

1. Las tecnologías alámbrica e inalámbrica. Orígenes y desarrollo

En este capítulo expondremos las indagaciones teóricas iniciales sobre electricidad y magnetismo, así como los principales experimentos que condujeron al invento del telégrafo y el teléfono, cuyos estudios pioneros tuvieron lugar en Europa y Estados Unidos desde mediados del siglo xvii. Nos referiremos también al descubrimiento de las ondas radioeléctricas en el último tercio del siglo xviii. En conjunto, estos descubrimientos e inventos darían lugar a transmisiones eléctricas telegráficas y telefónicas a través de cables y también a las transmisiones inalámbricas. Antes de abordar estos temas revisaremos la definición de las telecomunicaciones, así como su relación con la radiodifusión.

DEFINICIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES

En un sentido amplio, las telecomunicaciones comprenden los medios para transmitir, emitir o recibir signos, señales, escritos, imágenes fijas o en movimiento, sonidos o datos de indistinta naturaleza, entre dos o más puntos geográficos a cualquier distancia por medio de cables, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.¹ El concepto de telecomunicaciones es relativamente nuevo, pues no fue sino hasta mediados de los años sesenta cuando se incluyó en los diccionarios. En el seno de la misma UIT se tuvieron que hacer grandes esfuerzos en los setenta y los ochenta para

¹ Una definición muy precisa se ofrece en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que rige para los 180 países miembros de este organismo de Naciones Unidas (ONU). Los dos tomos de este Reglamento consignan la terminología, características técnicas de las estaciones, frecuencias, medidas contra interferencias, disposiciones administrativas referentes a las estaciones, documentos de servicio y otras cuestiones, así como las resoluciones y recomendaciones acordadas internacionalmente sobre radiocomunicaciones.

avanzar hacia una definición aceptable.² Su significado ha evolucionado rápidamente por la convergencia de diferentes tecnologías que han posibilitado la interconexión de artefactos electrónicos y por la comunicación entre personas, no nada más en una, sino en varias direcciones.³

El concepto se utiliza indistintamente como sinónimo de transmisión de datos, radiodifusión, comunicación de voz y también se le identifica con algunos componentes de la industria de entretenimiento.⁴

TELECOMUNICACIONES Y RADIODIFUSIÓN

Es común que se identifique, y así confunda, a las telecomunicaciones con la radiodifusión, quizá porque esta última sea más familiar. La radiodifusión se refiere a estaciones de radio y televisión que envían señales a aparatos receptores para una audiencia masiva. Utiliza señales electrónicas que viajan a través del aire y son difundidas a una amplia región. La estación de radio usa ondas que no son transportadas por cable u otros implementos, pues viajan directamente a los radioescuchas que sintonizan una estación. Tales estaciones son difusoras en el sentido tradicional.

Sin embargo, la radiodifusión ha pasado a tener mayor similitud con o a ser parte de los sistemas de telecomunicaciones, pues las transmisiones para radio y televisión se realizan también por vía telefónica a través de sistemas de satélites que se identifican con las telecomunicaciones. Un sistema local de

² Consultar James G. Savage. *The Politics of International Telecommunications Regulation*. Boulder, Westview Press, 1989. p. 1.

³ Véase W. John Blyth y Mary M. Blyth. *Telecommunications: Concepts, Development and Management*. Indiana, The Bobbs-Merrill Co., 1985. y Federico Kulhmann, Antonio Alonso y Alfredo Mateos, *Comunicaciones: pasado y futuro*. México, FCE, 1989.

⁴ Por ejemplo, en abril de 1994 se estableció una compañía en San Francisco, California, para crear una red de televisión Interactiva para niños. Desarrollará un servicio computarizado por televisión que superará al video por solicitud y a las telecompras. Proporcionará un «espacio» computarizado en el que los niños podrán jugar viendo videos, aprender, o simplemente tratar con otros niños que tienen acceso similar a sistemas Interactivos por cable. Los televisores se manejarán con un control remoto especial. *Excélsior*, México, 11 de abril de 1994.

cable puede, por ejemplo, recoger la señal de la estación de radio y alimentar a sus suscriptores en uno de los canales de cable. Así, se constata que el término radiodifusión (*broadcasting*) no es suficientemente amplio como para aplicarse a todas las tecnologías que ahora son parte del espectro de la comunicación electrónica. De ahí que el término telecomunicaciones se haya adoptado para incluir sistemas de comunicación alámbrica e inalámbrica en una o más direcciones, donde queda incluido el término radiodifusión.⁵

El concepto telecomunicaciones se ha enriquecido por el surgimiento de medios interactivos, como la misma telefonía, la computación y la televisión (abierta y por cable), que paulatinamente han ido disminuyendo las diferencias tecnológicas existentes entre ellos. La televisión por cable, por ejemplo, permite a los espectadores hablar electrónicamente a su aparato de televisión, seleccionar información de un banco central de datos y solicitar servicios de video, compras caseras, programas educativos, etcétera. Es decir, un mismo medio posee capacidades tecnológicas que anteriormente se daban por separado.

Las telecomunicaciones de la actualidad transmiten básicamente por tres grandes medios: cable, radio y satélite. Las transmisiones por cable se refieren a la conducción de señales eléctricas a través de distintos tipos de líneas. Las más conocidas son las redes de cables metálicos (de cobre, coaxiales, hierro galvanizado, aluminio) y fibra óptica. Los cables metálicos se tienden en torres o postes que forman líneas aéreas, o bien se crean conductos subterráneos y submarinos donde también se colocan las fibras ópticas. Para las transmisiones por radio se utilizan señales eléctricas por aire o el espacio en bandas de frecuencia relativamente angostas. Las comunicaciones por satélite presuponen el uso de satélites artificiales estacionados en la órbita terrestre para proveer comunicaciones a puntos geográficos predeterminados.

⁵ John R. Bittner, *Broadcasting and Telecommunications. An Introduction*, New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1985, p. 25.

EL MAGNETISMO Y LA ELECTRICIDAD

La evolución de las redes de telecomunicación ha dependido del desarrollo de materiales conductores, de la explotación del espectro radioeléctrico y del diseño de artefactos para generar y recibir radiaciones. Por ello, las telecomunicaciones son fruto de los cambios ocurridos en la física desde antes de la primera revolución industrial, aunque su desarrollo se hace presente a partir del siglo xix. Los aportes científicos y tecnológicos de la electrónica, la microelectrónica, la ciencia de materiales y el espacio, la óptica y la cibernética, entre otros, incidieron directamente, ya en el siglo xx, en el perfeccionamiento de las primeras redes y en la diversificación de servicios.

Los estudios sobre electricidad y magnetismo se iniciaron a mediados del siglo xvii: entonces se consideraban como dos fenómenos distintos y separados. Las investigaciones sobre el magnetismo no tenían el mismo interés que las relacionadas con la electricidad, pese a que desde antes de la era cristiana los chinos utilizaban piedras-imanas como brújulas. De los estudios sobre magnetismo sobresale, a principios del siglo xvii, el de William Gilbert, inglés que en 1600 publicó *De Magnete*, libro donde veía la Tierra como un imán gigantesco girando en el espacio y establecía una base racional para comprender el movimiento de la aguja de una brújula y su atracción hacia los polos norte y sur. Para Gran Bretaña esto significó, en momentos en que poseía la marina más poderosa del mundo, un impulso definitivo para la navegación comercial y la conquista de territorios. No en vano, por esa misma fecha Gilbert fue nombrado médico de la reina. Para 1675, el físico irlandés Robert Boyle (1627-1691) construyó una bomba de vacío lo suficientemente efectiva como para probar que el magnetismo funcionaba bien tanto en el vacío como en la atmósfera.

En ese mismo siglo, los experimentos para generar, conducir y almacenar electricidad fueron constantes. El físico alemán Otto von Guericke (1602-1682) generó electricidad en laboratorio cuando construyó, en 1665, el globo rotatorio o esfera, que producía chispas por fricción. La máquina de Guericke consistía en una gran esfera de cristal que contenía

sulfuro; se montaba sobre un eje con manivela y al hacerla girar a gran velocidad tocaba de tal forma una tela que soltaba chispas entre dos bornes separados que hacían contacto con la esfera por medio de unas escobillas.

En 1729, el inglés Stephen Gray (1666-1736) descubrió la manera de transmitir electricidad por frotamiento de varillas de vidrio. Posteriormente, en 1745, el prusiano Ewald Ch. von Kleist (1715-1759) realizó experimentos para acumular electricidad; en una botella de cristal medio llena de agua y sellada con un corcho, introdujo un clavo hasta hacerlo tocar el agua; luego aproximó la cabeza del clavo a una máquina de fricción para comunicarle carga; al poner en contacto la cabeza del clavo con un cuerpo no electrificado para ver si había capturado electricidad, saltó una potente chispa que estremeció su brazo. Había descubierto que la energía se puede almacenar.

Años después, en 1753, el estadista y politólogo estadounidense Benjamin Franklin (1706-1790) hizo descender una corriente eléctrica de una nube tormentosa. Sometió a prueba el pararrayos e ideó la manera de conservar la carga eléctrica.

El francés Charles Coulomb (1736-1806) encontró en 1785 la forma de medir la electricidad y el magnetismo. Finalmente, en 1795, el físico italiano Alessandro Volta (1745-1827) consiguió producir y almacenar electricidad.⁶ Volta creyó que la electricidad procedía de los metales, por lo que construyó una pila voltaica o batería de pares de discos, uno de zinc y otro de plata, separando cada par por una piel o un disco de papel. Estos discos absorbentes que separaban los metales fueron empapados con una solución (agua salada o vinagre). Este descubrimiento aclaró que, en efecto, para almacenar energía se necesitaban dos tipos de metal y productos químicos que crearan chispas, tal como lo venía sosteniendo el italiano Luigi Galvani (1737-1798), quien al realizar la disección de una rana cerca de una máquina generadora observó que se había producido una chispa entre la rana y la máquina, lo que le hizo pensar

⁶ John D. Bernal, *La ciencia en la historia*, México, UNAM/Editorial Nueva Imagen, 1979, pp. 576-584.

que había descubierto una fuente de electricidad en los animales.

LAS BASES PARA LA INVENCION DEL TELÉGRAFO

El descubrimiento de la electricidad abrió múltiples caminos para obtener inventos más avanzados, como el telégrafo, conseguido gracias a la perseverancia de grandes hombres de ciencia. Entre los experimentos más importantes que condujeron a dicha invención se encuentra el del físico danés Hans Ch. Oersted (1777-1851), quien descubrió la relación entre la electricidad y el magnetismo cuando todavía se creía que eran dos fenómenos distintos. Estableció por primera vez que la corriente eléctrica no circula sola por un alambre sino que va acompañada de un invisible campo de fuerzas magnéticas. En 1819, cuando impartía una conferencia en la Universidad de Copenhague, produjo una oscilación en la aguja de una sencilla brújula marina al acercarle un hilo conductor de corriente eléctrica. Esto ni siquiera llamó la atención del público, pero después, en su laboratorio, Oersted repitió el experimento y obtuvo el mismo resultado. Este fue el punto de partida para que, en 1831, el inglés Michael Faraday (1791-1867) estableciera la inducción electromagnética y demostrara que el movimiento de un imán (inventado por Sturgeon en 1823 y perfeccionado por Joseph Henry [1797-1878] en 1831) podía inducir el flujo de corriente eléctrica en un conductor próximo a dicho imán.

De esta forma, la producción de electricidad artificial y su conducción, apoyada en los principios del magnetismo, establecieron las bases para la transmisión de mensajes a través de señales eléctricas.

LA TELEGRAFÍA

A lo largo de la historia el hombre ha utilizado banderolas, columnas de humo, reflejos ópticos y otros medios para la comunicación marítima y terrestre. Antes de que se usara la

electricidad llegaron a construirse extensas redes no eléctricas. Una de ellas fue la que unía a París y Lille, en Francia, con 5 mil kilómetros de recorrido y 534 estaciones. Era una red telegráfica basada en principios de óptica, consistente en una serie de mástiles elevados, provistos en su extremo superior de brazos movibles de madera y cuyas posiciones, visibles desde los mástiles vecinos, podían combinarse formando ángulos variados entre sí para representar todas las letras del alfabeto.

Los descubrimientos sobre la electricidad fueron el acicate para perfeccionar redes como ésta, que habían proliferado en ciudades de Inglaterra, Alemania, Italia y Estados Unidos.

Las primeras referencias sobre la posibilidad de transmitir mensajes por medio de la corriente eléctrica alámbrica se encuentran en una detallada carta firmada sólo con las iniciales C.M., aparecida en 1753 en uno de los números de *Scots Magazine* de Escocia, Gran Bretaña. En ella se proponía el empleo de 26 cables separados, cada uno de los cuales correspondería a una letra del alfabeto, con lo que se podrían transmitir mensajes letra a letra.

Se emprendieron experimentos similares con uso de cables en distintas partes del mundo. En 1754, Georges L. Lesage (1724-1803) puso a prueba en Ginebra un sistema compuesto de 24 hilos aislados, donde cada uno representaba una letra del alfabeto y terminaba en la estación receptora; logró enviar mensajes, aunque con enormes dificultades. En 1795, el médico barcelonés Francisco Salvá teorizó sobre una línea telegráfica de un solo hilo que podría ser aislado y tendido a través del océano, donde el agua podría actuar como hilo conductor de retorno. El mismo Salvá ideó un telégrafo eléctrico con hilos conductores y logró transmitir despachos mediante descargas de un condensador. En 1828 el estadounidense Harrison G. Dyar construyó y operó una línea telegráfica por donde transmitió a trece kilómetros de distancia los resultados de una carrera de caballos en Long Island, con un único hilo. También se reconoce a los alemanes Carl Gauss (1777-1855) y Wilhelm Weber (1804-1891) como los creadores, en 1833, del primer sistema telegráfico electromagnético viable. Durante años, auxiliados de un imán, una bobina y un manipulador,

cruzaron mensajes codificados a través de un circuito de dos hilos a una distancia de milla y media, que era el trecho que separaba sus laboratorios en la ciudad de Gottingen.⁷

En Inglaterra, William F. Cooke (1806-1879) y Charles Wheatstone (1802-1875) desarrollaron un sistema telegráfico que se componía por un tablero con cinco llaves, una para cada una de las cinco agujas del telégrafo. Cada llave podía atraer corriente a un circuito y de ese modo provocar que la aguja correspondiente girara y pusiera una letra del alfabeto. Cooke y Wheatstone formaron una asociación legal y en junio de 1837 recibieron una patente para su telégrafo, que se convertiría en el medio de comunicación de larga distancia más importante de Inglaterra, muchos años antes de que apareciera en Estados Unidos.

En aquel mismo año el físico y artista estadounidense Samuel Morse (1791-1872) inventó un telégrafo eléctrico y un código de signos o alfabeto convencional en el que las letras están representadas por combinaciones de rayas y puntos, y que por emisiones alternadas de una corriente eléctrica se graban en el extremo opuesto de un conductor metálico. Con ello, el envío de mensajes se hizo sistemático, fluido y al alcance del público.

Gracias a una asignación de 30 mil dólares hecha por el Congreso de su país, Morse estableció en 1844 la primera línea telegráfica experimental de 60 kilómetros entre Washington, DC y Baltimore, Maryland, en Estados Unidos: a través de esa línea se envió el famoso texto del telegrama alusivo a la grandeza del invento, que decía: «¡Qué maravilla ha creado Dios!»

Las redes telegráficas experimentaron un rápido crecimiento, incluso mayor que el del ferrocarril. En Estados Unidos, por ejemplo, para 1853 se habían tendido poco más de 37 mil kilómetros de líneas telegráficas; en 1860 eran casi 81 mil y al año siguiente ya comunicaban al país de costa a costa con una red que enlazaba Nueva York con San Francisco.⁸

⁷ Ernest Braun y Stuart McDonald, *Revolución en miniatura*. Madrid, Tecnos, 1984, p. 23.

⁸ Consultar Ángela Moyano Pahisa, Jesús Velasco y Ana Rosa Suárez A., *eVA. Síntesis de su historia*, t. 8, México, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, 1988, p. 321.

El sistema original de telegrafía manual requería que la persona que realizaba la transmisión conociera el código Morse, leyera el mensaje a enviar y accionara el manipulador telegráfico para convertir cada letra en un grupo codificado de pulsaciones largas y cortas. El operador-receptor debía escuchar los grupos de códigos para traducirlos a letras y descifrar el mensaje.

Cuando en 1880 el servicio telegráfico se generalizó en algunas ciudades de Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Alemania y muchos países más, se convirtió en el medio de comunicación metropolitano más común; asimismo, con la puesta en operación de los sistemas telegráficos de distrito terminó el aislamiento en el que habían operado las estaciones de policía y los cuerpos de bomberos. Para 1875, en Estados Unidos ya se arrendaban líneas a la compañía Prensa Asociada (Associated Press, AP), quien prestaba servicios en Nueva York, Filadelfia, Baltimore y Washington. Los periodistas ya no tuvieron que depender exclusivamente de sus colegas establecidos en lugares lejanos para estar al tanto de los acontecimientos más relevantes de la época. El telégrafo no sólo unió a ese país, sino que aceleró la expansión económica, revolucionó la recolección de noticias, dotó de información adelantada sobre condiciones del clima a los vapores y ferrocarriles y modificó los patrones de los negocios y las finanzas.

Ciudades grandes y pequeñas en todo el mundo recibieron casi al mismo tiempo los beneficios del novedoso medio de comunicación. En Canadá, en 1847 ya funcionaban dos compañías organizadas por particulares, hombres de negocios y comerciantes. La Montreal Telegraph Company, que dominó por décadas, llegó en su primer año a tener doce oficinas para una sola línea que unía Trois Rivières y Toronto, en el Este canadiense.⁹ En México, la primera línea telegráfica entró en funcionamiento el 5 de noviembre de 1851,¹⁰ comunicaba la ciudad de México con el poblado de Nopalucan, Puebla. Esta

⁹ Robert E. Babe, *Telecommunications in Canada*, Toronto, University of Toronto Press, 1990, p. 38.

¹⁰ *Comunicaciones y Transportes*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tercera época, núm. 26, México, enero-febrero de 1976, p. 14.

línea, por disposiciones oficiales, se extendió hasta Veracruz en 1852. Al siguiente año se terminó otra línea que comunicó la ciudad de México con Guadalajara, pasando por León, Guanajuato. En 1854 las líneas tendidas cubrían una distancia de 608 kilómetros, atendidas por seis oficinas en las ciudades de México, Orizaba, Jalapa, Veracruz, Guanajuato y León. Año tras año empezaron a cubrirse los más importantes puntos de la República mexicana hacia el noreste y noroeste, llegando a establecerse el primer contacto con la frontera de Estados Unidos en 1873.

La amplia utilización del telégrafo como medio idóneo para las comunicaciones a grandes distancias provocó que ya no sólo se continuaran haciendo investigaciones y experimentos por motivos personales, pues el telégrafo se había convertido en un próspero negocio explotado por inventores y empresas comerciales; es así que permanentemente experimentaba perfeccionamientos. Primero se emplearon sistemas para transmisión simultánea de dos telegramas por un mismo hilo (equivalentes a 20-25 palabras por minuto). Entre 1924 y 1928, con la introducción del teletipo o teleimpresor, la telegrafía manual empezó a reemplazarse por la de impresión (que operaba 500 palabras por minuto), que la hizo más eficiente, barata y de fácil manejo. En el teleimpresor las combinaciones de impulsos eléctricos, líneas y puntos se traducían automáticamente a la llegada en letras alfabéticas que eran impresas en papel. Éste se compone de una pareja de máquinas de escribir colocadas a distancia: cuando se escribe un mensaje en una de las máquinas, su par lo recibe escribiéndolo en hojas de papel y viceversa. Es el equivalente a mecanografiar a distancia mediante interruptores de circuitos.

Se han introducido, además, sistemas de telegrafía avanzados, como la telegrafía múltiple, que es la transmisión simultánea de varias comunicaciones a través de un mismo hilo, o la telegrafía armónica, que consiste en la realización de conversaciones telefónicas por un hilo con una banda de frecuencia comprendida entre 300 y 3 400 hertzios o periodos por segundo, mientras que la transmisión de un mensaje

telegráfico por el mismo hilo sólo requiere una banda de 25 hertzios.¹¹

EL DESCUBRIMIENTO DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS, SUSTENTO PARA LA TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

El descubrimiento que revolucionó la comunicación telegráfica y telefónica fue la aplicación de la radioelectricidad a estos dos tipos de telecomunicación a finales del siglo XIX, mismo que permitió la transmisión telegráfica inalámbrica, facilitó la comunicación entre largas distancias y ahorró la construcción de extensas redes de hierro galvanizado o de cobre. Hasta el siglo referido prevalecía la concepción newtoniana de la luz como emisión de partículas de un foco emisor; cuando se superó ese paradigma de la física aparecieron descubrimientos sucesivos que sentaron las bases para la telegrafía y la telefonía sin hilos.

El físico británico James C. Maxwell (1831-1879) formuló la teoría electromagnética de la luz señalando su carácter ondulatorio, es decir, su transmisión a través de ondas invisibles para el ojo humano. Estableció que los campos eléctrico y magnético, actuando juntos, producían un nuevo tipo de energía llamada radiación. En 1873 publicó el *Tratado sobre electricidad y magnetismo*, que se reconoce ahora como el origen de la actual teoría electromagnética. Posteriormente, el alemán Heinrich R. Hertz (1857-1894), entre 1885 y 1889, comprobó por vía experimental la existencia de las ondas electromagnéticas.¹² Con el descubrimiento de estas ondas que viajan en el espacio se ideó la forma de producirlas y recibirlas a través de aparatos que aprovecharan los fenómenos eléctricos que la física había descubierto.

Años después de que Hertz comprobara la existencia de las ondas electromagnéticas, el italiano Guillermo Marconi (1874-1937) consiguió, en Gran Bretaña el 2 de junio de 1896, una patente para la telegrafía sin hilos. Marconi se había concentra-

¹¹ *Comunicaciones y Transportes*, op. cit., p. 22.

¹² John D. Bernal, *La ciencia en...*, op. cit., p. 587.

do en la idea de utilizar dichas ondas para transmitir señales a través del espacio. Construyó un aparato con el objeto de conectar al transmisor y receptor con una antena y a la tierra. En junio de 1896 transmitió el primer mensaje radiotelegráfico hallándose el receptor a 250 metros del emisor y separados por muros. Para 1901 logró comunicaciones más lejanas cuando transmitió las primeras señales trasatlánticas desde Inglaterra hasta Saint John, Terranova, cubriendo una distancia de aproximadamente dos mil millas. Con ello, las ondas hertzianas posibilitaron la comunicación inalámbrica entre los hombres.

La comunicación inalámbrica maravilló al mundo. Muy pronto todos los barcos de guerra fueron provistos de aparatos de radiotelegrafía; empezaron a recibir noticias de lo que ocurría en el mundo y, en 1904, los grandes trasatlánticos ya imprimían diariamente periódicos a bordo. En 1907 comenzó a funcionar un servicio transoceánico para radiogramas. Pero esto nada más era telegrafía. Aún no existía la radiotelefonía tal como se conoce hoy, es decir, no había en las casas aparatos pequeños por los que se pudiera escuchar música.

Lo que posibilitó la introducción de la radiotelefonía en los hogares fue la transición, dentro del campo de las ondas electromagnéticas, del telégrafo al teléfono. El primer paso para lograr que la radiotelegrafía se convirtiera en radiotelefonía fue el invento de la válvula, el bulbo y el micrófono. El micrófono era necesario para situar los sonidos «en el aire», y el bulbo para situarlos y suprimirlos. El micrófono modula las ondas radiotelefónicas enviadas, mientras que el tubo rectifica y aumenta la débil corriente radiotelefónica recibida hasta lograr reproducir los sonidos en un auricular o un altoparlante. Con estos adelantos, para 1908 fue posible sostener una conversación radiotelefónica entre Roma y Sicilia, a una distancia de 500 kilómetros aproximadamente.

La utilidad de la telegrafía inalámbrica quedó demostrada tempranamente (el 15 de abril de 1912), cuando el vapor Titanic naufragó después de chocar contra un iceberg durante su viaje inaugural rumbo a Nueva York. Sólo 707 de 2 224 personas a bordo se salvaron gracias a las llamadas de auxilio enviadas por telegrafía sin hilos a otros barcos. Al año siguiente, también las

llamadas de socorro radiadas desde el buque italiano *Volturno*, que se incendió en pleno océano Atlántico, hicieron acudir a diez barcos en su auxilio y pudieron rescatar a 521 personas.

En Estados Unidos, así como en otros países, las líneas telegráficas se tendieron sobre las vías de los ferrocarriles, lo que trajo beneficios para ambas empresas. La administración y operación de los ferrocarriles se hizo más eficaz a causa de la provisión de despachos eléctricos con informes sobre la localización de cada tren o del estado de sus vías. Los ferrocarriles, por su parte, dieron a las compañías telegráficas un derecho exclusivo de uso de sus rutas.

Al mismo tiempo que la telegrafía se instauraba como medio eficiente de comunicación, surgieron otros más avanzados como el teléfono, la radiotelegrafía, la radiotelefonía y la televisión; para ello debieron concurrir diversos fenómenos de carácter técnico, organizativo y económico, al grado de que los sistemas telegráficos y telefónicos empezaron pronto a compartir redes; incluso desde la década de los cuarenta de este siglo las compañías telefónicas y telegráficas comenzaron a emplear equipos similares de red a gran escala. Asimismo, con la radiocomunicación, la telegrafía sin hilos se convirtió en el medio por excelencia para las comunicaciones internacionales y prácticamente confinó a las redes de cable a un uso local.

Los científicos que contribuyeron a hacer realidad este medio de telecomunicación quizá nunca pensaron que sus descubrimientos serían la base para el despegue y desarrollo posterior de grandes industrias lucrativas como la telefonía sin hilos, la navegación marítima, el transporte aéreo, la comunicación por satélite y la conquista espacial.

La capacidad para enviar información a la velocidad de la luz mediante el telégrafo trajo consigo la expansión e integración de los mercados, por la reducción de los costos de transacción y el fácil movimiento de capitales. También hizo posible el desarrollo de instituciones modernas como la bolsa de valores, las aseguradoras y servicios de información.¹³

¹³ Alan Stone, *Public Service Liberalism. Telecommunications and Transition in Public Policy*, New Jersey, Princeton University Press, 1991, p. 25.

LA TELEFONÍA

La telefonía es el medio de telecomunicación que más impacto ha tenido sobre la humanidad. Es un sistema que se utiliza para la transmisión a distancia de la voz humana, sonidos o imágenes escritas y en movimiento, por acción de corrientes eléctricas u ondas electromagnéticas.

La búsqueda de nuevas tecnologías de comunicación durante más de un siglo se ha concentrado fundamentalmente en perfeccionar este medio de telecomunicación. Su disponibilidad a costos relativamente bajos y el fácil manejo lo convirtieron no sólo en un implemento auxiliar de la vida cotidiana sino en un medio indispensable para la economía, la política y la cultura. La red telefónica mundial se ha hecho tan básica como la infraestructura de carreteras, e incluso, por la rapidez y facilidad con que se puede tender, la supera en extensión y cobertura. La red telefónica mundial es enorme; con aproximadamente 700 millones de kilómetros permite la comunicación a prácticamente cualquier lugar de la Tierra por medio de microondas, cables de cobre, cables coaxiales, enlaces satelitales y fibras ópticas.

El invento del teléfono constituyó una carrera apasionante. A la par que se hacían experimentos para poner en práctica las transmisiones telegráficas y una vez que éstas se lograron, muchos científicos y aficionados a las comunicaciones intentaron enviar también la voz humana y no sólo puntos y líneas; el problema principal fue transformar las ondas sonoras en señales eléctricas y viceversa.

Desde la década de 1820, el inglés Charles Wheatstone había demostrado que los sonidos musicales podían retransmitirse a través de cables metálicos y de vidrio, pero nunca intentó conectar dos campos. En 1854, el empleado de la Oficina de Correos y Telégrafos de Francia, Charles Bourseul, expuso, al parecer por primera vez, en un extraordinario artículo publicado en las columnas de *L'illustration de Paris*, los principios teóricos del teléfono electrónico, que hasta la fecha no han variado. Este artículo decía:

Hablando delante de una membrana que establezca e interrumpa sucesivamente la corriente de una pila, y enviando a la línea la corriente suministrada por este transmisor, al ser recibida por un electroimán podría éste atraer y soltar una placa móvil. Es indudable que de esta suerte se llegará, en un porvenir más o menos próximo, a transmitir la palabra a distancia por medio de electricidad. Las sílabas —continúa— se reproducirán exactamente por la vibración de los medios interpuestos. Reproduciendo estas vibraciones se obtendrán también exactamente reproducidas las sílabas.¹⁴

Como respuesta a sus ideas, Bourseul recibió de sus jefes la sugerencia de que se pusiera a hacer cosas más útiles. Poco tiempo pasó para que éstos reconocieran lo grave de negarle el apoyo.

Tres años más tarde, el italiano emigrado a Estados Unidos, Antonio Meucci (1808-1889), estudió la realización práctica del proyecto de Bourseul y en 1857 fabricó el primer aparato telefónico, cuya patente no pudo registrar por problemas prácticos. En 1861, el alemán Philipp Reiss (1834-1874) construyó un aparato que sólo transmitía la altura del sonido y no la intensidad ni el timbre, de ahí su incapacidad de transmitir la voz humana, problema resuelto con gran éxito por los estadounidenses Alexander Graham Bell (1847-1922) y Elisha Gray (1835-1901).

Bell y Gray llevaron a cabo en Estados Unidos, entre 1872 y 1876, esforzados experimentos para lograr la comunicación de la voz; intentaron enviar simultáneamente muchos mensajes telegráficos sobre el mismo cable. El primero se acercó a la solución del problema a través de la acústica, y el segundo por medio de la electricidad. Asimismo, construyeron aparatos similares, sólo que el de Gray no tenía transmisor, a diferencia del de Bell. Aunque posteriormente Gray logró establecer los principios del transmisor, Bell había completado las especificaciones y las registró ante notario en la ciudad de Boston el 20 de enero de 1876. Ambos solicitaron la patente el 14 de febrero de ese mismo año pero Bell lo hizo antes, con un par de horas de diferencia. La primacía fue concedida a Bell al mes siguiente.

¹⁴ Tomado de Nueva Enciclopedia Larousse, t. 10, Barcelona, Planeta, 1982, p. 9552.

Sin embargo, la controversia sobre si Bell conocía el principio de la resistencia variable desde hacía años (como él dijo) o si obtuvo la idea de los documentos de Gray, nunca se resolverá completamente, y por ello tampoco el pleito judicial sobre una de las patentes más cotizadas de la historia.

Alentado por sus logros, Bell avanzó en el perfeccionamiento de la transmisión de voz, aumentando la densidad de la pila eléctrica con la que operaba. Cuando se encontraba trabajando en su taller en marzo de 1876, al agregar ácido sulfúrico a la pila parte del líquido se le derramó sobre la pierna e inmediatamente pidió ayuda a su socio Watson, que se encontraba a 30 metros de distancia de él. Watson oyó claramente a través del teléfono las palabras de Bell: «Señor Watson, venga aquí, lo necesito». Fue ahí, en su taller de Boston, donde empezaron a funcionar los primeros aparatos telefónicos eléctricos.

Uno de los aspectos más interesantes de la invención del teléfono Bell fue que, a diferencia del telégrafo, no necesitó de un operador que enviara y otro que recibiera los mensajes, ni del conocimiento del código Morse o la habilidad de escribir en teleimpresora. Simplemente requirió hablar y oír.

Los avances tecnológicos a partir del teléfono Bell no se hicieron esperar. En 1878, Thomas Alva Edison (1847-1931) lo perfeccionó adaptándole un micrófono de carbón que aumentó su potencia, y lo convirtió en el detonante para la expansión de las llamadas de larga distancia. En ese mismo año se instalaron centrales telefónicas para conectar entre sí 1 350 aparatos que funcionaban en diferentes casas particulares en Estados Unidos. Para 1887, a sólo una década de su introducción comercial, ya había 235 kilómetros de cables tendidos con 444 centrales conectando a 150 mil suscriptores. Y lo que parecía imposible para la comunicación a distancia sucedió en 1892, cuando se enlazaron vía aérea las ciudades de Nueva York y Chicago, a 1 650 kilómetros de distancia.

Desde los primeros días de funcionamiento, el teléfono tuvo el problema de la pérdida de intensidad de la señal a medida que la distancia entre el transmisor y el receptor aumentaba. Ello llevó a plantear serias dudas sobre la posibilidad de la

comunicación a largas distancias sobre circuitos telefónicos. La invención del tubo de vacío en 1906 por el estadounidense Lee DeForest (1873-1961) resolvió ese problema mediante la amplificación de la señal, e hizo posible la colocación de repetidores a lo largo de las líneas de transmisión para amplificarla. El tubo de vacío condujo de lleno a la era de las telecomunicaciones. Sus efectos se extendieron más allá de la telefonía; abarcaron la radio, la televisión, la computación y llevaron el desarrollo de la electrónica como una de las más grandes industrias de la primera mitad del siglo xx.

La telefonía se convirtió en una próspera industria mundial con una demanda impresionante del servicio.¹⁵ En Estados Unidos se diseminó más rápidamente, pues para 1900 se contaba con 675 mil aparatos telefónicos. En 1925 había más de 26 millones de aparatos en el mundo, de los cuales 17 millones correspondían a Estados Unidos y alrededor de 700 mil a Europa. En México, en ese mismo año, funcionaban poco más de 50 mil aparatos, mientras que en Argentina había 173 mil.

En las ciudades más grandes pronto proliferaron las redes telefónicas metálicas. Éstas eran inicialmente aéreas, pero al advertirse los riesgos físicos que representaban empezaron a colocarse en el subsuelo forrando los alambres con cables de plomo. Estas redes subterráneas son las que hoy predominan; solamente en ciudades pequeñas se instalan tendidos aéreos.

¹⁵ La magnitud de la demanda era tal que desde principios de siglo el empleo de mujeres fue parte importante en la industria, sobre todo como operadoras en las centrales telefónicas. En 1906, John Vaughn, al escribir una apología sobre los aportes de la telefonía en la economía estadounidense, decía: «...las compañías han ayudado a toda ciudad con la que mantienen un intercambio, al contratar fuerza de trabajo y pagar buenos sueldos. La telefonía [...] ha abierto nuevos caminos para el empleo, en especial para las mujeres. En 1878, el administrador de la central telefónica de Nueva York se vio urgido de aumentar su número de empleados. [...] Era imposible obtener hombres lo suficientemente competentes...» e hizo lo mismo que en Connecticut, donde una joven atendía el tablero de conmutadores de la central de Bridgeport. En pocos días contrató mujeres jóvenes para todos sus puestos en el tablero. Para 1906, las compañías estadounidenses empleaban a más de 20 000 mujeres operadoras. «John Vaughn: treinta años de teléfono en los Estados Unidos (septiembre de 1906)», en Guillermo Zermeño Padilla, *EUA. Documentos de su historia socioeconómica IV*, t. 7, México, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, 1988, p. 557.

La rápida popularidad del teléfono provocó serias dificultades en las conexiones entre abonados. Las líneas se saturaban, pues cada aparato estaba conectado por una línea de dos hilos con una central en donde todas las líneas se juntaban en un conmutador atendido por operadoras (el mismo sistema que todavía se utiliza en poblaciones pequeñas). Esto ocasionó enormes marañas de cableados detrás de los conmutadores y hacía cada vez menos práctico el servicio.

LAS CORRIENTES PORTADORAS

A partir de 1919 se logró llevar a la práctica la interconexión automática, que sustituyó en las centrales a los empleados que hacían manualmente los enlaces. Esto es, se encontró la manera de sostener varias conversaciones simultáneas sobre una misma línea gracias a las corrientes portadoras. El equipo que hacía la conexión consistía en bancos relevadores e interruptores montados en una fila de bastidores que ocupaban pisos y edificios enteros.

Mediante procedimientos técnicos es posible modular las variaciones de las corrientes de frecuencias bajas (o audiofrecuencias que se utilizan en la transmisión de voz humana en una banda que va de 300 a 3 400 ciclos por segundo) sobre oscilaciones de frecuencias elevadas. Este procedimiento fue adoptado por la telefonía múltiple, donde se elige para cada comunicación una frecuencia portadora distinta. Así, varias comunicaciones pueden viajar juntas por el mismo circuito, ocupando diferentes bandas dentro de la gama de frecuencias elevadas. Cuando llega la comunicación al extremo de una línea, se deja pasar solamente una banda de frecuencias por un filtro, es decir, se separan las comunicaciones que luego se demodulan para que las corrientes de frecuencias audibles lleguen al receptor. Obviamente, estas transmisiones no se pudieron hacer por los cables sencillos que se venían utilizando.

EL CABLE COAXIAL

Para los años treinta se creó el cable coaxial, formado por un conductor centrado y aislado dentro de otro cilíndrico que protege al primero y evita la pérdida de energía por radiación, a la vez que disminuye las perturbaciones provocadas por energías adyacentes o por otros circuitos. Un par de estos hilos forma una línea coaxial que cabe en una misma instalación, pues cada uno es apenas más grueso que un lápiz. Con ellos se empezaron a transmitir simultáneamente 1 860 conversaciones telefónicas y tenían capacidad adicional para hacer transmisiones para radio y televisión.

Con el tiempo, el manejo simultáneo de llamadas progresaría y lograría mayor capacidad. Con el equipo electromecánico de sistema de panel se interconectaron 10 mil líneas telefónicas, mientras que con el equipo *crossbar* se alcanzó una capacidad de 30 mil. Las conexiones de los circuitos en este tipo de equipo se establecen con muy pocos movimientos mecánicos, lo que da como resultado menor desgaste y mantenimiento. A su vez, este equipo es paulatinamente reemplazado por sistemas electrónicos que establecen conexiones a grandes velocidades y con capacidad de más de 100 mil líneas.¹⁶ Estos sistemas han evolucionado hacia la transmisión digital que veremos en el siguiente capítulo.

LOS CABLES SUBMARINOS

La transmisión a larga distancia intercontinental a través del agua también fue motivo de preocupación de científicos y emprendedores hombres de negocios desde principios del siglo xix. Los experimentos que implicaban enlaces por agua se realizaron inicialmente a través de ríos y mares.

En 1811, el científico alemán Samuel T. von Sommerring (1755-1830) desarrolló el primer cable submarino aislado y envió la primera señal telegráfica a través del río Isar, en

¹⁶ W. John Blyth y Mary M. Blyth, *Telecommunications: Concepts... op. cit.*, pp. 68-69.

Munich. Morse activó otro conductor en el puerto de Nueva York en 1842 y E. Cornell tendió en 1845 el primer cable de larga duración a través del río Hudson, entre Nueva York y el puerto Lee. Otros cables se tendieron a través del río Mississippi, en los mares de Irlanda, el Mar del Norte, etcétera.

Las dificultades para tender cables por agua eran múltiples por la necesidad de soportar los rigores del mar, con las perturbaciones de corrientes marítimas, la presión oceánica, mordeduras de tiburones y otros problemas que no existían con los tendidos por aire o bajo la tierra. Por ello, los intentos por cruzar el Atlántico con cables en 1857, 1858 y 1865 no tuvieron éxito y sólo funcionaron unos cuantos días. En 1858 el Atlántico fue unido entre Irlanda y Terranova, Canadá, pero el sistema de aislamiento del cable falló y tuvo que ser abandonado después de que únicamente funcionó 27 días. Después de 1866, trabajadores británicos, franceses y estadounidenses que laboraron parcialmente tendieron una serie de cables trasatlánticos. Para inicios de la década de los veinte del presente siglo, los cables más rápidos, con amplificadores en tubos de vacío, se conectaban a impresoras multiplex de ocho canales en vez de uno. Para los cuarenta había 20 cables trasatlánticos que ya no funcionaron en los años cincuenta.

Para 1950 dos grandes innovaciones favorecieron de manera importante el tendido de cables para conducción de telefonía: la invención del cable coaxial y del amplificador de tubo de vacío, que pudo resistir la presión del agua a cinco mil metros y con un tiempo de duración de hasta 20 años. En 1950 se probó un cable coaxial con repetidores sumergidos entre Miami, Estados Unidos y La Habana, Cuba. A principios de 1956 inició operaciones el primer cable submarino trasatlántico de cable coaxial con capacidad para 36 circuitos telefónicos que enlazaba Escocia, Inglaterra y Terranova. En ese mismo año se tendió otra línea con 16 repetidores en dos sentidos que iba desde Terranova hasta Nueva Escocia, y que era capaz de transportar 60 conversaciones telefónicas al mismo tiempo. Para 1976, con el empleo del sistema de llamadas a intervalos, el cable TAT 6 hizo posible mandar cuatro mil llamadas telefónicas simultáneamente. Ya en 1980 una variante del cable

coaxial permitió transportar una capacidad superior a los cuatro mil circuitos de voz.

A pesar de que se ha declarado dos veces la muerte de los cables submarinos —primero con la introducción de la radio y luego con la de los satélites para comunicaciones en los setenta—, en las últimas décadas se ha observado mayor interés en diversas compañías para su explotación.¹⁷ Ahora, los modernos cables submarinos cruzan no nada más el Atlántico, sino el Pacífico, las costas y un sinfín de islas en los continentes.

Los cables submarinos ofrecen algunas ventajas respecto a las comunicaciones por satélite: tienen una vida de más de 25 años mientras que la de los satélites es de 10; funcionan bien independientemente del clima y los disturbios magnéticos, mientras que los receptores y transmisores para comunicaciones vía satélite son afectados por el clima, las lluvias, las tormentas, etcétera; y su tecnología admite reparaciones y mantenimiento, mientras que esto normalmente es muy complicado en los satélites.

La innovación más importante en la última década para los cables submarinos es la introducción de la fibra óptica. Las ondas ópticas que conducen estos cables dan la vuelta a la Tierra en fracciones de segundo. El primer cable intercontinental, el TAT 8, transporta más de 32 mil conversaciones al mismo tiempo aparte de una masa de datos que puede ser enviada a intervalos. Sus altos costos de inversión, comparados con los del cable coaxial (que se introdujo en los cincuenta y que ahora se tiende donde la frecuencia de su uso o crecimiento es baja), se compensan con el incremento de la capacidad. Los cables de fibra óptica normalmente pueden ser operados sin amplificadores y debido a su diminuto diámetro de 25 a 30 mm son de peso liviano, más elásticos y fáciles de enterrar. Aunque su pequeñez los hace más sensibles a las mordidas de los

¹⁷ Para 1983, había un total de 189 líneas de cables submarinos en uso, más dos inactivas entre el norte y el sur de Vietnam. Karlheinz Hottes. «Submarine Cables in our Times —Competition Between Seacables and Satellites». en Henry Bakis, Ronald Abler y Edward M. Roche (eds.), *Corporate Networks, International Telecommunications and Interdependence*, London. Belhaven Press, 1993, p. 100.

tiburones, son protegidos con cubiertas especiales para resistir esos peligros.

Además de los países industrializados como Inglaterra, Canadá, Rusia, Estados Unidos y Francia, otros como Singapur y México pueden tender cables submarinos mediante su participación en proyectos comunes de distintas empresas. Desde agosto de 1993, Teléfonos de México es socio mayoritario del sistema de cable submarino Columbus II. Este cable es de fibra óptica y se programó para entrar en servicio en diciembre de 1994, con capacidad para 23 mil canales telefónicos y para transmitir 90 mil conferencias simultáneamente. Sus amarres se encuentran en Cancún, México; West Palm Beach, Saint Thomas e Islas Vírgenes, Estados Unidos; isla Gran Canaria, España; isla Madeira, Portugal; y Palermo, Italia. En el proyecto participaron 58 compañías de telecomunicaciones de 41 países, entre las que se encuentran Telefónica de España, American Telegraph and Telephone (AT&T), Italcable y Companhia Portuguesa Radio Marconi.¹⁸

Las ventajas que brindan las transmisiones por cables submarinos han llevado a una intensa competencia entre sus empresas constructoras y operadoras, así como con las de comunicaciones por satélite. La compañía estadounidense AT&T compite con International Telecommunications Satellite (Intelsat) por la preeminencia en las comunicaciones intercontinentales. AT&T ha intensificado la construcción de cables submarinos: cinco por todo el mundo. En octubre de 1990 empezó a construir, junto con la empresa japonesa Kokusai Denshim Denmwa (KDD) un cable transpacífico con capacidad para proveer hasta 600 mil líneas telefónicas, y que entrará en operación en 1996.¹⁹ A mediados de 1992 puso en operación su más reciente sistema de comunicación submarina intercontinental, denominado TAT-10, que utiliza cables de fibra óptica, conduce 80 mil conversaciones telefónicas simultáneas

¹⁸ *La Jornada*, 13 de noviembre de 1992.

¹⁹ *The New York Times*, 6 de noviembre de 1990.

y enlaza directamente a Estados Unidos, Alemania y los Países Bajos.²⁰

De ninguna manera los cables submarinos han sido desplazados por otras tecnologías; por el contrario, se han consolidado como una importante opción de comunicación para largas distancias.

²⁰ *The Wall Street Journal*, 14 de agosto de 1992.