

receptor R, según hemos dicho antes. ¿Qué se requiere para que las dos partes bifurcadas de la corriente transmitida se neutralicen así? Que sean iguales de intensidad, y por lo tanto que los circuitos sean equivalentes ú ofrezcan igual resistencia á la corriente. Para conseguir este resultado, es menester aumentar el circuito de la bobina B, interponiendo al efecto una resistencia artificial á propósito. El reostato ó caja de resistencia X está calculado de modo que produzca precisamente este efecto.

Gracias á este artificio, que es el principio esencial de todo sistema dúplex, el receptor de la estación de que parte la señal ó la corriente no recibe movimiento alguno, quedando en disposición de recibir la transmisión de la estación opuesta.

Veamos ahora cómo actúa en la otra estación la porción de corriente que ha salido por el hilo de línea. Atraviesa la bobina A', y va por O' á tierra. Otra porción de la corriente se bifurca en O' y pasa también á la bobina B', pero en la misma dirección

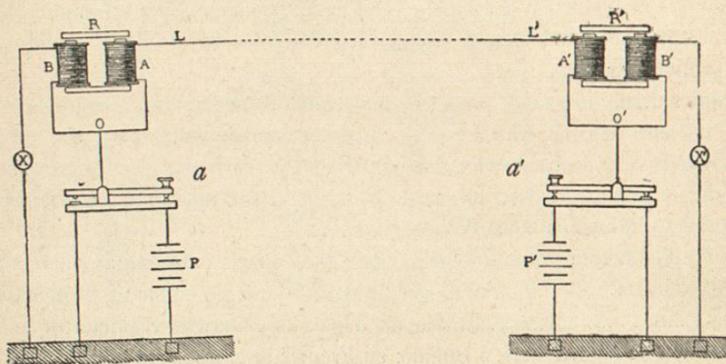


Fig. 350.—Diagrama de un sistema dúplex

que la primera, de suerte que el cilindro de hierro dulce se imana por efecto de esta doble influencia, atrayendo la armadura R' del receptor, y quedando así transmitido el signo.

Así pues, la disposición descrita más arriba es tal que los signos transmitidos por una de las estaciones no se reproducen en su receptor, sino tan sólo en el de la estación destinataria.

Digamos ahora lo que pasa cuando las dos estaciones transmiten á la vez, lo cual es precisamente el objeto de todo sistema dúplex.

Supongamos que se bajan simultáneamente los dos manipuladores a, a' . Dos corrientes, salidas de dos pilas perfectamente iguales por lo que respecta á su fuerza electromotriz, van á parar á la vez al hilo de línea, donde se destruyen ó contrabalancean, puesto que son iguales y de sentido contrario. Pero entonces las porciones de cada corriente que, después de su bifurcación en O y O', han pasado á tierra por las bobinas B y B' y las cajas de resistencia X y O', obran directamente en los receptores; las armaduras se ponen en movimiento y resultan transmitidos los signos. En una palabra, cuando la transmisión es única, el receptor de la estación de origen permanece inmóvil, y el de la de llegada recibe los signos como de costumbre. Si la transmisión es simultánea, cada receptor recibe la de la estación opuesta por la acción diferencial de las dos porciones de corrientes que emite, quedando una de ellas anulada por la que la otra estación envía á la línea.

Los sistemas dúplex son muchos, por cuanto las combinaciones basadas en el mis-

mo principio pueden variar en gran manera. Todas ellas se refieren á dos tipos principales: el primero es el que hemos procurado definir, y que lleva el nombre de *sistema diferencial*. Los otros están fundados en el uso del *punte de Wheatstone*, del cual diremos algo más adelante. Describamos, tomándolo de Du Moncel, uno de los dúplex que han figurado en la Exposición internacional de Electricidad de 1881, es decir, el sistema de Tommasi, con el que se han hecho pruebas entre Nantes y París, en una de las líneas del ferrocarril del Oeste.

„En este sistema se usan dos pilas en cada estación, una de doble intensidad que la otra, y se interpone en el circuito una resistencia adicional que es también doble de la del electro-imán del receptor correspondiente. El manipulador es de una construcción particular, merced á la cual se le puede hacer funcionar como conjuntor y disjuntor de la corriente. Con este objeto tiene en su extremo un apéndice aislado cc' con tornillos

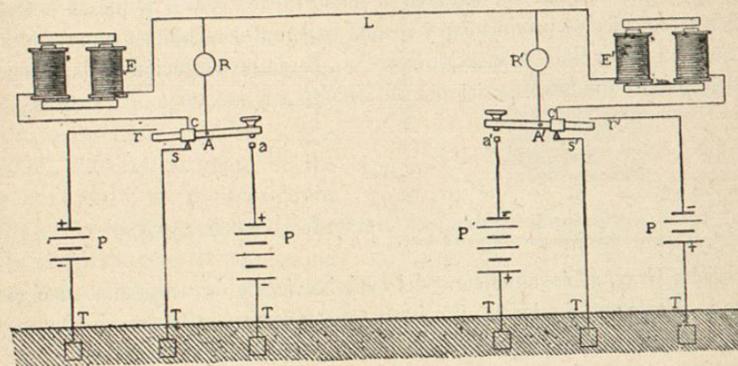


Fig. 351.—Montaje del sistema dúplex Tommasi

de contacto, que oscila entre dos muelles $rs, r's'$, formando además interruptor de corriente en aa' .

„Como se ve en la figura 351, los electro-imanés de los receptores están unidos entre sí por el hilo de línea, y con los apéndices aislados cc' de los dos manipuladores. Estos están á su vez en relación con la línea por una derivación en la cual está interpuesta la resistencia RR' , que es doble de la de los electro-imanés correspondientes. Por último, hallándose las pilas P y P' en comunicación con los aparatos, según se ve en la figura, es decir, en sentido inverso de una estación á otra, he aquí lo que sucede cuando se transmite:

„Estando las dos estaciones en reposo, la línea y los electro-imanés EE' se hallan en comunicación con tierra por los apéndices cc' y los muelles ss' que comunican con ella, y por consiguiente no hay ninguna pila en el circuito.

„Si la estación de la izquierda transmite, la pila P se pone en comunicación con la línea por la derivación R; pero al llegar la corriente al hilo de línea L, encuentra dos vías para encaminarse, una á la derecha por la línea, y otra á la izquierda por el electro-imán E; mas por este lado no halla salida, pues por una parte el muelle s no está ya en contacto con el apéndice c , y el camino que podría abrirle el muelle r , en contacto con el apéndice c , está interceptado por la pila p , cuya corriente es de sentido contrario. Sin embargo, como esta corriente es la mitad menos intensa que la de la pila mayor, podría creerse que una parte de ella se escapa por este lado; mas como la corriente de la pila mayor resulta debilitada por la resistencia R, y únicamente podría pasar por esta

vía la corriente derivada al través de E, no pasa ninguna por este lado, y casi toda la corriente de la pila P va á animar el electro-imán de la estación de la derecha que pasa á tierra por el muelle s. Todo ocurre entonces como en una transmisión ordinaria, y, naturalmente, lo mismo sucedería si la estación de la derecha fuese la transmisora.

„Ahora, si las dos estaciones transmiten á la vez, las corrientes de las dos pilas de línea se agregan en tensión á ambas estaciones y producirían una acción doble en los receptores, si no encontraran las derivaciones por R y R', y las dos pilas pp', que actúan para restablecer el equilibrio. Y en efecto, al llegar la corriente de la pila P á la estación de la derecha, pasa en parte por el electro-imán E' y en parte por la derivación R'. En este último trayecto se encuentra reforzada en a' por la pila P', pero también lo está en E' por la pila p', con la cual se halla enlazada por medio del contacto r' y del apéndice c'; como la resistencia en la derivación, en R', es doble que la del electro-imán E', y por otro lado la pila p' es la mitad menos enérgica que la P, hay compensación en los efectos producidos, y resulta todo en el receptor como si únicamente la pila del transmisor hubiese ejercido reacción. En la otra estación se dan los mismos resultados, puesto que las disposiciones del circuito son exactamente idénticas.”

III

TRANSMISIÓN SIMULTÁNEA. — TELÉGRAFO ARMÓNICO DE GRAY

M. Elisha Gray, sabio americano del cual habremos de ocuparnos en el capítulo consagrado al teléfono, ha ideado un sistema de transmisión simultánea cuyo principio es distinto del que acabamos de exponer, estando sacado en parte de la ley del sincronismo de las vibraciones sonoras propagadas por las corrientes eléctricas, por cuya causa se ha dado á este sistema el nombre de *telégrafo armónico*.

El telégrafo armónico de Gray resuelve el problema de la transmisión simultánea de

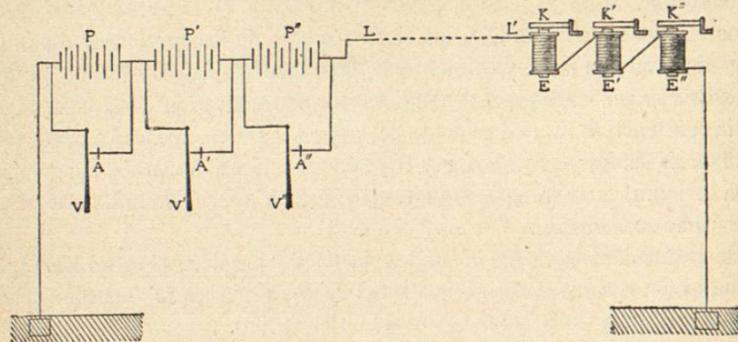


Fig. 352.—Montaje del sistema armónico de Gray

muchos signos del modo siguiente. Emanado cada signo de un transmisor especial, corresponde á la emisión de una corriente de intensidad variable, estando enlazadas las mismas variaciones de corriente con las vibraciones de una lengüeta que produce un sonido determinado y fijo. El hilo de línea transmite esta corriente variable, esta onda eléctrica al aparato receptor, y comunica á una lengüeta ó placa elástica las vibraciones de éste, porque esta lengüeta está afinada de modo que la afectan tan sólo dichas vibraciones, en una palabra, porque está afinada al unísono con el transmisor. Si

dos, tres, cuatro ó más aparatos funcionan al propio tiempo y transmiten á la vez por el mismo hilo otras tantas ondas eléctricas distintas, estas ondas se reparten al llegar á la estación de destino; cada una de ellas anima el receptor sincrónico correspondiente, y cada signo, cada despacho resulta así transmitido con separación, después de haber viajado de conserva por el hilo con todos los demás.

Procuremos hacer comprender cómo se puede conseguir este objeto, reduciendo para ello el telégrafo armónico á sus órganos esenciales.

P, P', P''..... es la pila de la estación de origen, que por un lado está en comunicación con tierra y por otro con el hilo de línea. Esta pila está dividida en tantos grupos como transmisores especiales hay en la estación, y en cada uno de éstos hay colocado en derivación un circuito que comprende una lengüeta vibrante V V' V'' y un tornillo de contacto A A' A''.

Las corrientes emitidas á la línea por la estación de partida atraviesan en la de llegada los electro-ímanes E E' E'' dispuestos en serie. Las lengüetas vibrantes K K' K'', situadas en frente de sus polos y fijas sólidamente por uno de sus extremos, están arregladas de modo que dan tres notas distintas al unísono de tres lengüetas vibrantes de la estación transmisora. Cada uno de los vibradores de esta estación, puesto en acción por una pila y un electro-imán especial, está constantemente animado de un movimiento vibratorio determinado, que le hace emitir el sonido fundamental por el cual se le ha regulado. Siempre que uno de ellos toca su contacto, la corriente

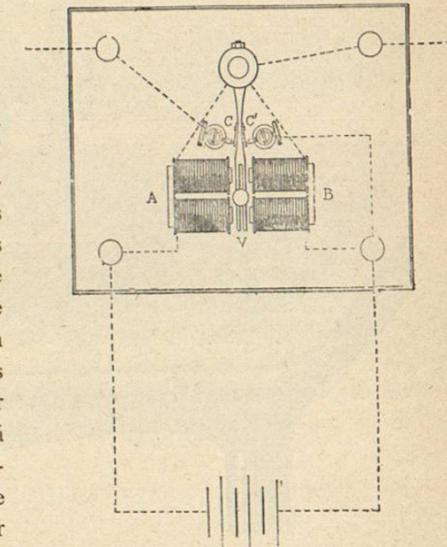


Fig. 353.—Vibrador del telégrafo armónico Gray

se debilita á causa del cierre del circuito derivado correspondiente, para recobrar su primitiva intensidad no bien cesa el contacto. De aquí resultan vibraciones de la corriente cuya rapidez depende del número de oscilaciones del vibrador, y que engendran tantas ondas eléctricas como vibradores hay. Al llegar á la estación receptora, estas tres series de ondas transmitidas simultáneamente á la línea encontrarán tres varillas afinadas con cada una de ellas, y que vibrarán bajo la sola influencia de la onda sincrónica.

Supongamos ahora que se detiene el movimiento de uno de los vibradores; al punto queda suprimida la onda eléctrica correspondiente, y se detiene también la varilla del receptor puesta en vibración por ella. Si la detención del vibrador es corta, la de la varilla receptora lo será asimismo; si larga, la de ésta lo será también. En la estación de llegada se reproducirán de un modo idéntico las series de detenciones largas ó cortas de la estación transmisora, y si, por ejemplo, corresponden á los signos del alfabeto Morse, resultará un despacho transmitido que, en América, se recibe en un aparato acústico de los llamados *parleur*, pero que se podría recibir también en un aparato Morse cualquiera.

Funcionando simultáneamente los tres ó cuatro transmisores, afectan á la vez á las varillas vibrantes de los receptores, aunque tan sólo afectan á cada una de ellas las de-

tenciones del vibrador correspondiente. Vese, pues, que con este sistema es segura la simultaneidad de la transmisión.

La descripción que precede no tiene otro objeto sino el de hacer comprender el principio en que se ha basado M. Elisha Gray para idear su telégrafo armónico. Sería insuficiente, si con ella se quisiera explicar el juego detallado de todas sus partes, que representamos aquí con arreglo á los modelos que han figurado en la Exposición internacional de Electricidad.

La figura 353 representa la disposición del vibrador cuya lengüeta V está fija en el punto *o* y vibra bajo la influencia alternativa de los electro-ímanes A, B, cuyos núcleos imana simultáneamente una pila especial, pero uno de los cuales, A por ejemplo, ro-

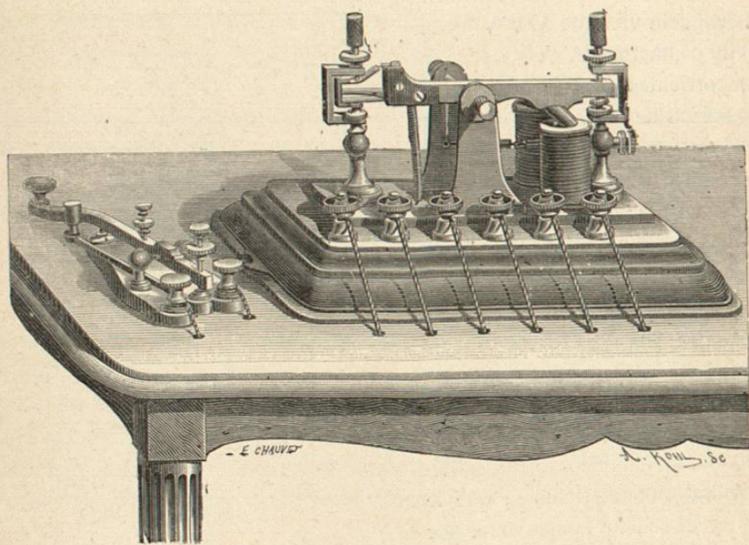


Fig. 354.—Transmisor del telégrafo armónico

deado de un alambre de longitud convenientemente calculada, ofrece una resistencia cinco ó seis veces mayor que el otro. Atraída primeramente por el más fuerte, toca un contacto que deriva la corriente y la debilita; el otro electro-íman adquiere á su vez más fuerza y atrae la lengüeta. Interrumpiéndose en seguida la corriente, cesa la derivación y los electro-ímanes recobran su primera intensidad relativa. A atrae de nuevo la lengüeta y así sucesivamente, resultando de aquí una serie de vibraciones.

El *transmisor* (fig. 354) compónese de un manipulador Morse de disposición especial que tiene por objeto regular la intensidad de las corrientes, que á no ser por esto variarían en proporciones mucho mayores á causa de las detenciones de los vibradores.

Por último, la figura 355 representa el receptor y el aparato acústico. Este se usa mucho en los Estados Unidos, en donde los empleados se contentan con recibir al oído los signos sin conservarlos impresos. La pieza principal del receptor es una varilla de acero sujeta sólidamente por uno de sus extremos y arreglada de manera que, cuando vibra, da una nota perfectamente al unísono con la que emite la lengüeta del vibrador correspondiente. El otro extremo está delante de un electro-íman atravesado por las corrientes emitidas á la línea; mas para que las vibraciones producidas en estas corrientes por los transmisores influyan en la varilla de acero, es preciso que concuerden con

el número de vibraciones correspondientes á esta nota. Hay, pues, distribución de las variaciones de las corrientes operada por los receptores mismos.

Las pruebas del telégrafo armónico de Gray, hechas en América por espacio de dos meses en la línea de Western-Unión, entre Boston y Nueva-York (320 kilómetros),

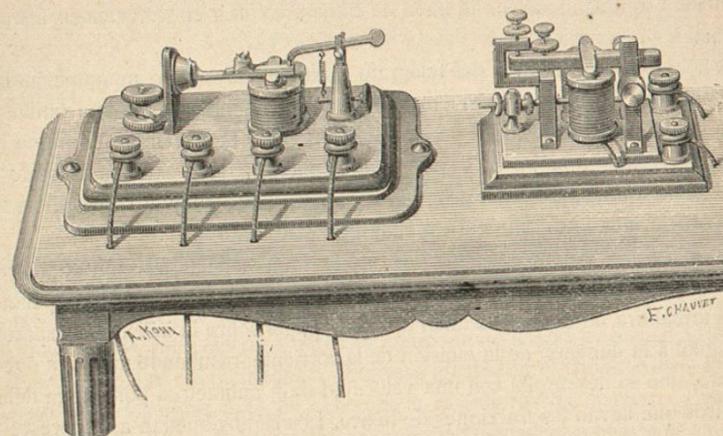


Fig. 355.—Receptor del telégrafo armónico

han dado excelentes resultados, y si bien se efectuaron en condiciones poco favorables, su éxito fué completo. "En una de estas pruebas, dice M. A. Gueroult, cinco empleados transmitieron en nueve horas 2,124 despachos, ó sea 236 por hora, ó 47 despachos por empleado y por hora. Otra vez cuatro de los mejores empleados transmitieron en cinco horas 1,184 despachos, ó sea 59 por hombre y por hora."

IV

TRANSMISIÓN MÚLTIPLE.—TELÉGRAFO MÉYER: TELÉGRAFO BAUDOT

La rapidez de todo sistema de transmisión depende del número de emisiones de corriente que permita efectuar en un espacio de tiempo dado, por ejemplo en un segundo. La relación entre este número real de emisiones, tal como la práctica lo comprueba, y el número posible, ideal, que marca la capacidad del hilo, es muy escasa. Esta rapidez depende también del número de emisiones que exige cada *carácter* (letra, cifra ó blanco de separación entre las palabras) y de la habilidad del empleado que maneja el aparato. Admitese que un Morse expide por término medio 1,5 ó 2 caracteres por segundo; el telégrafo Hughes llega hasta 3, y si se aplica el dúplex á uno ú otro sistema, estos números se duplican. Pues bien, los telégrafos automáticos prueban que se pueden efectuar 100 emisiones, ó sean unos 25 caracteres por segundo por un hilo (con el Morse), de suerte que los mejores sistemas distan mucho de aprovechar la capacidad receptora eléctrica de un hilo. De aquí han resultado los sistemas ó métodos perfeccionados de transmisión que acabamos de enumerar.

Se ha discurrido otro nuevo, cuya primera idea data de 1860. En dicha época, un inspector de las líneas telegráficas francesas, M. Rouvier, publicó su proyecto de transmisión múltiple, cuyo principio general es el siguiente: Dividir el tiempo de la transmisión en intervalos regulares y periódicos, cada uno de cuyos períodos está afecto á un

manipulador particular; cierto número de empleados utiliza el hilo de línea, cada uno á su vez, de suerte que transmiten y descansan alternativamente, y el hilo de línea funciona constantemente gracias á este medio. Méyer inventó en 1871 y aplicó á los signos Morse el primer sistema de transmisión múltiple basado en este principio, sistema que funciona especialmente en la línea de París á Lyon y en las grandes líneas de las redes suizas y austriacas.

Los aparatos transmisores del telégrafo múltiple Méyer son manipuladores de teclado. Cada uno de ellos se compone de cuatro teclas blancas y otras tantas negras; bajando una de éstas se produce una emisión breve de la corriente, un *punto*; bajando una blanca, resulta una *raya*, y por consiguiente, bajando simultáneamente unas ú otras, se tiene una combinación de puntos y rayas, cuyo conjunto forma, como en el alfabeto Morse, una letra, una cifra ó cualquier otro signo.

Cada uno de los receptores tiene por órgano impresor una fracción de hélice de un cuarto de circunferencia (si hay cuatro manipuladores). La punta de una palanca que forma la armadura de un electro-imán apoya el papel sobre la hélice por espacio de un tiempo igual á la duración de la emisión de la corriente; resultando una raya ó un punto en la cinta, que se desenrolla con una velocidad de 3 milímetros por vuelta delante de los cilindros que llevan las fracciones de hélice. Los signos quedan así impresos transversalmente, por lo cual no es posible que se confundan dos letras consecutivas, obteniéndose además una gran reducción en la longitud de la cinta que constituye el despacho. Añadamos que cada manipulador puede servir dos receptores, uno en la estación de partida y otro en la de llegada, con lo cual se tiene doble comprobación.

Pero el órgano principal del telégrafo Méyer es el *distribuidor* encargado de dirigir la corriente de la pila al hilo de línea, de modo que las emisiones emanadas de cada manipulador pasan sucesivamente al receptor correspondiente de la estación que transmite, y de allí á la del de la que recibe. El distribuidor Méyer es una rueda metálica fija, aislada, dividida en su circunferencia en 48 partes iguales. Cada cuarto de círculo formado de 12 divisiones está afecto al servicio de un manipulador. Cuatro grupos de divisiones dobles están unidas por un haz de ocho hilos aislados con las ocho teclas de su teclado; las otras cuatro divisiones comprendidas entre los grupos están en comunicación con tierra.

Un mecanismo de relojería, regularizado por un péndulo cónico, pone en movimiento á la vez las hélices de los receptores y una varilla elástica ó frotador que recorre la circunferencia del disco del distribuidor. El frotador pone así cada manipulador y el receptor correspondiente en contacto con la línea durante un cuarto de revolución, con lo cual cada uno de los cuatro empleados tiene la línea á su disposición mientras dura este cuarto, avisándole además el ruido de una pequeña palanca del momento en que resulta transmitido el signo que expide.

No hay para qué decir que la condición esencial de un sistema de este género es el sincronismo de los movimientos de los aparatos en las dos estaciones. Al describir el telégrafo impresor Hughes vimos ya cómo podía realizarse esta condición.

El telégrafo múltiple impresor Baudot imprime en caracteres ordinarios los despachos que transmite, como el telégrafo Hughes. Es una verdadera maravilla de precisión y rapidez, por lo cual su autor ha obtenido en la Exposición internacional de Electricidad una de las más altas recompensas, el diploma de honor. Necesitaríamos escribir muchos capítulos para que se comprendiera bien el modo de funcionar de todos los órganos de este sistema; por lo cual nos limitamos lisa y llanamente á hacer mención de él.

CAPITULO VI

LAS LÍNEAS TELEGRÁFICAS

I

LÍNEAS TELEGRÁFICAS AÉREAS.—LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Hasta ahora sólo hemos hablado de los aparatos que sirven para producir ó recibir signos. Réstanos describir los hilos que los transmiten, es decir, que dan paso á las corrientes eléctricas, principio verdadero de la telegrafía.

Una línea de telegrafía eléctrica aérea se compone de alambres suspendidos por lo común de postes de madera plantados á distancias iguales en el trayecto de la línea. En un principio estos alambres eran de cobre de 2 milímetros de diámetro. Este metal tenía la ventaja de ser muy buen conductor de la electricidad; mas aparte de su elevado precio, tenía el inconveniente de perder su elasticidad por efecto de los cambios de temperatura, y de hacerse quebradizo. El cobre, desechado generalmente (1), ha sido reemplazado por el hierro recocido, más resistente, menos costoso, y al cual se dan 3, 4 ó 5 y hasta 6 milímetros de diámetro; el alambre de 3 milímetros se usa en las líneas que pasan por las vías férreas, el de 4 en las de servicio interior, y el de 5 en las del internacional: por último, en las líneas un tanto largas, en las que importa que las corrientes encuentren la menor resistencia posible, se emplea alambre de 6 á 6,5 milímetros de diámetro, especialmente en Inglaterra.

Los alambres de las líneas telegráficas están galvanizados, es decir, que después de limpiarlos en agua acidulada, se los cubre de una delgada capa de zinc; ésta se oxida al aire, lo cual preserva al hierro del orín, y además impide, por una acción eléctrica, la oxidación de las partes que se encuentren accidentalmente á descubierto. Algunos constructores prefieren, no obstante, el alambre no galvanizado, pero entonces le dan mayor diámetro en compensación de la capa de zinc.

El modo de empalmar los extremos de los alambres que constituyen la línea entra por mucho en su buena conducción eléctrica. En la figura 356 representamos dos clases de empalmes. También se usan manguitos de hierro, en los que se introducen, comprimen y aplanan las puntas de los alambres, echándoles en seguida soldadura de estaño por la abertura del manguito. Este sistema da buenos resultados, tanto por lo que hace al contacto como á la solidez de las junturas.

Los postes de suspensión de madera de pino (2), inyectados de sulfato de cobre, son aisladores cuando están secos. Mas para impedir la pérdida de electricidad cuando el



Fig. 356.—Empalmes de los hilos telegráficos

(1) En España se vuelven á instalar líneas de alambre de cobre silicioso de 2 milímetros de diámetro.

(2) En la India, en Australia y en la América del Sur, en donde la madera dura poco á causa de los daños que en ella causan los insectos, se usan con frecuencia postes de hierro.