**Telegrafía con antorchas**

En la Antigüedad los hombres ya tenían necesidad de telecomunicación. En el siglo V antes de Cristo los griegos Cleoxenos y Democritos inventaron una forma de telegrafiar con antorchas. Cada «estación telegráfica» disponía de un cuadro con el alfabeto griego ordenado en 5×5 cuadros. Delante de la estación se alzaba

un parapeto, a ambos lados del cual se encendían antorchas que, según su número y posición permitían saber cuál era la letra de la cuadrícula que se insinuaba. En la imagen, la estación más lejana señala: 3:2, o sea, la tercera letra de la segunda línea. Esta forma de telegrafiar era muy engorrosa.

TELEGRAFO Y TELEFONO**Telecomunicaciones**

En los grandes imperios de la Antigüedad era a menudo necesario enviar avisos importantes a un lugar lejano, en el menor tiempo posible. Para ello se estableció un servicio de postas: los mensajes eran transmitidos por jinetes que mudaban de caballo cada cierta distancia, a fin de cumplir con mayor rapidez su misión. Poco a poco empezaron a emplearse sistemas de señales, a base de diferentes medios ópticos. Ello marcó el comienzo de los sistemas de comunicación que ahora se denominan *telégrafo* y *teléfono*, palabras oriundas del griego y que significan *escritura a distancia* y *sonido a distancia*, respectivamente. El *telégrafo óptico* con diferentes tipos de señales a distancia se remonta al s. XI a. de C. Las estaciones de este tipo de sistema era preciso situarlas a una distancia desde la que pudiesen ser observadas a simple vista. Al inventarse el anteojos, fue posible aumentar el alcance de las señales a distancia. Hoy todavía se emplea en navegación marítima la telegrafía óptica.

La transmisión de mensajes por medio de la electricidad no fue posible hasta el s. XIX. En el año 1820 el danés Ørsted describió la acción ejercida por una corriente eléctrica sobre la aguja de una brújula. Pronto se fabricaron los primeros electroimanes. El americano Samuel Morse aprovechó los nuevos inventos e ingenió un *sistema de telegrafía eléctrica*. El telégrafo de Morse reemplazó los res-

Del telégrafo Morse al satélite de telecomunicación

Desde el descubrimiento de los efectos electromagnéticos, en el siglo XIX, las telecomunicaciones han progresado rápidamente. En 1844 se estableció el primer enlace Morse. El primer teléfono apto para el servicio fue patentado por Bell, en 1876. Pronto aparecieron las centrales manuales de teléfonos y hacia 1890, un selector automático. Tras la invención de la válvula termoiónica, a principios del s. XX, fue posible amplificar las señales telegráficas y de radio.



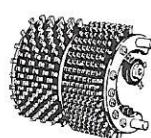
telégrafo Morse



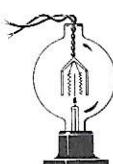
teléfono de Bell



la primera central telefónica



selector automático



válvula termoiónica

tantes sistemas telegráficos de la época, gracias a su sistema de señales, el *código Morse*, que consiste en combinaciones de señales largas y cortas.

Hacia 1860 el médico alemán Philipp Reis inventó un «teléfono» primitivo, capaz de transmitir señales acústicas. Pero la *telefonía hablada*, basada en electricidad, sólo se hizo realidad concreta con la invención del teléfono, patentado en 1876 por el americano Graham Bell. El nuevo invento se extendió rápidamente por el mundo entero y se instalaron centrales telefónicas en diferentes países. Hacia 1890 se inventó un sistema de selección automática (del tipo llamado *selector paso a paso*), manejable directamente desde el aparato del abonado. La posibilidad de hablar por teléfono a larga distancia se debe a la invención de diferentes tipos de amplificadores.

La *telegrafía sin hilos*, o sea, la radio-telegrafía, creación del italiano Marconi, mejoró a fines del s. XIX las telecomunicaciones internacionales. En el s. XX la automatización de la telefonía se ha perfeccionado mucho gracias a los selectores electromecánicos y a los modernos aparatos de regis'tro.

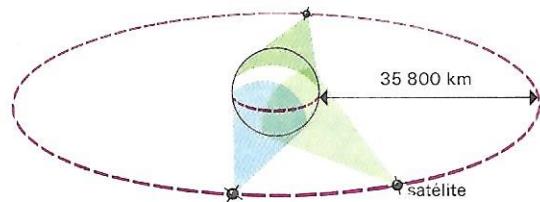
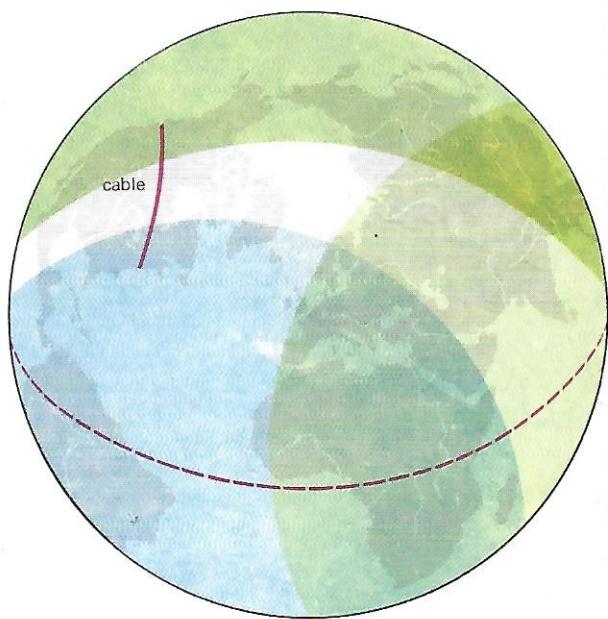
En los últimos decenios, los *procesos con ordenador* han conquistado terreno en las técnicas de telecomunicación. Las centrales telefónicas controladas por ordenador despachan las llamadas con gran rapidez.

En la actualidad los *satélites de telecomunicación* permiten recibir directamente comunicaciones incluso del otro lado de la Tierra.

En 1920 fue empleado el primer teletipo, máquina de escribir a distancia. La invención del transistor, en 1948, marca el comienzo de la moderna etapa de evolución de las técnicas de telecomunicación. Con ayuda del transistor y de elementos de circuitos electrónicos, de tamaño muy pequeño, se pueden preparar sistemas muy compactos (los llamados circuitos integrados) para telegrafía y telefonía. En el decenio 1960 - 1970 se desarrollaron las telecomunicaciones vía satélite.



teletipo



Conferencias vía satélite

Los telégrafos de la Antigüedad, a base de antorchas, tenían que encontrarse al alcance de la vista. Hoy se pueden transmitir vía satélite comunicaciones entre continentes. Desde la Tierra se transmite hasta el satélite una señal que se amplifica y se retransmite hasta una estación receptora. Los satélites que se hallan a una altura de 35 800 km sobre la superficie terrestre son geosincrónicos, es decir, en 24 horas dan la vuelta a la Tierra. Como ésta tarda el mismo tiempo en dar una vuelta alrededor de su eje, aparentemente estos satélites permanecen completamente estáticos. Los tres satélites geosincrónicos del

llamado sistema Intelsat (arriba) abarcan prácticamente toda la superficie terrestre. El satélite que cubre el área azul puede retransmitir mensajes entre América y Europa - África. El satélite que cubre la zona verde oscura permite comunicaciones a través del Pacífico. El satélite correspondiente a la zona verde clara cubre Europa central, África, Asia y Australia. El intersticio entre la zona azul y la verde oscura puede franquearse con comunicaciones por cable.

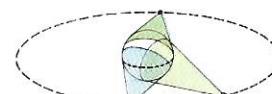
A través del sistema Intelsat pueden transmitirse simultáneamente numerosas conferencias telefónicas, mensajes télex y varias emisiones de TV.



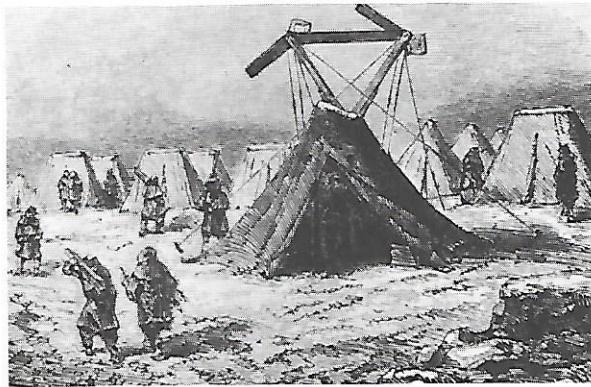
transistor



circuito integrado

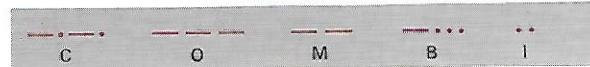


comunicación vía satélite



Telégrafo óptico

En 1794 el francés Claude Chappe ideó un sistema de telégrafo óptico, extensamente empleado. En lo alto de la estación de telégrafos había un sistema de semáforos fijos mandado por cables – o cuerdas – desde el interior del edificio de la estación. Desde la estación siguiente se leían con anteojos las señales de la anterior, a fin de transmitirlas del mismo modo hacia otras estaciones. En el año 1844 hubo en Francia más de 500 estaciones Chappe fijas, y la longitud total de las líneas era de 5 000 kilómetros, aproximadamente. Arriba se presenta una estación Chappe móvil, durante la guerra de Crimea.



Telégrafo Morse

Con el telégrafo Morse la comunicación se consigue cerrando un contacto eléctrico mediante la palanquita del manipulador. Ello activa un electroimán acoplado a una punta marcadora situada en el aparato receptor. La punta traza una raya sobre una tira continua de papel desplazada por un mecanismo de relojería. El llamado código Morse consiste en combinaciones de señales cortas y largas. Arriba se representa con señales Morse la palabra «combi».

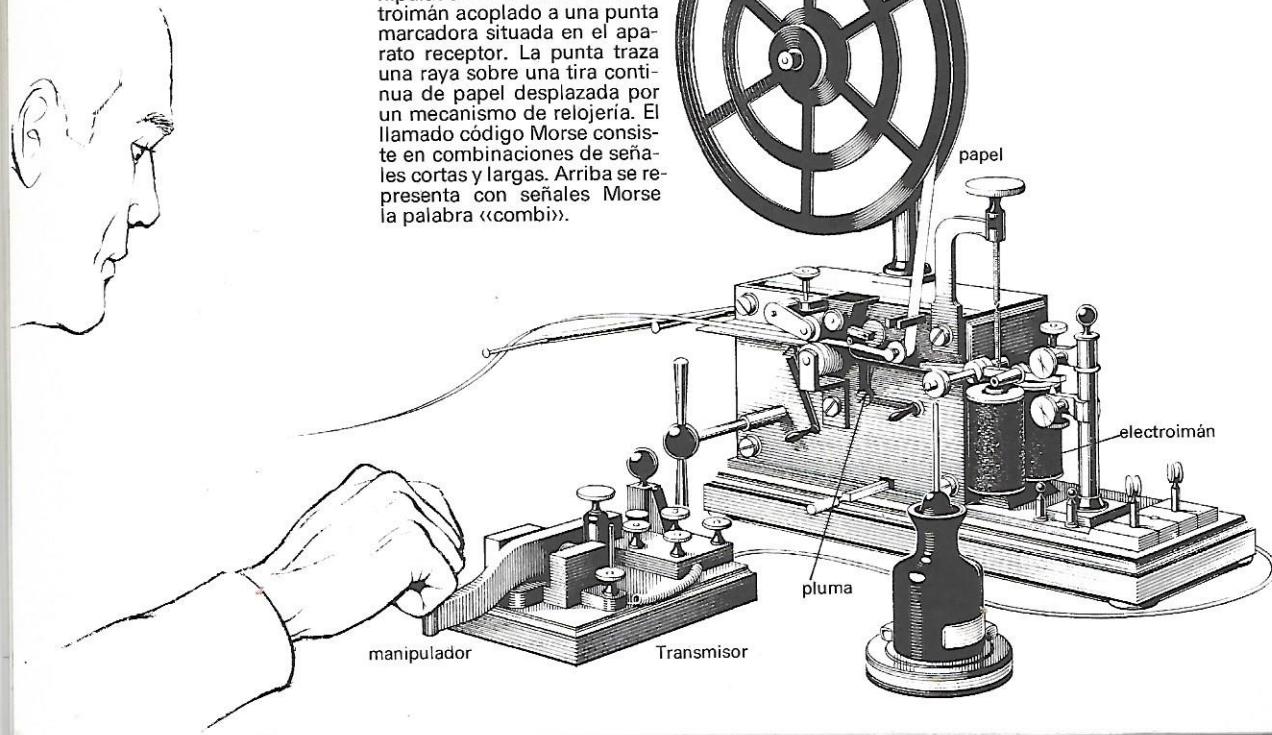
Telégrafo y télex

Los antiguos sistemas telegráficos ópticos no sufrieron variaciones importantes hasta el s. XVII, en que se empezó a utilizar el *antejefe* para la lectura de las señales. Este instrumento permitió instalar a mayor distancia las estaciones. Durante la Revolución francesa, Claude Chappe confeccionó un sistema telegráfico óptico, el *telégrafo Chappe*, muy empleado. Se basaba en una especie de brazos de semáforo giratorios.

En 1832 Samuel Morse advirtió que quizás un *electroimán* pudiera servir como receptor telegráfico. Hacia 1835 Morse tenía preparado su modelo de telégrafo, pero hasta 1844 no enviaría con él el primer mensaje oficial.

Al mismo tiempo que el telégrafo Morse se había desarrollado el llamado *telégrafo de aguja*. Existían telégrafos de aguja cuyo indicador apuntaba directamente a una letra determinada. De hecho, no hubiera sido difícil pasar del telégrafo de aguja a un sistema de letras tipografiadas a distancia. Pero las extraordinarias ventajas que separaba el sistema Morse fueron la causa de que se retrasase mucho el desarrollo de los diferentes sistemas de teletipo.

El número de estaciones telegráficas aumentó rápidamente y se establecieron

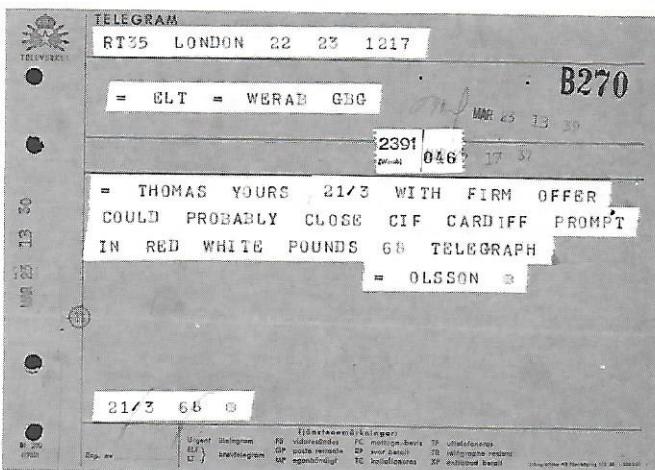




El primer cable transatlántico

En 1866 se creó una comunicación permanente entre ambas orillas del Atlántico, tras varias tentativas fracasadas de enlazar las redes telegráficas europeas y americanas. El tendido del cable se realizó desde el *Great Eastern*, entonces el mayor buque de vapor.

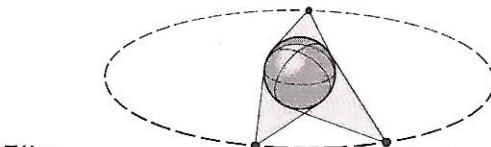
incluso comunicaciones internacionales. En 1851 se tendió el primer cable de cuatro hilos entre Dover y Calais, a través del canal de la Mancha, y a partir de 1866 existe una comunicación permanente entre Europa y EE.UU., mediante un cable que cruza el Atlántico. El americano Wheatstone fue el primero en idear un aparato completo con impresión de tipos – *teletipo* –, en el cual un martillo pulsaba un tipo que imprimía en el papel una letra. El primer teletipo de utilidad práctica se construyó hacia 1855. Sin embargo, hasta los años 20 las instalaciones de *teletipo* con líneas fijas no empezaron a reemplazar a los telégrafos Morse. Más tarde se utilizaron incluso las redes telefónicas para la transmisión de señales de teletipo. Actualmente existe una red telegráfica superautomática con estaciones especiales y enlaces internacionales, el *télex* (*teleprinter exchange*). En el teclado del aparato propio, uno puede marcar directamente el número de un abonado de télex y a continuación tipografiar el mensaje destinado a éste. Luego el aparato del destinatario escribe automáticamente el mensaje. Antes la cantidad de signos transmisible por segundo se reducía a la que permitía la velocidad de la escritura manual con un teclado. Ahora se pueden transmitir datos mediante técnicas electrónicas. La transmisión a base de técnicas de ordenadores alcanza la velocidad de 36 000 signos por minuto.



Teletipo

El telégrafo Morse pierde cada vez más terreno en favor de diferentes clases de aparatos de escritura a distancia (teletipos). Estos permiten enviar mensajes telegráficos por medio de la tipografía. El mensaje recibido queda escrito en una tira de papel; luego ésta es fijada encolándola al formulario telegráfico (arriba), o bien, en

una hoja especial. La máquina de teletipo ilustrada en la parte inferior está equipada con el llamado autotransmisor. En ella el envío del mensaje puede tener lugar a partir de una cinta perforada preparada de antemano, con la que es posible conseguir una extraordinaria rapidez de transmisión.

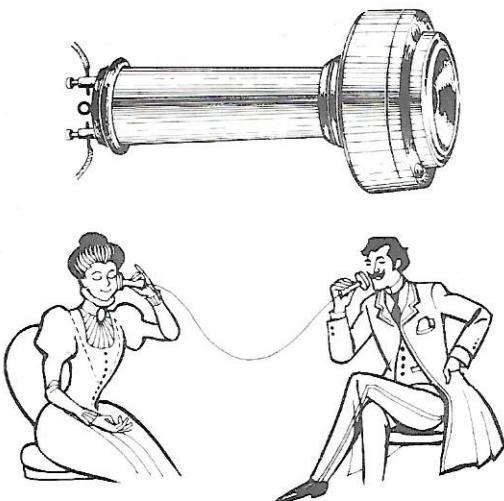


Télex

Con el teletipo, se puede entrar en contacto con otros abonados, a través de una red especial de comunicaciones, el télex, de alcance internacional. Basta marcar directamente con el teclado el número del otro abonado. En 1965 el número

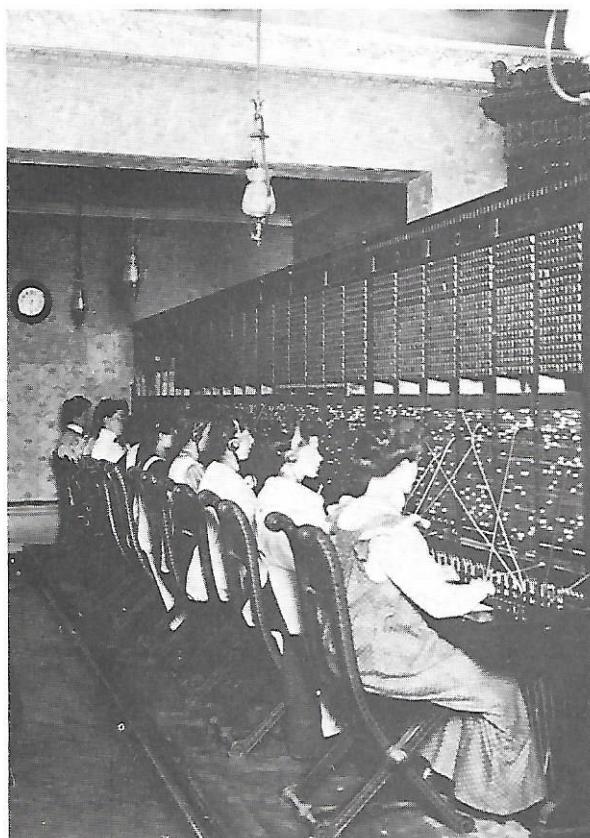
de mensajes por télex que cruzaron el Atlántico fue doble que el de conferencias telefónicas.

Los satélites de telecomunicación se emplean para comunicaciones telefónicas, telegráficas y también para télex.

**De casa a casa**

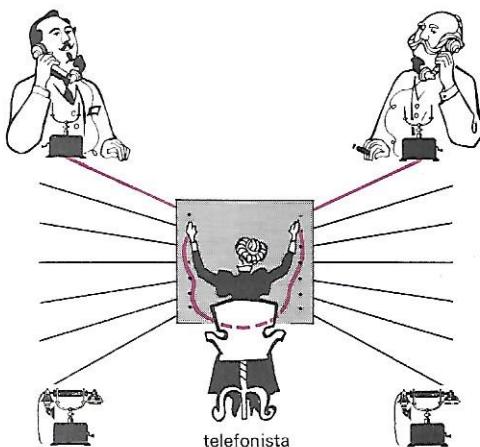
Las primeras conferencias telefónicas tuvieron lugar con ayuda del auricular magnético de Bell (arriba). En el interior del mango había un imán recto con un arrollamiento de hilo metálico delgado. Se hablaba delante de una membrana metálica insertada en el auricular. A consecuencia de las vibraciones provocadas en la membrana, al hablar, ésta hacía va-

riar el campo magnético del imán, con lo que se generaba una corriente eléctrica. Para que la membrana reaccionara era preciso disponer de potentes cuerdas vocales. El mismo auricular servía para hablar y escuchar. Un cable directo comunicaba un teléfono con otro; todavía no existía ninguna clase de redes ni derivaciones.

**Central telefónica**

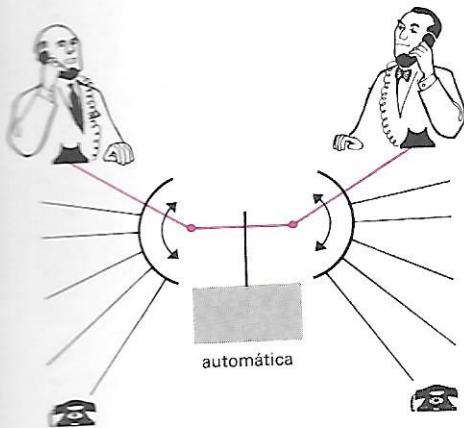
El uso del teléfono se generalizó hacia 1870. En primer lugar se emplearon teléfonos Bell con comunicación directa entre dos auriculares. Quien entonces disponía de más de una comunicación precisaba un aparato por separado para cada una, algo sumamente incómodo. Este problema pudo resolverse de forma sencilla tendiendo todos los hilos telefónicos hasta un punto determinado, para acoplarlos desde allí temporalmente según fuera necesario. Se instalaron *centrales telefónicas* donde las telefonistas establecían las conexiones entre los contactos de los abonados, los «jacks» y los correspondientes cordones con sus clavijas.

Pero la demanda de telefonistas aumentó vertiginosamente y muy pronto fue forzoso introducir sistemas automáticos. Hacia 1890 se patentó el *selector paso a paso*, que permitía maniobrar la centralita desde el aparato del abonado. Pero el sistema tenía sus inconvenientes. Por ello se introdujo un *registro* que captaba el número deseado por el abonado y que luego tenía la facultad de maniobrar en la central los *selectores, accionados por motor*, para llamar al abonado deseado. Una central telefónica automática con registro puede compararse a una telefonista humana. El *selector* de la central automática viene a corresponder a uno de los

**Central manual**

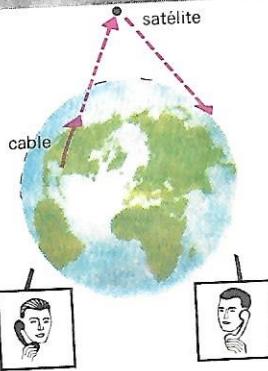
Hacia 1880 entraron en servicio las primeras centrales manuales. A la izquierda puede observarse una antigua central manual. De la mesa sobresalen las clavijas de acoplamiento de los cordones que no están usándose. La operaria levanta una por una las clavijas y las acopla al «jack» de la parte vertical de la mesa, para establecer comunicación entre los abonados que lo deseen.

brazos de la telefonista cuando busca la línea del abonado llamado. El registro recoge información de modo análogo a como lo hace el cerebro de la telefonista, que retiene el deseo del abonado que llama. Con el brazo libre ésta acopla un cordón de dos hilos a la línea del abonado deseado; en la central automática se encargan de esta labor los selectores. De la forma correspondiente el registro se desacopla, quedando desocupado para nuevas llamadas. Entre los años 1914 y 1920 se creó el *sistema selector de coordenadas*. La compañía telefónica sueca fue la primera del mundo que aplicó en sus redes este sistema (1926) que trabaja sin mecanismos accionados por motor. La selección de un contacto tiene lugar aproximadamente igual que cuando se indica la posición en un juego de coordenadas. Se necesitan dos indicaciones, la vertical y la horizontal (la hilera de bolas y el número en orden de la bola, respectivamente). Los órganos de maniobra que efectúan esta selección son electromecánicos y consisten en *relés*. Más rápidas todavía que los sistemas electromecánicos son las centrales electrónicas, las llamadas *centrales programadas*. En ellas, las maniobras propiamente dichas, o sea, los acoplamientos, tienen lugar con ayuda de componentes electrónicos (transistores y otros semiconductores).

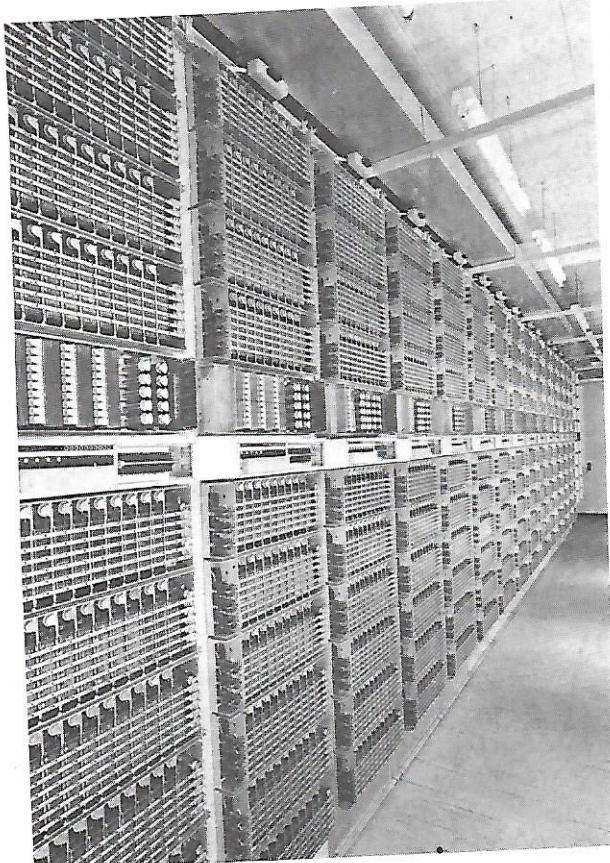


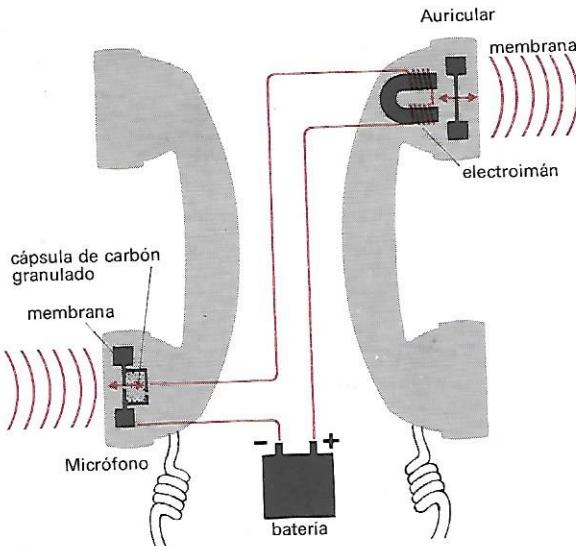
Central automática

En ella, los brazos de las operarias quedaron reemplazados por unos conectores móviles (arriba). Uno de ellos localizaba al abonado que había hecho la llamada; luego uno o varios se movían hasta encontrar la línea del abonado deseado. Hoy los más normales son los llamados sistemas selectores de coordenadas; en ellos miles de relés se encargan del acoplamiento entre dos abonados.



De continente a continente
Ahora es posible obtener, vía cable o satélite, contacto telefónico con personas de otros continentes. Incluso las conferencias internacionales pueden efectuarse de forma automática. Las centrales electrónicas son las que con mayor rapidez establecen el enlace. Para que éste tenga lugar en la central, en el menor tiempo posible, se han introducido los teléfonos con teclado (arriba). Es más rápido pulsar un botón, p. ej., para marcar un número de 15 cifras, que girar 15 veces el disco selector.



**Desde el micrófono hasta el auricular**

El micrófono del teléfono se compone de una cápsula que contiene carbón granulado y de una membrana que cubre la cápsula. Las ondas sonoras producidas al hablar se propagan hasta la membrana y la hacen vibrar. Al ser comprimidos en la cápsula, los gránulos de carbón dejan pasar más corriente eléctrica. De esta manera las vibraciones originan en el conductor una corriente variable.

En el auricular hay un electroimán. Este es magnetizado en grado variable por las variaciones de la corriente y atrae la membrana del auricular del teléfono en el que se recibe la llamada. Dicha membrana vibra al compás de la otra, y este movimiento genera ondas sonoras en el aire.

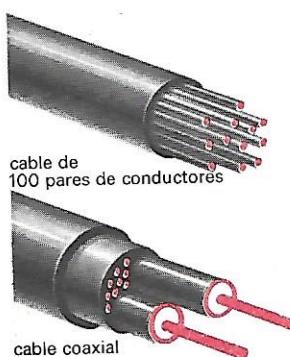
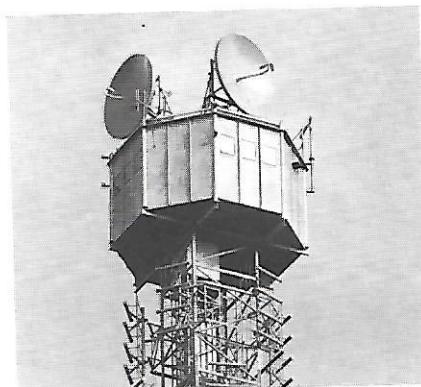
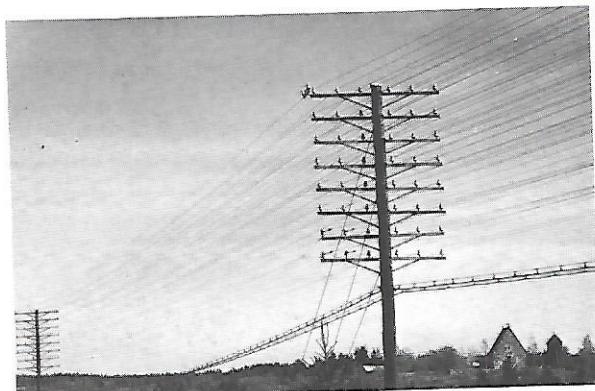
De un aparato a otro

¿Qué ocurre con nuestras palabras cuando en el micrófono del teléfono se convierten en oscilaciones eléctricas, y cómo se conducen de un aparato a otro para las llamadas?

Del aparato telefónico salen dos hilos en un cable de dos cabos. Este pasa a una caja colectora donde se juntan los conductores de varios abonados vecinos. De estas cajas, los conductores son tendidos hasta la central en un cable común cuyo calibre va aumentando gradualmente.

Los cables entran en el llamado *equipo de conmutación cruzada* de la central. El equipo de conmutación tiene el *grupo de líneas* con los hilos marcados según el emplazamiento de los conductores de los abonados de la vecindad.

El *grupo de central* del sistema de conmutación tiene una numeración que corresponde a todos los números de los teléfonos empalmados con aquella central. El número de un abonado depende de la forma de acoplar los conductores del grupo de líneas con el grupo de central. Si un abonado se traslada, dentro de la zona de la subcentral, en su nuevo domicilio puede conservar el número telefónico anterior; basta cambiar la posición de sus conductores en el grupo de líneas del equipo de conmutación. En

**Hilo o cable...**

En un principio se usaban conductores aéreos de hilo de hierro; pronto se sustituyeron por hilos de bronce o cobre, mejores conductores que el hierro. Pero, al aumentar la cantidad de conductores aéreos, había que recurrir a cables. Un tipo especial de cable es el coaxial. El cable de la izquierda contiene dos tubos de cobre con un conductor del mismo metal en el centro de cada uno mantenidos en su lugar mediante discos aislantes. Este cable permite transmitir miles de conferencias simultáneas.

...o, acaso, sin hilos

Para comunicaciones telefónicas interurbanas se emplean también los llamados enlaces de radio. En este caso el aparato de cada abonado se conecta provisionalmente con una emisora de radio y con un receptor. El receptor está ajustado a la frecuencia de la emisora correspondiente. De esta forma se puede conversar en ambas direcciones. Las transmisiones se dirigen con una pantalla parabólica (arriba). Empleando diferentes subportadoras, pueden transmitirse simultáneamente varias conferencias.

cambio, si se traslada a la zona de otra subcentral, tiene que cambiar su número de teléfono.

Las llamadas con destino a otro abonado, dentro de la red local, son acopladas por la *central local*. Pero cuando se desea una conferencia con otra localidad del país, es preciso marcar un número clave que acopla la llamada con una *central interurbana* y de allí, por medio de los cables de la red interurbana o vía radioenlaces, con la localidad deseada. Las nuevas centrales electrónicas pueden además acoplar, en cuestión de segundos, rutas alternativas a través del país, si la comunicación de un cable o bucle estuviera totalmente ocupada. En los *cables coaxiales* pueden transmitirse simultáneamente miles de llamadas con sólo cuatro conductores. Para ello se hacen mayores las frecuencias normales de telefonía y se emplean las mismas técnicas que en la radiodifusión, es decir, cada conferencia es transmitida con una longitud de onda diferente. Cuando se establecen llamadas a larga distancia, es preciso impedir la atenuación de las señales en los conductores. A principios del s. XX existían ya sistemas para evitar la atenuación. A lo largo de las líneas se colocaban las llamadas *bobinas de auto-inducción de Pupin*. Todavía hoy, en las técnicas de cables se emplean con profusión las bobinas de Pupin. En comunicaciones a distancias extremadamente largas, ello no es suficiente para evitar la atenuación, y es preciso amplificar las señales. En este caso se emplean *amplificadores* aproximadamente iguales a los de los receptores de radio y tocadiscos, pero de una calidad muy superior. En el proceso de una llamada, cuando ésta llega a la localidad del abonado deseado, la central de dicha localidad debe acoplar la conferencia a través del bucle correcto.

Comunicaciones internacionales

Las comunicaciones internacionales de las redes a grandes distancias deben satisfacer unos requisitos severos en cuanto a la amplificación y a la calidad del sonido. Las comunicaciones de larga distancia o entre continentes pueden establecerse por medio de cables subterráneos, cables submarinos, enlaces de radio o satélites de telecomunicación.

