; esta palanquita se adherirá al hierro dulce miéntras en el circuito no se produzca una nueva interrupcion. Produzcámosla, y la palanquita, no atraida ya, se apartará incontinenti bajo el esfuerzo del tensor. Bajemos de nuevo el manipulador, y el mismo efecto se renovará. Esta sucesion de imantaciones y desimantaciones cabe obtenerlas con sólo bajar y levantar el manipulador; y con ellas se obtendrán las oscilaciones rápidas ó lentas de la palanquita del electro-iman.

Tenemos ya con estos solos elementos los órganos indispensables para constituir un telégrafo acústico. Veámoslo.

Supóngase que poseemos un sistema alfabético en que las letras quedan sustituidas por una combinacion especial de puntos y rayas. Esto sólo para su representacion gráfica.

Mas en nuestro caso supongamos ademas que una adherencia algo prolongada de la palanquita en el hierro del electro-iman equivale á una raya (y así se obtiene, en efecto, segun

en seguida habremos de ver); y que un contacto rápido viene á ser un punto. Como estos contactos desiguales la mano que pulsa el manipulador los puede producir, bastará que aquélla verifique y suspenda los contactos de la palanca, con arreglo al alfabeto convencional y de una manera, á ser posible, rítmica, metódica, regular, para que los sonidos lentos ó rápidos que al caer sobre el electro-iman la palanquita produzca, sugieran la rápida reconstitucion mental de las palabras y frases cuya traduccion en movimientos mecánicos la mano del operador ha realizado.

Este telégrafo no es hipotético, ni teórico siquiera. La telegrafía en América, á la que con preferencia se pide velocidad, se verifica generalmente de esta manera. En Europa no se permite á los telegrafistas fiar al oído la seguridad de las comunicaciones.

Para ello posee el mismo sistema Morse la parte no eléctrica, que llamaremos impresora, de la que habrá de sernos fácil ya dar una idea á nuestros lectores.

En la fig. 14 representamos el aparato destinado á la recepcion de los telégramas.

En *B* existe el electo-iman doble, y en *VY* la palanquita móvil por medio de un resorte antagonista indicado en *E*.

Esta palanquita, por su extremo v , toca á una cinta de papel arrollada la cual, por medio de dos cilindros P q de rotacion contraria, se desenvuelve y arrolla en otra rueda no señalada en el dibujo. Un movimiento de relojería, encerrado en la caja SS , no tiene más objeto que el de procurar aquella doble y contraria rotacion. Este movimiento lo interrumpe el operador cuantas veces el desenvolvimiento de la cinta no es preciso.

Ahora bien, se comprende con sólo el examen de la figura, que al levantarse la extremidad v de la palanquita por ejercer en su extremidad opuesta su influencia atractiva el electro-iman, se comprende, decimos, que le siga en este movimiento de ligera ascension la cinta de papel, la cual por este hecho y al par que se desarrolla, tomará contacto con el disco a . De este contacto breve ó largo segun sea la atraccion que experimente la palanca, resultará para la cinta un trazo de tinta breve ó largo tambien, por hallarse constantemente humedecido de este líquido el disco, merced á su roce continuo con el rodillo T .

Véase, pues, cómo poseyendo un sistema alfabético de rayas y puntos cabe la trasmision rápida de todas las frases imaginables y en todos los idiomas conocidos.

Tal es lo más esencial del sistema Morse.

Mas ántes de concluir, completemos la des-

cripcion del manipulador teórico, de cuyo contacto C nada hemos dicho.

En nuestro relato, supusimos el caso de una estacion trasmisora y otra receptora solamente, lo natural es poseer una doble estacion en cada extremo del circuito, para que en cualquiera de éstos se pueda transmitir y recibir alternativamente. Esto no sucedia segun nuestra hipotesis, porque allí, estando el manipulador en reposo, la corriente de la línea quedaba cortada.

Si suponemos, pues, en cada estacion un manipulador de cuyo contacto C parte una comunicacion á las bobinas del electro-iman del receptor correspondiente, y que el extremo libre de estas bobinas va á parar á la plancha de tierra, el circuito de línea nunca resultará interrumpido, porque al llegar en cualquiera de las estaciones la corriente al eje O , como el manipulador está en reposo, pasa aquélla á C , y de aquí al electro-iman y á la tierra, con lo cual experimenta la necesaria imantacion el hierro dulce y se produce la llamada. El telegrafista así requerido, pulsa su manipulador, con lo cual va su corriente á la línea; y por los contactos OC del manipulador opuesto al aparato, y así empieza la trasmision.

Instrumentos auxiliares que son comunes á este sistema y á otros muchos de telegrafia existen

varios en cuya descripción detenida no podemos entrar. Hay por ejemplo, *pararayos*; instrumento cuya función consiste, como su nombre asaz claramente lo indica, en preservar á los aparatos y al personal de la estación de las descargas atmosféricas que suelen venir cabalgando en los conductores de línea. Una ligera desviación en los contactos de una manecilla que posee el instrumento, basta para cambiar el curso de las corrientes y dirigir las á tierra sin llegar á los aparatos.

Otro instrumento además existe llamado *conmutador*, cuyo empleo es el de producir cambios en la dirección de la corriente.

De los *timbres llamadores* de que también se sirve la telegrafía, vamos á dar una ligerísima idea, ya que su uso se ha hecho muy común, llegando á constituir lo que se podría llamar la telegrafía doméstica.

El timbre lo forma un electro-íman, en cuyo campo magnético se halla una armadura ó palanca fija por uno de sus extremos, y á cuyo extremo libre va unido el martillo. Junto á éste se encuentra la campana vibrante que produce los sonidos. Los extremos de las bobinitas del electro-íman forman parte de un circuito, en el que se introduce también una pila de uno, dos ó tres elementos á lo sumo, y que por lo común es Bunsen ó Leclanché. El círculo total

tiene una solucion de continuidad en un solo punto; en el boton pulsador. Este consiste en una guarnicion de madera de forma circular y cóncava abierta en su centro para dar paso á un botoncillo de hueso ó marfil, recubierto en su cara interior de una planchita de metal. Uno de los extremos del circuito está unido á esta comunicacion metálica del pulsador. El otro reóforo descubierto, ó bien terminado en otra laminita adherida al disco plano de madera que forma la base del pulsador, se halla en frente del boton, pero sin contacto con él en su posicion de reposo. La union de estas dos comunicaciones metálicas, con las cuales se cierra el circuito del timbre y de la pila, produce la llamada. Se comprende, en efecto, que al oprimir el boton y establecerse aquel contacto, penetra en el circuito una corriente, la cual imanta el electro-iman. La armadura cede entónces á la atraccion magnética y sus oscilaciones, determinando las del martillo que de sus movimientos es solidario, producen golpes repetidos en el metal de la campana, cuyo vibrante sonido sólo cesa en el momento de cesar la pulsacion.

Para completar en cuanto cabe la descripcion del sistema del sabio pintor-físico americano, acompañamos el alfabeto que rige hoy para las comunicaciones por dicho sistema.

ALFABETO MORSE

a	■ ■■■■
b	■■■■ ■ ■■ ■■
c	■■■■ ■ ■■■■ ■■
d	■■■■ ■ ■■
e	■
é	■ ■ ■■■■ ■■ ■■
f	■ ■ ■■■■ ■■
g	■■■■ ■■■■ ■■
h	■ ■ ■■ ■■
i	■ ■
j	■ ■■■■ ■■■■ ■■■■
k	■■■■ ■ ■■■■
l	■ ■■■■ ■■ ■■
m	■■■■ ■■■■
n	■■■■ ■■
ñ	■■■■ ■■■■ ■ ■■■■ ■■■■
o	■■■■ ■■■■ ■■■■
p	■ ■■■■ ■■■■ ■■
q	■■■■ ■■■■ ■ ■■■■
r	■ ■■■■ ■■
s	■ ■ ■■
t	■■■■
u	■ ■ ■■■■

V ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 W ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 X ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 Y ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 Z ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

1 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 2 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 3 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 4 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 5 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 6 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 7 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 8 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 9 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
 0 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ , coma
 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ; punto y coma
 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ! admiración
 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ? interrogante
 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ . punto y aparte
 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ : dos puntos
 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ . punto

VI.—Telégrafo de cuadrante de Mr. Breguet.

Entre todos los sistemas telegráficos hasta la fecha conocidos, el de *cuadrante* que inventó M. Wheatstone y reformó en Francia M. Breguet, es sin disputa alguna el más sencillo, bajo el punto de vista de su aprendizaje y ejercicio. En desquite de esta facilidad, es también el sistema más lento de telegrafía y el ménos apto para llenar las múltiples necesidades de un servicio activo como el que desempeñan las grandes líneas del Estado.

Aquella facilidad, empero, y la uniformidad de las comunicaciones que circulan por los hilos telegráficos afectos á la explotación de las vías férreas, indujo desde luego á las empresas á la adopción de este sistema. Su desempeño á las veces, se halla confiado á la mujer ó á la hija del más humilde factor, lo cual no habia de ser posible con cualquier otro sistema, que por el contrario exigiría de las compañías el dispendio de un personal especial inteligente, y tan numeroso como lo demanda la extensión de su servicio telegráfico.

Por esta circunstancia, por ser tan general el uso del telégrafo Breguet, como que es el único que la generalidad de las personas ha visto, dire-

mos de él cuatro palabras, las indispensables para que se tenga de su mecanismo alguna idea.

El sistema consta de un *manipulador* y 'un *receptor*.

Consiste el manipulador en un cuadrante de laton colocado sobre una tablita cuadrada de madera por medio de unos montantes de aquel mismo metal. En la superficie del cuadrante y en dos circunferencias concéntricas se hallan, en la interior las 25 letras del alfabeto y una cruz, y en la exterior los 25 primeros números y otra cruz. Una manivela fija en el centro, puede recorrer toda la circunferencia, y fijarse en cada signo, por medio de un diente que posee en el extremo de su cara interior, y que se adapta á una muesca practicada en la circunferencia del cuadrante y enfrente de cada signo.

Solidariamente con el manubrio, gira en la parte interior del cuadrante un disco de borde sinuoso, cuyas desigualdades corresponden alternativamente á las señales del cuadrante; es decir, que forman el borde de ese disco 13 curvas salientes y otras tantas entrantes. Coincide con estas sinuosidades, y sigue el movimiento de vaiven que ellas en su movimiento giratorio le imprimen, un vástago articulado, que se prolonga hácia la parte exterior del cuadrante, y

que está indicado en la figura. Este vástago, oscilando de continuo á impulsos de las desigualdades del disco, que llamaremos *interrup-tor*, establece contactos alternativos con los botones que se indican en el diseño. Estos botoncitos comunican, uno con la pila, y el otro con el apararo receptor de la misma estacion. Así, pues, segun que la palanca toque en uno ú otro contacto, así se dirigirá la corriente á la línea, ó se dejará franco el circuito de ésta, para que las corrientes que proceden de ella, es decir, de la otra estacion, lleguen al receptor de la que sirve para nuestra hipótesis; y como esas alteraciones en los contactos las determinan los movimientos del disco sinuoso, ó lo que es lo mismo, del manubrio trasmisor, ya se comprenderá que la posicion que éste ocupe en el cuadrante, equivaldrá á la emision de una corriente ó á la interrupcion del circuito local.

El aparato receptor es más complicado. (Figura 16). Consiste en una caja, en una de cuyas caras anteriores aparece un cuadrante de doble circunferencia y con iguales signos que el trasmisor. En vez de manivela, tiene una aguja de mica ó acero, que estando en reposo el aparato señala á las cruces.

El interior de la caja contiene el doble organismo del sistema; el eléctrico y el puramente

mecánico, que consiste en un movimiento bastante complicado de relojería, destinado á producir, bajo la accion de la armadura del electro-iman, las necesarias vueltas de una rueda dentada, con la que gira conjuntamente la aguja que aparece en el exterior. Como las imantaciones del electro-iman las determinan las interrupciones que produce el manubrio trasmisor y éstas son regulares, ha sido posible á M. Breguet hacer solidarios de aquéllas las rotaciones de la rueda dentada á que hemos hecho referencia, y que á cada interrupcion correspondiera una evolucion de la aguja con perfecto sincronismo respecto de las rotaciones del trasmisor, que es el órgano que las produce.

Se comprende por lo mismo que el punto de partida para los movimientos de la aguja y el manipulador haya de ser siempre la cruz, último contacto establecido en la trasmision que haya precedido, y que á partir de este signo sean todas las revoluciones en un sólo sentido, de derecha á izquierda, sin volver nunca atras la mano para señalar acaso la letra junto á la que se acaba de pasar. El final de la frase ó de una palabra lo anuncia la señal cruz.

Como se puede comprender, las señales obtenidas por este sistema son lentas y ademas fugaces. La trasmision no deja la menor huella,

no queda elemento alguno de comprobacion para las comunicaciones cursadas, lo cual es por sí sólo un grave motivo de desestimacion del sistema bajo el punto de vista de su aplicacion al servicio público.

VIII.—Aparatos impresores de M. Hughes.—De M. Bonelli.—De M. Olsen.

Sin la menor vacilacion puede incluirse en el número de las maravillas que la aplicacion de la electricidad ha originado, el sistema telegráfico del profesor americano Mr. Hughes. Su aparato harto tímidamente adoptado en España para subvenir á las necesidades de un servicio siempre en aumento, y para el que el Morse es de todo punto insuficiente, sólo lo ha sido á la vuelta de muchos años de habersele visto funcionar con notables resultados en las grandes naciones del antiguo y el nuevo continente.

El sistema Hughes no emplea alfabeto alguno convencional. Produce las comunicaciones impresas con caracteres tipográficos en una larga tira de papel, y esta sola innovacion, si otros méritos no tuviera el sistema, bastaria para colocar á su inventor en lugar muy prominente.

Sólo de un prodigio de mecánica como el que Mr. Hughes realizó, pudo obtenerse en efecto, una impresion tan difícil como aquélla,

y no ya en detrimento de la velocidad en la trasmision conseguida, sino ántes bien con notable ventaja de ella.

El aparato Hughes, de suma complicacion mecánica, por lo demas, se recomienda bajo dos aspectos; el de su velocidad en la trasmision y recepcion, y á causa de la impresion doble, en caractéres de imprenta, de las comunicaciones que por su medio se transmiten. Una impresion se produce á la par que se trasmite en la estacion trasmisora; y la segunda obtiénese con perfecta simultaneidad, mejor dicho, sincronismo, en la estacion extrema del circuito. Esta impresion es la que se comunica al destinatario, quedando la primera como objeto de comprobacion inmediata, y de registro en toda ocasion de las comunicaciones cursadas.□

Hemos dicho que el invento de Mr. Hughes era un prodigio de mecánica; y así es en efecto.

Obtener la reproduccion, la composicion si se quiere, de los telégramas en forma tipográfica, con la extraordinaria celeridad con que en ese sistema se produce, áun prescindiendo del agente eléctrico, que no es el principal órgano motor de tan maravilloso ingenio, contrasta tanto con las ideas acerca de aquella posibilidad formadas, que sin la práctica ya vulgar del sis-

tema, el hecho excedería los límites de lo creíble.

No cabe en breves páginas una descripción detallada del aparato. Sus partes esenciales son dos: la parte mecánica y la parte eléctrica, siendo muy sencilla la misión de esta última, pues consiste en levantar é inclinar en el momento de emitirse la corriente un disco, en cuyo borde descansa la cinta de papel en que la impresión del telégrama ha de verificarse. En cuanto á la parte mecánica, es mucha su complicación, siendo de ella motor una pesa de 60 kilos que el funcionario levanta, no obstante, con suma facilidad, por medio de un pedal.

Intentaremos dar una idea, siquier resulte muy incompleta y algo vaga, del aparato.

El transmisor y receptor constituyen una sola máquina, y dicho se está con ésto, que existe perfecta identidad en los aparatos colocados en ambos extremos del circuito de una línea. Es más, el movimiento de las piezas de dos de estas máquinas puestas en correspondencia ha de ser sensiblemente igual, para cuyo efecto se procura el sincronismo de los volantes de que cada una de ellas está dotada.

Un teclado con catorce teclas blancas y otras tantas negras, dispuestas como las de un piano, constituye la parte de transmisor del sistema.

En cada una de esas teclas está inscrita una letra del alfabeto, y además un número, ó algún signo ortográfico.

Verticalmente al plano de este teclado y enfrente de la complicada serie de ruedas que constituyen la parte mecánica del aparato, se halla la que es conocida por *rueda de tipos*. Forma ésta un disco, en cuya circunferencia se encuentran en relieve 26 caracteres correspondientes á los signos del teclado, y dos huecos, en relacion tambien con una tecla en blanco del mismo. Debajo de esta rueda hállase el disco móvil que hemos dicho obedecía á la accion de la electricidad, y entre una y otro circula la cinta de papel de desarrollo intermitente, pero obtenible á voluntad segun la impresion de los signos lo demande.

Hay además encima de la *rueda de tipos* un ródillo de bayeta que se tiene constantemente impregnado de tinta, á fin de que al rozar con él la rueda se humedezcan los caracteres.

Aparte todo el complicadísimo engranaje, cuyo fin exclusivo consite en dar movimiento á los órganos esenciales de que acabamos de hablar, existe otro no ménos importante y que se compone de una plancha circular fija en la mesa del aparato, cuyas funciones vienen á ser las de un conmutador. Un frotador giratorio en

un eje colocado en el centro de este disco recorre la circunferencia, en la cual hay practicados 28 agujeros. De estos agujeros asoma un gobio cada vez que se oprime una tecla, gracias al contacto interior que entre unos y otras existe. A estas piececillas de metal movable que la mano del operador levanta, acude la corriente de la pila que ante todo invade los resortes del teclado. Al girar el frotador por la superficie del disco toma la corriente que el gobio saliente le comunica y la dirige á un electro-iman doble que posee el aparato. Desde el electro-iman dirígese la corriente á la línea por un lado, y á la par se mueve un resorte especial, que es el destinado á levantar el disco móvil de que hemos hablado. Este, en efecto, pone á la cinta en contacto con la rueda de tipos en el instante en que ésta, por virtud de su solidaridad con los movimientos del frotador, ha girado rápidamente hasta poner en la parte inferior de la rueda el signo cuya tecla se ha pulsado. Ya se comprenderá que todos estos movimientos son de una instantaneidad y velocidad suma. Así queda impresa en la estación trasmisora la letra ó signo cuya pulsación se ha verificado.

Siendo idénticos los aparatos en ambos extremos de la línea é igual la velocidad que á su

mecanismo respectivo se comunica, claro está que los movimientos que se produzcan en el *receptor* han de guardar una analogía perfecta con los que en el *trasmisor* hemos examinado. De ahí la doble impresion simultánea de las comunicaciones en un extremo de la línea transmitidas.

Ya se comprenderá que las pulsaciones en el teclado pueden verificarse con extraordinaria celeridad: así es como se funciona en las líneas telegráficas. La destreza de los empleados en este tecleo es tal, que el límite de las combinaciones de letras ó signos que con las manos producen, lo determina la flexibilidad limitada de estas y la colocacion de las letras, que no siempre permiten abarcar varias á la vez. Cuando esto es posible, es decir, en las combinaciones de signos á que cada lenguaje se presta y que ya son conocidas, los dedos recorren con velocidad pasmosa el teclado y aún oprimen con impulso sensiblemente simultáneo varias teclas á la vez, dando por resultado una impresion muy rápida, aunque necesariamente correlativa de los signos pulsados. La vertiginosa rapidez con que verifica sus giros la rueda de tipos y el admirable sincronismo y la solidaridad perfecta que existe entre los complicados órganos de tan interesante máquina, son las causas que

determinan tanta facilidad en la trasmision.

En el aparato Morse se da curso, por término medio, á unos 20 telégramas de á 20 palabras cada uno por hora; el Hughes duplica sin esfuerzo este trabajo.

Podríamos citar algun otro sistema análogo al del ilustre profesor de Nueva-York. El más conocido es el de Bonelli, pero uno y otro amenazan quedar postergados por el que recientemente se ha ensayado entre París y Lille. Este sistema, debido á M. Olsen, parece bastante superior al que acabamos de describir. Puestos á igual velocidad el Hughes y el Olsen se ha obtenido la trasmision de 74 telégramas por hora en el primero, y 101 en el segundo, en igual espacio de tiempo. Pero concediendo al Olsen su velocidad máxima, que es superior á la del Hughes, su rendimiento se elevó á 125 despachos.

IX.—Pantelégrafo Caselli.—Aparato autográfico de M. Cowper.

Una vez se ha entrado en el dominio de las aplicaciones de la electricidad, pertenezcan éstas á la telegrafía ó á cualquiera de las ramas á que el empleo de aquel universalísimo agente ha dado origen, se camina de maravilla en maravilla. En punto á aquélla, que es el orden de

aplicaciones que en este momento nos ocupa, hemos presidido, digámoslo así, al nacimiento del primer sistema que dió solución práctica y brillantísima al problema. Dado este paso preliminar y victorioso, el afán inventivo de los sabios no reconoció límites. El alfabeto convencional de Morse tan bello, y que de tan variadas aplicaciones es susceptible, hubo de parecer lento é irregular, y una nueva solución aún más admirable de la telegrafía se reveló en el sistema Hughes. que eléctrica y mecánicamente allanaba dificultades que se habían creído insuperables. La rapidez, la belleza y la seguridad quedaban respetadas en la práctica de tan maravilloso sistema. Sin embargo, no constituía, ni en verdad podía constituir, el *summum* de los adelantos telegráficos. Era indispensable que al aparato Morse y al aparato Hughes, es decir, que al alfabeto del uno y á los hermosos caracteres tipográficos del otro se sustituyera otro aparato cuyo alfabeto fuera el común, y cuyos caracteres fueran los caracteres propios, autográficos, de cada uno; que cuantos signos, trazos y perfiles, y en una palabra, cuantas obras pueda trazar sobre el papel la mano humana, pudieran ser reproducidos fielmente. Esta idea colosal, atrevida, anidó en la mente de otro físico inglés, M. Bain; Juan Caselli,

abate florentino, la realizó con la necesaria perfeccion para poder pasar al dominio de la práctica.

Estudiemos compendiadamente esta obra de genio.

M. Bain fué autor de un telégrafo eléctrico químico contemporáneo del Morse, y su rival por mucho tiempo en los Estados de la Union. La accion de la corriente en una sustancia susceptible de ser descompuesta por la electricidad constituye la base fundamental de este sistema. Al mismo principio obedece el que ahora vamos á examinar, bien que la parte eléctrica sea en él de importancia verdaderamente secundaria.

M. Bain, como modificacion del aparato electro-químico, que produciendo por medio de una reaccion los trazos y puntos del alfabeto Morse, vió funcionar satisfactoriamente en su pais y en América, concibió el plan de dos superficies curvas metálicas colocadas en los extremos opuestos de un circuito y recorridas simultáneamente por un estilete, cuya punta, dotada de un movimiento rectilíneo horizontal, habia de pasar sucesivamente por todos los puntos de la superficie. Esta habia de recibir, ademas, de un mecanismo de relojería, un suave movimiento de rotacion.

En el platillo que podemos llamar trasmisor se depositaba el telegrama manuscrito en una hoja de estaño y con una tinta aisladora. En el platillo opuesto habia de colocarse otra hoja, aunque ésta muy distinta de la primera. El papel necesitaba estar impregnado de cianuro amarillo de potasio y hierro.

La condicion esencialísima de este sistema consistia en el perfecto *isocronismo* que en sus movimientos habian de conservar ambos estiletos, es decir, que las oscilaciones que uno y otro trazáran necesitaban tener la amplitud más rigurosamente uniforme.

Así resultaba que el movimiento del estilete trasmisor sobre la hoja de estaño, determinaba interrupciones de la corriente que pasaba por el platillo cada vez que la punta tropezaba con un espacio aislado por la tinta; y como el estilete receptor, bajo la accion de la corriente que al tocar al platillo se restablecia, provocaba una descomposicion en el papel y dejaba una huella azul á lo largo del recorrido, á cada interrupcion causada en el trasmisor, la accion química se suspendia y la raya azul quedaba cortada, apareciendo un espacio blanco de la extension del trazo de tinta que el estilete trasmisor habia recorrido. Así quedaban reproducidos en blanco en la estacion recep-

tora los caracteres en la opuesta manuscritos.

Este procedimiento elegantísimo y bello en cuanto á su esencialidad eléctrica, flaqueaba por la base cuando se quería dar solución á su principio más esencial; el isocronismo de los dos estiletes.

El problema fué reputado insoluble. Luchaba su resolución contra las ideas teóricas que de él los físicos tenían, y los esfuerzos vanos que por M. Bain y otros se hicieron, hubieron de confirmar á todos en esta opinion.

Uno solo pareció dudar, y su duda, como siempre acontece, fué la aurora de una maravillosa verdad. Caselli confió en sus fuerzas para acometer la árdua empresa, y tras largos años de labor incesante y de perseverantes tentativas, despues de arrostrar la sonrisa benévola-mente incrédula de no pocos sabios á quienes en su entusiasmo de sabio habia consultado, obtuvo al fin dos péndulos, enormes órganos, motores de su sistema, que colocados á inmensa distancia, trazaban oscilaciones simultáneas de la más idéntica amplitud.

Estos dos péndulos, de 2 metros de longitud cada uno, de hierro y lastrados en la parte inferior con una masa de plomo, trazan su curva sinusoidal bajo la acción atractiva de dos electro-ímanes dobles, colocados al pié de dos

montantes, tambien de hierro, que constituyen la armazon.

Dos cronómetros de marcha uniformada por un artificio especial debido al mismo inventor, y colocados uno en cada extremo de la línea, sirven para dar el isocronismo á aquellos péndulos. El péndulo particular de cada uno de los dos relojes, solo tiene la cuarta parte de la longitud de los péndulos mayores. Sus oscilaciones, pues, son dobles de las de estos últimos, y como á cada una de ellas producen la interrupcion de una corriente que, pasando por el reloj, se dirige luégo, alternativamente, á los electro-imanés, las imantaciones de éstos son intermitentes, pero alternativas tambien y regulares, lo que da un movimiento de vaiven uniforme al enorme péndulo, que así va cediendo, una tras otra, á las opuestas atracciones.

Solidario de esos péndulos es el movimiento de una palanca, la cual por medio de órganos auxiliares, que no sería fácil describir, viene á imprimir por último al estilete el doble movimiento de que ha de estar animado. Uno horizontal, con líneas paralelas muy estrechas, y otro en el sentido en que se desenvuelve la curva del platillo.

La accion eléctrica del sistema no se diferencia muy esencialmente de la que hemos

descrito al bosquejar el proyecto de M. Bain.

La estacion trasmisora solo manda su corriente al exterior, á la línea, en el momento en que por tropezar el estilete con la tinta aisladora con que se ha escrito en la hoja de estaño el despacho, no puede dirigirse por el mismo circuito local á la tierra, y ha de ir á buscar la tierra del circuito exterior, dentro del cual se halla la estacion receptora. Al llegar, pues, la corriente al estilete de ésta, penetra en el papel químico extendido en la superficie del platillo. Este papel está impregnado de una disolucion de cianoferruro de potasio y de hierro, y su descomposicion, por efecto de la corriente, va dejando en pos del estilete, á medida que éste avanza, y el fluido eléctrico persiste, una huella de azul de Prusia. Así, pues, cuantas veces el estilete trasmisor tropieza con la tinta del telégrama, tantas veces penetra una corriente en el estilete receptor, y éste imprime una rayita azul en el papel químico de la estacion receptora. Si los brazos de aquél son largos, larga será la huella azul; si breves, breve; y en suma, se habrá obtenido la completa reproduccion de las palabras ó diseños manuscritos con perfecta exactitud en una yuxtaposicion de rayas apretadas, cuyo conjunto nada deja que desear para la buena inteligencia de la comunicacion autografiada.

Dos minutos tan solo tarda el estilete en recorrer toda la superficie curva que podemos llamar inscriptora, porque en ella se fija el papel, y como en esa superficie que tiene 30 centímetros cuadrados, se pueden colocar algunos centenares de palabras, no cabe atribuir en rigor á este sistema, ya bajo otros conceptos tan bello, el defecto de lentitud que es vicio capital en materia de instrumentos telegráficos.

Con el modesto título de *Pluma Eléctrica*, ha dado á conocer M. Couper á la sociedad de Ingenieros de telégrafos de Lóndres, á principios del año pasado, un sistema completo de telegrafía autográfica, cuyo mayor defecto, á nuestro humilde entender, consiste en la limitacion que á su velocidad condena la limitada velocidad de la mano que escribe, y al par de la cual los signos se reproducen en la estacion receptora.

El sistema, empero, es bellísimo, y á diferencia del de Caselli, que acabamos de estudiar, no entran para nada en él los efectos químicos. La pluma transmisora que maneja la mano del expedidor, fija, merced á la disposicion del plano de la inscripcion, los valores de las coordenadas de los distintos puntos de que se componen las palabras. Como estos valores son variables, una combinacion especial de resistencias permite

la emision de corrientes proporcionalmente variables tambien, cuyas corrientes al llegar á la opuesta estacion, y gracias á un doble juego de electro-imanés que ejercen su accion sobre dos barritas de hierro dulce, comunican á la pluma dos movimientos recíprocamente perpendiculares; es decir, que por uno de ellos indica las abscisas, y por el otro las ordenadas, con lo cual, y la fijacion de los puntos transmitidos, acordes con los valores coordinados por medio de la tinta de que la pluma va provista, queda hecha la reproduccion autográfica del telégrama á considerable distancia escrito.

Tal es el último perfeccionamiento en la parte de telegrafia autográfica conseguido.

X.—Ojeada á los sistemas de trasmision múltiple, de Meyer y Stearns.—Duplex.—Cuadruplex.—Orduña y Golmayo.—Últimos sistemas múltiples impresores de Grandfeld y Baudot.

Todos los sistemas de telegrafia que acabamos de citar, realizan el ideal de la comunicacion del pensamiento por medio de la electricidad en su forma más bella, y hasta podríamos decir más analítica y sencilla. La suma de trabajo, de rendimiento telegráfico en ellos obtenido, hubo de parecer insuficiente á la vuelta de algunos años de docta investigacion, y entón-

ces fuéron brotando, como por una emulacion provechosa, nuevos sistemas que, sobre la base de los primeros, venian á constituir su multiplicacion y perfeccionamiento, dentro de la doble unidad, tiempo y conductor. Así nacieron los sistemas llamados automáticos, en los cuales la introduccion de un mecanismo férreo é infatigable que sustituyera al débil brazo humano que servía de trasmisor, trajo ya un aumento señalado en los servicios que de cada conductor se obtenian, y así tambien aparecieron poco tiempo despues esos otros procedimientos admirables que, fundados en el fecundo principio económico de la division del tiempo y el trabajo, han permitido la trasmision doble, cuádruple y hasta séxtupla de comunicaciones á un tiempo mismo y por un mismo conductor. Los sistemas de Meyer y Stearns están fundados en ese principio.

Estos sistemas, empero, solo permitian simultanear las trasmisiones en un solo sentido, lo cual constituia una grave limitacion. Así que pensóse en la manera de hacer compatibles las emisiones de corrientes encontradas de modo que su respectivo trabajo en la opuesta estacion ni cohibiera, ni por la corriente de ésta fuera cohibido, y el sistema *Duples*, que á la sazón se inventó, vino á realizar este propósito. Con el

Duplex cabe, pues, la trasmision simultaneada desde ambos extremos de un mismo conductor, y esta trasmision, como en los casos anteriores, se efectúa por el Morse ó el Wheastone automático; pues lo esencial en el sistema consiste en la disposicion del circuito, en el cual, mediante la introduccion de bien calculadas resistencias, parece trazarse un cauce determinado dentro del mismo hilo conductor á cada una de las contrarias emisiones.

Mas bien pronto el Duplex dejó de satisfacer las aspiraciones de los hombres de ciencia, y un nuevo sistema *Cuadruplex*, de que el famoso Edirson es inventor, sentó la reputacion futura de este telegrafista afortunado, y empequeñeció, por decirlo así, la gloria del invento más limitado que le habia precedido. Con el Cuadruplex cabe trasmitir cuatro telegramas al mismo tiempo y en cualquier sentido. De los cuatro aparatos que este sistema exige, dos están dispuestos de modo que solo son sensibles á las diferencias de signo de la corriente, y los otros dos á las diferencias de intensidad en la misma. Así circulan sin atropellarse y sin confusion en el circuito, en un orden que si lo pudiéramos examinar, nos debería parecer caótico millares de átomos de flúido etéreo, cuya distribucion inteligente es, no obstante, al extremo de cada

conductor, origen de un trabajo múltiple, regular y ordenado.

La idea en que estos distintos sistemas se inspiran era harto fecunda para que dejara de producir nuevos y más provechosos resultados. Toda la atención de los físicos y de los electricistas, se halla concentrada hoy día en este punto. A multiplicar hasta un número, si es posible ilimitado, las transmisiones simultáneas en un circuito, como medio económico de multiplicar la red de conductores sin el aumento dispendioso de éstos.

Varios son los aparatos que se han dado á conocer últimamente, ó como perfeccionamiento y simplificación de los primeros Duplex y Cuadruplex sobre la base de los Morse que en ellos suele emplearse, ó bien como aplicación á la telegrafía múltiple de sistemas impresores análogos al Hughes que ya hemos examinado.

En el número de los cultivadores de la ciencia telegráfica, cuyo nombre, digámoslo así, individualiza algunos de esos recientes sistemas, hallamos los de dos españoles, funcionarios ambos de telégrafos, cuyos bellos trabajos, empero, no sabemos que hayan obtenido aún la sanción de un ensayo práctico prolongado. Los nombres de nuestros dos compatriotas que rompen brillantemente la monotonía de esa inter-

minable nómina de inventores extranjeros, son Orduña y Golmayo, para quienes sinceramente deseamos, en honra suya y en honra de la patria, un éxito muy lisonjero en sus doctas tentativas.

Más conocidos que los trabajos de nuestros compatriotas nos son ya otros dos sistemas que pertenecen á la categoría de los que hemos señalado como de múltiple impresion. Estos sistemas pertenecen al austriaco Grandfeld, el uno, y el otro al francés Baudot. El primero es una aplicacion del Meyer y el Hughes, por lo cual ha despertado Grandfeld la susceptibilidad de autor de su compatriota Meyer; y el segundo, que tambien utiliza el órgano distributor fundamental en el sistema de éste, varía lo bastante, esencialmente del Hughes, para poseer todos los caracteres de una legítima y bellísima invencion. Este aparato, en el que pueden trabajar cinco empleados, ha sido simplificado en el hilo de ensayo que se le ha señalado entre Burdeos y París, reduciéndolo á doble trasmision en vez de quintuple, pero con una disposicion tal, que asociando dos ó tres aparatos en caso necesario, se puede emplear como de cuádruple ó séxtuple trasmision.

Estos perfeccionamientos constituyen hasta hoy la última palabra en telegrafía.

XI.—Telegrafía aérea y telegrafía subterránea.

Conocidos los grandes sistemas de telegrafía eléctrica que de una manera tan perfecta han resuelto el grandioso problema de la trasmisión del pensamiento en el tiempo y el espacio, sería ocasión de dar á conocer el complemento de órganos y procedimientos que es indispensable emplear para llenar cumplidamente las condiciones eléctricas de todo circuito telegráfico.

En tésis general, conocemos lo que se entiende por circuito, y lo que se entiende por conductor. Sabemos que aquél, de la mayor necesidad para que la acción química se establezca, es decir, para que la corriente fluya por el hilo conductor, vino á quedar reducido á la mitad, mediante la interposición de la tierra, en la cual se introducen los extremos libres del hilo en algun punto del cual los efectos del circuito cerrado se buscan. Ahora deberíamos estudiar lo que á esta parte del material telegráfico se refiere; y ya que no podamos descender al exámen detenido de las cuestiones puramente técnicas que se relacionan con los circuitos, nos conveniría averiguar en qué consiste aquel material, y cuál ha de ser el mejor empleo que de él se haga, para obtener de su aplicación, como partes au-

xiliares de todo sistema telegráfico, la menor suma de resistencias y dificultades á la circulacion libre del fluido eléctrico que á estos últimos anima.

En general se llama *línea* á todo circuito telegráfico establecido entre dos *Estaciones* ó puntos dotados de aparatos para comunicarse.

Las líneas pueden ser de tres maneras: *abreas*, *subterráneas* y *submarinas*.

Diremos cuatro palabras acerca de la composicion de cada una de ellas, ya que no podamos satisfacer á todas las cuestiones que en el párrafo anterior hemos suscitado.

Siendo la tierra conductora, como su empleo para constituir la mitad del circuito lo supone, claro está que la línea que haya de conducir la electricidad no ha de tocar por ningun punto á ella, ni con objeto alguno conductor que venga á estar en contacto con la misma ántes de haber obtenido en la opuesta estacion los beneficios que de su desarrollo en el circuito deseamos. Hay, pues, necesidad de rodear el hilo conductor de condiciones de aislamiento tan perfectas como posible sea, y á esto obedece su colgado en elevados postes de madera, sin más contacto que con el aire y con unas campanas de porcelana, llamadas *aisladores*, por serlo en alto grado dicha sustancia, en las cuales

va el hilo suspendido. Estos aisladores se sujetan al poste por medio de unos soportes curvos que entran á rosca en la madera, y se sueldan con azufre por el extremo opuesto al aislador.

Los postes en que van colocados uno ó varios conductores, son por lo general de castaño; tienen una altura variable entre 6 y 8 metros, enterrándose uno en el suelo; se les barniza convenientemente en la parte enterrada, y ántes de entregarlos al servicio sufren una inyeccion de sulfato de cobre, que aumenta su duracion.

En cuanto al hilo conductor, su diámetro es variable. Varía generalmente entre 3 y 6 milímetros, siendo de advertir que el grado de conductibilidad del alambre aumenta en razon del diámetro. El hilo es de hierro, recocado y galvanizado con zinc.

Las condiciones de humedad del aire en ciertos trayectos de una línea, y tanto como esto los menguados apoyos que para el hilo púedese en ellos encontrar, como sucede en los túneles, y las condiciones de seguridad y ornato que impone el recorrido dentro de las capitales, impusieron la creacion de la telegrafía subterránea.

En esta, los conductores reunidos en haz, y preservados de todo contacto exterior por una envoltura de cáñamo que da á la línea el aspec-

to de un *cable* prolongado, se introducen en una zanja, se suspenden en los paramentos del túnel, ó en el muro de las alcantarillas, á partir de una caseta en que el hilo aéreo se empalma á su correspondiente conductor subterráneo, para ir á salir á flor de tierra en otra caseta en que se practica esa misma operacion.

El cable cuyo número de conductores es indeterminado, suele formarse de la siguiente manera. Un cordón de tres á cuatro hilos delgados de cobre constituye cada conductor.

Así, la rotura de uno ó dos hilos, no supone una completa solución de continuidad, siempre difícil de hallar y de remediar en los hilos enterrados. Ese conductor, cubierto de una capa general de gutta-percha, se une á los demas por igual procedimiento aislados, y juntos vienen á formar el núcleo de la cuerda, de la que un trenzado de cáñamo embreado constituye la parte exterior. El cable así fabricado se introduce en un tubo de plomo que le protege en toda su extension.

XII.—La telegrafía submarina.—Primeras tentativas de comunicación eléctrica trasatlántica.—Grandes peripecias y triunfo.—Cyrus Field.—Una pila en un dedal.—El *Great Western*.

El estudio de la telegrafía submarina, si es muy interesante bajo el punto de vista de los problemas de electricidad y hasta de mecánica que ha planteado y resuelto, no carece tampoco de un interés dramático á las veces conmovedor, cuando se sigue una á una las grandes vicisitudes que en su desarrollo práctico aquella rama importantísima de la ciencia eléctrica ha experimentado.

Tesoros de ciencia y tesoros de un valor más material, se ha necesitado hundir en el fondo del mar, para realizar, por ejemplo, la obra más señalada de telegrafía submarina, aquella que en su vastidad habia de dar resuelto el problema en todas sus fases y con todas sus dificultades; el cable trasatlántico.

La ruina de una empresa no detenía á otra, que en pos de ella acometía la árdua empresa de tender un hilo conductor entre dos alejados continentes separados por un abismo de agua, aún cuando á la sazón cabía la incertidumbre de que una trasmisión á tan extraordinaria distancia fuera prácticamente realizable.

Cierto es que la teoría, conformándose con los hechos que una imperfecta experimentacion habia mostrado, creyó desde luego que era posible la trasmision al traves del mar, siempre que, por medio de un aislamiento conveniente del conductor, se impidiera el extravío en la inmensidad líquida de aquél de la corriente que por el conductor fluyera. Mas las dificultades prácticas que el aislamiento del hilo presentaba y otras mil causas de perturbacion, que sólo una perseverancia cara y ruinosa ha evidenciado, sujetaron á tan ruda prueba, en los albores de la telegrafia submarina, á los hombres de ciencia y á los hombres de accion que por entusiasmo científico ó industrial acometian la empresa, que asombra la intrepidez con que sobrellevaron las angustiosas vicisitudes por que hubo de pasar una idea cuya grandiosidad é incierto resultado bastaban para abatir el ánimo más entero.

Los nombres de Morse, Wheatstone y Colt, este último inventor del revolver, confúndense en los primeros ensayos de comunicacion eléctrica al traves del mar, con el de animosos empresarios que no escatimaban su caudal para ver realizado el problema. En aquellos ensayos se empleaba el caucho como materia aisladora; y era la causa principal de su fracaso, la facilidad con que en el mar esta sustancia se deteriora.

Así trascurrieron muchos años, sin que la telegrafía submarina avanzara un sólo paso. Pero al llegar el de 1849, en que se dió á conocer en Europa otra sustancia vegetal tambien como el cauchú y á él muy parecida, vése al problema cambiar de faz é iniciarse con vigor y con éxito creciente la serie memorable de tentativas, unas fructuosas, otras infortunadas, cuyo resultado á la vuelta de algunos años, fué la existencia de multitud de cables uniendo costas relativamente aproximadas.

Aquella nueva sustancia era la gutapercha; jugo concretado del *Isonandra gutta*, árbol gigantesco que existe en Borneo, en Java y en Ceilan; sustancia más consistente que el cauchuc, tenaz, ligera é inalterable por los agentes químicos, y apta, sin embargo, para recibir cualquier forma cuando por medio del calor se la ha reblandecido.

Dos circunstancias recomendaban el uso de la gutapercha en la fabricacion de los cables que se deseaba depositar en el fondo del mar; su inalterabilidad frente á los ácidos y á los álcalis, así como á las aguas salinas de aquél, y su impermeabilidad para el flúido eléctrico. Estas cualidades habian de acrecentarse bajo las enormes presiones que la gutta iba á resistir apénas quedára sumergida á extr?

dinaria profundidad en el lecho del Océano.

Las primeras esperanzas que la aplicación de la guttapercha hizo concebir, viéronse confirmadas dos años después de su aparición en el mercado industrial de Europa. En 1851 quedó establecida la primera comunicación entre Douvres y Calais en la Mancha, es decir, entre Inglaterra y Francia.

El entusiasmo que este suceso provocó fué grande, quedaba confirmada la posibilidad de una comunicación eléctrica submarina entre costas no muy alejadas. Este primer triunfo de la ciencia sirvió de estímulo eficaz para que en Europa, en Asia y en América fueran estableciéndose nuevos cables. Habíase tendido entre ellos uno que unía las islas de Terranova con el Continente americano, y tras del buen resultado de esta operación, no faltó quien concibiera el pensamiento audaz de prolongar aquel cordón maravilloso desde el Nuevo Mundo al Mundo Viejo. Cyrus Field, banquero americano, soñó esta empresa y la realizó. Hoy que vemos el hecho plenamente confirmado por la práctica ya vulgar de la telegrafía trasatlántica, no podemos concebir toda la audacia que tal propósito encerraba. Desconocíanse todos los recursos que hoy posee la fabricación de tan delicado artefacto, y se dudaba además que la

electricidad pudiera salvar 3.000 leguas de camino. ¡Cuán lejos se estaba entónces de imaginar que la debilísima corriente generada en un menguado dedal, convertido en pila, habria de bastar para recorrerle!

La empresa, no obstante tantas incertidumbres y temores, se acometió. Tendióse el primer cable, en 1857, que hubo de abandonarse en alta mar. La dificultad de su trasporte y tendido, y los grandes defectos de que adolecia en su construccion, habian determinado várias roturas, cuyo remedio, el mal estado del mar y otras concausas, hicieron al fin imposible.

Cyrus Field no se desalentó; inspiró á sabios y á accionistas su noble ardimiento, y un año despues se tendia otro cable, en cuya fabricacion habíase atendido á las lecciones de la pasada experiencia. Dos buques se encargaron de su inmersión en el mar; el *Niágara* y el *Agamemnon*. Encontráronse en mitad del camino llevando cada uno la mitad del cable, y atando allí los dos extremos separados, empezó el tendido en sentidos encontrados. La operacion fué relativamente feliz. En 18 de Agosto de 1858, un telegrama expedido en Cherbourg por el Emperador Napoleon y la Reina Vitoria, cruzaba el Atlántico y llevaba á Washington la régia proclamacion de un hecho faustísimo, de un

triunfo glorioso para la civilizacion y para la ciencia. Un nuevo y admirable vínculo de paz y progreso unia á dos continentes.

La dicha que este acontecimiento causó fué harto breve, por desgracia. Aun no se habia extinguido el eco de las aclamaciones con que en Europa y en América se celebraba, cuando se divulgó la noticia de que el cable habia dejado de funcionar. Y así era, en efecto; una avería cuyo origen se ignoraba, acababa de destruir la continuidad del circuito. ¡Decepcion cruel, tras tantos gastos y afanes, que debió sobrecojer á todo el mundo!

El único que no se inmutó fué Cyrus Field; así que miéntras los ingenieros eléctricos, los físicos y los marinos se reunian en un Congreso en Lóndres, y mediante una ámplia informacion estudiaban las reformas que convendria introducir en los materiales y en la fabricacion de los cables para dotarles de las necesarias condiciones de aislamiento y solidez, él en tierra y en mar, en Inglaterra y en Nueva-York, trataba de levantar los ánimos abatidos y allegaba adhesiones y capitales para renovar, por tercera vez, la malograda tentativa. En estos trabajos se consumieron siete años, durante los cuales, la fabricacion parcial de cables de corto desarrollo y los resultados que en ella se obtu-

vieron, parecieron fijar los elementos de seguridad que á tan novísima y delicada manufactura convenia dar. Así llegó, pues, el año de 1865, en el cual quedó dispuesto todo lo necesario para proceder á la inmersión del tercer conductor que el genio tenaz de ingleses y americanos iba á confiar al abismo del Atlántico.

Esta vez confióse el encargo de trasportar el cable y de verificar su inmersión al buque colonial, al más acabado modelo de vapor que la ciencia náutica y la ciencia mecánica juntamente han producido; al que por su firmeza en el mar y por su capacidad enorme podia acometer, sin cooperacion extraña, una operacion delicadísima, en mitad de un mar frecuentemente proceloso; al *Great-Western*, en fin, que parece hecho á propósito para expediciones y empresas como la que se le iba á confiar. El *Great-Western*, que tiene 22.500 toneladas, y puede trasportar 4.000 personas, es el único vapor en cuyas bodegas podia estivarse en completa seguridad un cargamento tan considerable y especial como el cable trasatlántico.

El 15 de Julio de 1865 se hacía á la mar el antiguo *Leviatan*, llevando estivado en espiral, dentro de tres imensas cubas que contenian agua, y para el establecimiento de los cuales hubo

necesidad de levantar un entrepuente, todo el cable de fondo cuya longitud era de 4.760 kilómetros. El cargamento total del buque era de cerca de 22.000 toneladas. Desde que salía de la sentina hasta que abandonaba la popa del vapor, se desarrollaba el cable á lo largo de conductos de agua, ruedas y grandes tambores, con objeto de que el desarrollo pudiera efectuarse con entera regularidad.

Ya se habian hundido en el mar las dos terceras partes del cable y se habian logrado salvar dos roturas en el ánima del mismo, reconocidas en el momento de la inmersión, y á una punible malicia atribuidas, cuando el 2 de Agosto se observó una tercera avería, cuyo reparo costó la rotura completa del cable en el momento de retirarlo del mar.

Tras muchas tentativas infructuosas, fué preciso abandonarlo bien que dejándolo boyado; mas en otra campaña que hizo el *Great-Western*, provisto de garfios, máquinas especiales y enormes cadenas para dragar en un fondo de 3.000 metros, se pudo izar el conductor y terminar su tendido. El éxito habia coronado por fin tan gloriosas tentativas.

Poco tiempo despues, el mismo *Great-Western* alzaba del mar el cable de 1858, y lo ponía en aptitud de funcionar, como ha venido

haciéndolo hasta hace poco. Con este fueron dos los cables que cruzaron el Atlántico.

Hoy este número se ha aumentado. Francia posee otros dos, y Portugal, nuestro humilde vecino, el pequeño Portugal, posee el cable trasatlántico de más considerable desarrollo. Lisboa está en comunicacion con el Brasil al traves de un inmenso conductor.

Solo España, que dió á la luz de la civilizacion el Nuevo Mundo, y cuya mision en él no ha terminado; solo España que llama provincias suyas á esas Antillas tan ricas y tan codiciadas, ha permanecido indiferente al movimiento de progreso, al impulso de febril actividad que de todas partes recibe, y hoy carece aún de comunicacion telegráfica directa con Cuba y Puerto Rico, y por tanto de ese instrumento eficacísimo de riqueza mercantil, y sobre todo de asimilacion política y social, en regiones apartadas en donde los derechos de la Metrópoli han sufrido tan cruentas sacudidas.

XIII.—Elementos de que se compone un cable.—Cordon conductor.—Envoltura aisladora.—Cubierta metálica de proteccion.—Cable de fondo.—Cable de costa.

Despues de esta ojeada, harto concisa para ser fructuosa, y harto larga para el espacio que disponemos, á la historia de la Telegrafía

submarina, digamos de qué se compone en la actualidad un cable, y citemos aquellas particularidades que con relacion á su especial funcionamiento más puedan interesar.

El cable de 1866, que elegimos como tipo, y cuya seccion horizontal damos en la fig. 17, constaba de tres partes, que son, por lo demas, las que constituyen esa clase de conductores; el ánima del cable, ó sea el conductor propiamente dicho, la sustancia aisladora, que impide la propagacion de la electricidad en el agua, muy conductora, del mar, y la cubierta destinada á proteger el cable de los choques y roce con los cuerpos que pudieran lastimarlo.

Componíase el conductor de un hilo muy delgado de cobre, en torno del cual se trenzaban otros seis formando un cordon; ésta es el ánima del cable, que ha recibido el nombre técnico de *toron*.

La cubierta aisladora la formaban cuatro capas alternadas de gutapercha y de un mastic especial, llamado *Chatterton*, del nombre de su inventor, cuyo mastic se compone de una mezcla de cauchú, serrín de madera y alguna sustancia resinosa.

Sobre estas dos porciones del cable se extendió la armadura de proteccion, compuesta de un cordon de 10 alambres de hierro, de dos mi-

límetros y medio cada uno, que se arrollaba en espiral á lo largo de las capas del mastic aislador. Conviene observar, que los alambres de que se componia el cordon, no iban al descubierto, sino que para evitar su oxidacion, á la vez que para disminuir el peso específico del cable, se les envolvió en un tejido de cáñamo de Manila embreado, que daba al conjunto el aspecto de una enorme cuerda.

Son muchas las causas de destruccion que en el fondo del mar obran sobre los cables. Por fortuna, excepto en las costas, el peligro de las corrientes queda descartado, porque ni éstas ni las mareas, segun se ha podido reconocer, dejan sentir su influencia á una profundidad superior de 20 metros. En cambio existen en el fondo del mar lechos pedregosos, rocas agudas, depósitos de conchas y peces perforadores, sobre todo, cuya accion destructora en la cubierta metálica del conductor se ha acusado en más de un cable de los que por su parcial inutilizacion han tenido que ser izados desde su lecho submarino. En las costas estos inconvenientes se aumentan con los que las mareas, las corrientes, las anclas de los barcos y otras causas ofrecen con harta frecuencia y lamentable variedad.

A prevenir unos y otros peligros han ten-

dido los esfuerzos de físicos y constructores. Así, por ejemplo, háse buscado un preservativo contra los ataques de los pececillos destructores en una capa de pintura, en que se mezcla una materia tóxica, dada á la cubierta exterior del cable. La division de éste en dos partes, dotada cada una de su construccion y resistencia especial, ha servido, ademas, para vencer los inconvenientes que la inmersion en las costas presenta. Un cable viene á dividirse por esta razon en *cable de fondo* y *cable de costa*, siendo el segundo, que por el hecho mismo de su especial mision sólo es una parte relativamente pequeña de la longitud total del cable, de un diámetro, dos ó tres veces superior al del cable de fondo, en razon de la doble armadura y almohadillados de cáñamo y alambres interiores que se suele colocar entre el aislador y aquélla.

Al cable se le considera, á partir del momento en que se va operando su fabricacion, como una especie de planta ó sér acuático. Grandes aljibes que contienen agua reciben la enorme cuerda que producen las máquinas creadas para su especial construccion. De estos aljibes, y atravesando conductos por los que circula el agua tambien, pasa el cable á la sentina del buque que ha de tenderlo, en el cual, segun ya he-

mos dicho al tratar del *Great-Western*, existen inmensas cubas, dentro de las cuales, y en espirales, se arrolla el largo conductor.

Hablar de los procedimientos que se emplean en su construccion, indicar las operaciones propias de la inmersion y describir todo el arsenal de instrumentos ó eléctricos ó mecánicos, cuyas funciones preceden ó acompañan á esta siempre peligrosa operacion, sería apartarnos de nuestro objeto. Baste lo dicho para formarse idea de lo que es un conductor submarino, y digamos algo respecto de su funcionismo eléctrico, de su mision como tal conductor.

XIV.—El cable es una botella de Leyden.—Efectos de induccion.—Manera de remediarlos.—M. Whitehouse.—*Galvanómetro reflector* de Thomson.—El *duplex* en los cables.—Singularidad de la trasmision entre Nueva-York y Lóndres.—Un beso eléctrico.

El cable es un inmenso condensador, ó lo que es lo mismo, una botella de Leyden. Posee, en efecto, dos armaduras de gran superficie, cuales son el cordon interior de cobre y la cubierta de alambres exterior, separadas por una superficie aisladora; la misma destinada á preservar el conductor de su contacto con el agua del mar.

Se comprende, pues, que los primeros expe-

rimentadores de estas líneas submarinas se confundieran en conjeturas para explicar las causas de perturbacion y la lentitud con que obraba la corriente. Esta, en efecto, al penerrar en el conductor, desarrolla iguales fenómenos que las cargas de una botella de Leyden. Si la corriente es positiva, por ejemplo, esta descompone el fluido neutro que reside en la armadura exterior, de la cual se separa la electricidad positiva que se disemina en el mar y guarda en estado de libertad en su superficie el fluido contrario al del conductor. La reaccion que á este primer efecto sigue entre las dos armaduras del inmenso condensador, era origen de las perturbaciones que los electricistas notaban.

El ingeniero eléctrico M. Whitehouse fué el primero en llevar el remedio á este grave mal. Estableció junto á la pila un péndulo interruptor, cada una de cuyas oscilaciones ocasionaba una inversion en la corriente. Es decir, que ésta, por el contacto alternativo que el péndulo verificaba con los reóforos del generador, era positiva unas veces y negativa otras, con cuya sucesion regular penetraba desde el manipulador en el corazon del cable. Es fácil comprender los beneficios de tan notable disposicion; la corriente negativa que tras la positiva se emite, destruye los efectos de induccion que

la primera ha generado; y los de la segunda los destruye la tercera, que por ser contraria á ella, es idéntica á la corriente promovida en aquel momento en la armadura exterior.

Claro está que siendo recomendables por su excelente función en un cable las corrientes invertidas que ya hemos visto generarse al tratar de la bobina Ruhmkorff, la adopción en las líneas submarinas de las máquinas de inducción de que al tratar de la luz eléctrica hablaremos, estaba perfectamente indicada. Así fué que se aplicó en un principio la máquina llamada de Clarke, aunque esta disposición se abandonó después por el uso de condensadores colocados al extremo del conductor.

No fué menos trascendental la simplificación que al par de esas modificaciones pudo introducirse en la pila.

Creyése en un principio que para recorrer tan prolongadísimo conductor sería indispensable un generador de electricidad de enorme potencia. ¡Vano error que no tardó en quedar desvanecido! M. Latimer Clarke, ya lo hemos dicho, formó una pila en un diminuto dedal, y su corriente atravesó los 3.000 kilómetros de línea que separan á Terranova de Valentia!

Precisamente el uso de corrientes de escasa intensidad en conductores tan sujetos á los

efectos de la induccion, es de tal manera útil, que para poder obtener de ellas un efecto mecánico apreciable en el término de su larga, pero rapidísima peregrinacion, ideó el físico inglés Mr. Thomson un aparato especial amplificador y de una sensibilidad suma, que es el que se emplea en las grandes líneas submarinas.

Llámase este aparato *galvanómetro reflector de Thomson*, y se funda en la proyeccion de un débil rayo de luz sobre una pantalla débilmente iluminada. El aparato y el telegrafista han de estar en una cámara oscura. El rayo de luz vacilante, cuyos movimientos á derecha é izquierda de una ranurita que tiene la pantalla son equivalentes á los puntos y las rayas del sistema Morse, lo determinan las oscilaciones de la aguja de un galvanómetro de gran potencia amplificadora, refleja un espejito convenientemente colocado. En cuanto á los movimientos de la aguja, ya se comprende que son debidos á la corriente que procede de la línea.

Hoy dia, aún en algunos de los cables de tan gran desarrollo como en los que este galvanómetro se ha aplicado, se ha podido establecer, como ya se había hecho en muchos de los demas, un sistema de trasmision Duplex, basado

en el cable artificial de Muirhear, lo que mejora en alto grado las condiciones económicas de este medio caro de telegrafía. Pero aún sin el concurso de tan sabios perfeccionamientos se há llegado en las líneas submarinas á un límite de rapidez y perfeccion que ciertamente parecia no poderse esperar de las invencibles lentitudes con que al principio se tropezaba. Aun sin esta rapidez es fuerza convenir que supera á cuanto de maravilloso la imaginacion de soñadores y poetas habia imaginado, el hecho real de una casi instantánea trasmision de nuestras ideas, de nuestros pensamientos y propósitos entre continentes separados por un abismo oceánico de 3.000 leguas de extension.

Sólo la naturaleza es bella y admirable porque ha nacido de un soplo de la suprema Verdad. Si la ciencia, si el hombre que de ella está dotado, crea lo que al hombre mismo pasma y maravilla, consiste en que penetra aquella Naturaleza; consiste en que llega á poseer algun nuevo destello de la verdad que ella atesora. En el rápido exámen que de tantos ingenios admirables hemos hecho caminase de sorpresa en sorpresa, reflejo tan sólo de la que la práctica de los mismos ocasiona. La telegrafía ha borrado, aceptando al decir esto una apreciacion vulgar, el tiempo y las distancias; mas en

casos dados diríase que se anticipa al primero, tan grande es la velocidad con que franquea las segundas. Compréndase, en efecto, el sentimiento de estupefacción que asaltaría á más de uno de los primeros que por el telégrafo trasatlántico comunicaron, al ver que los telegramas de Nueva-York llegaban á Lóndres con cinco horas de antelación al momento en que su trasmision se habia efectuado. Esta sorpresa, no tan intensa acaso como la que Elcano experimentó á la vuelta del primer viaje que alrededor del mundo se haya hecho, viendo que habia llegado la víspera del día que el cómputo diurno, hecho en el diario de á bordo le indicaba, tiene una explicacion muy sencilla que hoy conoce todo el mundo: la diferencia de cinco minutos próximamente que existe entre grado y grado del meridiano. Mas aún conociendo esta causa y otras de fenómenos que la práctica de inventos prodigiosos ha evocado, ¿qué ánimo se halla exento de admiracion al observarlos? ¿quién no se explica el beso de amor que al cable de Valentia quiso dar en presencia de Faraday un caballero inglés, loco de entusiasmo por aquella maravilla? Por cierto que el beso, si la anécdota no es de pura fantasía, hubo de costarle lo que en el caló literario de las revistas taurinas creemos se llama un

revolcon. Por lo demas, el cuento, cierto ó hiperbólico, demuestra que el cable es un gran condensador. En efecto, al aproximar los labios á lo que podríamos llamar la boca del cable, unió, como se hace en aquél para obtener la descarga, las opuestas armaduras. El resultado fué idéntico. Una descarga fué lo que hubo de experimentar el caballero inglés, ingrata correspondencia á un desinteresado amor de sabio, que costó al *amateur* rodar maltrecho por el suelo.

CAPITULO VI.

TELEFONÍA.

I. Qué es la telefonía.—Graham Bell.—Su sistema telefónico.

Hemos llegado á la telefonía.

Vamos á conocer el invento asombroso de nuestros tiempos; el invento que constituye el ideal realizado de la verdadera telegrafía: el *teléfono*, instrumento sencillísimo, un juguete casi, que en su propia pequeñez, y aún si se quiere tosquedad, encierra otra nueva maravilla.

El teléfono, en efecto, es el aparatito misterioso que, plegándose docilísimo á las tau

complexas inflexiones de nuestra voz, y modulándola allá á una distancia considerable al oído del sér á quien por su medio se trasporta, lleva á su ánimo, en su misma velada fonacion, el reflejo vivo de la entonacion y acento con que nuestro pensamiento fuera formulado.

Fué inventor del teléfono el escocés M. Alejandro Graham Bell.

Profesor de sordo mudos, casi por herencia paterna, soñó desde muy temprano en la realizacion de todos aquellos perfeccionamientos con los cuales la ciencia acaso podria conceder á sus desgraciados educandos el uso de la doble facultad que tenian secuestrada. Así, de estudio en estudio y de conexion en conexion, vino á parar en el problema capital de la telegrafía, en cuya investigacion otros le habian precedido, y á cuya solucion llegó á la par que un fisico de Chicago, M. Elisha Gray, que intentó reivindicar contra nuestro profesor la prioridad de su invento.

No seguiremos á Graham Bell en la sábia y prolongada gestacion de su sistema, ni historiaremos tampoco los precedentes de la telefonía. Diremos tan sólo que el invento lo realizó el profesor escocés hallándose en los Estados Unidos, adonde habia emigrado, y que su sencillo aparato dióse á conocer por primera

vez en Filadelfia, en ocasion de celebrarse en esta ciudad la fiesta espléndida de su centenario, es decir, la Exposicion Universal.

Entremos, pues, prontamente en materia, describiendo el teléfono Graham Bell.

El exámen de la figura 18, que constituye una seccion longitudinal del instrumento, facilitará la comprension de un mecanismo que es, por lo demas, muy sencillo.

La forma exterior del teléfono viene á ser, segun la expresion gráfica de M. Breguet, la de un hongo. Constitúyela una cajita de madera, compuesta de un disco provisto de un mango. En aquél se halla una cavidad semi-esférica que hace las funciones de embocadura. En una abertura *N* que en el fondo tiene ésta, y situada perpendicularmente al plano de la caja, aparece la laminita vibrante *LL* circular, que se adapta al fondo de la cajita. Esta laminita descansa sobre un anillo de cauchuc. Perpendicularmente á ella, y en el sentido de la longitud del mango, ocupa el centro de la cajita el órgano electro-magnético. Compónese éste de una barrita imantada *NS*, fija por un extremo á la caja por medio del tornillo *t*, y provista en el extremo libre de una bobina magnética *B*. Los cabos del hilo de que esta bobinita se compone están soldados á dos vastaguitos de cobre *ff*, los cuales van á para-

á dos tornillos de presion, en los que se efectúa el contacto de aquellos vástagos con los hilos que forman el circuito exterior. Este puede ser doble ó sin tierra, ó bien con tierra, en cuyo caso no se requiere más que un conductor.

En este sistema de tan admirable sencillez, el trasmisor y el receptor son idénticos. El empalme de los opuestos extremos del conductor á uno de los tornillos de cada teléfono, y la conduccion á tierra de un hilo desde el otro tornillo, basta para asegurar el funcionismo del sistema.

Veamos ligeramente cuál es la teoría que le informa.

La ausencia de pila pudiera hacer creer á primera vista que el teléfono no es un instrumento eléctrico. No es así, sin embargo; las corrientes que le animan son las corrientes de induccion que ya hemos conocido.

En efecto; los movimientos de una armadura de hierro frente á los polos de un iman, dan por resultado la modificacion de la energía magnética de éste y la generacion correlativa de corrientes de induccion en las espirales de la bobina que rodea los dos polos, ó uno tan sólo, del iman.

Sucede, pues, que al aplicar los labios á la embocadura del aparato y emitir un sonido, la

membrana de hierro vibra bajo el impulso de la onda sonora despertada por la voz. A ese movimiento, á esa vibracion corresponde un efecto inductivo que se revela en la bobina por la creacion de una corriente. Cruza esta corriente las espirales del hilo, y penetra en el conductor. Al extremo de éste se halla un instrumento cuya identidad con el trasmisor ya hemos mencionado. En él, no obstante, el efecto que habremos de encontrar es completamente inverso.

Decíamos, pues, que la corriente, despues de recorrido el hilo, penetraba en el receptor. La bobina de éste se encuentra en el circuito. Así, pues, la corriente recorre sus espirales; prodúcese bajo su influencia en la barra imantada una modificacion en su estado magnético que trasciende á las moléculas del medio ambiente, y de éstas al diafragma receptor, que vibra entonces sincrónicamente con la vibracion en el diafragma opuesto producida. Claro está que si el sonido inicial se multiplica á impulso de las modulaciones de la voz, á éstas corresponderán efectos vibratorios y corrientes de induccion en un extremo; éstas se traduciran en el receptor en movimientos vibratorios tambien de la membrana, movimientos cuya síntesis, recogida en el oido á vueltas de las ondas sono-

ras que en el espacio habrán de producir, constituirá la reproducción integral, aunque débil y velada, de las palabras á gran distancia pronunciadas.

Tal es el funcionismo y tal la teoría del admirable invento de Mr. Graham Bell.

II.—Causas de perturbacion en el teléfono.—La induccion.—Disposicion práctica.—Nuevos sistemas.—Edisson.—Su teléfono de carbon y su *electro-motógrafo*.

La debilidad por todo extremo notable de las corrientes que en el teléfono Bell se generan y la exquisita sensibilidad del diafragma vibrador, constituyen, al par que la más preciada ventaja del sistema, su causa más eficaz de perturbacion. No podemos entrar en el análisis de las causas que de esta perturbacion son origen; mas sí diremos que, como los efectos de induccion son productores de las vibraciones de las membranas, así existen otros efectos de induccion motivados por el paso de corrientes en conductores vecinos al conductor del teléfono Graham Bell, corrientes que despiertan en sus diafragmas vibraciones extrañas que turban las genuinas del sistema.

Los conductores telegráficos, si por acaso se sitúa cerca de ellos el circuito telefónico, son ocasion perenne de tan incómodos efectos. La

trasmision que por aquellos se efectúa, si es por el alfabeto Morse, puede traducirla al oído con facilidad suma cualquier telegrafista medianamente diestro.

Con objeto de evitar una vecindad tan nociva, se recomienda, ó bien un aislamiento perfecto del conductor telefónico, ó su colocacion á más de 10 metros de distancia de cualquier hilo telegráfico. El circuito cerrado sin tierra, es decir, con doble conductor, disminuye tambien notablemente los efectos perturbadores de la induccion.

Muchos son los sistemas que con posterioridad al que acabamos de describir, y en el breve espacio de cuatro años que desde su aparicion han trascurrido, en el mundo de la ciencia se han dado á conocer. Aumentar la virtualidad fónica del instrumento por medio de alguna modificacion especial que haga los efectos vibratorios más intensos y sonoros, tal es el objeto que con perseverante y docto afán los físicos persiguen. En nuestro reducido *Manual* no podemos dar la descripcion de todos ellos. Hablaremos someramente de algunos de aquellos en quienes una práctica fructuosa ha hecho recaer el veredicto favorable de la crítica científica.

Por su antigüedad como por su mérito co-

responde un lugar preferente en esta descripción rápida que de algunos teléfonos vamos á dar, al que inventó el famoso M. Edison. Buscando el antiguo telegrafista de la *Western-Union* la manera de dar originalidad á su sistema, requirió un principio que de antiguo conocia, aunque en él no se habia basado ninguna disposicion telefónica especial. Así debió crearlo Edison, aunque el mismo Bell, y ademas Gray, tambien le habian precedido. Ese principio consiste en el diverso grado de conductibilidad que ofrecen ciertas sustancias, segun la mayor ó menor presion á que se las sujeta. Estas sustancias son el grafito y el carbon.

Con este dato describiremos el sistema.

El trasmisor, distinto del receptor, consta de un tubo conductor de los sonidos E (fig. 19), frente á cuya abertura inferior se halla el diafragma vibrante LL . Perpendicularmente al centro de esta membrana existe un diminuto cilindro de hierro A , que descansa en un disco de aluminio. Este disco está apoyado á su vez en una lámina de platino, á la cual oprime contra otra laminita señalada en e un disco de carbon c á cada presion que de la membrana recibe el cilindro A . Las laminitas de presion $p e$ estan unidas por una comunicacion metálica interior á dos tornillos de empalme, situados en la parte inferior

de la caja, á los que vienen á unirse los hilos de línea y de pila. Ya se comprenderá, por lo que del principio en que el sistema se funda hemos dicho, que el concurso de esta última es necesario. La corriente, en efecto, atraviesa el disco de carbon *c*, siendo las variaciones en el grado de conductibilidad de esta sustancia, segun que las presiones ejercidas por la membrana al vibrar sean más ó ménos intensas, lo que determina su variacion, y con ella los efectos sincrómicos del diafragma vibrante del receptor. Este se diferencia del de Graham Bell sólo en modificaciones de forma; el principio queda respetado.

Otro teléfono originalísimo ideó M. Edison, que se ha llamado electro-motógrafo, cuyo interes descansa más en el principio científico que le informa que en los beneficios que, como instrumento práctico, haya podido prestar. Ese principio es el siguiente: Si se coloca una hoja de papel, preparada con una disolucion de hidrato de potasa, sobre una placa metálica, unida al polo positivo de una pila, y se hace que una punta de plomo ó platino, que comunica con el polo negativo, se deslice por la superficie del papel, al abrirse la corriente aquel rozamiento desaparece, volviéndose á presentar en el acto de interrumpirse la corriente. Fundado en este hecho, construyó, pues, M. Edison su

electro-motógrafo, que con justicia ha excitado la curiosidad de los hombres de ciencia por la singularidad del hecho en que se funda.

III.—Modificaciones del teléfono Bell.—Teléfonos Phelps.—Trabajos de M. Adér.—Otros trabajos.—Sistema Gower.

Partiendo principalmente del hermoso invento de Graham Bell, y con la mira de obtener un aumento sensible en su débil sonoridad, se han introducido en el aparato innumerables modificaciones, á costa á veces de la sencillez del sistema, y con las cuales han venido á constituirse otros nuevos cuyo número es ya considerable.

No siempre en estos teléfonos reformados se han acusado todas las ventajas que sus autores se prometían, mas en muchos de ellos, en defecto de las cualidades que habían de determinar su preferente elección, la ciencia ha encontrado nuevos principios y excelentes puntos de mira para avanzar en medio de las incertidumbres que ha despertado la mal conocida teoría del sistema.

En la discusión trascendentalísima de los puntos con la función telefónica relacionados no podemos entrar, ni tampoco particularizar los sistemas copiosamente aparecidos en el espacio limitado de estos últimos cuatro años.

En un libro especial que á esta rama de la ciencia dedicamos el año anterior, podrán hallar los lectores que lo deseen noticias muy completas acerca de muchos teléfonos (1).

Aquí fuerza será que nos circunscribamos á tratar de los últimos sistemas, de aquellos tan sólo que han merecido un juicio lisonjero de la crítica.

Merece en este concepto muy especial mencion el sistema telefónico de M. Phelps, electricista norte-americano. Este teléfono permite, en efecto, obtener una articulacion clara de los sonidos y un aumento en la intensidad de éstos.

La modificacion principal que ha introducido M. Phelps consiste en la combinacion de dos ó más placas vibrantes, correspondientes á otras tantas bobinitas de electro-iman, dentro de un mismo circuito. Las bobinas están colocadas en los polos opuestos de un imán permanente, con objeto de que obren separadamente para aumentar la intensidad de las corrientes de induccion. Gracias á la disposicion de los diafragmas, una sola embocadura sirve para todos ellos.

El modelo que de su teléfono ha dado á conocer M. Phelps es de ebonita, y se parece á

(1) *Maravillas de la telefonía.*—*Descripcion del Teléfono, el Microfono y el Fonógrafo.*—Trilla y Serra, editores.—Barcelona.

una petaca de forma elíptica aplastada, compuesta de tres partes distintas y con estrías en la superficie exterior, para poderla tener más fácilmente en la mano. En cada uno de los dos focos de la elipse hay una abertura, sirviendo la una para embocadura, y la otra está tapada con un taponcito de ebonita también, que se puede quitar cuando el arreglo del instrumento lo requiere.

Otro teléfono ha construido M. Phelps, llamado de corona (crown-telephone), formado de seis imanes de herradura. Los polos, de igual nombre de estos imanes, vienen á formar con la bobina el electro-iman; y los otros seis polos están en contacto con el borde del diafragma. El sistema parece ganar considerablemente con una disposición que tanto aumenta el campo magnético. Con un teléfono de *doble corona* que posee dos membranas, cuyas vibraciones se refuerzan mutuamente, se verificó un ensayo en una iglesia de Nueva York, que dió magnífico resultados. Trescientos fieles que habia en ella oyeron muy distintamente el sermón, el canto y la música religiosa que sucesivamente hubo en la capilla.

Ha realizado también notables perfeccionamientos en telefonía el físico M. Aden.

Uno de ellos consiste en la construcción de

un electrófono, cuyos órganos magnéticos son verdaderamente microscópicos, debiéndose precisamente á esta disposicion, en virtud de la cual las imantaciones y desimantaciones del electro-iman se efectúan muy rápidamente, la singular energía de los sonidos en el sistema obtenido. Un tambor, cerrado por una de sus caras solamente por un papel de pergamino, constituye el exterior del instrumento. En la circunferencia de aquél hállanse seis laminitas de hoja de lata, tan diminutas, que sólo tienen un centímetro de longitud y dos milímetros de anchura. Frente á estas laminitas se hallan seis electro-imanes microscópicos, cuyas bobinas están unidas entre sí, y cuyas corrientes de induccion animan el sistema. Sirve de trasmisor á éste un *micrófono* de carbon, instrumento especial de que hablaremos en seguida.

Los trabajos experimentales hechos por este físico en el campo, aún vírgen, de la telefonía son muy notables. Como resultado de ellos, no es el teléfono que acabamos de citar el único que ha inventado. Otro existe del mismo autor en combinacion con el micrófono, que coloca inmediatamente debajo de la membrana, que es de abeto, en vez de ser de metal, y en el que emplea además M. Aden una bobinitá de induccion. Una alteracion muy notable se echa de

ver en el sistema, y de la que se han obtenido muy buenos resultados, cual es la supresion de la embocadura, que parece exhibir la libre expansion de las vibraciones sonoras determinadas por las del diafragma.

Si el espacio no nos faltára podríamos citar los bellos trabajos de Dunand; los sistemas avisadores de Siemens y Halshe, Perrodon, y otros; el teléfono hidro-eléctrico de Resio; el de bolsillo de Boudet; el electrófono de Bourseul, y algunos más cuya aparicion data de un año á esta parte, y cada uno de ellos recomendable bajo algun punto de vista determinado. Simultáneamente con éstos ha dado á conocer asimismo M. Gower un teléfono especial, pura modificacion del de Bell, de cuyos órganos, bien que diferentemente dispuestos, se compone, y para cuya explotacion se ha constituido una gran Sociedad industrial, que ya ha aplicado el sistema en un servicio de telefonía municipal creado en Marsella.

Las diferencias de construccion que separan este sistema del de Bell, del cual se ha originado, consisten:

1.º En que el iman, cuyos polos se hallan colocados uno en presencia del otro, como en el electro-iman de Faraday, está en mejores condiciones que en los aparatos ordinarios.

2.º En que el diafragma es más espeso, mayor y más tenso que en el teléfono Bell.

3.º En que la caja es metálica y dispuesta de manera que haga oficios de caja sonora; y

4.º En que el aparato lleva un torna-voz que amplifica los sonidos.

IV.—Origen del *micrófono*.—M. Hughes.—Descripción del micrófono.—El micrófono, órgano receptor.—Su aplicación á la medicina.—M. Paul Bert.

El *micrófono* ha venido á ser el complemento del teléfono; es su mejor y más amplificado y útil trasmisor.

Inventó este instrumento, aún más sencillo que el teléfono, el físico inglés Hughes, y de su génesis poco habremos de decir.

Propúsose averiguar M. Hughes si en un circuito recorrido por una corriente variarían las condiciones de conductibilidad del conductor bajo la influencia de las vibraciones sonoras, como sucede con la luz y el calor. De aquellas modificaciones esperaba obtener M. Hughes la acusación de los sonidos á distancia, en la membrana de un teléfono situado dentro del circuito. La hipótesis no se confirmó. No obstante, el físico inglés sujetó á prueba un hilo de metal, tenso, del que no obtuvo fruto alguno; mas cuando el hilo puesto en vibración se

llegó á quebrar, percibió un sonido. Este resultado fué el principio de su invento. Sugetó, en efecto, el contacto de los dos extremos del hilo á diferentes grados de presion, y ya no tardó en reconocer que para obtener los efectos de sonoridad, ó mejor dicho, de trasmision, no era indispensable unir los hilos cabo con cabo, sino que bastaba tenerlos á distancia siempre que salvára la solucion de continuidad un conductor atravesado y en contacto con ellos. Hizo la prueba nuestro inventor con tres puntas de París, de las cuales la una servía para poner en contacto, descansando sobre las otras dos, los dos extremos del circuito, que estas últimas formaban, y los resultados fuéron admirables. Un teléfono Bell colocado en este circuito, recorrido por lo demas por la corriente de un par voltáico, acusaba con amplificacion los sonidos que se produjeron junto á las puntas de París, que hacian por esta causa las veces de trasmisor.

Se acababa de descubrir el micrófono.

Ya desde entónces sólo podia tratarse de darle la más conveniente disposicion; y al efecto, M. Hughes sustituyó el carbon al metal para establecer sus imperfectos contactos microfónicos, porque reconoció que la oxidacion de éste era origen de una mala trasmision.

El instrumento que así constituyó, y que ha servido de punto de partida para otras muchas modificaciones que en el sistema posteriormente se han introducido, consiste (fig. 20) en un tablero de madera, en cuya superficie descansa un prisma, de madera también, colocado verticalmente. En una de las caras de este prisma, y colocados en el primero y último tercio de su altura, se hallan dos cubitos de carbon *AB*, en cuyas dos caras, que se miran, hay practicado un agujero; y descansando las opuestas puntas dentro de éstos, existe otro carbon *C*, aguzado en forma de lanzadera. Tales son los componentes que dió á su original trasmisor M. Hughes. Faltaba, empero, relacionarlo con el circuito, y al efecto, los dos cubos de carbon reciben los extremos de dos reóforos, en los cuales se hallan, como en la figura se indica, un teléfono Bell y una pila; esta se señala en *P*.

El lápiz de carbon sólo tiene, por lo regular, unos 4 centímetros de longitud, pues es conveniente que posea la menor inercia posible á las vibraciones que está llamado á acusar. Además, su posicion entre *A* y *B* ha de ser sensiblemente vertical á causa de haberse reconocido que se favorecia la trasmision colocándole en equilibrio inestable.

Con esto queda completado el sistema.

Su funcionismo no puede ser más sencillo y elemental. Basta hablar, basta producir algun sonido, por ténue que sea, en las inmediaciones de este trasmisor, para que el teléfono lo acuse en crepitaciones enérgicas ó suaves de la membrana, pero siempre amplificadas respecto de las que produciría empleándose otro trasmisor. Baste decir que el paso de una mosca por la peana, produce al oido del que escucha en el receptor la sensacion del lejano pisar de un caballo. Estando, pues, dotado el micrófono de tan extraordinaria sensibilidad, se comprende la necesidad de aislarle todo lo conveniente. Una almohadilla de cauchuc ó de algodón en rama es lo que suele emplearse en estos casos.

Este sistema, como ya en otro lugar indicamos, se ha combinado ventajosísimamente con el teléfono para aumentar la potencia trasmisora y áun receptora de éste. Tambien con los elementos del micrófono, muy discretamente dispuestos, se ha construido un receptor debido, como el sistema originario, al mismo inventor inglés.

La Medicina ha intentado várias aplicaciones del micrófono como instrumento auxiliar de la auscultacion, pero pocas han obtenido una eficacia verdaderamente práctica. Empero no hay

que desconfiar; algunos ensayos felices que se han hecho y los instrumentos que ya se han dado á conocer, hacen esperar que un revelador tan indiscreto casi de los sonidos como el invento de M. Hughes es, no tardará, en manos de experimentadores tenaces y afortunados, en producir notables frutos. Por de pronto, el eminente fisiólogo M. Paul Bert, ha publicado ya en *La Nature* algun trabajo en que describe un micro-teléfono de su invencion, con el que se propone curar ó aliviar por lo ménos la sordera.

V.—Una nueva maravilla.—*El fotófono*.—Propiedad del selenio.—Descripción del nuevo invento.

Tan sorprendente por lo ménos como el primero, es, si cabe, el segundo y muy reciente invento anunciado por el sabio y modesto ex-profesor de Boston, M. Graham Bell.

El fotófono.

El instrumento de telefonía que utiliza como agente motor la luz, cuya velocidad de propagacion es casi incalculable.

M. Graham Bell dejará un nombre imperecedero en los anales de la electricidad. Sus dos portentosos descubrimientos señalan cada uno una verdadera revolucion en el campo tan fértil en maravillas de esta ciencia casi nueva.

Por el primero nos enseñó á transmitir la voz á lo largo de un conductor, á grandísima distancia; por el segundo, y merced á una aplicación sapientísima del agente físico luminoso, ha suprimido *ipso facto* el conductor. Diríase que volvemos á los primitivos tiempos de la telegrafía si el hecho de por sí no constituyera un progreso, poco práctico hoy, pero de una trascendencia incalculable.

Se conoce en física un experimento, muy bello ciertamente, al que por hipérbole casi, se conoce por *llamas cantantes*; pues bien, en el experimento de Graham Bell las llamas no cantan, es verdad, pero hablan, y hablan de una manera articulada y clara por el órgano del teléfono receptor, cuya membrana entra, bajo su influencia, en vibración.

El hecho en que tan admirable invento se resume, puede describirse en pocas líneas.

El *selenio* es un metal que se obtiene de la destilación de las piritas de hierro. En frío es eminentemente refractario á la electricidad; mas no hace muchos años se echó de ver que al calentarse adquiría un poder de conductibilidad considerable. El hecho había sido utilizado por algunos físicos para construir con el selenio un fotómetro, es decir, un instrumento de medida de la luz, bastante regular. M. Graham Bell

acaba de conferirle la mision sublime de conducir, envuelta entre irisados rayos, las palpitaciones de la voz humana.

Si en el invento, cuya descripcion esbozamos, existe la ventaja de poderse pasar sin hilo conductor, en cambio hay que colocar las estaciones de manera que los rayos luminosos de la una puedan ser visibles en la otra.

Prodúcese en la estacion trasmisora un foco de luz, cuyos efluvios son lanzados á la opuesta estacion por medio de un reflector. Gracias á un mecanismo ingenioso, las vibraciones de la membrana ante la cual se habla, producen eclipses rápidos, de variable duracion, y que podríamos llamar sincrónicos, con las modulaciones de la voz origen de ellos. Un espejo que la estacion receptora interpone ante la luz, refleja sus rayos sobre un disco de selenio colocado en un circuito; en este circuito se hallan ademas un aparato Bell y una pila. Resulta, pues, que el selenio se halla perennemente recorrido por una corriente de electricidad; mas la intensidad de ésta corriente apenas el sistema funcione y la luz por tanto se quiebre, experimentará variaciones acordes con los eclipses que allá en el trasmisor se hayan producido. Se comprende que la veleidosa conductibilidad del disco en este caso, venga á ejercer oficios de in-

terruptor. Así, pues, vibrará la membrana receptora y sus vibraciones concordarán con las del diafragma trasmisor, origen primero de esta serie de movimientos sucesivos y sincrónicos en la luz y en la corriente producidos.

Tal es el órgano receptor.

En cuanto al fotófono por el que se trasmite, es fácil adivinar que su mecanismo importante residirá en el interruptor de los rayos de luz. Ese mecanismo ya hemos dicho que era muy sencillo.

Solidario con la membrana trasmisora, que se coloca en un plano horizontal, existe un vastaguito unido á una placa surcada por una ranura transversal. Esta placa diminuta está colocada verticalmente. Otra plaquita hay además paralela á ésta y fija en un zócalo, dotada con una ranura también que coincide con la anterior. Así, pues, hallándose en reposo el sistema, la luz penetra con entera libertad por ambas aberturas para ir á proyectarse en el espejo de la opuesta estación.

Mas en el instante en que empieza á funcionar el sistema, es decir, así que vibra la membrana, la primera placa oscila, y como su ranura deja de coincidir con la segunda, el rayo luminoso deja asimismo de pasar. De ahí una interrupción. Como á cada vibración de la mem-

brana una nueva interrupcion se produce, de la serie de movimientos de aquella vendrán á resultar las ondulaciones luminosas que constituyen el elemento motor del sistema.

Tal es el fotófono; tal el nuevo invento admirable de M. Graham Bell.

CAPITULO VII.

LA LUZ ELÉCTRICA.

I.—Humphry Davy.—El arco voltáico.—En qué consiste la luz eléctrica y su diferencia con las demas luces.—Leyes de Joule.—Funcion de los carbones.

Entre las funciones especiales que ejerce la corriente en un circuito, nos falta conocer una que no es la ménos importante ciertamente de las que ya dejamos estudiadas; la produccion del calor y de la luz.

En 1813, el insigne fisico inglés Humphry Davy, aproximó los reóforos de una potente pila, á cuyos extremos libres iban unidos dos conos de carbon; los separó ligeramente en seguida, y un chorro de luz deslumbradora surgió en el espacio que dejaban libre los carbones. Se habia descubierto el *arco voltáico*, es decir, la *luz eléctrica*.

Fijemos lo más concisamente posible la na-

turalidad de esta luz especial bajo tantos conceptos superior á los demas focos luminosos que el hombre ha sabido producir.

La luz eléctrica puede obtenerse en el vacío, en el agua y aún en medio de gases impropios para la combustion; puntos esenciales, en los cuales se diferencia de toda otra luz artificial, que sin esta última circunstancia generalmente no se obtiene.

La luz eléctrica consiste en una pura transformación de fuerzas físicas; esto explica por qué puede subsistir sin necesidad de combustion.

Recurramos por un momento á la pila para investigar los orígenes de nuestra luz.

Generalmente por cada kilogramo de zinc que en el ácido sulfúrico diluido en agua se disuelve, se desprenden 560 calorías (1). La pila, pues, en que esa disolucion se produce en cantidad igual en cada uno de sus vasos, es un manantial de calor. Pero el calor en la pila no queda circunscrito á los cuerpos que han entrado en la combinacion, sino que llevada entre las mallas sutilísimas, invisibles de la corriente, por efecto de la accion química generada, ha

(1) *Caloría* es la unidad de calor, y representa la cantidad de calor que ha sido preciso desarrollar para elevar á 1° la temperatura de 1 kilogramo de agua que estaba á cero.

penetrado en el circuito, distribuyéndose en cantidades desiguales entre él y la misma pila. Si el circuito es corto, pequeña es también la cantidad de calor que retiene, y mayor por tanto el que conserva la pila, porque la cantidad total de calor entre uno y otra repartida, solo varía variando los elementos que han procurado su aparición.

Mas si se prolonga el hilo, ó lo que es lo mismo, se disminuye su seccion, viene á aumentarse la cantidad de calor que le recorre, pudiendo decirse, en tésis general, que de la longitud y diámetro de un hilo depende la mayor ó menor temperatura que recibe. Así, pues, si disponemos de un hilo corto y de muy escasa seccion, como la cantidad de calor que reciba será grande, podrá llegar á determinarse en él un efecto de incandescencia.

El físico Joule ha determinado las leyes de esa distribución del calor en los circuitos.

Resulta, pues, que un medio cualquiera, dotado de insuficiente conductibilidad, como un conductor muy sutil y muy largo, por ejemplo, lo sería hasta para determinar un efecto calorífico muy acentuado; mas como el efecto luminoso en gran parte depende de la facilidad que para iluminarse dicho conductor tenga, se explica que la interposicion de determinadas sus-

tancias en un circuito resistente, baste para producir la incandescencia.

Esto fué lo que hizo Davy con el empleo de los carbones.

II.—Electrodos del arco.—Proyeccion de la imagen de éste.
—Diferente aspecto de los carbones.—Continuidad del circuito en el arco.—Color y extension del arco segun la sustancia de los electrodos.

La interposicion de los carbones en el circuito, y la solucion de continuidad que inmediatamente despues de su contacto entre ellos estableció Davy, no ocasionan segun vamos á ver la ruptura del circuito.

El esfuerzo que necesita producir la electricidad para vencer el medio aeriforme, resistente que se le interpone al separar los dos carbones, causa primero la concentracion del calor, segun la ley que dejamos consignada; y la naturaleza del carbon que se desagrega fácilmente, trae consigo despues la deslumbradora incandescencia.

Mas veamos en qué consiste el *arco voltaico*, y veremos cómo persevera aquella continuidad.

Existe un experimento muy elegante que permite observar sin peligro para la vista la forma de los carbones incandescentes, á los que se llama *electrodos* del arco. Este procedimiento

consiste en la proyeccion del foco luminoso por medio de una lente convergente sobre una pantalla blanca. Así se obtiene la imágen de los electrodos invertida, siendo visibles entonces ciertas asperezas en su superficie segun puede observarse en la figura 21.

El arco observado de esta manera, se parece á una llama vacilante, al traves de la cual surcan á menudo el espacio entre los carbones interpuestos, partículas diminutas y muy brillantes.

El brillo de los electrodos, al igual que aquella proyeccion de materia incandescente, no es igual en uno y otro. El cono positivo es rojo-blanco, hasta una distancia de la punta bastante regular, en tanto que el negativo sólo en el vértice se enrojece débilmente. Además, ambos electrodos se consumen, y éstos con desigualdad, por efecto de la desagregacion desigual que la fuerza de la corriente les produce. El cono positivo se ahueca en la punta, y adquiere esa forma que en él se ha llamado *cráter*; el negativo, por el contrario, adquiere unas á manera de excrecencias nacidas del depósito que en su superficie se hace de partículas lanzadas desde el carton superior.

Estas partículas constituyen el puente por el que la corriente circula; el circuito permanece, por tanto, inalterable.

Como no es solamente el carbon la sustancia que á guisa de electrodo se puede emplear, se ha excitado el arco con metales y otros cuerpos, y en el uso de aquéllos principalmente, se ha reconocido el color vario que el arco afecta. Este color es siempre el característico de la llama cuyo metal como electrodo se emplea.

M. Grove, estudiando las sustancias cuyo empleo era más conveniente para la excitacion del arco, ha fijado la siguiente escala, en la cual se comprenden, por grados decrecientes de virtud, las materias que producen el arco más prolongado y brillante: potasio, sódio, zinc, mercurio, hierro, estaño, plomo, antimonio, bismuto, cobre, plata, oro y platino. Por lo que atañe al color del arco se confirmó que era debido á los electrodos: añadiremos que es amarillo, cuando estos últimos son de sodio; blanco con el zinc, y verde con la plata; los mismos, en una palabra, que creemos haber consignado al tratar de la chispa.

III.—Consideraciones generales acerca de las máquinas dinamo-eléctricas.—Su superioridad sobre la pila.—Diferente consumo de los electrodos.—Ventajas de las corrientes de inversion.—Pixii, Clarke y Nollet.—Máquina de la Alianza.

La luz eléctrica, como el resto de las grandes aplicaciones de la electricidad, no pasó de la categoría de un bellissimo experimento aislado, hasta tanto que Ørsted, Ampere, Arago y Faraday hubieron dado á conocer sus trabajos fecundísimos. Las leyes de la induccion, último límite, hermoso coronamiento de aquéllos, abrieron paso á la inventiva de los doctos, y ántes y despues del magnífico instrumento debido al genio de Ruhmkorff, han ido apareciendo esos generadores de electricidad potentísimos, llamados máquinas dinamo-eléctricas, bello ejemplo de la trasformacion de la energía mecánica en electricidad, y de la reversibilidad de ésta en aquélla, cuyos grandes triunfos apénas nacidas prometen para el porvenir los más grandiosos frutos.

En rigor, la mencion ligera que de estos grandes generadores habremos de hacer, correspondía hacerla al tratar de la bobina Ruhmkorff. La naturaleza especial de estas máquinas señalábanle aquella colocacion, mas la aplica-

cion principalísima que á la produccion de la luz eléctrica han recibido, nos ha movido á reservar su estudio para cuando tratáramos de esta última especialidad.

La pila como órgano generador, resultaba caro y deficiente cuando de la produccion del arco voltaico se trataba. Afectan á éste, en efecto, causas de desigualdad que las variaciones en la intensidad de la corriente, por pequeñas que fuesen, no hacian más que agravar. Además, la iluminacion eléctrica empleando aquél generador resultaba muy cara, y esta circunstancia, y la ninguna fijeza de la luz, condenaban en la práctica á absoluta esterilidad el sistema.

Tantas dificultades en gran parte han sido salvadas con el empleo de las corrientes de induccion. El gran poder de éstas y hasta su misma inversion, siendo favorables al desarrollo de focos poderosos, y hasta dentro de ciertos límites á su propia division, aparte el consumo equilibrado que establecian entre ambos electrodos, colocaron la luz eléctrica en condiciones de competencia industrial, y este fué el origen de los grandes medros que hoy va adquiriendo tan incomparable alumbrado.

Conviene que expliquemos lo que al tratar del consumo de los electrodos insinuamos.

La proyeccion de partículas materiales desde el electrodo positivo del arco voltaico al negativo, tan superior á las que desde éste segundo se proyectan en aquél, se convierte en la práctica en inconveniente grave cuando se estudia la manera de dar la conveniente fijeza al foco de luz eléctrica generado. La proporcion en que los electrodos se desagregan es de 2 para el positivo, mientras el negativo sólo se desagrega 1; es decir, que aquél se gasta doble que éste. Pues bien; cuando en lugar de una corriente de sentido invariable se emplea una corriente de induccion, ó por mejor decir, un flujo de corrientes de induccion, cada una de las cuales es de sentido contrario á la que la ha precedido, entónces como el electrodo positivo y el negativo reciben por igual esas corrientes alternadas, prodúcense por igual en ellos los efectos de desagregacion, y es más fácil de restablecer el desequilibrio en el arco que esta última ha ocasionado.

Sentados estos antecedentes, citemos, ya que describir no podamos, las grandes máquinas generadoras de esa electricidad cuya conversion en calor y en luz de incomparable brillantez é intensidad tanto admiramos.

En la historia de esas máquinas figuran en primer lugar los nombres de Pixi y Clar-

ke; ellos abrieron con sus descubrimientos el camino que otros con tanto fruto como gloria han seguido. La primera máquina que en pos de las de aquéllos realizó el problema de la trasformacion de la fuerza motriz en chorros poderosos de electricidad, fué la de Nollet, llamada *de la Alianza*, con cuyo nombre ha sido más comunmente conocida. Esta máquina no obstante su antigüedad, es usada aún en muchas partes.

Trataremos de dar á comprender el principio en que esta máquina se funda.

Colóquense verticalmente y con los polos vueltos hácia abajo dos imanes en forma de herradura, y colóqueseles uno en frente de otro, es decir, paralelamente, de manera que los polos contrarios se correspondan. Si en el espacio que entre ellos queda circula un electro-iman rectilíneo, es decir, un cilindro de hierro rodeado de una bobina cuyos cabos estén enlazados á un doble conductor formando circuito, los efectos que se obtendrán serán los siguientes. Al aproximarse el electro-iman al primer par de polos que le salga al paso, su núcleo se imantará, y una corriente de induccion se producirá en la bobina. Al dejar atras el electro-iman aquellos mismos polos, el núcleo que se habia imantado se des-

imantará; esto dará lugar á una segunda corriente contraria á la primera. Siga su movimiento el electro-iman; al aproximarse al segundo par de polos encontrados, el cilindro adquirirá nueva imantacion, opuesta, sin embargo, á la primera, y con esto habrá surgido una tercera corriente igual á la segunda, por lo mismo que ha de ser contraria á la primera. Cuando llegue el electro-iman á dejar atras estos dos últimos, se habrá producido una imantacion, y correlativamente una corriente; ésta será inversa de la anterior, y por consiguiente igual á la primera. Ahora bien: si se forma una corona de imanes y por entre ellos, fijos en la superficie de un tambor, pasa un número de electro-imanés igual, claro está que el número total de corrientes se habrá aumentado considerablemente y en una proporcion que fácilmente se puede calcular. Pues bien, en esto consiste la máquina de la Alianza. Varios discos de electro-imanés girando entre los polos de imanes con un movimiento comun por tener todos los discos un mismo eje. Este eje está servido por una fuerza motriz. Una disposicion muy ingeniosa permite reunir todas las corrientes que en las diferentes bobinas se generan en un circuito comun.

IV.—Wilde, Siemens y Ladd, crean los multiplicadores magneto-dinámicos.—Máquinas notables.—Lijera descripción de la máquina Gramme de corrientes rectificadas.—Máquinas de division Gramme y Lontin, y bobina Jablockhoff.—Ferro-carril eléctrico.

La obra de Nollet era más que una promesa; resolvía un gran problema; en pos de su máquina, y de una notable bobina de induccion que Siemens inventó, vinieron los trabajos de Wilde, el mismo Siemens y Ladd que señalaron un nuevo y no ménos importante progreso. Estos físicos buscaron la manera de engendrar con una corriente inicial, débil, otra corriente de extraordinario vigor y de duracion indefinida. Así crearon los que muchos llaman *multiplicadores magneto-dinámicos*.

Nos sería imposible, sin engolfarnos demasiado, entrar en ningun pormenor acerca de la reforma trascendental que aquellos inventores iniciaron. De estas máquinas han nacido despues las que en Europa y América han asegurado el triunfo económico de la luz por la electricidad, y en cuyo número se hallan los magníficos inventos de Gramme, Siemens, Brush, Wallace-Farmer, Meritens, Trouvé, Lontin y alguna otra de aparicion más reciente, acerca de cuyas ventajas no podríamos certificar.

De la primera de estas máquinas, tan sólo, habremos de hablar con alguna detencion. El generador dinamo-eléctrico que M. Gramme ha dado á conocer, y que tanto se ha generalizado ya entre nosotros, bien merece esta distincion. El anillo magnético que constituye el órgano principal de la máquina, ha servido de tipo para todas las demas que con posterioridad han aparecido; y esta circunstancia, que habla muy alto en favor del físico francés, bastaria ademas para justificar nuestra preferencia. Digamos de paso que la legitimidad del invento le ha sido disputada á M. Gramme por dos físicos que no son franceses, por M. Worms de Gamilly, alemán, y por M. Paccinotti, italiano, cuyos títulos, muy atendibles por cierto, no expondremos, por que la cuestion interesa poco á nuestro relato.

La máquina Gramme es de corrientes rectificadas, es decir, que no hay en ellas la inversion de que hemos hablado en otro lugar; y la representamos por su tipo llamado de taller y montada en un zócalo, en la fig. 22.

Débese aquella cualidad, que la exime del empleo de un conmutador que enderece, digámoslo así, todas las corrientes en un sentido uniforme, á la disposicion anular del órgano inducido en cuyas bobinas las corrientes se generan; pues en él la induccion produce el efecto de dos

generadores unidos en oposicion (1). Ese anillo magnético aparece en el centro de la figura entre dos grandes electro-imanés, con cuya aplicación vino á sustituir el inventor el iman de herradura entre cuyos polos aquél órgano magnético giraba. Este, formado en un principio por una sola bobina en torno de un núcleo circular, se ha trasformado en una serie variable de ellas, susceptibles de ser dispuestas como los elementos de una pila en tension ó en cantidad, según la índole de los efectos que se haya de obtener. Los extremos de cada una de estas bobinas están soldados á unas láminas aisladas entre sí, y dobladas en ángulo recto, que parten del centro del anillo, cuyas láminas, en virtud de esta disposición, vienen á formar una especie de muñon ó mango cilíndrico, por cuya superficie circulan las corrientes que el movimiento inductor genera en las bobinas. Estas corrientes las recogen y dirigen al circuito dos colectores ó cepillos metálicos especiales, visibles en la figura, y que rozan de continuo el mango de que acabamos de hablar.

Las dimensiones de una máquina Gramme

(1) La teoría muy compleja de esta máquina y de otras varias que aquí hemos de omitir, la damos en un trabajo que acaba de aparecer sobre la *Luz eléctrica*.—Trilla y Serra editores, Barcelona.

del tipo comun son muy reducidas: 65 centímetros para la longitud, 41 para la anchura y 50 para la elevacion. Aplicando á una de estas máquinas un motor de fuerza dos caballos y medio, é imprimiéndole una velocidad de rotacion de 850 vueltas por minuto, suministran un foco de luz equivalente á 270 mecheros Carcel.

Con posterioridad á la aparicion de esta máquina ha dado á conocer M. Gramme otra que produce corrientes de inversion, y con órganos especiales para obtener la division de las mismas en varios circuitos, es decir, en varios focos luminosos. Otra máquina de igual sistema habia ideado M. Lontin, y asimismo tiene M. Jablockhoff una bobina especial destinada al servicio de sus bujías, que obedecen al principio de la division de la luz eléctrica. Esto no obstante, las que se hallan en la Puerta del Sol reciben su corriente de un generador Gramme de division como el que acabamos de citar.

Las funciones de estas máquinas dinamo-eléctricas, habíanse reducido hasta hoy á la produccion pura y simple de la luz. Mas ya se ha entrado en la vía de su aplicacion como agente de fuerza motriz á distancia, aprovechando aquella preciosa reversion de sus facultades de que al principiar este capítulo hemos hablado. Precisamente esta tendencia que hemos visto

iniciada en experimentos agrícolas curiosísimos de que se ha ocupado una de las revistas más acreditadas de París, nos trae á la memoria el ferro-carril, en construccion, que ha ideado M. Siemens de Berlin, y del cual vamos á decir dos palabras, no obstante trincar esta digresion el órden de materias que nos habíamos trazado.

El ferro-carril eléctrico de Berlin se funda en la reversibilidad de las máquinas dinamo-eléctricas. Es decir, que habrá una máquina que convertirá la fuerza motriz en electricidad, y otra que convertirá esta misma electricidad en fuerza motriz. La primera de estas dos máquinas permanecerá fija en la cabecera de la línea; la segunda cabalgará en los rails y arrastrará tras de ella en su veloz carrera un tren de dos ó tres wagones. Para obtenerse esta traccion, los rails estan dispuestos para poder ejercer oficios de un doble conductor; el chorro de corrientes que de la máquina fija brote, se deslizará por ellos, y al encontrar el tren invadirá los electro-imanés de la máquina móvil; girará en esta el anillo magnético, y un sistema de trasmision comunicará el movimiento á las ruedas, con lo cual dicho se está que avanzará el tren. Tal es, rápidamente descrito, el principio en que descansa tan bella aplicacion.

V.—El carbon vegetal y el de retorta como excitadores del arco.—Carbones artificiales.—Causas que originaron los reguladores.—Su objeto.—Lámparas más notables.

Volvamos á la luz eléctrica.

Humphry Davy, al descubrir esta luz, habia aplicado dos conos de carbon de madera, unidos á los extremos libres de los reóforos de su potente pila. La eleccion de aquella sustancia como excitador del arco fué acertadísima. El carbon, en efecto, es bastante buen conductor, se desagrega con facilidad, produce llama sin grande esfuerzo, y así aumenta con el brillo luminoso de su combustion el efecto eléctrico de la incandescencia. Foucault sustituyó, empero, al carbon de madera, el carbon de retorta que se adquiere en las fábricas del gas del alumbrado, y ya esta sustitucion ha sido definitiva. Posee, sin embargo, este carbon muchas impurezas, y éstas hacen fluctuante y desigual la luz del arco voltaico. Para evitar esta causa muy sensible de perturbacion, la industria ha tratado de producir electrodos que posean la mayor suma posible de homogeneidad, y aunque no todos los productos que han acudido al mercado han llenado esta condicion, existen, sin embargo, algunos, tales como los carbones de Carré, Archereau y Gauduin, es-

tos últimos sobre todo, que han obtenido los sufragios de los prácticos.

Pasemos á ocuparnos ahora de la mayor y más seria de las dificultades con que se tropieza al producir el arco voltáico.

Fijada la distancia que entre sí han de guardar los electrodos, para que aquel brillante fenómeno se obtenga, entre otras causas de ménos importancia hay que considerar la intensidad de la corriente que invade el circuito. Siendo ésta corriente inalterable, se comprende que, para que la luz lo sea, los carbones no se han de mover. Su mayor ó menor alejamiento, ó extinguen la luz ó la hacen vacilante ó débil. Ahora bien; los electrodos se desagregan y acaban por desaparecer; además, en su consumo respectivo no existe uniformidad. De ahí procede que la distancia entre ellos se agrande al poco tiempo de haber hecho el arco su deslumbradora aparición, y que precise aproximarlos lenta pero constantemente, si se quiere evitar el escollo de las fluctuaciones, origen de las críticas tan injustas como apasionadas que se ha atraído tan incomparable luz. Con la mira de vencer esta dificultad se idearon los reguladores.

Consisten éstos en unas lámparas especiales, sólo aplicables en los focos que por el arco voltáico se obtienen, en las cuales, mediante un con-

curso de artificios tomados de la mecánica, de la electricidad y hasta de la química, solos, como sucede con los primeros, y en combinación si se trata de los otros dos, se obtiene un avance simultáneo, gradual y regular de los electrodos á medida que su consumo se verifica y que la intensidad de la corriente lo requiere. Así se consigue dar relativa fijeza á la luz del arco voltáico.

En rigor los más de los mecanismos que en tales lámparas funcionan, son ajenos á la electricidad, por lo cual de su descripción, una vez conocido el objeto, bien nos podemos dispensar; diremos sí, que como frutos del ingenio son por punto general muy bellos; y que algunos, poco, muy poco dejan ya que desear en la práctica ordinaria de las funciones para que han sido concebidos. Con esto y con citar las lámparas de más general aplicación, habremos terminado cuanto acerca del arco voltáico decir podíamos. Esas lámparas son: Foucault, Carré, Serrin, Gaiffe, Fontaine, Jaspard, Niaudet y Jamin. Estas tres últimas, bastante recientes, son asimismo muy notables.

VI.—Origen de los sistemas de incandescencia.—Principio en que estas lámparas descansan.—Divisibilidad de la luz eléctrica.—Bujía Jablochhoff.—Sus más recientes perfeccionamientos.—Candeleros y conmutadores.—Número de bujías establecidas.—El Salon y el Hipódromo.

Buscando por distinto camino la manera de salvar el escollo de la indecision que la luz del arco revela, y principalmente con la mira de obtener focos pequeños que permitieran la division en varios circuitos de las corrientes de un mismo generador, se han ideado los llamados sistemas de incandescencia, en los que al medio aeriforme dentro del circuito interpuesto, como lo hemos visto en el arco, se substituyó una sustancia dotada de muy escasa conductibilidad, que por esta misma circunstancia habia de arder al paso de la corriente.

Con esta mira vino á conscruir Jablochhoff sus bujías eléctricas.

Los trabajos preliminares del oficial ruso, y asimismo los que ántes que él otros rusos realizaron, no pueden tener cabida en nuestro humilde *Manual*.

El sistema es muy sencillo. Como sustancia refractaria eligió M. Jablochhoff la caolina, tierra que se emplea en la fabricacion de la porcelana. Esta sustancia, vá colocada entre dos barri-

tas de carbon, paralelas, de manera que el todo venga á formar un sólo cuerpo. Tal es la constitucion de las bujías. Así la electricidad que por los dos reóforos de la máquina llega á los carbonos, encuentra en el circuito un medio resistente, la caolina, en la cual se desarrolla primero una gran cantidad de calor, y acaba por entrar en fusion al par que la incandescencia de los electrodos se produce (fig. 23).

Fuéron testimonio elocuente de las ventajas de este sistema la posibilidad de colocar ocho focos en un mismo circuito que desde luego resultó. La máquina que esto exigia era de 4 caballos; mas hoy, con los procedimientos perfeccionados que ha introducido M. Jablochhoff, el número de bujías susceptibles de arder en un sólo circuito se eleva á 32. Mas como parte muy principal de esas modificaciones á que acabamos de aludir, y para evitar la notable absorcion de calor que en detrimento de la luz en las bujías se operaba, ha reemplazado el reputado inventor á la caolina un nuevo aislamiento que le suministran el sulfato de cal y el de barita, mezclados entre sí en partes iguales. De esta mezcla, que exige escasísima y poco esmerada manipulacion, se obtiene el molde, casi diríamos, de yeso, en cuyas opuestas aristas van colocados los dos lapiceros de carbon.

Por lo regular cada lámpara suele contener un candelero de forma muy especial, capaz de recibir 4 bujías. Sostienen éstas verticalmente sobre la base de aquél por medio de unas pinzas de resorte, cuyos dos brazos, aislados entre sí, están en contacto respectivo con cada uno de los electrodos.

La duración de la bujía sólo es de tres cuartos de hora; esto obliga á consumir una tras otra en cada candelero para no interrumpir la iluminación. Además, el paso de la electricidad que en ellas determina la incandescencia se produce por medio de un conmutador á mano, ántes que la bujía haya llegado á punto de extinción, ó bien por uno automático que para el caso también existe. Este último es tan ingenioso como sencillo. Se coloca un alambre delgado en la parte inferior de la bujía, junto á la pinza de metal. Cuando la luz de aquella alcanza á este diminuto conductor, se propaga á él la incandescencia, y su consumo motiva la caída de un resorte, con cuya nueva posición se establece un puente, que dirige á una nueva bujía la corriente que invadía la bujía anterior.

Hay otro procedimiento, que podremos llamar natural, y que ha sido empleado muy recientemente. Consiste en colocar las cuatro bujías del candelabro dentro del circuito en vez de una

sola como se practica por el procedimiento anterior. El conmutador que transfiere de una en otra bujía la corriente, resulta tambien innecesario en este sistema. A primera vista diríase que al fluir la corriente, todas estas bujías han de arder á la vez; pues no es así, sin embargo. Se ha observado que la corriente elige para producir la incandescencia aquella bujía que está dotada de una resistencia menor. Al consumirse ésta se inflama inmeditamente otra bujía, y luégo otra, y otra en el órden mismo de resistencia, hasta que no existen mas bujías en el circuito.

En 15 de Junio del año actual se elevaba á 2.500 el número de los focos de luz eléctrica obtenidos por la bujía Jablochhoff. Hoy dia las instalaciones completas por este sistema, aparte de las que existen en la vía pública, son ya numerosas. Sin duda la más notable ha sido la del último Salon ó exposicion de pinturas de París, en cuya iluminacion hánse podido apreciar todas las ventajas de tan espléndido alumbrado, así como los defectos inherentes al mismo, que á los hombres prácticos y á los de ciencia juntamente corresponde remediar.

En la fiesta internacional dada en el Hipódromo de París, que ningun español puede recordar sin mostrarse agradecido, y en la que el ingenio y la caridad francesas desplegaron una

originalidad y una magnificencia incomparables, brillaban 120 de esos focos Jablochkoff, simultáneamente con un número mayor de lámparas eléctricas de otros sistemas.

VII.—La incandescencia y el arco voltáico juntamente.—
Lámpara de Reynier.—Lámpara Wendermann.

Entre los varios sistemas de alumbrado por la electricidad en que los efectos de incandescencia han sido puestos á contribucion para obtener el foco luminoso, merecen una mencion muy especial las lámparas Reynier y Wendermann, de las cuales la segunda muestra en su disposicion una mera inversion de la primera.

M. Reynier se propuso añadir á los beneficios de la incandescencia los que del arco voltáico le habian de resultar, para obtener una division de las corrientes de un solo circuito; y para ello colocó un lápiz largo de carbon apoyado verticalmente sobre un bloque de la misma sustancia y de relativa magnitud, en lugar de los electrodos de forma cónica que para el arco voltáico se emplean

Habíase observado, que cuando se disminuye la seccion del carbon positivo y á la vez se aumenta la del negativo, el calor en aquél aumenta en tanto que mengua en éste, á la vez que su consumo llega á hacerse casi inapreciable.

Esta desigualdad considerable imponía la necesidad de aproximar en sumo grado los carbones, y á esto obedeció la disposicion de Reynier, haciendo que su electrodo positivo, de unos dos milímetros de seccion, tocára por su extremidad el negativo. Al invadir la corriente el circuito, se produce la incandescencia en la parte inferior del lápiz positivo. Como es natural, éste se consume, y aún cuando por su posicion, siendo el carbon móvil, el contacto con el bloque mayor no cesaría, depositanse cenizas allí donde el arco se produce, y este depósito perjudica á la continuidad de la luz. La manera con que vino á obviar M. Reynier este inconveniente fué muy sencilla. Convirtió el bloque fijo en uno cilíndrico dotado de un movimiento de rotacion, con el cual contacta el lápiz móvil vertical de una manera excéntrica, á fin de que al menor desgaste de éste pueda comunicarle al cilindro un ligero impulso tangencial. Este, empero, basta para hacer caer las cenizas que ya se hubieren producido.

Fácil es con esta noticia teórica imaginar la lámpara de M. Reynier. Su bondad, segun los prácticos, es muy relevante.

Ya hemos dicho que el sistema Wendermann, muy notable tambien, era pura inversion del anterior. Es decir, que el carbon delgado posi-

tivo se halla en la parte inferior, detenido en el movimiento ascensional que un resorte de contrapeso le comunica, por el bloque negativo que se halla fijo en la parte superior. Al penetrar la corriente en el circuito, aparecen el arco y la incandescencia juntamente. El lápiz inferior se consume, mas como tiende á subir por la disposicion del contrapeso, el contacto prosigue y la luz no cesa por lo mismo que en el arco no se han alterado las exigencias de la continuidad.

VIII.—Divisibilidad de la luz eléctrica.—Ideal de los inventores.—Tentativas hechas.—Cómo pudiera considerarse obtenida.

Dados á conocer, bien que de una manera compendiada, los grandes inventos que, ya sea en forma de copiosísimos generadores de electricidad, ó de reguladores y lámparas destinadas á la division del caudal eléctrico en un número variable de focos luminosos, se han realizado, corresponderia á nuestro plan y á la índole de este trabajo, dar á conocer los esfuerzos brillantísimos y no siempre infructuosos, que para el logro de aquél último objeto, es decir, para la division de la luz, las inteligencias más conspicuas han llevado á cabo. Mas esta parte de nuestro MANUAL, al que habria de acompañar para que sus nociones fueran comple-

tas, una noticia acerca de las grandes aplicaciones prácticas, industriales, si se quiere, á que ha sido dedicada la luz generada por la electricidad, requeriría un estudio más completo y detenido de las leyes que la experimentacion de esta ha relevado, por lo cual enunciaremos tan sólo los términos en que el problema de la divisibilidad se basa, haremos resaltar su indeclinable resolucion para que el triunfo de la luz eléctrica sobre todos los demas sistemas de alumbrado, hagan su uso práctico y general irremplazable, despues de lo cual, citaremos, en lo tocante á aplicaciones, los principales ensayos que con éxito satisfactorio de algunos años á esta parte se están verificando.

Los frutos más envidiables del ingenio de sabios é inventores vendrian á resultar estériles ó quedarian por lo ménos sin práctica aplicacion, siempre que del uso de la máquina ó ingenio que aquellos constituyen á las necesidades ordinarias de la vida, no resultára una utilidad inmediata ó una satisfaccion plena de las leyes inalterables de la economía social. La belleza, la admirable sabiduría de un invento nada significan cuando se trata de su industrial utilizacion. Si otro sistema, otro procedimiento inferior suministra análogo ó aproximado resultado con un gasto ménos elevado, por seguro se pue-

de tener que aquella hermosa, aquella admirable invencion no saldrá del gabinete del físico ó del mecánico que con interes científico la admira, y nunca descenderá al mercado de la industria, porque en éste imperan leyes que dicta el interes con exclusion absoluta de todo entusiasmo científico y de pura especulacion. La luz eléctrica colocada frente á frente del gas que se emplea para el alumbrado, sufrió durante muchos años toda la fuerza abrumadora de este despotismo económico que nada ni nadie podria impunemente quebrantar. Producíase la luz eléctrica con las corrientes de la pila y el sistema resultaba ruinoso; es decir, que pesaba sobre él una invencible proscripcion. El descubrimiento primero y la perfeccion subsiguiente que experimentaron los grandes generadores magneto-dinámicos, dieron nueva faz al problema. La luz eléctrica, en determinadas condiciones, ya podia competir. Este primer triunfo fué muy señalado, y de él dimanó la serie de brillantísimos ensayos que han mejorado más y más las ya positivas ventajas del sistema.

Conviene que conozcamos la causa de aquella deficiencia y de esta provechosa iniciacion.

La luz eléctrica, al revés de la luz del gas, obteníase en un sólo foco, deslumbrador sí, intensísimo, pero de una concentracion tenaz y casi

diríamos rebelde, después de considerar la relativa ineficacia de los medios que para vencerla se han empleado. Resultaba de aquella concentración que sólo en casos muy especiales, es decir, cuando de iluminar un vasto espacio se trataba, podía utilizarse industrialmente como sistema de alumbrado tan incomparable luz. No cabían las divisiones y subdivisiones de su foco que hacen tan incalculablemente bella, manual y útil la luz del gas, de ese fluido que silenciosamente discurre por todos los ámbitos de nuestras grandes ó nuestras humildes moradas, y que dócil acude para brillar con variable intensidad allí donde nuestras necesidades lo demandan. La luz que toma su origen en la electricidad, ménos dúctil, más espléndida, más radiante y orgullosa, requiere como la del sol vastos espacios no interceptados por obstáculos que desvien el inmenso raudal de sus efluvios luminosos; por esto había que colocar un foco en cada recinto cerrado, y claro está que con esta condición, si el problema resultaba prácticamente hacedero, era asimismo económicamente impracticable. Pensóse desde luego en la división del circuito del arco voltaico en circuitos parciales por los que fluyeran corrientes originarias de la corriente general que alimentarían focos numerosos aunque más débiles. La

disminucion en la intensidad que ocasionaba la suma enorme de resistencias de que el circuito total se componia, hacian el beneficio ilusorio, ya que hubiérase necesitado producir una corriente colosal para producir algunos focos entecos cuya fotométrica evaluacion no correspondia por lo demas al arco total que del uso directo de aquella corriente se hubiera conseguido.

El procedimiento, pues, hubo de ser desechado. Entónces se imaginaron los sistemas incandescentes, en los cuales con la disminucion de la resistencia que el arco voltaico oponia en el circuito, pudo una sola corriente alimentar varias lámparas, y diéronse asimismo á conocer los generadores de division de Lontin y Gramme que ya hemos citado. En estas máquinas la disposicion del órgano magnético en series de bobinas enlazadas con circuitos parciales, permite la introduccion en éstos de corrientes destinadas á alimentar cuatro ó más focos cada una.

Así se ha resuelto hasta el presente el árduo problema de la divisibilidad. Creemos, empero, que la dificultad no ha sido más que sorteada, y que para obtener de una manera práctica y completa el fraccionamiento que se desea habrá que recurrir á un nuevo orden de ideas, si es que como bien pudiera acontecer, no se declara insoluble el problema, por lo ménos dentro de las

condiciones en que hoy se halla planteado. Verdad es que el problema puede en cierto modo considerarse ya resuelto. Se posee, en efecto, la unidad foco y por la division se quiere llegar á la multiplicidad: igual resultado se podria obtener por la agregacion: el problema entónces retrocede á su estado primitivo, y todo se reduce á buscar medios de produccion baratos para la electricidad. El dia en que ésta, ó porque se extraiga de los depósitos inagotables que la naturaleza posee, ó porque dentro de los procedimientos no o lificados que se emplean en la actualidad, llegue á desarrollarse con una economía suma, la division se habrá encontrado. Cada particular poseerá su generador, y el resultado definitivo será el mismo que el obtenido hoy con el gas, en que toda una ciudad posee un gasómetro de donde irradia el flúido luminoso. La division de esta manera obtenida, sería á nuestro entender más ventajosa.

IX.—Ventajas de la aplicacion de la luz eléctrica.—Aplicacion en los faros.—En la marina.—En la pesca.—En las minas.—En las artes de la guerra.—En la fotografia —Proyecciones por medio de la luz eléctrica durante el sitio de París.—Conferencia de M. Lesseps en la Sorbona.

Hablar de aplicaciones de la luz, es decir, de un sistema de alumbrado, podria parecer á pri-

mera vista redundante, si en realidad las condiciones físicas y económicas, segun las cuales la luz se produce y utiliza, no aconsejában inapelablemente su prohijamiento ó su proscripción. Ya hemos dicho que bajo el segundo de aquellos aspectos la luz eléctrica habia dejado, hasta hace poco, tanto que desear, que su adopcion como sistema regular de alumbrado bajo todos conceptos resultaba industrialmente ruinoso. Hoy las circunstancias han variado; y allí donde un foco de luz producido por la electricidad ha podido reemplazar á muchos otros focos alimentados por el gas, la eleccion no ha sido dudosa, porque existen ya en favor del primer sistema las ventajas de la belleza, la intensidad, la ausencia de peligro y la economía. Así, pues, no es de admirar si en los grandes locales, como talleres y espectáculos, y en la vía pública, se introduce rápidamente la eléctrica iluminacion, y de que este progreso se efectúa, certíficalo aún nuestro propio país, de ordinario tan apático y remiso, pues son ya considerables las instalaciones que en fábricas y fundiciones se han hecho del alumbrado por la electricidad. Verdaderamente, ésta y el establecimiento del mismo sistema á la vía pública, bien que sean las más útiles y generales, son tambien las más factibles y vulgares de las aplicaciones

que se puedan hacer de tan incomparable sistema. Acerca de ellas, pues, nada diremos, reservando las breves páginas que á este objeto dedicamos, á tratar ligeramente aquellas otras aplicaciones en que la superioridad incontestable de nuestra luz ha quedado más brillantemente evidenciada.

La adaptacion á los faros del arco voltáico es la primera, y sin disputa la más humanitaria, de las aplicaciones que á este agente poderoso de alumbrado se han dado. Citado el objeto, es inútil encarecer toda la importancia de la mision que á la luz eléctrica se ha confiado. Esta, en realidad, parece creada para desempeñar tan utilísima funcion. La parte principal del faro consiste en una caja de cristal formada de varias lentes escalonadas de Fresnel, en cuyo centro se halla el foco luminoso. La caja, merced á un movimiento de relojería, gira en torno de este eje, de modo que al paso de cada zona de separacion entre lente y lente se produce un eclipse rápido en la luz. Así, gracias á esta discontinuidad, le es permitido al navegante diferenciar la luz del faro de otras luces que pueden producirse en el mar ó en la costa. Ahora bien: como las lentes amplifican tanto más el foco, cuanto más reducido es el punto luminoso, resulta para la luz producida

por la electricidad una ventaja incontestable sobre las demas, por cuanto en ella concurren juntamente el brillo intenso y la relativa pequeñez. Por esto digimos que la luz eléctrica parecia haberse creado para los faros.

No hablaremos de los demas detalles de la instalacion, ni de la clase y fuerza de las máquinas empleadas; bastará que digamos que las que hasta aquí se han venido adoptando son de la *Alianza*, con una de las cuales, de seis discos, adquiere un alcance la luz de cincuenta kilómetros. La luz eléctrica deja de mostrar su superioridad en casos de niebla; cualquier faro antiguo alumbra en estas ocasiones tanto como ella.

Como en los faros, ha empezado á introducirse últimamente la luz eléctrica en los buques de vapor. Al principio, la instalacion ofrecia tales inconvenientes, que se temió que el sistema sería rechazado; mas ensayos sucesivos han hecho desaparecer gran parte de aquéllos, y hoy son muchos ya los buques, de guerra principalmente, que poseen este medio eficacísimo de exploracion y de seguridad contra los abordajes, establecido á bordo. España ha instalado tan bellos focos de luz en la *Numancia* y la *Vitoria*, y hoy se halla en el puerto de Barcelona la *Sagunto*, en cuyo bordo efectúa la colo-

cacion de uno de esos radiantes fanales el mismo físico Sr. Dalman, que ya colocó los anteriores. Las cámaras de esta última fragata, á diferencia de las demas, parece que utilizarán los beneficios de la luz que suministrará una potente máquina Gramme.

Para evitar los inconvenientes de la difusion de la luz sobre el puente, que incomodaba á los oficiales encargados de la guardia, dificultando, ademas, las observaciones, se adoptó la precaucion de instalar en la proa una torrecilla, en cuya parte superior se sitúa el fanal, y que presenta la ventaja de elevar algunos metros sobre el nivel del puente el intenso haz luminoso. Gracias á esta disposicion, el buque queda por completo en la sombra, en tanto que la mayor altura de la luz sobre la superficie del mar aumenta el alcance de su foco para las exploraciones que en aquélla hayan de hacerse.

Otra aplicacion utilísima se ha dado á la luz eléctrica en lo que se refiere á las artes marítimas en general, y ésta consiste en la iluminacion del fondo del mar para facilitar los trabajos submarinos y la pesca. Desde luégo resultó evidenciado, despues de los primeros ensayos que en este sentido se hicieron, la perfecta posibilidad de alimentar en el fondo del mar un foco de luz eléctrica. En Dunkerque, por ejem-

plo, en donde los ensayos de pesca por medio de la luz se hicieron bajo una direccion científica, se introdujo una lámpara, convenientemente dispuesta, á sesenta metros de profundidad, y con ella se iluminó una superficie considerable del fondo. La luz no afectaba intermitencias; las paredes de la lámpara permanecieron constantemente transparentes, y se reconoció además que el consumo de los carbones era menor que al aire libre.

Si en apreciar todos estos beneficios existe conformidad entre los diferentes físicos que de esta aplicacion especial se han ocupado, no así la hay cuando de apreciar la utilidad de la luz para la pesca se trata. Segun unos, el foco radiante ahuyenta los peces; en sentir de otros los atrae, sin que hasta el presente se haya logrado averiguar de una manera precisa de parte de quiénes se halla la razon en un punto que no carece de importancia industrial. Uno de los más entusiastas defensores de esta pesca refiere en los siguientes términos uno de los primeros experimentos que de la misma se han realizado: «Durante el ensayo el mar presentaba un golpe de vista espléndido; la luz reflejada comunicaba á las olas desde su base hasta la cresta un matiz verde azulado. El velamen mismo y todo el aparejo del buque resultaban

tan iluminados, que no parecía sino que éste flotaba en un mar de oro. Los argentados peces agitábanse de continuo en torno de la luz, ó remontaban á la superficie iluminada, presentando el aspecto de bruñidos juguetes que se movieran en un mar de oro y azul.»

En las minas, el uso de la luz eléctrica era una de las aplicaciones más indicadas y trascendentales que de este importantísimo sistema de alumbrado podía hacerse, y así se comprende que desde muy temprano se intentará su adopción. Sabido es el peligro que para los mineros envuelve la presencia de la luz, de que absolutamente tienen necesidad, por otra parte, en el fondo de galerías, por entre las cuales circulan súbitamente á veces corrientes de hidrógeno brotadas de entre las capas de la tierra, y cuya inflamación al contacto de la lámpara causa esos terribles accidentes conocidos por *fuego grisú*. Pues bien; los efectos explosivos de aquellos escapes de gas resultan evitados con el uso de la luz eléctrica, toda vez que ésta, para su producción, no requiere la presencia del aire, sino que puede producirse en el vacío.

La aplicación, pues, de la luz eléctrica había de ser tan factible como humanitaria. Empero, después de varios ensayos, se reconoció que era cara y embarazosa por la disposición de cir-

cuitos que requería, y entónces se pensó en la chispa que suministran las bobinas de induccion, con lo cual se introducía la mayor sencillez en el sistema. Con bobinitas Ruhmkorff, cuyas corrientes penetran en un tubo en el que se ha practicado el vacío, se obtienen estas lámparas de seguridad. En realidad, los tubos que constituyen estas lámparas ó faroles, son dos. En el interior penetra la chispa, y multiplicándose sus efectos, á causa de una disposicion especial, obtiéndose una hermosa luz blanca, merced al vacío practicado. El exterior sirve de proteccion al primero, y en sus extremos lleva unas guarniciones de cobre que facilitan la suspension. Existen farolitos de estos que el minero lleva constantemente atados por medio de una correa á la cintura, para que le alumbrén, sin estorbarle, en el trabajo.

Las artes de la guerra, al igual que las de la paz, han pensado utilizar, bien que para sus fines de destruccion, éste como todos los demas progresos que señalan la tendencia pacífica y humana de nuestra civilizacion. Es indudable, sin embargo, que la luz eléctrica está llamada á prestar en casos dados excelentes servicios á los hombres de guerra. Desde luégo se comprende que una plaza sitiada, y asimismo el ejército sitiador, pueden tener en esos podero-

sos focos de luz que la electricidad suministra, un excelente medio de exploracion nocturna respecto de los trabajos ó movimientos que el enemigo realiza. Para esto es indispensable que el material eléctrico, es decir, el fanal que se haya de emplear sea móvil, porque de su fijeza en un punto dado podria resultar su ineficacia si las exploraciones dentro del campo en que pudiera proyectarse la luz, fueren, ó innecesarias ó de importancia secundaria. Así lo han comprendido los militares que en esta aplicacion han pensado, y el resultado ha sido la construccion de un *locomóvil*, en el cual se hallan juntamente el generador de la electricidad y la máquina de vapor que ha de comunicarle el movimiento indispensable. El todo es de tan fácil trasporte como una pieza de artillería, gracias á lo cual cabe la colocacion de la luz en cualquier punto del recinto fortificado ó de las trincheras, y en un momento dado.

La máquina magneto-eléctrica que ha servido para la construccion en Francia de estos nuevos ingenios auxiliares de la guerra es del sistema Gramme, con dos colectores de corrientes y otras modificaciones en los electro-imanés que han reducido aún más y más su volúmen, ya de suyo escaso. Por medio de un commutador especial puede disponerse la máquina en

tension ó en cantidad, segun hayan de ser los efectos de las corrientes que produce.

En cuanto al motor que forma parte del *locomóvil*, es de tres cilindros, del sistema llamado Brotherhod, cuyas dimensiones son asimismo muy reducidas.

En los ensayos que con una de estas máquinas se hicieron en Monte Valeriano, fuerte del recinto de París, los observadores colocados junto á ella pudieron distinguir los objetos colocados á 6.600 metros de distancia, y apreciar detalles de construcción á 5.200.

Utilizar los beneficios de la fotografía áun en parages, y para la reproduccion de objetos perennemente sumergidos en tinieblas, y sustraerse en los demas á las veleidades del radiante Febo, que así muestra su faz rubicunda como parece ocultarla en las sombras de la noche ó tras la brumosa cortina que á las veces oscurece el horizonte, era un ideal que habian de proponerse los hombres de ciencia, apénas la luz de este sol artificial vino á aumentar el arsenal de defensas que contra las leyes de la naturaleza el hombre tiene.

Hoy el ideal se ha realizado. El fotógrafo ha sustituido al sol los rayos dotados de su misma virtud que la luz eléctrica procura.

Hasta ahora las tentativas que para resolver

este problema se habian verificado, nunca produjeron resultados verdaderamente satisfactorios. M. Liebert, fotógrafo de París, ha vencido la última, casi diríamos la única dificultad, y los clichés que hoy de sus talleres salen, nada dejan que desear en punto á exactitud, fijeza y determinacion en los tonos y el claro-oscuro.

Una instalacion muy sencilla ha permitido á M. Liebert obtener tan señaladísimo progreso. Del techo de la sala en que la máquina fotográfica ha de funcionar, pende una semi-esfera de unos dos metros de diámetro, vuelta hácia el individuo á quien se va á fotografiar, por su parte cóncava. Esta esfera tiene adaptados los dos carbones excitadores del arco sin regulador alguno, pero colocados en ángulo recto y dispuestos de modo que se puedan aproximar á mano cuando su consumo debilita el arco.

A pesar de esta disposicion, y como parte muy ingeniosa de ella, la luz no se vierte directamente sobre el modelo. Al brotar el arco, proyéctanse sus rayos en un obturador, desde el cual vuelven á la concavidad de la semi-esfera, que para la necesaria reflexion se halla dotada de un barniz de una blancura deslumbradora. Entónces es cuando divididos los rayos luminosos, difundidos por la estancia, inundan

por completo á la persona ú objeto á quien se va á fotografiar, iluminándola con una luz dulce á la par que intensa y sin dureza ni exageracion de sombras. En este momento es cuando se obtiene su reproduccion (1).

Más vulgar aún, si cabe, que esta aplicacion de la luz eléctrica, es la que consiste en proyectar sumamente agrandados sobre una plantilla colocada á bastante distancia, y á manera de linterna mágica, los dibujos ú objetos colocados dentro de una linterna especial ideada con este objeto. M. Dubosq fué el primero que construyó uno de estos aparatos de proyeccion; pero posteriormente se ha dado á conocer el de M. Molteni, que ha venido á ser de un uso muy comun. El mecanismo de estas linternas pertenece á la física-óptica, y en él la luz eléctrica viene á ser un mero, aunque poderoso auxiliar. Durante la guerra franco-prusiana servíanse en París de estos aparatos de proyeccion para leer los partes microscópicos que bajo sus alas llevaban á la ciudad sitiada las palomas mensajeras. Ultimamente háse servido de este medio el infatigable perforador de itsmos, M. Lesseps,

(1) En Barcelona el fotógrafo M. Audouard acaba de establecer con excelente éxito la luz eléctrica en sus talleres para la obtencion de los clichés en ausencia de la luz solar.

para dar en la Sorbona una interesantísima conferencia ante un público ávido de emociones sanas, deseoso de oír la palabra apasionada y viril del más audaz de los ingenieros. En esa conferencia, y valiéndose de uno de esos aparatos de proyeccion, el antiguo cónsul de Francia en Barcelona trasladó su numerosísimo auditorio á los lugares mismos en que proyecta abrir una gran vía marítima al traves de un continente que con su inmensa longitud opone una barrera á la navegacion y al comercio, presentando considerablemente agrandadas y reproducidas por vivísimos destellos de luz, las vistas fotográficas que en su excursion al itsmo de Darien la comision internacional habia sacado.

Tales son las más prácticas entre las innumerables aplicaciones que para la luz eléctrica se han propuesto y ensayado.

CAPÍTULO VI

EL PARARAYOS.

Franklin.—Descubrimiento del pararrayos.—Origen de la electricidad atmosférica.—Su signo.—Formación de las nubes.—*Relámpago*.—*Rayo*.—*Trueno*.—Medida del relámpago.—*Zigs-zags*.—*Choque por retroceso*.—Efectos del rayo.—La muerte por el rayo no causa dolor.—Teoría y descripción del pararrayos.

Franklin, el insigne físico, el ilustre estadista y el probo ciudadano, anunció en 1752 la identidad que existe entre la electricidad de la atmósfera y la que la máquina eléctrica desarrolla. Aquel día el rayo poderoso que señorea el espacio y asola cuanto toca, fué domado. Su cetro de fuego que venía llenando de fantasmas pavorosas la fantasía de mil generaciones, quedó quebrantado por el genio de aquél que como patriota y diplomático, tanto hubo de contribuir después á quebrantar el cetro colonial de la soberbia metrópoli británica.

Aquel descubrimiento señala un gran progreso en la historia de la electricidad; mas por de pronto á él se debió la invención de los pararrayos, de ese precioso instrumento de protección contra lo que un tiempo se creyó indicio de la ira desencadenada de los cielos.

De ese instrumento vamos á hablar en el momento de dar fin á nuestra tarea, ya que por no truncar el órden de las grandes teorías que en el capítulo primero expusimos, dejamos de consignar esta primera y altamente humanitaria aplicacion.

Mas ántes conviene que consignemos algunos conocimientos preliminares para fijar bien el objeto y la importancia del pararrayos.

Es la atmósfera, al igual que la tierra, un vasto depósito de electricidad. Debe ésta su origen, á lo que la ciencia ha averiguado á la evaporacion del agua del mar principalmente, de la cual resultan vapores cargados de electricidad positiva que se esparcen por la atmósfera llevados en alas de los vientos. La tierra es negativa.

La condensacion de aquellos vapores en las altas regiones atmosféricas, adonde con preferencia suele remontarse la electricidad, y otras causas ajenas á nuestro estudio, ocasionan la formación de las nubes. Son éstas, pues, en razon de haber cedido el aire su flúido eléctrico á los glóbulos condensados, grandes depósitos de electricidad acumulada. Esta acumulacion, en virtud de principios que en su lugar dejamos consignados, se verifica en la superficie de aquellos enormes hacinamientos de vapores acuosos.

A primera vista diríase que el signo eléctrico de las nubes habia de ser invariablemente positivo ya que de este signo son todas las cargas de electricidad que de la tierra y el mar recibe la inmensa envoltura atmosférica que con nuestro planeta navega por los espacios infinitos. Mas no es así, sin embargo, y fácilmente se comprenderá la razón. Las nubes se hallan á merced de los vientos; bajo el impulso de éstos puede una de ellas ser elevada á una region superior en que las capas de la atmósfera son más positivas que ella, de lo cual resulta inmediatamente una descomposicion del fluido eléctrico, cuyo origen puede buscarse en los fenómenos de la induccion electro-estática que hemos citado. Así, puede resultar que toda la electricidad negativa de la nube se acumule en la parte superior de la superficie, quedando en la inferior la positiva que lentamente se pierde en el espacio. Cuando es otra nube el origen de la influencia inductora, despues de la polaridad de los fluidos acumulados en ambas masas de vapores, suele venir la descarga que neutraliza las electricidades contrapuestas. Así es como el *relámpago*, es decir, la chispa colosal, cuya imágen en la máquina eléctrica poseemos, cruza el espacio despertando con su formidable fragor los ecos dormidos del firmamento. Tal

es el origen de las tempestades atmosféricas.

Existen otros casos en que la electricidad de la nube es negativa. Ocurre, por ejemplo, que la evaporacion terrestre forma una masa de vapores, que en vez de remontar la atmósfera rasca la tierra. El signo eléctrico de ésta es negativo, luego la nube lo ha de ser tambien, ya que entre una y otra no existe solucion de continuidad. Si, por el contrario, ésta existe, si el aire atmosférico se llega á interponer entre los vapores acuosos y la tierra y adquieren por tanto los primeros su signo positivo habitual, desarrolla la nube respecto de la tierra su influencia inductora, y acumúlanse en los puntos más culminantes de la superficie terrestre cargas relativamente grandes del flúido negativo. Esta influencia subsiste en tanto que el equilibrio eléctrico entre los dos flúidos no se altera, ó que la nube abandona su baja situacion. Si el equilibrio cede, viene la descarga que acompaña á su reconstitucion. En semejante caso la chispa eléctrica, mejor dicho, el *rayo*, hiende el aire entre la nube y la tierra interpuesto, y la asolacion que al paso del meteoro acompaña deja un triste testimonio de su imponente poder.

De dos maneras, pues, la descarga atmosférica puede verificarse. O bien entre dos nubes dotadas de electricidades contrarias, en cuyo caso

la chispa que señala su neutralización se denomina *relámpago*, ó bien, cuando la reconstitución eléctrica se opera entre una nube y la tierra; así el fenómeno luminoso, meteórico que ilumina el firmamento, y cual sierpe de fuego cae y se hunde en los senos de la tierra, se llama *rayo*.

Un estallido horrísono, prolongado, cual podrían producirlo mil descargas de artillería, sigue á la aparición de aquel meteoro; tal es el *trueno*. Este ruido rimbombante, colosal, prodúcese, no obstante, con perfecta simultaneidad con la descarga, cuya manifestación acústica, por decirlo así, es. El intervalo que á la percepción de la luz y el sonido acompaña, según la apreciación de nuestros sentidos, débese á la diferente velocidad que en su respectiva propagación ambos fenómenos emplean. La luz del rayo percíbela con sensible instantaneidad la vista del observador, en tanto que las ondas del sonido agitadas por la conmoción eléctrica tardan en vibrar en el oído en razón de la distancia y según una velocidad aproximada de 340 metros por segundo. Este es, en efecto, el término ordinario que en la rapidez de su propagación suele alcanzar el sonido en el medio aeriforme.

Partiendo de este dato, se ha podido calcular la distancia que separa, en un caso determinado,

al observador de la nube electrizada; y así tambien ha sido posible medir aproximadamente la extension de la descarga, midiendo el ángulo subtendido por las dos extremidades del meteoro luminoso. Hay relámpagos que alcanzan, segun esta apreciacion, de 5 á 6 leguas de longitud en el espacio.

Se hacía difícil concebir en presencia de semejante resultado, que pudiera desarrollarse ni aún en la naturaleza misma un poder eléctrico tan intenso, que diera por resultado la explosion de la descarga en una chispa única de tamaño magnitud. La consideracion de ser una masa discontinua de vapores y no un conductor metálico el origen de la descarga, contribuía á afirmar esta duda. Pensóse, pues, más verosímilmente que la chispa meteórica constituía una serie de chispas, de modo que á la manera de un reguero de pólvora, iba sucediéndose la inflamacion de una en otra con una continuidad tal y en una extension tan grande, que el efecto total producía la impresion de una sola y única explosion. Así se explica entónces que el trueno, que habia de ser el estallido seco, breve y tonante de la chispa, sea, por el contrario, una sucesion desigual de ruidos colosales, cuyo retumbo sordo se prolonga largo rato. Es la serie de potentes estallidos que á cada chispa acom-

pañía, de intensidad desigual por las distancias diferentes que respecto del observador ocupan. Claro está que esta alternativa de ruidos dejaría de existir si el rayo surcara el espacio en sentido lineal; en este caso el fragor, máximo al principiar la descarga, guardaría un descenso perfectamente regular; mas el rayo se desarrolla á manera de luminoso zig-zag, y esto es causa de que corresponda un ruido de distinta intensidad para cada fracción rectilínea, según el sentido en que respecto del observador se desarrolla.

Esto nos conduce á explicar por qué el fuego meteórico cruza el firmamento bajo esa forma caprichosa en vez de hacerlo en línea recta, que es como á primera vista parece que debiera suceder. La razón que del fenómeno se ha dado es sencilla y concluyente. El aire es una superposición de capas no dotadas, según su estado, de uniforme conductibilidad. La chispa, pues, halla una resistencia en su trayectoria rectilínea y esa resistencia que ha de vencer, la salva serpenteando, digámoslo así, por la senda que le abren las capas atmosféricas ménos aisladoras. Tal es la explicación que se da del curso en zig-zag que el rayo sigue.

Con arreglo á lo que oportunamente hemos consignado, se comprenderá que la influencia eléctrica de una nube tempestuosa la experi-

mentarán en la tierra cuantas personas y objetos se hallen dentro del campo de induccion de aquella. Es la condensacion de flúidos opuestos que precede á la explosion meteórica. Pero sin que ésta aparezca, sin que el rayo hiera el espacio, y sembrando la muerte y la destruccion venga á reconstituir en el seno de la tierra el desequilibrio eléctrico perdido, puede producirse otro fenómeno que á las veces es de consecuencias mortales para los séres animados sujetos á su influencia. Sucede, en efecto, que la proximidad de una nube opera la descomposicion de flúidos en todos los cuerpos situados en la tierra con mayor ó menor energía en cada uno, segun su grado de conductibilidad. En los sitios elevados, en los campanarios, árboles y mástiles, claro está que la induccion será muy vigorosa. Supongamos, pues, que una de esas nubes ejerce su influencia, ademas de los objetos inanimados, que con éstos de momento nada tenemos que ver, sobre hombres y animales, inconscientemente, colocados dentro de la esfera de polaridad de la nube. Se comprende que esos séres poseerán un estado eléctrico contrario al de la masa de vapores inductora. Mas si de repente ésta deja por cualquier motivo de hacer sentir su accion, experimentarán los hombres, y asimismo los animales sobre quienes pe-

saba una conmocion eléctrica, de variable intensidad segun sea la de la fuerza inductora, pero que en casos dados puede llegar á ser mortal. Esa conmocion señala la vuelta de la tierra á su estado natural; y el fenómeno se llama *choque por retroceso*.

Mas volvamos á ocuparnos del rayo. Sus efectos, como ya lo hemos indicado, son asoladores. Diríase que en su caída afecta preferencias caprichosas si el estudio de su naturaleza no diera la clave de sus terribles veleidades. Los cuerpos conductores, atraenle segun la expresion vulgar, de una manera predilecta hasta el punto de habersele visto desviarse del camino que seguia para ir á buscar al traves de un muro que agrieta y perfora una cañería metálica. Si ésta es delgada, la funde y hasta volatiliza; mas por el contrario, la recorre para ir á abismarse en el depósito comun si su diámetro es relativamente considerable.

Claro está, que cuanto mejor conductores sean los cuerpos y más flúido contrario al de la nube acumulen, por tanto, en su superficie, tanto más eficaz será la atraccion que sobre la chispa eléctrica ejerzan. En cuanto á los cuerpos aisladores, el rayo deja en ellos rastro terrible de su paso. A estos, ó los funde ó los corta, trasporta y pulveriza.

Los accidentes que en el cuerpo humano produce el rayo, son harto fatales. No es el ménos comun la muerte del individuo herido por la descarga.

Es un error fatal buscar la inmunidad contra la chispa bajola alta y fornida eopa de un árbol, como acontece con viandantes sobre cogidos por la tormenta en despoblado. Fácil es comprender despues de lo que hemos dicho hasta aquí, que cuanto más alto sea aquél, mayor será el peligro que su proximidad encierre. Verdad es que en aquella situacion son precarias las medidas de seguridad que pueden adoptarse, no siendo acaso la peor tenderse en cualquier repliegue del terreno, que no sea dominante y esperar con los vestidos humedecidos á que mengüe la saturacion eléctrica de la atmósfera; cierto es por otra parte que el remedio no carece de otros muy graves inconvenientes.

Despues de estas advertencias, vamos á sugerir una consideración, bajo cierto aspecto consoladora, á los que por su mal se encuentran en tan poco tranquilizadora situacion. Algunas veces los efectos de la descarga se reducen á un simple desvanecimiento. Al volver de él los que fueran heridos del rayo, aseveran unánimemente que no han visto el fulgor de la descarga. Esta circunstancia, y teniendo

en cuenta la instantaneidad de los efectos de la chispa, han hecho creer al eminente físico Mr. Tyndall que la muerte por el rayo se produce sin el menor dolor. El sistema nervioso, en efecto, requiere un intervalo de tiempo para experimentar el sufrimiento, y siendo así que los efectos de la descarga son instantáneos, se concibe que queden destruidos los órganos sutilísimos que acusan la sensibilidad ántes que la impresion del dolor haya podido revelarse.

Si en despoblado carece el hombre de defensa eficaz contra el rayo, en cambio suminístrele todos los medios apetecibles de seguridad en las poblaciones el uso del pararrayos. En la descripción fácil y sencilla de este instrumento nos vamos á ocupar ahora, pues que él era el objetivo y término final de las comendiosas nociones que acerca de la electricidad atmosférica creímos del caso dar.

Ya se comprenderá que suministrando á una nube tempestuosa cargas de electricidad contraria á la que posee, los dos flúidos se combinarán y quedarán neutralizados; mejor dicho, prevenidos, los efectos del rayo. La manera de lanzar á las nubes esas cargas eléctricas, dióla Francklin á la vuelta de algunos ensayos temerarios cuanto admirables—en cuya repetición precisamente murió el físico ruso Richman,—

irguiendo en la parte más elevada de un edificio una barra metálica acabada en punta por el extremo superior, y que por el inferior, gracias á la adición de una cadena, tenía contacto con la tierra.

Esta barra adquiere una polaridad contraria á la de la nube inductora, y de su punta brotan penachos luminosos, indicio del paso de la electricidad hácia la nube. Así se reconstituye en ésta el flúido que tenía acumulado, por donde se ve que el beneficio permanente del pararrayos consiste en volver al estado natural las nubes que encima de ellos y á no muy considerable distancia pasan. Mas sucede, que no siempre aquella neutralización es suficientemente eficaz, en cuyo caso, como el desequilibrio eléctrico subsiste, suele producirse la descarga. Entónces el rayo sigue con docilidad el camino que la aguda barra le traza, y léjos de dejar rastro pavoroso de muerte y destrucción, se humilla y sigue cautivo el camino del abismo en el que la cadena le hunde.

Tales son los efectos del pararrayos.

De lo que antecede, se desprende cuál es la forma y de qué se compone tan inestimable instrumento. Repetiremos, sin embargo, lo dicho, con la ampliación debida, para que se puedan apreciar con exactitud las condiciones de

seguridad que necesita reunir el invento de Franklin para que de su aplicacion resulten los beneficios apetecidos.

Consiste el pararrayos en una barra de hierro de forma cilíndrica, aguzada por la extremidad superior, que se cubre ademas de platino, para prevenir los inconvenientes siempre graves de la oxidacion. Esta barra se coloca verticalmente en la parte más elevada del edificio que de la descarga eléctrica se desea preservar. De la extremidad inferior de la misma, parte una cadena, ó mejor aún otra barra de unos 20 centímetros, soldada cuidadosamente á la primera, la cual se pone en contacto, ramificándola si es preciso, con todas las piezas metálicas que el techo tenga. Desde éste, la barra ó cadena desciende en uno ó más brazos por alguna de las fachadas del edificio, teniendo el cuidado de aislarla de ella, allí donde precise darle un apoyo, por medio de aisladores de porcelana fijos en la pared por medio de una palomilla. De esta manera se prolonga esta comunicacion metálica hasta el pozo más próximo, en el fondo del cual se introduce el extremo de ella, procurando que esté en contacto con el agua, y con alguna plancha de cobre que soldada á la cadena ó barra, simultáneamente se entierra. Esta plancha de tierra y la perfecta continuidad metáli-

ca de las demas partes del pararrayos son de la mayor importancia. Cualquier solucion de continuidad que la oxidacion ú otra causa cualquiera produgeran en la conductibilidad eléctrica del instrumento, traeria, á no dudar, consecuencias fatales para el edificio en cuya inmunidad para los efectos del rayo se creia.

Se ha discutido bastante á propósito del límite de proteccion que el pararrayos ofrece, y en conclusion se ha venido á admitir que su influencia preservadora sólo se extiende á los cuerpos colocados dentro de una circunferencia, cuyo radio es doble de la altura de la barra. Con arreglo á este dato, puede determinarse, pues, con facilidad, el número de pararrayos que un edificio grande requiere y la colocacion más conveniente de los mismos.

Tal es la teoría y la descripcion del pararrayos, con los cuales damos por terminado nuestro trabajo.

FIN DE LA OBRA.



ÍNDICE.

	Págs.
Dedicatoria.	3
Capítulo preliminar.	7
CAPÍTULO I.— <i>Magnetismo</i>	19
CAPÍTULO II.— <i>Electricidad estática</i> .	
I. Electricidad de fricción.—Atracciones y repulsiones.—Péndulo eléctrico.—Leyes generales de la atracción.—Electricidad vítrea y electricidad resinosa.—Teoría moderna.	28
II. Cuerpos conductores.—Cuerpos aisladores.—Depósito común.—Experimento de Faraday.—Propagación de la electricidad.—Poder de las puntas.—Tension.	33
III. Grey y Wheler establecen el límite de la propagación eléctrica en el siglo XVIII.—Fenómeno de la polaridad.—Hipótesis relativa á los movimientos atractivos y repulsivos.—Chispa eléctrica.—Corriente eléctrica.—Naturaleza de la chispa eléctrica.	39
IV. Otto de Guericke.—Su máquina eléctrica.—La de Ramsden.—Condensador.—Botella de Leyden.	45
CAPÍTULO III.— <i>Electricidad dinámica</i> .	
I. Definiciones.—Volta.—Galvani.—Trabajos de éste.—Polémica memorable.—Errores que originaron la pila eléctrica.	52
II. La primera pila.—La pila moderna.—Experimento de la Rive.—Corriente eléctrica.—Electrodos.—Reóforos.—Polos.—Circuito abierto.—Circuito cerrado.—Elemento ó par.	57
IV. Teoría química de la pila.—Polarización del electrodo.—Corrientes secundarias.—Amalgamación del zinc. — Noción de las resistencias	

	Págs.
en el circuito.—Disposicion de las pilas; en tension; en cantidad; en oposicion.	63
V. Pila Daniell.	67
VI. Pila Callaud.	69
VII. Pila Bunsen.	69
VIII. Pila Leclanché.	71
IX. Pila Niaudet.	72
X. Pila termo-eléctrica.	73
XI. Voltámetro.—Descomposicion del agua.—Recomposicion.—Descomposicion de las sales.—Ley de los equivalentes químicos.—Galvanoplastia.	75
CAPÍTULO IV.— <i>Ørsted, Ampere y Faraday.</i>	
I. Preliminar.—Descubrimiento de Ørsted.—Trabajos de Ampere.—Electro-dinámica.—Electro-magnetismo.—Solenoides.—Galvanómetro.—Electro-iman.	80
II. Induccion electro-dinámica.—Experimentos de Faraday.—Definicion.—Bobina Rhumkorf.	87
CAPÍTULO V.— <i>Telegrafía eléctrica.</i>	
I. Ojeada histórica.	91
II. Samuel Morse.	96
VI. Aparato Morse.—Pararayos.—Conmutadores.—Timbres eléctricos.—Alfabeto Morse.	100
VII. Telégrafo de cuadrante de Mr. Breguet.	112
VIII. Aparatos impresores de M. Hughes.—De M. Bonelli.—De M. Olsen.	116
IX. Pantelógrafo Caselli.—Aparato autográfico de M. Cowper.	122
X. Ojeada á los sistemas de trasmision múltiple, de Meyer y Stearns.—Duplex.—Cuadruplex.—Orduña y Golmayo.—Ultimos sistemas múltiples impresores de Grandfeld y Baudot.	130
XI. Telegrafía aérea y telegrafía subterránea.	135
XII. La telegrafía submarina.—Primeras tentativas de comunicacion eléctrica trasatlántica.—Grandes peripecias y triunfo.—Cyrus Field.—Una pila en un dedal.—El <i>Great Western</i>	139
XIII. Elementos de que se compone un cable.—Cordon conductor.—Envoltura aisladora.—Cubierta metálica de proteccion.—Cable de fondo.—Cable de costa.	147
XIV. El cable es una botella de Leyden.—Efectos de induccion.—Manera de remediarlos.—M. Whitehouse.— <i>Galvanómetro reflector</i> de Thomson.—El <i>duplex</i> en los cables.—Singulari-	

	Págs.
dad de la trasmision entre Nueva-York y Londres.—Un beso eléctrico.	151
CAPÍTULO VI.— <i>Telefonia.</i>	
I. Qué es la telefonía.—Graham Bell.—Su sistema telefónico.	157
II. Causas de perturbacion en el teléfono.—La induccion.—Disposicion práctica.—Nuevos sistemas.—Edisson.—Su teléfono de carbon y su <i>electro-mológrafo.</i>	162
III. Modificaciones del teléfono Bell.—Teléfonos Phelps.—Trabajos de M. Ader.—Otros trabajos.—Sistema Gower.	166
IV. Origen del <i>micrófono.</i> —M. Hughes.—Descripcion del micrófono.—El micrófono, órgano receptor.—Su aplicacion á la medicina.—M. Paul Bert.	171
V. Una nueva maravilla.—El <i>fotofono.</i> —Propiedad del selenio.—Descripcion del nuevo invento.	175
CAPÍTULO VII.— <i>La luz eléctrica.</i>	
I. Humphry Davy.—El arco voltaico.—En qué consiste la luz eléctrica y su diferencia con las demas luces.—Leyes de Joule.—Funcion de los carbones.	179
II. Electrodo del arco.—Proyeccion de la imagen de éste.—Diferente aspecto de los carbones.—Continuidad del circuito en el arco.—Color y extension del arco segun la sustancia de los electrodos.	182
III. Consideraciones generales acerca de las máquinas dinamo-eléctricas.—Su superioridad sobre la pila.—Diferente consumo de los electrodos.—Ventajas de las corrientes de inversion.—Pixii, Clarke y Nollet.—Máquina de la Alianza.	185
IV. Wilde, Siemens y Ladd, crean los multiplicadores magneto-dinámicos.—Máquinas notables.—Lijera descripcion de la máquina Gramme, de corrientes rectificadas.—Máquinas de division Gramme y Lontin, y bobina Jablockhoff.—Ferro-carril eléctrico.	190
V. El carbon vegetal y el de retorta como excitadores del arco.—Carbones artificiales.—Causas que originaron los reguladores.—Su objeto.—Lámparas más notables.	195
VI. Origen de los sistemas de incandescencia.—Principio en que estas lámparas descansan.—Divisibilidad de la luz eléctrica.—Bujía Jablockhoff.—Sus más recientes perfeccionamien-	

	Fágs.
tos.—Candeleros y conmutadores.—Número de bujías establecidas.—El Salon y el Hipódromo.	198
VII. La incandescencia y el arco voltaico juntamente.—Lámpara de Reynier.—Lámpara Wendermann.	202
VIII. Divisibilidad de la luz eléctrica.—Ideal de los inventores.—Tentativas hechas.—Cómo pudiera considerarse obtenida.	204
IX. Ventajas de la aplicación de la luz eléctrica.—Aplicación en los faros.—En la marina.—En la pesca.—En las minas.—En las artes de la guerra.—En la fotografía.—Proyecciones por medio de la luz eléctrica durante el sitio de París.—Conferencia de M. Lesseps en la Sorbona.	209
CAPÍTULO VIII.— <i>El pararrayos.</i>	
Francklin.—Descubrimiento del pararrayos.—Origen de la electricidad atmosférica.—Su signo.—Formación de las nubes.— <i>Relámpago.</i> — <i>Rayo.</i> — <i>Trueno.</i> —Medida del relámpago.— <i>Zigs-zags.</i> — <i>Choque por retroceso.</i> —Efectos del rayo.—La muerte por el rayo no causa dolor.—Teoría y descripción del pararrayos.	222



THE
LIBRARY
OF THE
MUSEUM OF
ART AND
ARCHAEOLOGY
OF THE
UNIVERSITY OF
CAMBRIDGE

4.557

13