

Este circuito debe poderse abrir y cerrar desde cualquier punto, una habitación, por ejemplo, y para ello se usan botones de llamada como el que se ve en las figuras 55 y 56. Uno de los hilos, el que comunica con el resorte  $f$ , procede de las pilas, y el otro pone en comunicación el resorte  $f'$  con el timbre. Al bajar el botón  $c$  se establece el contacto entre ambos resortes y se cierra el circuito.



Fig. 55

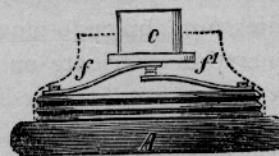


Fig. 56

La figura 57 indica esquemáticamente la disposición de una instalación de timbres en el interior de una casa. En cada habitación y para cada llamador bajan del techo los hilos  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , etc., a los botones  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ . El timbre  $W$  y la pila  $ZK$  están conectados en serie. Como se ve, basta apretar uno cualquiera de los botones para cerrar el circuito de que forman parte la pila y el timbre.

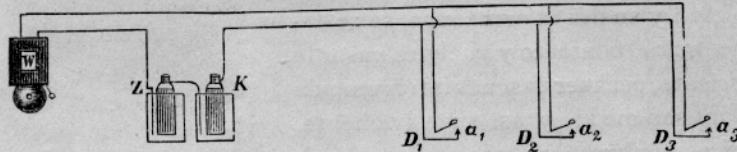


Fig. 57

Aplicaciones de las acciones electromagnéticas de gran importancia, son el telégrafo y el teléfono. Al principio, los ensayos efectuados para transmitir noticias mediante la corriente dieron resultados muy imperfectos; en los primeros experimentos era necesario un hilo para cada letra del alfabeto, y se cuenta que al saberlo Napoleón hubo de calificar el telégrafo de *idée germanique*. Pero a Gauss se le ocurrió substituir las letras por signos más

sencillos, y la telegrafía empezó a considerarse desde entonces como una rama de la Electrotecnia, de gran porvenir práctico.

Los primeros que transmitieron señales por medio de la telegrafía eléctrica fueron dos profesores alemanes, Gauss y Weber, en 1833, lo que demuestra que los sabios, tenidos muchas veces por gente poco práctica, inventan a menudo algo muy útil para la humanidad. Comunicábanse desde el Observatorio magnético de Göttingen al Laboratorio de Física, con dos hilos de unos 3000 metros de longitud. Si en una estación se introducía un núcleo de hierro en un carrete, se engendraban en éste corrientes de inducción, que en la otra estación desviaban una aguja imanada. Al retirar el hierro bruscamente, la corriente inducida era de sentido contrario y también se observaba una desviación de la aguja imanada. Combinando las desviaciones a derecha e izquierda, podían transmitir señales cualesquiera. Más tarde, Steinheil, de Munich, al ensayar un telégrafo entre Nuremberg y Fürth, descubrió casualmente que no son necesarios dos hilos, sino que basta uno, pues la tierra puede encargarse del retorno de la corriente; en rigor, las corrientes se extienden en todos sentidos al llegar a la tierra, pero, prácticamente es lo mismo por lo que hace al caso, que si la tierra obrara como un conductor. La economía obtenida por el empleo de un solo hilo de línea ha contribuido a la mayor extensión del telégrafo, por ser menor el coste de las instalaciones.

Los telégrafos más conocidos y empleados son los de los sistemas Morse y Hughes.

En el Morse, las señales se obtienen prolongando más o menos el cierre del circuito, o sea el paso de la corriente. En la estación transmisora hay una batería que engendra la corriente, y ésta atraviesa un *manipulador* antes de pasar a la línea. En la estación receptora, la corriente excita un electroimán y atrae su armadura. El movimiento de ésta determina la impresión de la señal transmitida en una cinta de papel.

El manipulador es muy sencillo, y se representa en la figura 58. Consta de la palanca *bb'*, que puede girar alrededor del eje *B* mediante una ligera presión sobre el botón *G*, determinando el contacto de *a* y *a'*. Cuando está libre como se ve en la figura, descansa por su extremo *γ* en el contacto *c* que sobresale de la

barra metálica  $N$ , la cual comunica, por  $n$  y  $E$ , con la tierra. La línea  $L$  está conectada en  $d$  con el árbol  $B$ . Finalmente, la batería comunica, mediante el hilo  $K$ , con el tornillo de sujeción  $v$  y éste a su vez con la barra  $V$ . El otro polo de la batería comunica con la tierra.

Cuando el manipulador está en la posición indicada en la figura, no va corriente alguna a la línea por estar aquélla interrumpida en  $a$ . Pero al bajar la manecilla del manipulador, la

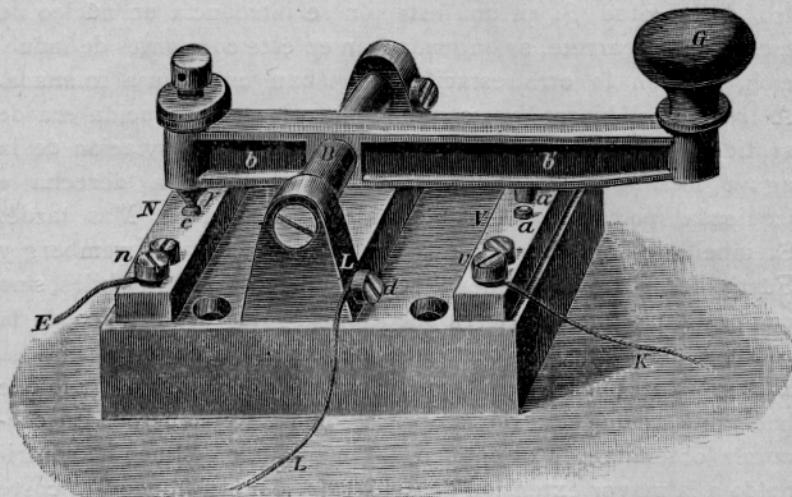


Fig. 58

corriente pasa de  $K$  a  $V$ ,  $a$ ,  $\alpha$ ,  $b'$ , y por  $B$  a la línea  $L$ ; llega a la estación receptora, y allí entra por el tornillo  $d$  del manipulador correspondiente, de donde, por hallarse éste en su posición normal, pasa por  $B$ ,  $b$ ,  $\gamma$ ,  $c$ ,  $n$ , y por fin va a tierra.

En la estación receptora, las corrientes que llegan determinan la inscripción de las señales transmitidas, mediante el *receptor de Morse* (fig. 59). La corriente de línea pasa a las espiras del electroimán  $MM$ , cuya armadura  $K$  es atraída, venciendo la acción antagónica del resorte  $F$ . Cuando desciende la armadura, se eleva el brazo  $S$  y hace que una cinta de papel  $PP$  quede aprisionada contra la ruedecita  $R$ , cuyo borde entintado marca una señal sobre la cinta. La ruedecita  $R$  recibe la tinta del rodillo  $B$ . Si la corriente es de muy corta duración, el electroimán mantiene

atraída la armadura durante muy poco tiempo y la ruedecita *R* marca un punto en la cinta. Si dura más, marca una raya. El alfabeto Morse consta de puntos y rayas. La cinta de papel se desarrolla del tambor *T* y pasa entre los cilindros *W*, uno de los cuales

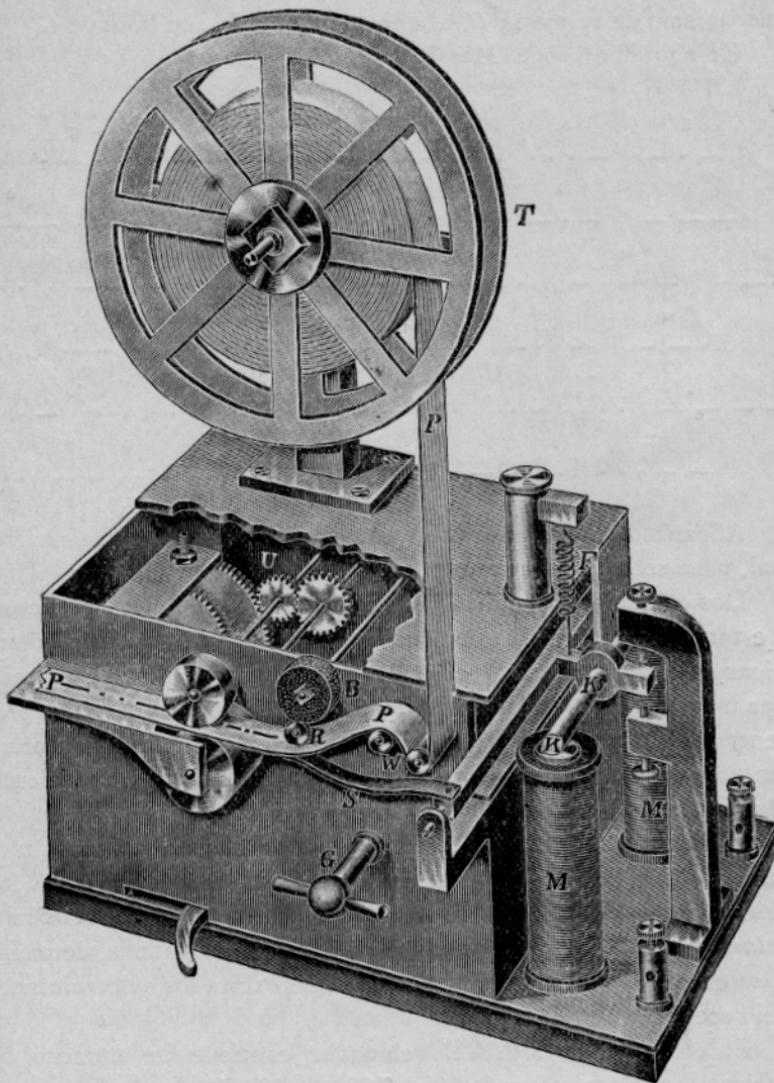
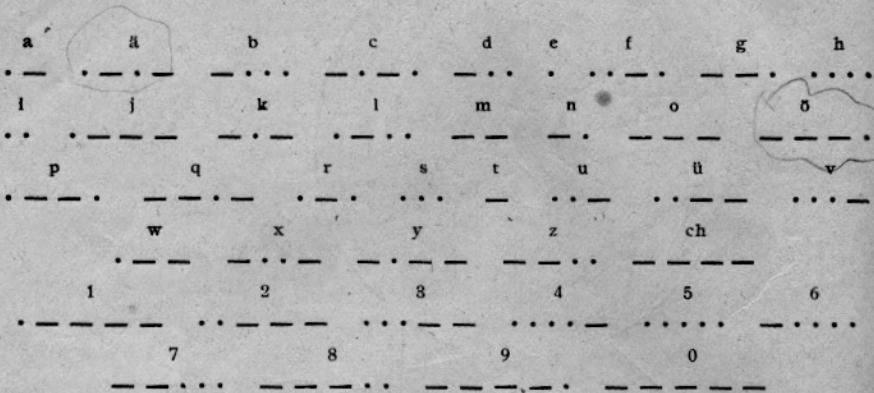


Fig. 59

beto Morse consta de puntos y rayas. La cinta de papel se desarrolla del tambor *T* y pasa entre los cilindros *W*, uno de los cuales

recibe de otro interior, por rozamiento suave, un movimiento de rotación; el cilindro interior, a su vez, recibe el movimiento de un mecanismo de relojería *U*, al que se da cuerda con la llave *G*.

He aquí el alfabeto Morse.



Además de estos signos, hay otros varios, de uso internacional, para señales especiales.

Dos estaciones, provista cada una de manipulador y receptor, y estando unidas por una línea que cierre el circuito, pueden comunicar telegráficamente; pero pronto, al pasar a distancias cada vez mayores, por el aumento de resistencia en la línea, se presenta la dificultad de ser necesarias baterías de mayor potencia a fin de que la corriente sea bastante intensa para accionar el receptor.

Wheatstone ideó un medio para obviar esta dificultad, haciendo que la corriente de línea no fuera la que excitara los electroimanes *MM*, sino que accionara tan sólo un *relevador* o *relais* (fig. 60) y éste por el movimiento de la armadura, determinara el cierre de una corriente local que excita los electroimanes del receptor.

El electroimán *MM* del relevador contiene un número de espiras bastante elevado (de 7 000 a 10 000), y la corriente de línea que lo excita determina la atracción de la armadura *A*. Esta va unida a la palanca *BB'*, mantenida en su posición normal por el resorte *f*. Al pasar la corriente, desciende el extremo *B* de la palanca y se apoya sobre la punta inferior en que termina *D'*.

Esta es metálica, al paso que la punta superior  $D$  es de marfil, y por lo tanto al comunicar  $B$  con  $D'$  puede pasar una corriente local, que entra por  $x$ , va a  $E$ , sigue por  $D'$ ,  $A$ ,  $B'$ ,  $S$  y sale por  $y$ ; en este circuito está el receptor telegráfico. En cuanto cesa la corriente de línea, la palanca cede a la acción del resorte  $f$  y

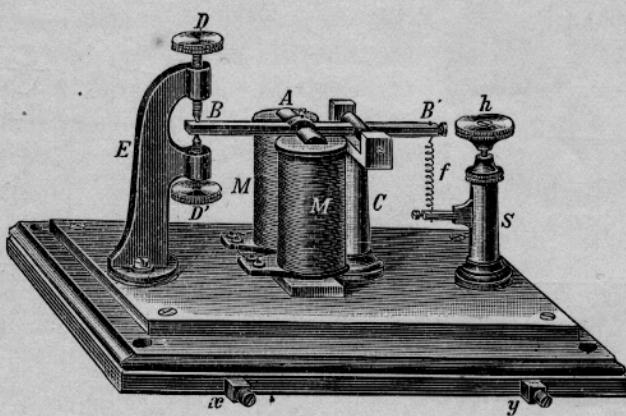


Fig. 60

la corriente local queda interrumpida. Mediante el relevador se puede telegrafiar a cualquier distancia.

Cuando el telégrafo funciona con relevador son necesarias dos baterías, una para la línea y la otra para el circuito local. La figura 61 da idea clara de las conexiones en ambas estaciones, transmisora y receptora. En ella,  $LB$  representa las baterías de línea,  $OB$  las baterías locales,  $S$  los receptores Morse,  $R$  los relevadores,  $T$  los manipuladores, y  $P$  las planchas metálicas para lograr un buen contacto con la tierra. Si, por ejemplo, se baja el manipulador en  $II$ , la corriente va del polo de la batería de línea de  $II$  al manipulador de la misma estación, pasando luego a la línea y al manipulador de  $I$ . De allí va al relevador de  $I$  y por fin a tierra por la placa  $P$ . Con la excitación del relevador se cierra el circuito de la batería  $OB$  y entra en acción el receptor.

La línea, entre dos estaciones, puede ser aérea o subterránea. En las canalizaciones aéreas se usa alambre de hierro de 4 mm. de

diámetro o hilo de bronce silíceo. En las grandes líneas se llega a

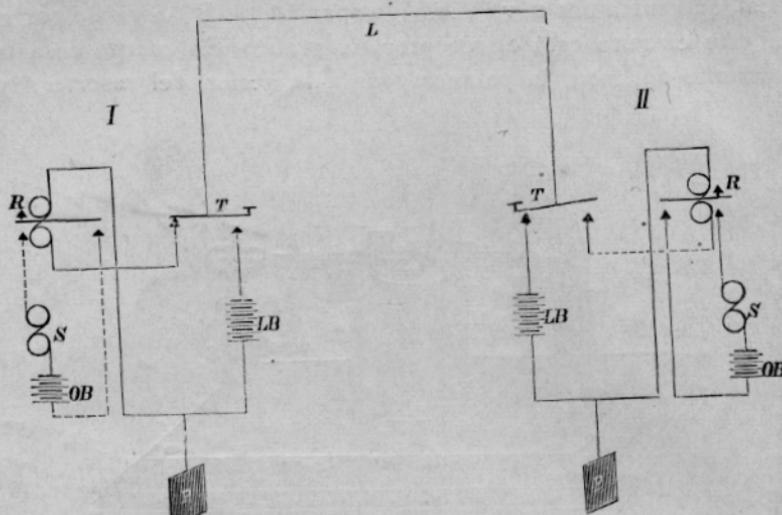


Fig. 61

5 mm. El hilo debe ser buen conductor y estar bien aislado. Se le afianza en aisladores de porcelana (fig. 62) sujetos a postes de madera o metálicos.

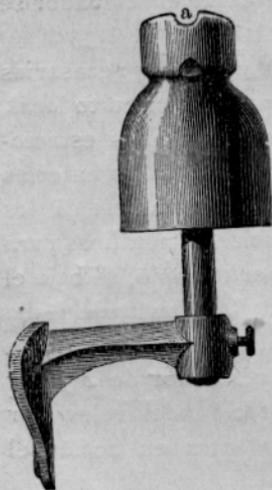


Fig. 62

La canalización subterránea es más complicada, pues deben protegerse los hilos contra la humedad del subsuelo y ser cuidadosamente aislados. Para alcanzar el máximo de aislamiento y de resistencia a los agentes destructores, los hilos se substituyen por cables.

Los cables tienen núcleos de cobre, dispuestos en hilo formando cordón. La figura 63 representa en sección un cable subterráneo de siete núcleos, formado cada uno por una cuerda de siete hilos, envuelta por gutapercha mediante máquinas ex profeso. Se han agrupado entre sí los hilos revestidos de gutapercha, formando el *alma* del cable, que se ha envuelto a su vez con yute

mandando el *alma* del cable, que se ha envuelto a su vez con yute

alquitranado, y éste con una serie de alambres de hierro galvanizado formando una coraza protectora. Finalmente, se ha recubierto de asfalto y yute alquitranado. En la figura 64 se representa un cable armado, y en ella se ven las distintas capas de que consta.

En 1843 empezó a extenderse la Telegrafía, que alcanzó en breve gran desarrollo. En el mismo año, Wheatstone tuvo la idea de tender un cable telegráfico submarino, y ya en 1852 comunicaban telegráficamente Inglaterra e Irlanda. Pero al tratar de tender un cable al través del Atlántico se presentaron dificultades imprevistas. El primer ensayo, en 1857, terminó con la ruptura del cable a 70 millas de la costa de Irlanda; un segundo cable, tendido en 1858, no tuvo mejor suerte. En 1865 el éxito coronó la empresa, y pudo tenderse un cable de 600 millas, operación que se realizó por el navío *Great*

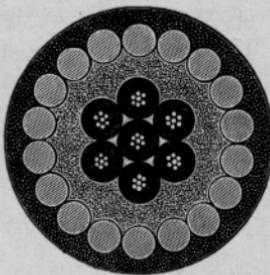


Fig. 63

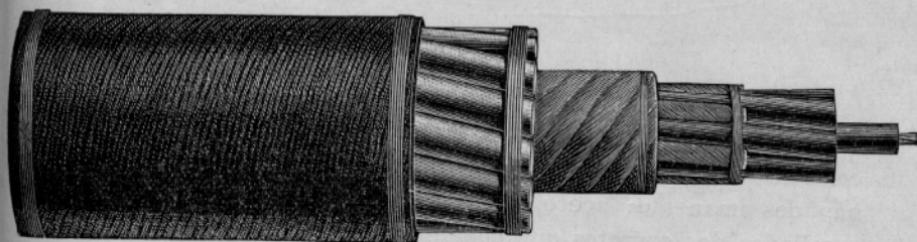


Fig. 64

*Eastern*; pero al año de estar funcionando, el cable se rompió a 250 millas de la costa. Procedióse entonces a tender otro cable transatlántico, que funciona aún. El cable de 1865 se recobró y fueron soldados sus extremos, con lo cual fueron ya dos los cables de que se podía disponer, tendidos al través del Atlántico. Hoy existen dieciocho, cuya explotación está en manos de ingleses, los cuales poseen la mayor parte de los cables submarinos, lo que tiene gran importancia para su poder naval.

La Telegrafía tiene excepcional importancia; pero presenta el inconveniente de que cuando dos personas quieren comunicar,

han de recurrir a otras personas, pues en general no se hace la transmisión directamente.

El teléfono permite esta comunicación directa. El teléfono es una invención genial y sencillísima, debida a Graham-Bell. Como es sabido, permite la transmisión de sonidos a distancia.

Un sonido es una vibración, y, por consiguiente, la transmisión de sonidos mediante el teléfono eléctrico ha de reducirse a la transmisión de vibraciones por el intermedio de la electricidad.

La figura 65 representa esquemáticamente la disposición adoptada por Bell para la transmisión de la palabra, fundándose en la ley de inducción magnética de Faraday, según la cual toda varia-



Fig. 65

ción en la posición o intensidad magnética de un imán da lugar a corrientes en el seno de conductores inmediatos. En el aparato hay dos imanes de acero,  $NS$  y  $N_1S_1$ , en cuyos polos norte van arrollados dos carretes que comunican entre sí por un hilo que cierra el circuito. Frente a cada polo norte se encuentra una placa de hierro dulce, sujetada por los bordes a un marco. En estas placas, los imanes inducen dos polos sur,  $s$  y  $s'$ . Si se aproxima una de las placas al imán que está enfrente de la misma, nace en el carrete una corriente de inducción que, transmitiéndose a lo largo de la línea, determina un refuerzo del polo norte del imán de la otra estación, y como consecuencia la aproximación de la lámina de acero al imán correspondiente. Por consiguiente, siendo la transmisión casi instantánea, en cuanto se aproxima la lámina  $S$  al imán que está frente a ella, se aproxima también  $S'$  al imán  $N_1S_1$ . Si  $s$  ejecuta oscilaciones o vibra, vibra también  $s'$ . Al hablar frente a  $s$ , el aire entra en vibración y determina las vibra-

ciones de  $s$ , que se transmiten a  $s'$ . Esta placa, al vibrar, transmite a su vez las vibraciones al aire, y estas últimas se perciben en la estación receptora en forma de sonidos.

El teléfono ordinario (fig. 66) responde a este esquema. En vez de un imán cilíndrico, puede usarse un imán de herradura  $aa$

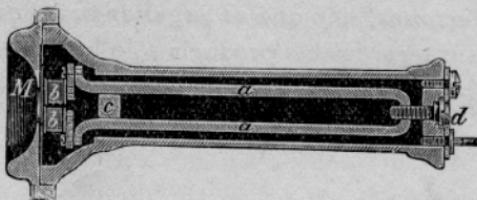


Fig. 66

cuyos polos llevan las zapatas  $bb$ , cada una envuelta por un carrete. El hilo está arrollado, en estos carretones, de modo que las corrientes de inducción engendradas en ellos se refuerzen. El imán de herradura está sujeto por un tornillo  $d$  en una caja de madera, a la cual se fija por su contorno la placa vibrante  $M$ . Según el giro que se dé al tornillo, se puede aproximar más o menos el imán a la placa, para poder graduar la acción y alcanzar el máximo efecto. La placa circular  $M$  cierra el fondo de una bocina frente a la cual se habla. La figura 67 representa un teléfono visto exteriormente.

Los extremos de los hilos que forman los carretones se hacen comunicar con los hilos de línea, y si en la estación receptora hay un aparato análogo al que se acaba de describir, la transmisión de la palabra mediante la electricidad no ofrece dificultades.

El teléfono transmite claramente los sonidos, y aun con el mismo timbre; pero la intensidad del sonido en la estación receptora es menor que en la transmisora, porque en las transformaciones sucesivas de energía hay siempre pérdidas.

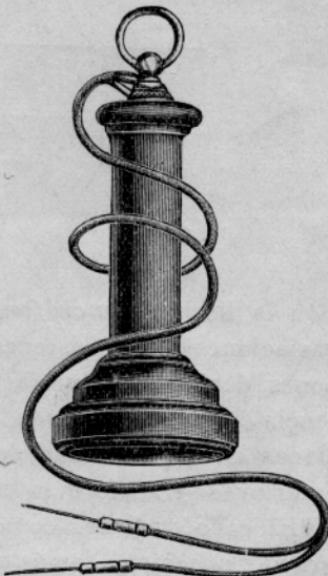


Fig. 67

Existe, sin embargo, un medio de reforzar el sonido, medio que descubrió Hughes y que ha dado lugar al *micrófono*. La acción del teléfono se funda en las variaciones periódicas de la intensidad de la corriente, debidas a los sonidos, que se transforman en movimientos periódicos de la placa vibrante. Pero en el teléfono no sólo hay *variaciones*, sino que *se engendran las corrientes*. Se comprende que si fuera posible producir sólo lo esencial, es decir, variaciones en la intensidad de una corriente ya existente, se podría reforzar la intensidad del sonido transmitido. Esta condi-

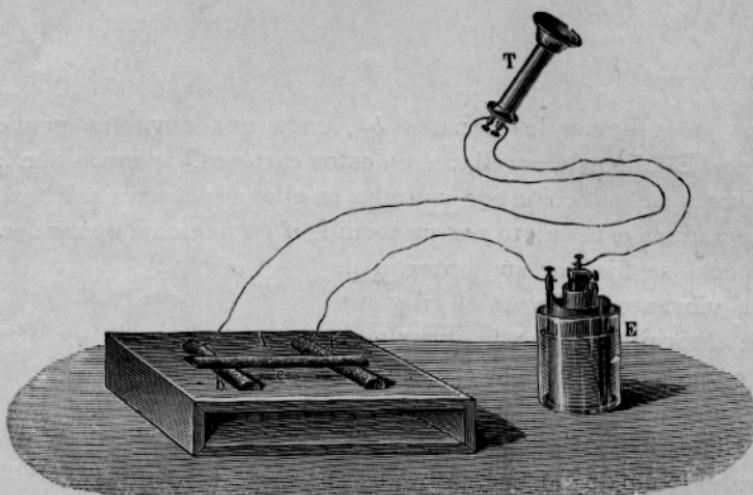


Fig. 68

ción la llena el *micrófono* de Hughes, en el cual se producen variaciones de la resistencia eléctrica en el contacto de unos carbones, debidas a las vibraciones sonoras. Las variaciones de resistencia dan lugar a su vez, en la corriente de una batería, a variaciones en la intensidad de la misma, las cuales, como en el caso anterior, se transforman en sonidos.

El carbón tiene, como es sabido, una resistencia bastante grande; sabemos además que la resistencia entre dos carbones en contacto varía mucho con la presión. Hughes pensó que las vibraciones sonoras del aire podrían ser suficientes para hacer variar la resistencia eléctrica en el contacto de los carbones, y esa idea fué el fundamento del micrófono.

Para demostrar que basta una presión ligerísima entre dos carbones para que un teléfono dé lugar a sonidos muy intensos, puede servir la disposición que se indica en la figura 68. La corriente eléctrica engendrada por la pila *E* va al carbón *b'*, pasa luego al *c*, colocado sencillamente sobre *b* y *b'*, y por el otro carbón *b* va al teléfono y vuelve a la pila. El menor ruido o sonido, como por ejemplo el paso de una mosca por la caja *A*, da lugar a variaciones en la intensidad de la corriente y se percibe un ruido en el teléfono. El *micrófono* no es más que esto: dos carbones en contacto sujetos a una membrana vibrante.

En el teléfono de Bell, el órgano transmisor y el receptor son iguales; en el micrófono de Hughes, el transmisor es un micrófono

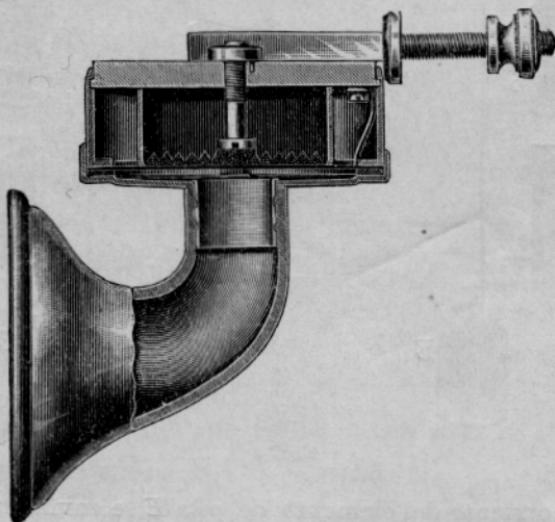


Fig. 69

y el receptor un teléfono ordinario. Hay otra diferencia: en el teléfono de Bell no es necesaria pila alguna, pues la voz engendra las corrientes de inducción; en el teléfono de Hughes la voz determina en la intensidad de la corriente variaciones que la refuerzan o debilitan de un modo periódico y determinado.

Cuanto mayor es la extensión del contacto entre los carbones, mayores son las oscilaciones de la corriente debidas a la voz, y tanto más elevada es la intensidad en la estación receptora; por

consiguiente, se puede telefonar a mayor distancia. Hoy se fabrican micrófonos formados por una serie de gránulos de carbón, que debe procurarse que no se apelmacen.

Uno de los micrófonos más en boga es el *transmisor universal de Berliner* (fig. 69). Los gránulos son de carbón preparado ex profeso y están alojados en el espacio que queda entre la membrana, que es de carbón, y el fondo estriado de un bloque de carbón. Todo el sistema va envuelto por un anillo de materia blanda.

La instalación de los teléfonos y micrófonos en la estaciones correspondientes se efectúa con arreglo al siguiente montaje (figu-

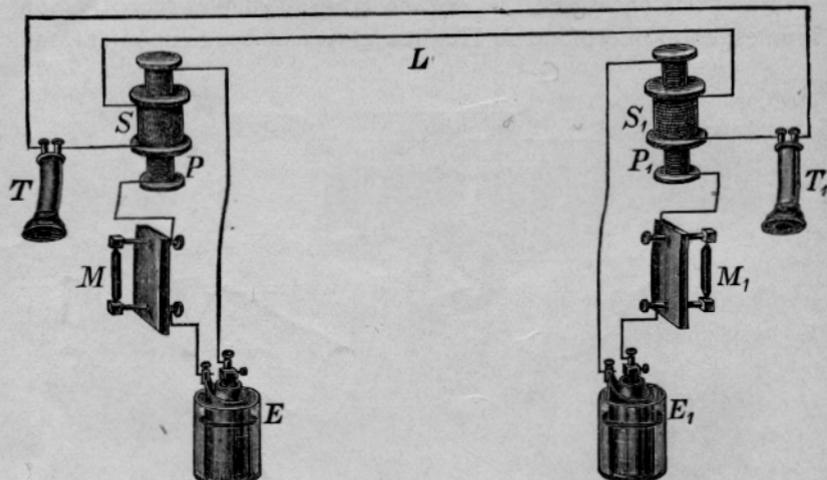


Fig. 70

ra 70). La corriente del elemento de pila  $E$  se envía a través del micrófono  $M$  al primario  $P$  de la bobina de inducción (pág. 16), y de éste vuelve otra vez a la pila. La corriente inducida en el secundario  $S$  se envía por la línea  $L$  a la otra estación atravesando el teléfono  $T$  de ésta, la cual lleva las mismas conexiones que la primera estación. Los micrófonos y las pilas van, pues, montados en un circuito local que no sale de la estación (circuitos primarios), y la línea y los teléfonos constituyen otro circuito (secundario) común a las dos estaciones. En lugar de emplear línea doble, puede emplearse un solo hilo y efectuar la vuelta conectando a tierra los finales de las bobinas  $S$  y  $S'$ .

En Telefonía se emplean pilas Leclanché, que son baratas y tienen duración e intensidad suficientes. Cuando no ha de pasar la corriente, están en circuito abierto, para lo cual el teléfono, una vez terminada la conversación, se cuelga de un gancho móvil que, al descender por el peso del teléfono mismo, interrumpe la corriente de la pila.

Cuando se quiere telefónearse, se empieza por apretar un botón de llamada que cierra el circuito de una batería especial y hace funcionar un timbre en la estación receptora (generalmente la central). Al descolgar esta segunda estación su teléfono puede empezarse la conversación, quedando entonces interrumpido el circuito del timbre.

La figura 71 representa las conexiones usuales en el teléfono. En ella,  $T$  es el teléfono;  $M$  el micrófono;  $K$  el timbre;  $op$  y  $dh$  los carretes de inducción;  $N$  el botón de llamada;  $U$  el gancho de que cuelga el teléfono. En la parte inferior hay una batería cuyo polo positivo (carbón) comunica con tierra, mientras que el zinc que forma el otro polo y el zinc del elemento de en medio de la batería comunican con los bornes  $WZ$  y  $MZ$ . Otros dos bornes,  $E$  y  $L$ , comunican con tierra y con la línea respectivamente.

El gancho  $U$  forma un brazo de una palanca angular que puede girar alrededor del vértice  $U$ . Cuando el teléfono cuelga del gancho,  $t$  y  $e$  están aislados, y hay comunicación con  $i$ , con lo cual la corriente de  $WZ$  puede pasar a  $N$ ; si el botón está apretado,

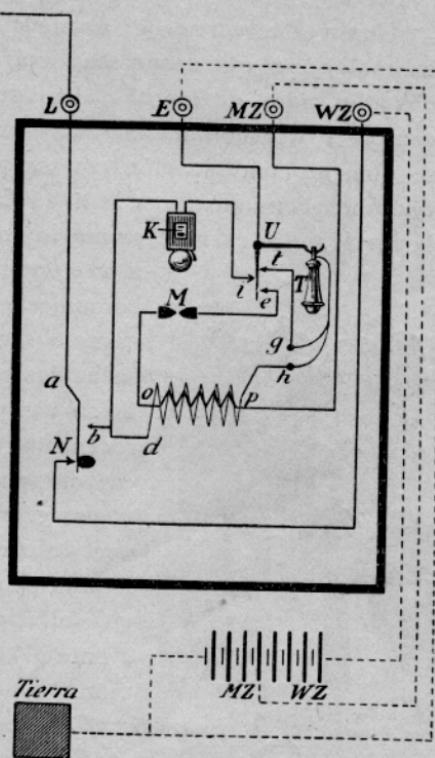


Fig. 71

dicha corriente pasa a la línea. En la estación receptora hay también contacto en  $i$ , y como el botón no está apretado, la corriente que llega por  $L$  pasa a  $a$  y  $b$ , hace funcionar el timbre  $K$ , dando aviso de que se desea telefonear, y por  $U$  pasa a  $E$  y de allí a la tierra.

Una vez advertido el abonado, descuelga el teléfono  $T$  y lo mismo hace el que desea conversar. Al estar los teléfonos aplicados a los oídos de los dos abonados, no existe contacto en  $i$  y en cambio  $t$  y  $e$  comunican entre sí, con lo cual cada micrófono se pone en comunicación con su batería y, al mismo tiempo, los teléfonos comunican por la línea  $L$ . Del polo  $MZ$  de la batería va la corriente al carrete primario  $po$ , de allí al micrófono  $M$ , luego

a  $e$  y, por  $U$  y  $E$ , a tierra, con la que comunica el otro polo de la batería. Del carrete secundario parten las corrientes inducidas por  $h$ ,  $d$ ,  $b$  y  $a$ ; pasan a la línea  $L$  hasta alcanzar el punto  $b$  de la estación receptora, de donde van a  $d$ , atraviesan el carrete secundario, pasan a  $h$ , al teléfono  $T$  y, por  $g$ ,  $t$  y  $U$ , van a tierra. De la tierra, por decirlo así, arranca la corriente que va a la plancha  $E$  de la primera estación, y de ella, por  $t$ , pasa al teléfono  $T$  y finalmente al secundario del carrete de inducción.

De este modo funciona el timbre independientemente del teléfono, y éste y el micrófono independientemente de aquél.

Lo único que hay que hacer, pues, para comunicar, es apretar el botón y descolgar el teléfono aplicándolo al oído. Hay que hablar frente a la tablilla de madera debajo de la cual se encuentra el micrófono.

Para mayor claridad se instalan algunas veces dos teléfonos en cada estación, para ser aplicados uno a cada oído.

Los tres aparatos, teléfono, micrófono y timbre, así como los carretes, van generalmente en una caja, en cuya parte inferior se colocan las pilas.

En vez de accionar los timbres mediante una batería, se usa



Fig. 72

también a veces un aparato, fundado en la inducción magnética, que con sólo hacer girar un manubrio engendra la corriente necesaria para hacer funcionar el timbre.

En las grandes ciudades, las pilas suelen estar en las centrales; los abonados sólo tienen un aparato con timbre, teléfono y micrófono. En la figura 72, el micrófono es del tipo de los descritos anteriormente (pág. 75) y frente a él se ve la bocina. Las campanas del timbre están en la parte superior, y el teléfono cuelga del gancho. La altura del micrófono puede variar mediante el giro del brazo inclinado que lo sostiene, para mayor comodidad del que habla. Más cómodo es el sistema representado en la figura 73, en el cual el teléfono y el micrófono van montados en un mismo soporte, lo que permite comunicarse sentado sin acercarse a la pared. Estos aparatos se llaman *microteléfonos*.

En las grandes ciudades existen centrales telefónicas, con las que comunican todos los abonados, y los empleados de las mismas cuidan de establecer las comunicaciones. De cada teléfono parte una línea que termina en la central. En ciertas instalaciones recientes la comunicación entre dos abonados cualesquiera es automática, no necesitándose empleado alguno.

El teléfono funciona hoy entre lugares muy distantes, pudiéndose telefonear directamente desde Madrid o Barcelona a París, por ejemplo.

El teléfono se extiende cada día más; las redes telefónicas cubren los centros industriales y ligan entre sí las ciudades donde el comercio es más intenso y floreciente. Es de esperar que en día no muy lejano los habitantes de cualquier población, por insignificante que sea, podrán conversar con los de las demás ciudades por medio del teléfono.

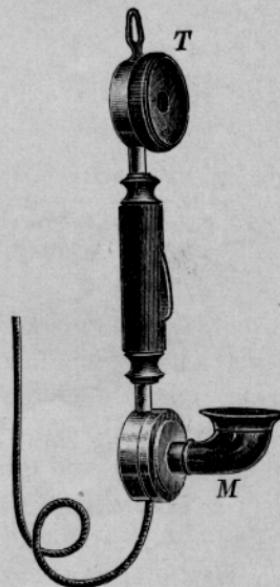


Fig. 73