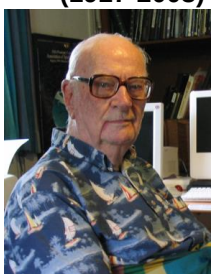
Breve Historia de las Telecomunicaciones y las Computadoras

Dr. Ing. José Joskowicz
Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería
Universidad de la República
Montevideo, Uruguay
josej@fing.edu.uy

Marzo 2021
Versión 21

"Cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia"

Arthur C. Clarke
(1917-2008)



Introducción

En gran medida, el mundo en que vivimos es tal como lo conocemos, gracias a las telecomunicaciones y las computadoras. Estas notas están dedicadas a todos aquellos que, con su esfuerzo personal o colectivo, han aportado al desarrollo de estas áreas, y con ello, a mejorar la calidad de vida de la humanidad.

He tratado de mencionar a los ingenieros, emprendedores, empresarios y/o entusiastas, que contribuyeron con el desarrollo de ideas o tecnologías en áreas claves de las telecomunicaciones y las computadoras. Los hechos históricos no suceden solos ni aislados, sino que son el resultado del estudio, la experimentación, la dedicación, la perseverancia y, en muchos casos la audacia.

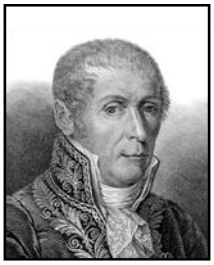
En esta edición, todas las referencias han sido revisadas. En todos los casos que ha sido posible, se utilizaron fuentes originales, del momento de los hechos. También se agregaron nuevas figuras ilustrativas, tratando de utilizar las originalmente publicadas.

Es muy posible que falten hechos o personajes relevantes. Los temas descritos son enormemente extensos. Desde ya pido disculpas si algún hecho destacado o alguna persona no ha sido mencionada, y agradezco que me lo hagan saber, y con gusto podrá ser incluirlo en futuras ediciones.

La historia aquí relatada está organizada en forma cronológica, comenzando arbitrariamente en el año 1800. Evidentemente, tanto la automatización de los cálculos como las comunicaciones a distancia tuvieron antecedentes previos a esta fecha. Sin embargo, pareció apropiado utilizar el invento de la primera batería eléctrica como inicio de esta historia.

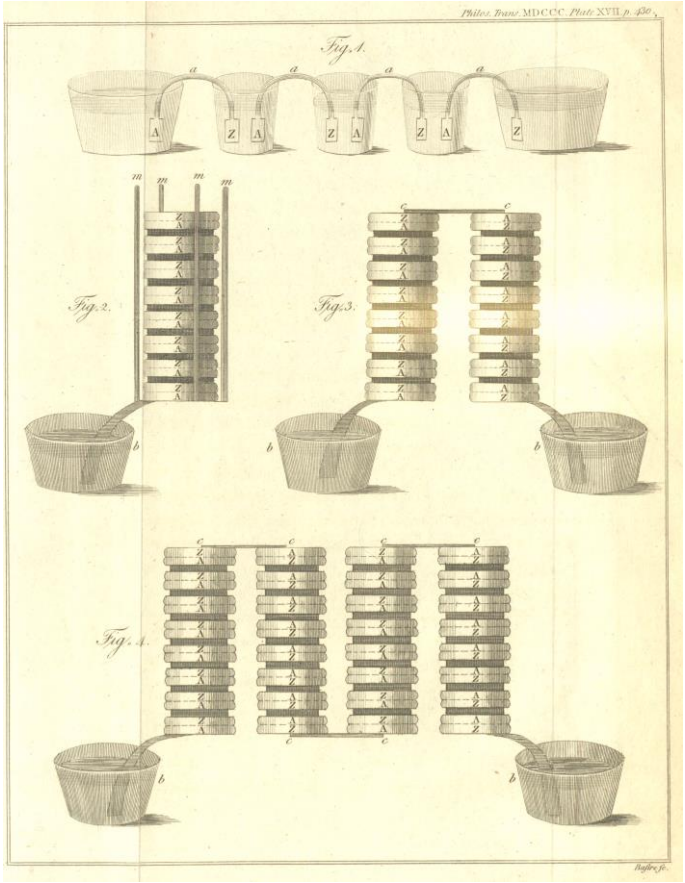
¡Espero que disfruten de la lectura!

Historia de las telecomunicaciones y las computadoras



Alessandro Volta
1745 - 1827

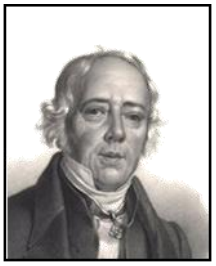
1800 Alejandro Volta diseña la primera batería. El invento fue descrito por Volta en su artículo “Sobre la electricidad excitada por el mero contacto de sustancias conductoras de diferentes tipos” [1], del año 1800. La batería estaba formada por muchos pares de metales diferentes, como plata y zinc, separados entre sí con cartón humedecido con agua u otro líquido, o colocados en una taza llena con el líquido. Los metales se dispusieron de modo que la placa de zinc de un par estuviera conectada eléctricamente a la placa de plata de otro par, y así sucesivamente, formando una “pila”. Si bien este elemento no parece tener relación con sistemas de Telecomunicaciones, fue el puntapié inicial al desarrollo de la electricidad. Las primeras aplicaciones prácticas de las baterías y de la electricidad en general estuvieron directamente relacionadas a las telecomunicaciones, como se verá en los siguientes párrafos. Incluso actualmente, hasta en los más modernos dispositivos de telecomunicaciones, la batería continúa siendo uno de los principales problemas, debido a su tamaño y su baja autonomía.



Batería de Volta. [1]

Primeras baterías de Volta (Fotos tomadas en el Museo y Templo Voltaico, en la ciudad de Como, Italia)

1820 Christian Oersted descubre los primeros efectos del electromagnetismo [2]. En un famoso experimento en la Universidad de Copenhagen, Oersted dispuso una brújula bajo un conductor eléctrico. Al hacer circular corriente por el conductor, la aguja de la brújula se mueve, demostrando que las corrientes eléctricas producen campos magnéticos.



Christian Oersted
1777 - 1851

1821 Michael Faraday descubre la inducción, demostrando que los efectos descubiertos por Oersted son *reversibles* [3]. Faraday logra hacer circular corriente por conductores eléctricos que giran alrededor de un imán permanente. De hecho, se inventa el primer generador eléctrico, convirtiendo energía mecánica en energía eléctrica.

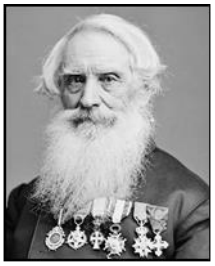
Michael Faraday
1791 - 1867

1830 Joseph Henry diseña un sistema *práctico* para enviar señales eléctricas y detectarlas en extremos distantes. Es el predecesor del telégrafo.

Joseph Henry
1797 – 1878

1835 Como parte de las mejoras a su sistema de transmisión de señales, el mismo Joseph Henry diseña en 1935 un dispositivo conocido como “Relay” o Relé en español [4]. Este dispositivo funciona como una llave eléctrica: mediante el empleo de una corriente auxiliar, permite la apertura y cierre de un circuito por donde pasa la corriente principal.

1837 Samuel Morse inventa el premier telégrafo. En 1838 presenta la patente de su invento, titulada “Mejora del modo de comunicación de la información con señales mediante la aplicación de electromagnetismo” [5], y la obtiene en 1840. El sistema utilizaba una llave para cerrar o abrir un circuito eléctrico, una batería, un conductor para unir las estaciones telegráficas y un receptor electromagnético, que producía un sonido indicando el cambio en el pasaje de corriente. El retorno de la corriente se producía por “tierra”, por lo que bastaba un solo conductor eléctrico entre las estaciones telegráficas. Completó el sistema diseñando el conocido “código Morse”, consistente en puntos y barras, los que eran representados por cortes pequeños o prolongados en la corriente. El telégrafo fue la primera aplicación práctica y comercial que utilizaba la electricidad. De hecho, fue el primer sistema *digital* de comunicaciones, ya que la información transmitida era básicamente binaria (pasa o no-pasa corriente).



Samuel Morse
1791 - 1872

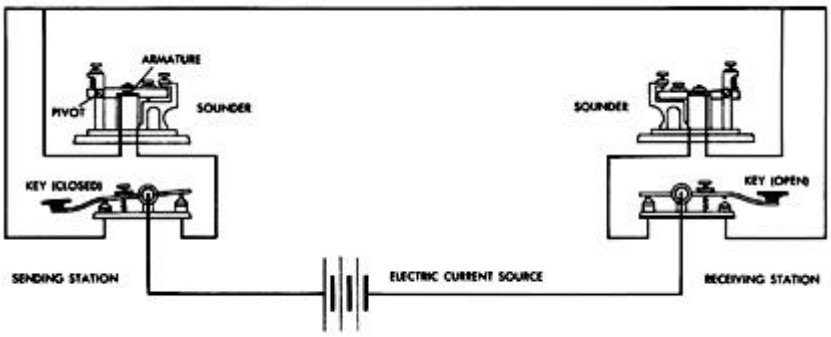
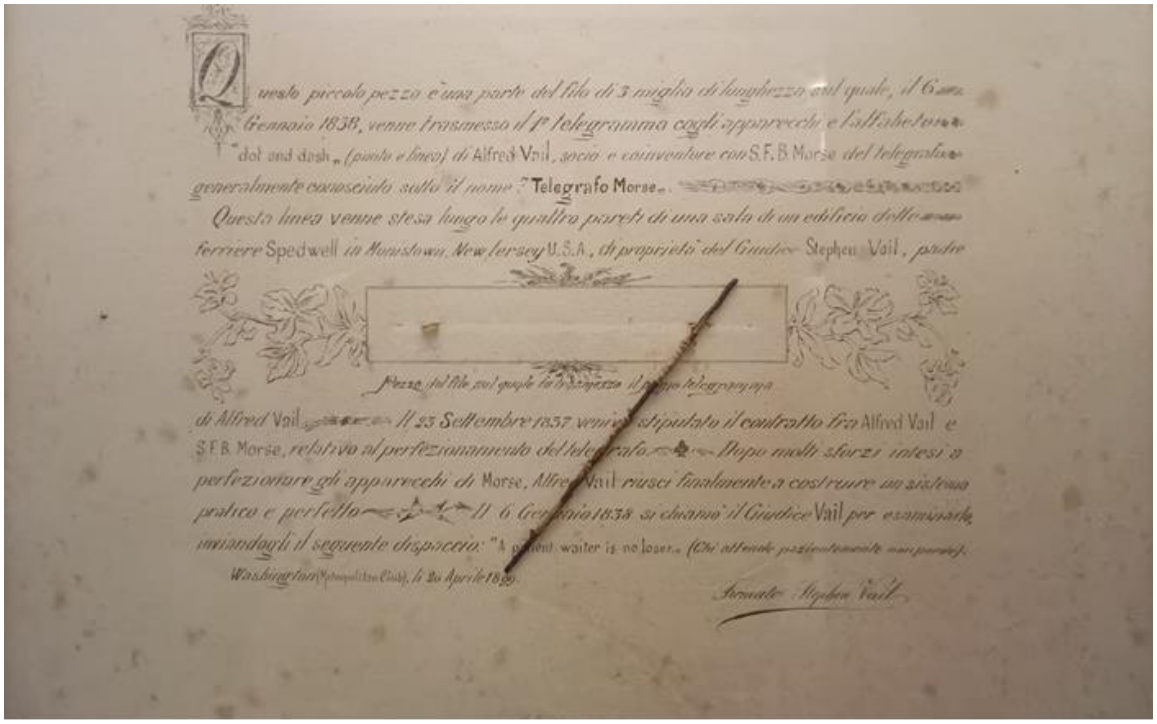


Diagrama esquemático de un sistema telegráfico. El cable superior se coloca por encima del suelo, tendido típicamente entre columnas. La línea inferior representa la conexión de tierra. [6]

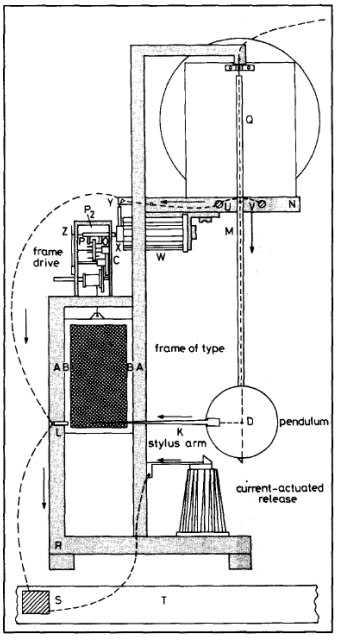


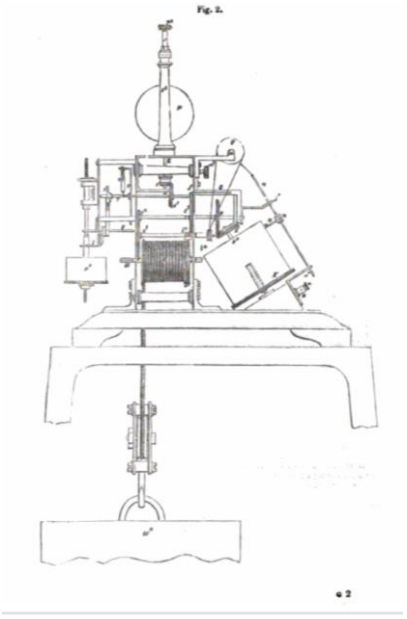
Parte del hilo utilizado en la primera trasmisión telegráfica. Imagen tomada del "Museo Voltaico", en la ciudad de Como, Italia. El texto dice: "Este pequeño trozo es una parte del hilo de 3 millas de longitud sobre el cual, el 6 de enero de 1838, fue transmitido el primer telegrama con los aparatos y el alfabeto de "punto y línea" de Alfred Vail, socio y coinventor con S.F.B. Morse del telégrafo, generalmente conocido bajo el nombre de "Telégrafo Morse".
Esta línea fue tendida a lo largo de las cuatro paredes de una sala de un edificio de las herrerías Spedwell en Morristown, Nueva Jersey, EE.UU., propiedad del juez Stephen Vail, padre de Alfred Vail. El 23 de septiembre de 1837 fue firmado el contrato entre Alfred Vail y S.F.B. Morse, relativo al perfeccionamiento del telégrafo. Después de muchos esfuerzos dedicados a perfeccionar los aparatos de Morse, Alfred Vail logró finalmente construir un sistema práctico y perfecto. El 6 de enero de 1838 llamó al juez Vail para examinarlo, enviándole el siguiente mensaje: "A patient waiter is no loser" ("Quien espera pacientemente no es ningún perdedor").
Washington (Metropolitan Club), 20 de abril de 1890. Firmado: Stephen Vail

1843 Pocos años luego del invento del telégrafo, Alexander Bain, un escocés dedicado a la relojería, presenta en Gran Bretaña, una patente por el concepto de "Mejoras en la producción y regulación de corrientes eléctricas, impresiones electrónicas y señales telegráficas" [7]. Una patente similar, por "Mejoras en la copia de superficies por medio de electricidad" también fue presentada por Bain en Estados Unidos en 1948 [8]. Alexander Bain había diseñado un sistema capaz de transmitir imágenes a través de líneas telegráficas, es decir, inventó el primer "fax".

Alexander Bain
1810 - 1877

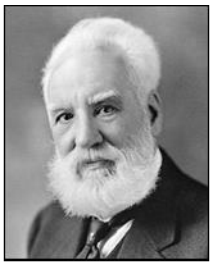
La idea básica consistía en recorrer un documento original línea a línea, detectar “claros” y “oscuros”, convertirlos en señales eléctricas y transmitirlas hasta el destino sobre cables telegráficos.
El documento debía estar grabado en relieve sobre una plancha metálica. Esta plancha era ubicada sobre un mecanismo móvil, sobre el que se movía un péndulo también metálico. Este péndulo rozaba la superficie en relieve (partes oscuras de la imagen), permitiendo el pasaje de una corriente, que se interrumpía sobre las partes claras de la imagen. Cuando el péndulo llegaba hasta el final de una línea, el documento junto a su mecanismo móvil era desplazado una línea hacia abajo, de manera que en la próxima oscilación el péndulo recorría una nueva línea.
En el destino, un péndulo similar recorría un papel tratado químicamente y puesto sobre una plancha metálica. Cuando circulaba corriente entre el péndulo y la plancha metálica, el papel (que estaba entre ambos), quedaba de color oscuro.
Las ideas de Bain, de recorrer los documentos línea a línea y utilizar papeles especiales en la recepción, fueron las utilizadas en los sistemas de fax, muy populares en a fines de la década de 1990’ y comienzos de 2000’.
Por supuesto, varios problemas tecnológicos tuvieron que ser resueltos. Uno muy importante fue el de sincronizar el destino con la fuente. Para esto, Bain utilizó un sistema de relojería eléctrica, que mantenía a los péndulos en fase.
Información adicional acerca de la biografía de Bain y sus inventos puede verse en [9],[10],[11],[12] y [13].





Izquierda: Esquema presentado por Bain en su patente británica número 9745 [14].
Derecha: Imagen de la máquina de Bain, publicada en 1850 [15].

1847 Nace Graham Bell, en Edimburgo, Escocia. Bell es educado en una familia donde la música y las palabras tenían gran relevancia. Su padre había diseñado un sistema denominado "voz visible", para ayudar el aprendizaje del habla a las personas sordas. Su abuelo era maestro [16]. Los cursos tomados por Graham Bell incluyeron anatomía y fisiología. Toda su educación y entorno estuvo relacionado con la mecánica de la voz y el sonido. En 1873, Bell obtiene su diploma de fisiólogo vocal en el Boston College. Durante el día enseñaba a hablar a niños sordos, utilizando el dispositivo diseñado por su padre. Durante la noche, trabajaba en lo que él llamaba el "telégrafo musical", o "telégrafo armónico". Enviar muchos mensajes en forma simultánea por un mismo cable traería inmediatas ventajas para las empresas telegráficas, ya que les permitiría incrementar su capacidad de envío de mensajes, sin necesidad de tender nuevos cables. Este concepto, conocido actualmente como "multiplexación" es ampliamente usado en sistemas de telecomunicaciones. Bell entendía que el inventor que pudiera diseñar este tipo de dispositivo podría ganar importantes sumas de dinero.



Alexander Graham Bell
1847 - 1922

Dado sus conocimientos acerca del sonido, Bell creía que sería posible enviar varios mensajes sobre un mismo cable, si pudiera enviar "sonidos" de distintos tonos en forma eléctrica.

1866 Casi 30 años después del invento del telégrafo por parte de Morse, un personaje poco conocido realiza la primera comunicación telegráfica inalámbrica. Mahlon Loomis era un dentista nacido en 1826. A comienzos de la década de 1860, Loomis comienza a interesarse en la electricidad, y a realizar *extraños* experimentos. Intenta averiguar, por ejemplo, el efecto de las corrientes eléctricas en el crecimiento de las plantas, enterrando electrodos cercanos a las raíces de plantas y haciendo circular corriente entre ellos.

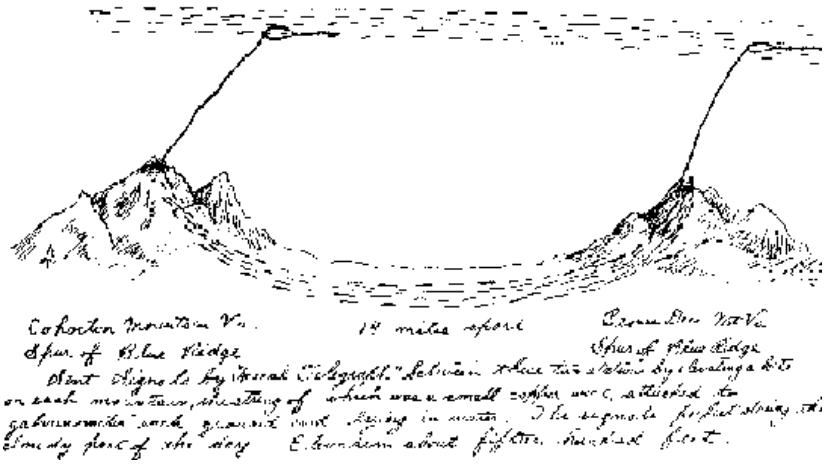
Mahlom Loomies
1826 - 1866

Hay documentación del propio Loomis que asegura que alrededor de 1866 logró realizar un telégrafo inalámbrico. El sistema consistía en remontar dos cometas alejadas algunos kilómetros, cuyas cuerdas contenían conductores eléctricos. En una de las cometas se conectaba un galvanómetro entre la punta del conductor eléctrico y tierra. Si la cometa estaba a la altura adecuada, el galvanómetro registraba el pasaje de una pequeña corriente, producida por la diferencia de potencial entre las nubes y la tierra.

En la otra cometa se conectaba o desconectaba la punta del conductor eléctrico a tierra. Esto producía que las nubes redujeran su potencial respecto a tierra, lo que podía ser detectado con el galvanómetro de la otra cometa.

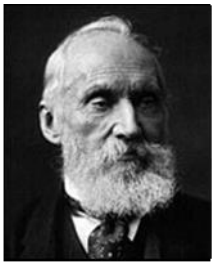
Loomies creía que la atmósfera tenía "capas conductoras", y no lograba explicar por qué había días en los que la comunicación era posible, y otros en los que no.

Creyendo que su sistema podría funcionar incluso a grandes distancias, Loomies solicitó al Congreso de EEUU la suma de 50 mil dólares para diseñar un telégrafo inalámbrico que pudiera comunicar América con Europa. Aunque algunos congresistas lo apoyaron, varios creyeron que se trataba de un fraude, o que simplemente el sistema no podría funcionar, y le negaron el dinero. Las comunicaciones inalámbricas deberían esperar otros 30 años, hasta los inventos de Marconi.
Referencias adicionales pueden encontrarse en [17], [18], [19]. Una trascripción de las notas de Loomies puede encontrarse en [20].



Dibujo realizado por Mahlon Loomis, que esquematiza una comunicación entre dos montañas separadas 14 millas (unos 22.5 km) [18].

1866 Mientras Loomies remontaba sus cometas, un grupo de aventureros, científicos e inversionistas logran tender el primer cable telegráfico transatlántico. El 28 de julio de 1866, luego de 12 años de frustrados intentos, y con una inversión total de 12 millones de dólares (una verdadera fortuna para la época), Cyrus Field y su grupo logran poner en funcionamiento el primer telégrafo entre América y Europa [21]. Utilizaron el *Great Eastern*, el barco más grande de la época y cinco veces más grande que cualquier otro barco entonces a flote. A bordo de este barco, y de otros anteriores que terminaron en fracasos, viajaron personajes conocidos, como el doctor William Thomson, inventor del galvanómetro marino (instrumento decisivo en el éxito del tendido del cable), y el propio Samuel Morse. Sir Samuel Canning fue el jefe de ingeniería del proyecto.



William Thomson
1824 - 1907

Samuel Canning
1823 - 1908

Cuando la flota del telégrafo arribó a la ensenada Heart, Terranova en 1866, la tripulación celebró su éxito levantando en alto a su ingeniero en jefe, Sir Samuel Canning [21].

1866 En el mismo año se tiende el primer cable telegráfico submarino del Rio de la Plata, entre la ciudades de Colonia (Uruguay) y la localidad de Punta Lara (Argentina). El cable, con tres conductores independientes, fue tendido por la River Plate Telegraph Company, fundada en Escocia. Entre los fundadores de esta empresa se encontraba John Proudfoot (también relacionado posteriormente con los ferrocarriles en el Uruguay). El primer gerente de esta empresa (o Superintendente, como se le llamaba entonces) fue John Oldham [22]. El diario de la expedición que trajo el cable y realizó el tendido se puede leer en [23]. El cable permaneció en servicio por más de 100 años, hasta el año 1970, cuando el servicio fue abandonado.

Sección del primer cable submarino en el Río de la Plata, tendido en el año 1866, entre Colonia y Punta Lara (Argentina). El diámetro es de aproximadamente 5 cm [24].

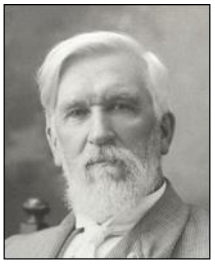
1875 Bell Contrata a Thomas A. Watson, quien sería su asistente de experimentos durante largos años. Por esta época, Bell ya tenía en mente la idea de transmitir voz sobre los cables telegráficos. En marzo de 1875, Bell conoció a Joseph Henry, quien en ese momento era Secretario del Instituto Smitsoniano en Washington D.C. Bell comentó con Henry sus ideas acerca del "telégrafo musical" y de la transmisión de voz sobre los cables telegráficos. Henry desestimó la idea del "telégrafo musical", e instó a Bell a dedicarse a la transmisión de voz, asegurándole que esto era *"la semilla de un gran invento"*. Bell abandonó la idea del "telégrafo musical" y se dedicó completamente a la invención del "Teléfono".

Thomas A. Watson
1854 - 1934

En el verano de 1874, luego de varios experimentos, Bell le comentaría a Watson: *"Si pudiera diseñar un mecanismo que hiciera variar la intensidad de una corriente eléctrica de la misma manera que el aire cambia de densidad con los sonidos, podría telegrafiar cualquier tipo de sonido, incluso la voz"* [25].

El 2 de junio de 1875, durante uno de los experimentos y en forma accidental, Bell escuchó un sonido al otro lado del telégrafo en el que Watson estaba haciendo algunas pruebas. En estos experimentos, como en todos los otros, Bell y Watson utilizaban un telégrafo que trabajaba, cerrando y abriendo el bucle de corriente, de acuerdo a las vibraciones del sonido. Al inspeccionar el estado del telégrafo, se dieron cuenta que, por error, uno de los contactos estaba demasiado apretado, y no llegaba a abrirse completamente, pero si a variar su resistencia. Fue la primera transmisión documentada de un sonido a través de un cable eléctrico.

1876 Con las ideas en mente, pero aún sin tener un sistema capaz de transmitir voz, Bell presenta su solicitud de patente, el 14 de febrero de 1876. Increíblemente, esta solicitud fue presentada pocas horas antes de una solicitud similar, presentada el mismo día por Elisha Gray. La patente de Bell, Número 174 465, es conocida como la patente más exitosa jamás presentada [26]. La solicitud de patente trata sobre "Mejoras en la Telegrafía", y la idea básica es utilizar corrientes de intensidad variable sobre los cables telegráficos, en vez de abrir y cerrar el circuito, a los efectos de poder "sumar" tonos.


Elisha Gray
1835 - 1901

Finalmente, el 10 de marzo de 1876, una semana después que la patente de Bell fuera aceptada, Bell y Watson logran transmitir una señal de voz a través de un cable eléctrico. La primera frase de la historia transmitida por un cable eléctrico fue: *"Mr. Watson, come here, I want you!"* (*"Sr. Watson, venga aquí, ¡quiero verlo!"*) [27]. Bell aún no tenía 30 años.

La primera señal de voz transmitida por Bell y recibida por Watson se logró utilizando un transmisor líquido, algo que nunca había sido probado

anteriormente por Bell, pero que *casualmente* estaba descrito en la solicitud de patente presentada por Elisha Gray y negada por la oficina de patentes.
El "transmisor líquido" consistía en una bocina que concentraba la voz sobre una membrana, la que vibraba según la presión de aire. A esta membrana estaba sujeta una barra metálica, la que se sumergía en un recipiente con agua ácida. Un contacto eléctrico estaba sujeto a la barra y otro al fondo del recipiente que contenía el líquido conductor. La resistencia entre los dos contactos variaba al subir y bajar la barra dentro del líquido.

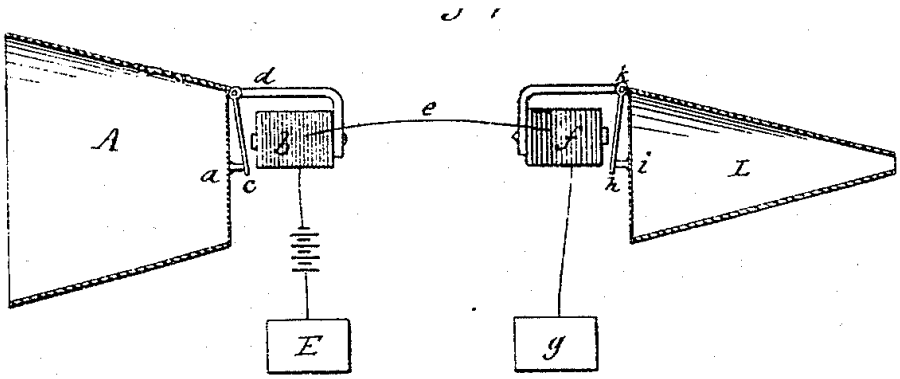
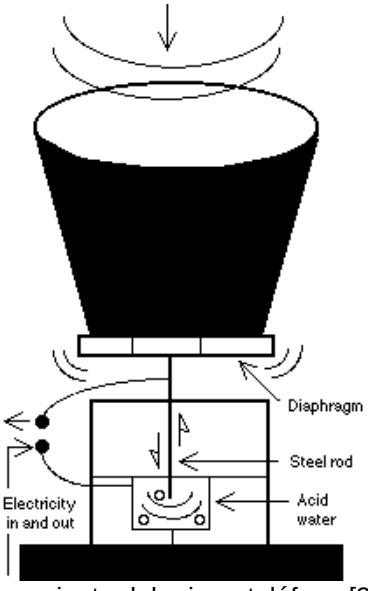


Imagen de la primera patente de Bell: *"Se utiliza el cono **A** para hacer converger las vibraciones del sonido sobre la membrana **a**…., la armadura **c** se ve obligada a interrumpir el movimiento y, por lo tanto, se crean ondulaciones eléctricas sobre el circuito **E-b-e-f-g**. Estas ondulaciones son similares en forma a las vibraciones del aire causadas por el sonido, es decir, están representadas gráficamente por formas similares. La corriente ondulatoria que pasa a través del electroimán **f** influye en su armadura **h** para copiar el movimiento de la armadura **c**. Luego se escucha un sonido similar al pronunciado en **A** que procede del cono **L**."* [26]



Funcionamiento del primer teléfono [28].

En la siguiente imagen se ven las notas del propio Bell, del 10 de marzo de 1876, donde escribía: *"El instrumento mejorado que se muestra en la figura 1 se construyó esta mañana y se probó esta noche.* ***P*** *es un tubo de latón y* ***W*** *alambre de platino,* ***M*** *la boquilla y* ***S*** *la armadura del instrumento receptor. El Sr. Watson estaba ubicado en una habitación con el instrumento receptor. Apretó una oreja contra* ***S*** *y se tapó la otra oreja con la mano. El instrumento transmisor se colocó en la otra habitación y se cerró la puerta de ambas habitaciones. Luego le grité sobre* ***M*** *la siguiente oración: 'Sr. Watson, venga aquí, ¡quiero verlo!'. Para mi alegría, vino y declaró que había escuchado y comprendido lo que dije...".*
Las notas completas de Bell (de donde fue extraída esta imagen), pueden ser consultadas en [29].

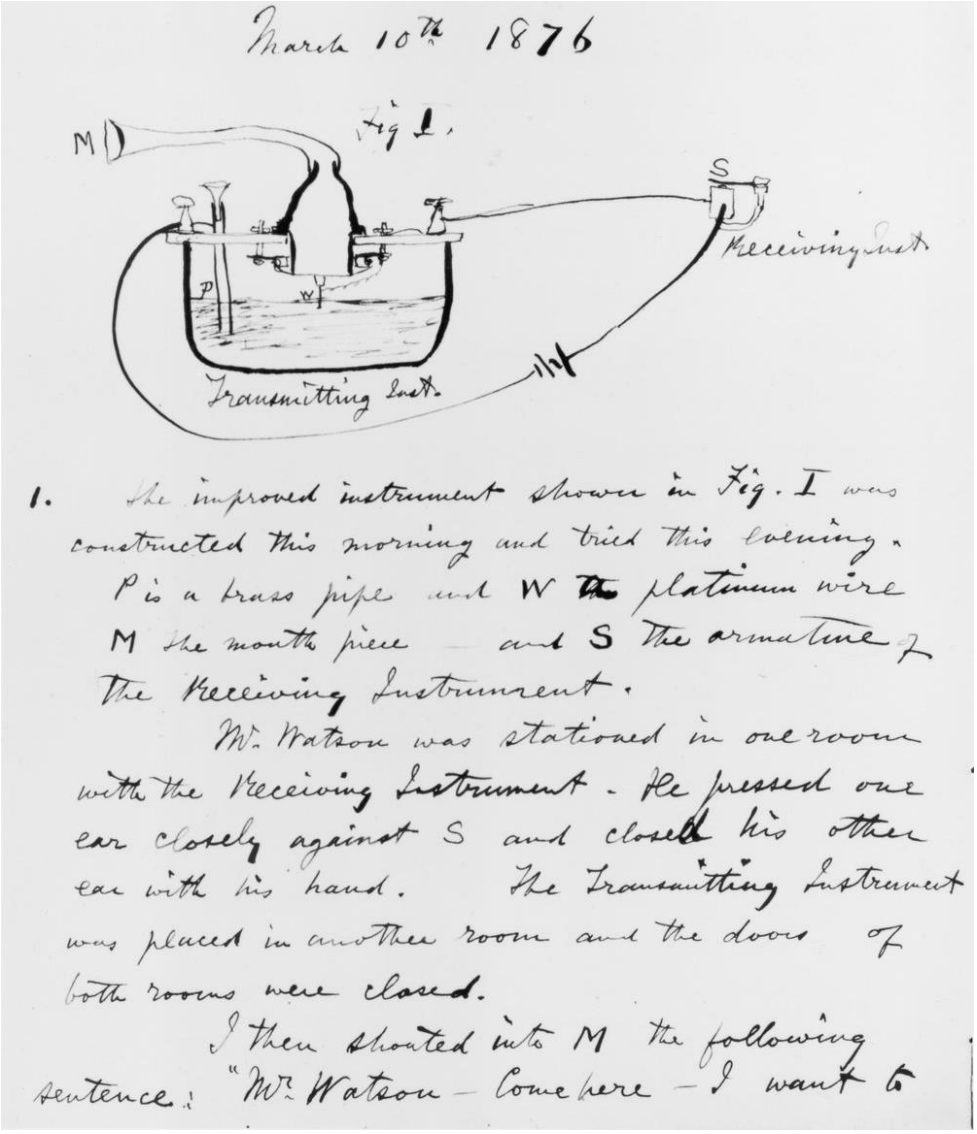

March 10th 1876

Fig 1.

M S P W

Receiving Instt.

Transmitting Instt.

1. The improved instrument shown in Fig. I was constructed this morning and tried this evening. P is a brass pipe and W the platinum wire M the mouth piece — and S the armature of the Receiving Instrument.

Mr. Watson was stationed in one room with the Receiving Instrument. He pressed one ear closely against S and closed his other ear with his hand. The Transmitting Instrument was placed in another room and the doors of both rooms were closed.

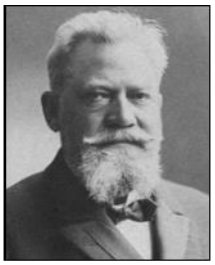
I then shouted into M the following sentence: "Mr. Watson — Come here — I want to

Notas manuscritas de Bell [29]

Estaba claro que este dispositivo no sería comercialmente viable.

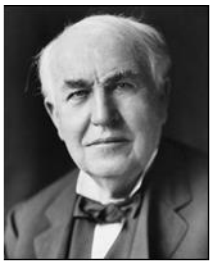
Bell diseña otro transmisor, basado en inducción electromagnética. Un imán permanente y una pieza móvil de metal interactuaban para inducir corriente en una bobina. El sistema original utilizaba el mismo transductor como "micrófono" y como "parlante". Los primeros teléfonos de Bell no utilizaban alimentación externa, sino que utilizaban la energía electromagnética generada en el transmisor.

1876 Mientras Bell trabajaba en sus nuevos teléfonos, al otro lado del Atlántico el telégrafo estaba bien difundido. En 1876, un joven herrero sueco de 30 años decide dedicarse a la reparación de telégrafos en forma independiente. Lars Magnus Ericsson, junto con su colega Carl Johan Anderson, establecen en el centro de Estocolmo una pequeña tienda de reparaciones, a la que llaman Ericsson & Co. Lars Magnus había aprendido a reparar telégrafos a los 20 años, cuando, cansado de trabajar como herrero, consigue trabajo como aprendiz en la fábrica de telégrafos de A.H. Öller. El negocio prosperó. Pocos años después, Ericsson también comenzó a reparar teléfonos, y al tiempo, a fabricarlos. Las compañías Ericsson llegaron a tener más de 100.000 empleados, con instalaciones en más de 140 países [30].



Lars Magnus Ericsson
1846 - 1926

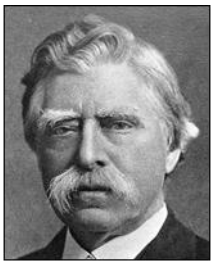
1877 En abril de 1877, Thomas Edison presentó una solicitud de patente con el título "Telégrafo parlante" para un nuevo tipo de transmisor, que haría viable a la telefonía [31]. El dispositivo ideado por Edison consistía en una caja de resonancia, abierta en un extremo para poder hablar o escuchar y con una membrana en el otro extremo. Adosada a la membrana se incluía un trozo de material conductor. Edison indica en su patente: *"he encontrado que un disco de caucho duro recubierto con plombagina responde bien"*. La plombagina es un mineral de color negro agrisado, lustre metálico, graso al tacto y compuesto casi exclusivamente de carbono. El carbono tiene una interesante propiedad: su resistencia eléctrica varía con la presión. De esta manera, la resistencia del disco de carbono (o de *plombagina*) varía según la presión de aire y por lo tanto la corriente eléctrica que lo atraviesa varía según las señales acústicas. La idea de Edison fue publicada en un breve artículo de la revista Scientific American en julio de 1877 [32]. Edison decidió comenzar a fabricar teléfonos por su cuenta, con su "transmisor de carbón" sobre fines de 1877.



Thomas Alva Edison
1847 - 1931

Emile Berliner
1851 - 1929

La patente presentada por Edison fue aprobada unos años más tarde, en 1892, ya que contenía ideas similares a otra patente presentada ese mismo año, por Emile Berliner. Berliner proponía un transmisor de resistencia variable que utilizaba una bola de acero sólida presionada contra un diafragma de hierro. Berliner mejoró sus ideas y obtuvo una patente titulada "Mejoras en teléfonos de contactos eléctricos" en 1879 [33], proponiendo un diafragma de carbono sólido, y otra titulada "Micrófono" en 1880 [34], con mejoras prácticas para el dispositivo, pero utilizando los mismos principios basados en las propiedades del carbón.


David E. Hughes
1831 - 1900

Las ideas del micrófono de carbón también fueron desarrolladas en el mismo periodo por David Edward Hughes en Inglaterra [35], y presentadas ante la Royal Society en mayo de 1878 [36]. En este caso, el diseño consistía en utilizar una barra de carbón, en forma de lápiz, con electrodos en las puntas. La barra de carbón estaba unida a una caja de resonancia delgada, la que estaba a su vez asegurada a una placa base más sólida. Hughes no quiso patentar sus ideas, indicando que *"No pretendo obtener una patente, ya que los hechos que he mencionado pertenecen más al dominio del descubrimiento que al de la invención. Sin duda, los inventores pronto mejorarán la forma y los materiales empleados. Ya tengo mi recompensa al poder enviar mis investigaciones a la Royal Society"*. En junio de 1878, las ideas de Hughes fueron publicadas en la revista Scientific American, bajo el título "The Carbon Telephone" [37].

Francis Blake Jr.
1850 - 1913

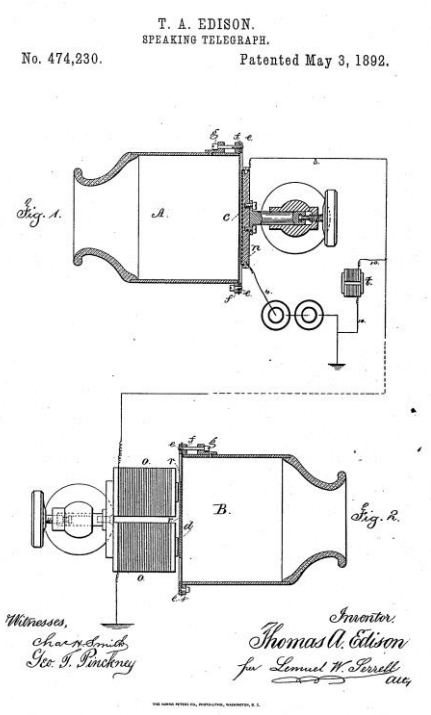
Por su parte, Francis Blake, basado en las ideas de Hughes, diseño su propio transductor [38], y obtuvo su propia patente, titulada "Teléfono parlante" en 1881 [39], la que fue conocida como "Blake Transmitter". Blake trabajó para Bell, aportando su nuevo transmisor a los teléfonos de la compañía Bell.

En una nota enviada a la revista Scientific American de diciembre de 1879, Edison reivindicaba su invento, mencionado que *"…la afirmación de Hughes de que la acción microfónica es diferente de la del teléfono de carbono, es absolutamente falsa y, de hecho, es lo contrario."* Y luego Edison sostenía que *"…la Oficina de Patentes ha declarado que el transmisor de Blake presentado en la Oficina de Patentes en 1879 infringe varias de mis patentes registradas en 1877. De hecho, no existe la más mínima diferencia entre el transmisor de carbono y el llamado transmisor de Blake excepto en el tamaño de las piezas y delicadeza de ajuste"* [40].

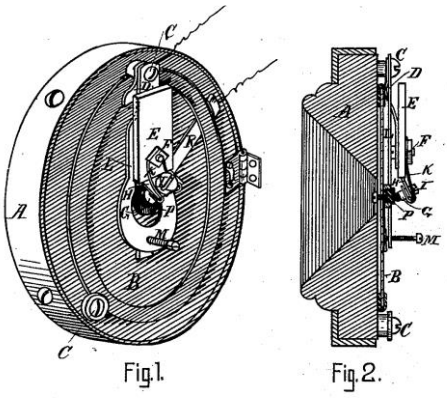
Para competir con Edison, Bell contrató a Emile Berliner, y compró los derechos de sus inventos relacionados. También contrató a Francis Blake, y

comenzó a utilizar su micrófono, que se conoció como Transmisor de Blake o “Blake Transmitter” [41]. Este transmisor funcionaba bien en distancias cortas, pero tenía problemas con líneas telefónicas largas. Aún así, mejoraba la calidad del sonido respecto a los primeros teléfonos de Bell, y fue ampliamente utilizado en su época.

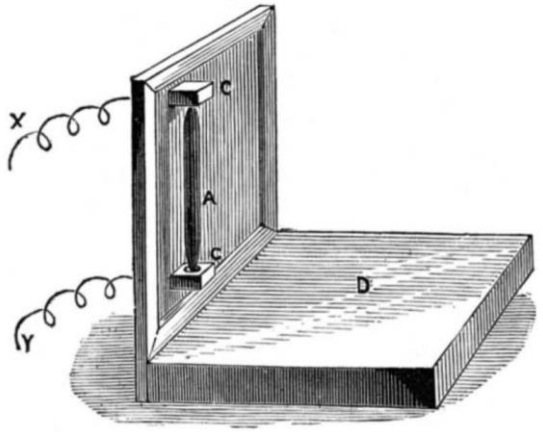
Los micrófonos de carbón se utilizaron por más de cien años, hasta que finalmente fueron reemplazados por micrófonos electrónicos, sobre la década de 1990’.



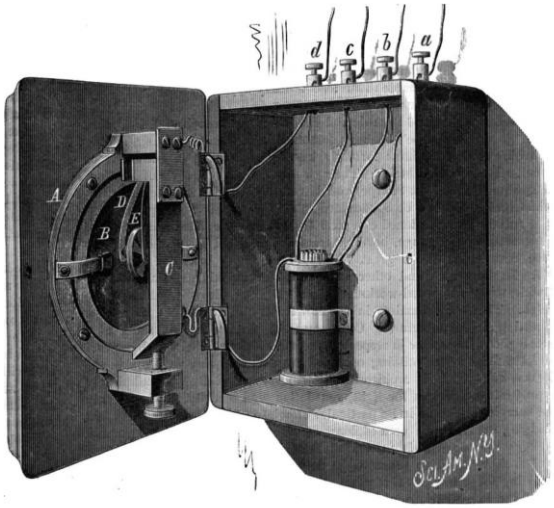
Izquierda: Diagrama del dispositivo presentado por Edison en su patente [31].
Derecha: Foto del primer micrófono/parlante diseñado por Edison [42].



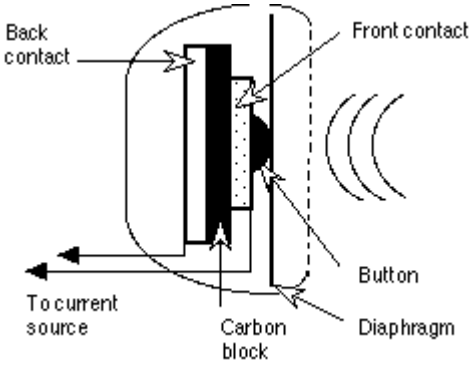
El Micrófono de Berliner [34]



Esquema del micrófono de Hughes [37]



El Transmisor de Blake [41]



Izquierda: Diagrama de un micrófono de carbón utilizado entre 1950-1990.
Derecha: Micrófono de carbón de un teléfono de 1980.

Estaba claro que la mejor solución consistía en utilizar un micrófono de carbón y el receptor de Bell (parlante electromagnético).

El 9 de julio de 1877, Bell, junto con Thomas Sanders y Gardiner Hubbard, fundan la primera compañía de teléfonos ("Bell telephone company"). Hubbard era presidente de una escuela de sordos en la que Bell enseñaba. Su hija, Mabel, que era sorda debido a una enfermedad de niña, fue alumna de Bell en dicha escuela y terminó siendo su esposa [43].

Por su lado, en setiembre de 1877, la Wester Union, la mayor compañía de telégrafos, decidió comenzar a instalar teléfonos, utilizando su ya instalada red de telégrafos. En vez de considerar la oferta de Bell, en la que le ofrecía los derechos de sus patentes por 100 mil dólares, Western Union decidió comprar otras patentes, y comenzar su propia compañía de teléfonos. Western Union firmó acuerdos con Gray y con Edison, y fundó la "American Speaking Telephone Company".

Esto fue un golpe importante para la compañía de Bell, ya que el transmisor de Edison era muy superior al suyo y la Wester Union tenía ya 400.000 kilómetros de cables tendidos, lo que significaba que podrían ganar fácilmente el mercado. Los abogados de la compañía de Bell deciden comenzar un juicio contra la nueva compañía de Western Union, reclamando la patente original de Bell.

1878 En enero de 1878, a menos de 2 años de presentada la patente de Bell, se pone en funcionamiento la primer Central Telefónica, con 21 abonados o suscriptores, en New Haven, Connecticut. Esta Central Telefónica fue diseñada por George L. Coy, quien presentó una patente por el invento en 1979 [44].

George L. Coy
1865 - 1938

En este mismo año, Thomas Watson presenta una solicitud de patente por un sistema de "Campanilla" [45]. Hasta este momento, simplemente se hablaba fuerte, o se usaba alguna *corneta*, a través del propio audio, esperando que alguien esté cerca del receptor. El sistema de campanilla tiene éxito inmediato.

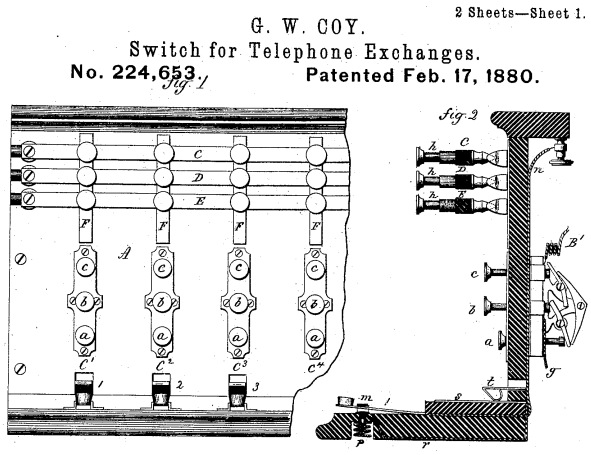
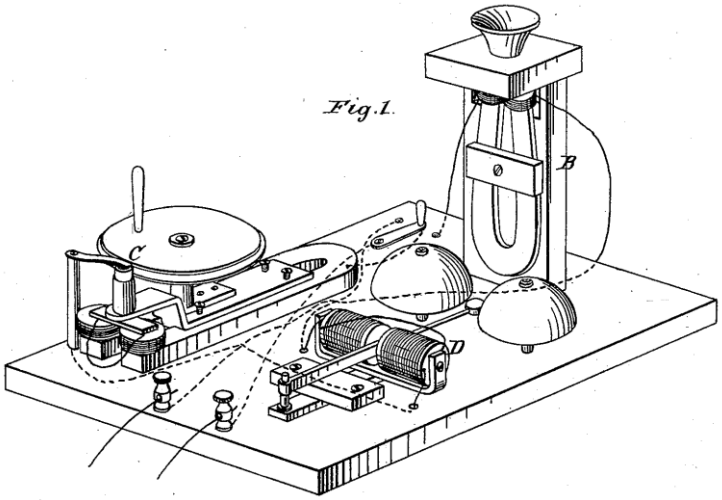


Diagrama de conexiones de la central telefónica presentada por George Coy [44].



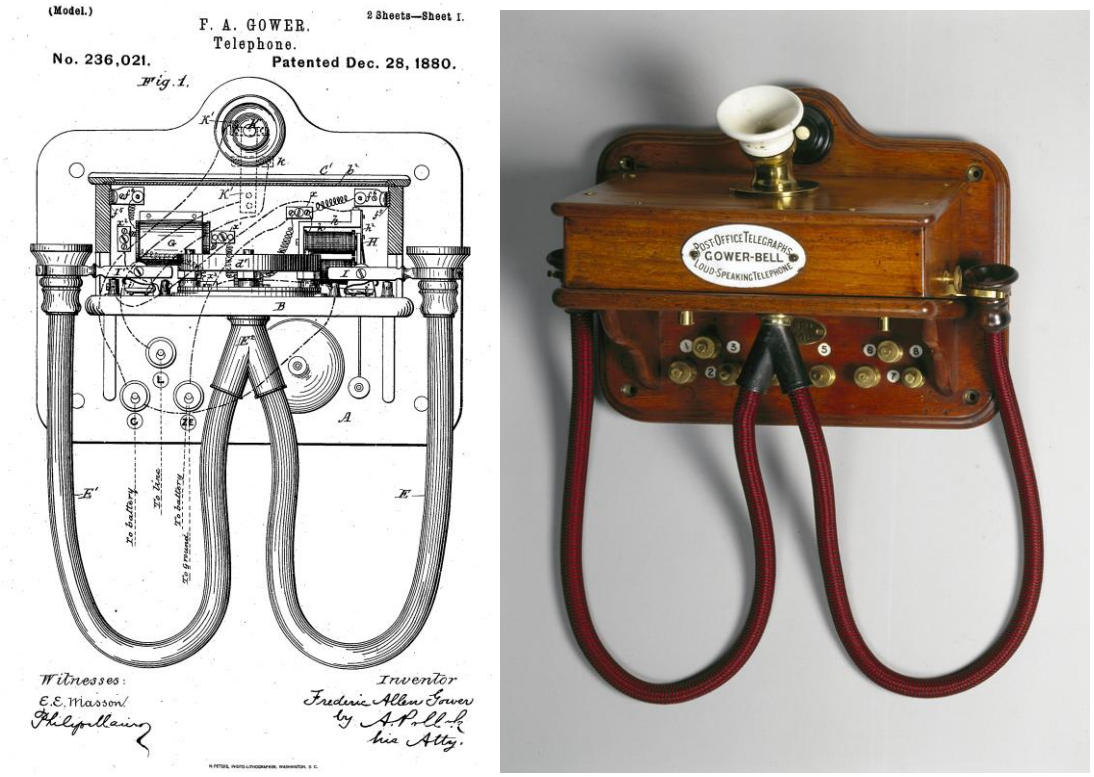
Sistema de campanilla propuesto por Thomas Watson [45].

1879 El 10 de noviembre de 1879 Bell y Western Union llegan a un acuerdo. Como resultado, Western Union le entrega a Bell los derechos de todas sus patentes telefónicas y se retira del negocio de la telefonía. Bell debe entregarle a Western Union, a cambio, el 20% de sus ingresos por los servicios telefónicos, por los 17 años que quedan de derechos de patente. Este resultado marcó el futuro de la telefonía [43].

1880 Frederic Allan Gower presenta una patente con mejoras en el sistema de transmisión y recepción del teléfono [46]. Estas mejoras permitieron el diseño de teléfonos comerciales, con gran éxito especialmente en Europa y Sudamérica. En 1881, se funda la compañía “Edison Gower-Bell Telephone Company of Europe, Ltd”, con

Frederic A. Gower
1851 - 1885

concesiones de las patentes de Bell y Edison para el mercado europeo.



Izquierda: Imagen de la patente 236021 “Telephone” [46].
Izquierda: Teléfono Gower-Bell de 1881 [47].

1880 En Paris, Bell presenta las ideas de un sistema de teléfono que utiliza la luz solar como medio de transmisión: El “fotófono”. Los primeros intentos exitosos de Bell y su colaborador Sumner Tainter, se basaron en la propiedad del elemento selenio, cuya resistencia eléctrica varía con el grado de iluminación al que está expuesto. El instrumento transmisor consistía en un espejo adosado a una membrana flexible, mediante el cual las vibraciones de un sonido pudieran desviar un haz de luz. El receptor estaba constituido por selenio, formando parte de un circuito eléctrico con batería y teléfono [48][49]. Un año más tarde, en 1881, Andrew Jamieson implementó un dispositivo que utilizaba una llama como fuente de luz [50].

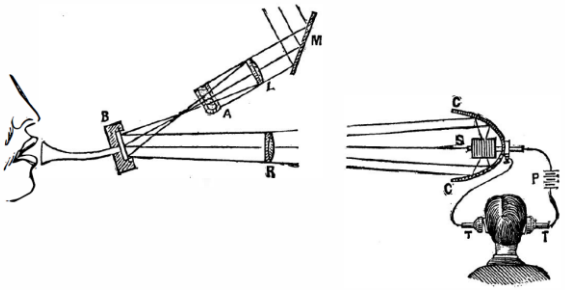
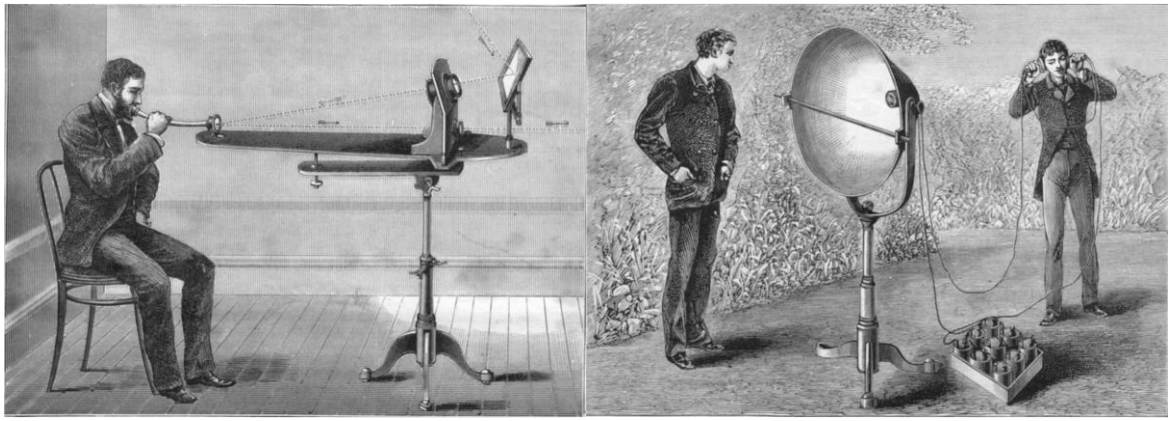


Diagrama teórico del Fotófono de Bell [48]



Representación del funcionamiento del fotófono de Bell
(Izquierda: Transmisor, Derecha: Receptor) [48]

1881 Bell presenta una patente para teléfonos de 2 cable [51]. Hasta este momento los teléfonos usaban, al igual que el telégrafo, un solo conductor. El retorno de la corriente se realizaba por la tierra. Sin embargo, a esta altura, con miles de teléfonos funcionando, quedaba claro que este sistema introducía demasiada interferencia.

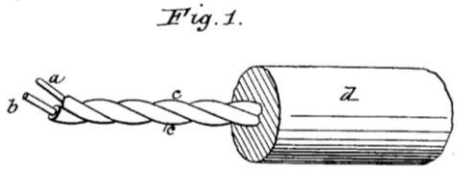


Imagen de la patente 244 426 “Telephone-circuit” [51]

1882 Comienza a funcionar en Montevideo la primera central telefónica del Uruguay, ubicada en la “calle de Las Piedras Nro 137” (edificio de la Bolsa de Comercio), e instalada por la compañía “The River Plate Telephone and Electric Light Company” o “Compañía telefónica y de luz eléctrica del Rio de la Plata”. Fue conocida como “Gower-Bell”, por el tipo de teléfonos que utilizaba [52].

Las primeras menciones al teléfono en Montevideo fueron en 1878, en una publicación de “La Revista Mercantil” [53]. Una descripción técnica del funcionamiento del teléfono también se publicó en el mismo año, en el Boletín de la sociedad Ciencias y Artes [54]. Según una crónica de Eduardo Acevedo, registrada en los “Anals de la Universidad” del año 1932, *“…el teléfono había sido conocido en el Rio de la Plata en las primeras semanas de 1878. El empresario Mony hizo una demostración en Buenos Aires dentro del establecimiento tipográfico del diario ‘The Standard’, y en Montevideo a lo largo de la red telegráfica del Platino - Brasileño puesta, a*

disposición de Mony por don Francisco A. Lanza, Inspector de esa red, realizándose comunicaciones con la ciudad de Canelones." [55]

En 1886 Montevideo tenía dos compañías de teléfono, con un total de 1866 suscriptores [55].

El teléfono en Montevideo

Uno de estos dias hemos publicado en nuestra seccion *Variedades* algunas noticias sobre el planteamiento oficial que acaba de hacer el gobierno del Imperio Aleman del nuevo invento de nuestro siglo que lleva el nombre de *teléfono*.

Como es sabido, el *teléfono* es un nuevo telégrafo eléctrico que, en vez de ser manejado con la mano, como el telégrafo actual, trasmite directamente el pensamiento y la palabra por medio de la voz misma del que quiere comunicar *verbálmente* con otro punto cualquiera, por distante que esté.

En las noticias que nosotros trasmitimos á nuestros lectores les decia que el mismo director de Telégrafos de Francia habia pasado á Berlin, para estudiar el nuevo invento, y habia vuelto confesando que no era ningun sueño, sino una verdadera realidad.

En la correspondencia que de Italia dirige mensualmente el Dr. Perez Gomar al *Nacional* de Buenos Aires, y que acostumbra transcribir *El Siglo* de Montevideo, dice el ex-ministro de Relaciones Exteriores de esta República que lo que hoy hace furor en Europa es el *teléfono*.

Dice que si una persona quisiera oir desde su lecho la ópera que se canta en el teatro de Solis podria conseguirlo por medio del teléfono, poniendo en comunicacion á su cuarto con el teatro.

Hoy nosotros queremos tener el gusto de anunciar que en breve podremos ver el *teléfono* en Montevideo.

Sabemos, en efecto, que el activo é inteligente director de la línea telegráfica entre Montevideo y Buenos Aires, señor Oldham, gerente de la *Compañía Telégrafica del Rio de la Plata*, y representante en nuestra capital de la *Western and Brazilian Telegraph Company*, está en relaciones directas con el inventor del *teléfono* Sr. Bell, que se encuentra en Inglaterra, á fin de hacer venir esa nueva maravilla del siglo XIX.

Sabemos que por el primer paquete inglés recibirá el Sr. Oldham todos los detalles relativos á la fecha exacta en que podrá hacer conocer en el país el nuevo invento.

Felicitamos al Sr. Oldham por su actividad, y esperamos ansiosos que nos pueda comunicar en breve nuevos detalles.

Un *hurra* al caballero Oldham!

Primeros anuncios de "El teléfono en Montevideo", publicado en "La Revisa Mercantil (diario comercial de la mañana)", en Montevideo, el 2 de febrero de 1878 [53]

COMPAÑÍA TELEFÓNICA

Y DE LUZ ELÉCTRICA

DEL RIO DE LA PLATA (LIMITADA)

Montevideo, Abril 19 de 1882.

La Compañía Telefónica (sistema Gower-Bell de alta voz) tiene el honor de poner en conocimiento del comercio y del público que tiene establecido el Centro Telefónico en la calle de las Piedras, número 137, donde la Administracion ya ha abierto la lista de suscritores y se halla pronta á empezar á correr las líneas y colocar los instrumentos, por cuyo medio los suscritores podrán ponerse en comunicacion instantánea entre sí y con cualquiera paraje de la ciudad. La cuota mensual no se empezará á cobrar hasta que las principales líneas estén prestando el servicio debido.

Se ruega á los señores que piensen suscribirse lo hagan lo mas pronto posible para que la Compañía pueda de una vez emprender los trabajos.

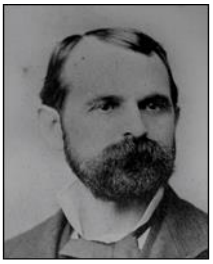
Juan Mac Coll,
Administrador General.

Suscricion mensual al Centro . .	$	8.00
Líneas particulares directas de 20 cuadras para abajo, por mes	»	12.00
Idem idem de 20 á 40 cuadras por mes	»	16.00
Mayores distancias.		convencional

Primeros anuncios de la "Compañía Telefónica y de luz eléctrica del Rio de la Plata", publicado en "El Hilo Eléctrico", en Montevideo, el 19 de abril de 1882

1885 El 28 de febrero de 1885 nace AT&T ("American Telephone and Telegraph"), para brindar servicios de telefonía interurbana a las compañías de Bell locales.

1886 En 1886 Don Juan Toucon[1], nacido en Francia, tenía establecida una red telefónica en el Departamento de Salto, en Uruguay. En ese año obtuvo autorización de los Municipios locales de Salto (en Uruguay) y de Concordia (en Argentina) para tender una línea telefónica sobre el Río Uruguay, y de esa manera unir las redes de ambos Países. El cable aéreo fue tendido y permitió realizar la primera conexión internacional entre Uruguay y Argentina. Dos años más tarde, en 1888, una creciente del Río Uruguay derribó los postes sobre los que se sostenía el cable, cortando este primer precario enlace Internacional. Al intentar restablecerlo con postes más elevados, el Sr. Toucon se encontró con trabas legales de las Direcciones de Correos y Telégrafos de ambos países, las que entendían que el tendido no estaba autorizado. Recién al año siguiente, en 1889, los Gobiernos de Uruguay y Argentina permiten al Sr. Toucon realizar un nuevo tendido aéreo y volver a interconectar las redes telefónicas de ambos países [56].



Juan Toucon
1836 - 1904

1888 Hasta el momento, todos los teléfonos necesitaban una batería local para funcionar. Esta batería proveía la corriente necesaria para el funcionamiento del aparato. En 1888 Hammond V. Hayes propone el diseño de un sistema de telefonía para hoteles, donde la alimentación de los teléfonos se realiza en forma centralizada, desde el sistema central [57]. Unos años más tarde, en 1892, presenta una patente donde generaliza el concepto de la centralización de las baterías [58]. Hayes había ingresado en la American Bell Telephone Company en 1885, como Jefe del Departamento de Mecánica. Se enfrentó a dos tareas principales, una la de mejorar el aparato y sus tecnologías relacionadas, y la otra la responsabilidad de anticipar las dificultades del futuro, asociadas a la creciente demanda de un mejor servicio local y mayores capacidades de larga distancia [59]. El concepto de telealimentación de los teléfonos fijos se mantuvo por más de un siglo, mientras se utilizó la red de cableado de cobre. Con el cambio de la red externa a fibra óptica, sobre la década de 2010', no fue posible mantener la alimentación remota y se volvió a tener necesidad de alimentación eléctrica local.

Hammond V Hayes
1860 - 1947

[1] La foto fue cedida por Alvaro Sanjurjo Toucon, bisnieto del Sr. Juan Toucon.

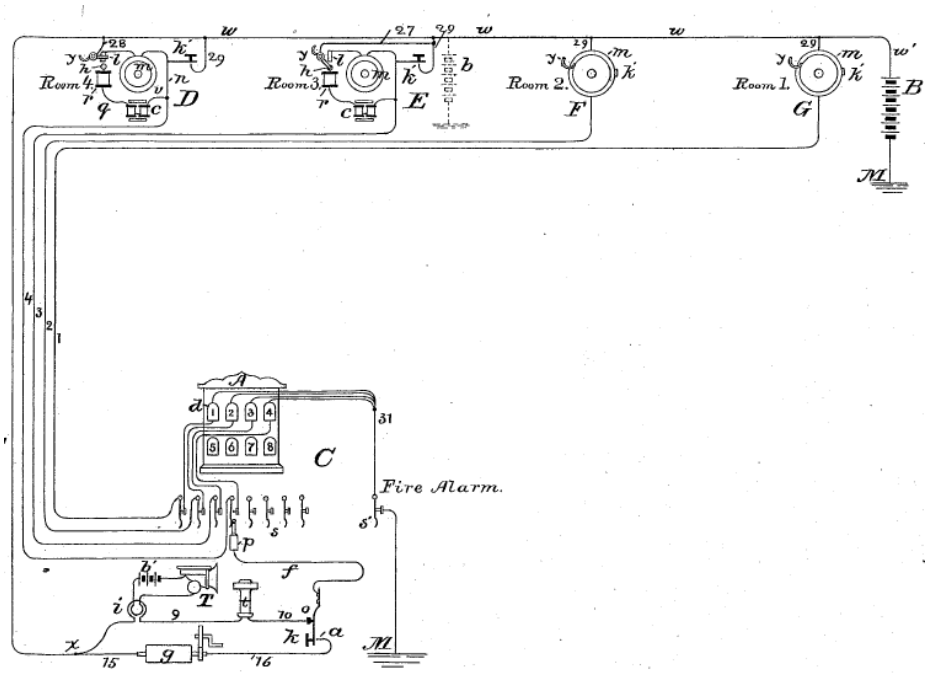


Diagrama del sistema de telefonía para hoteles patentado por Hayes [57].

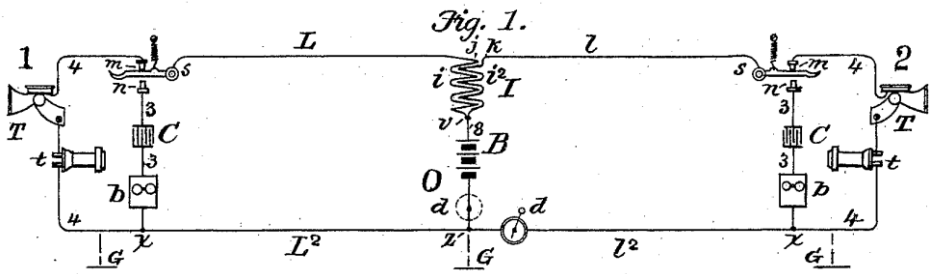
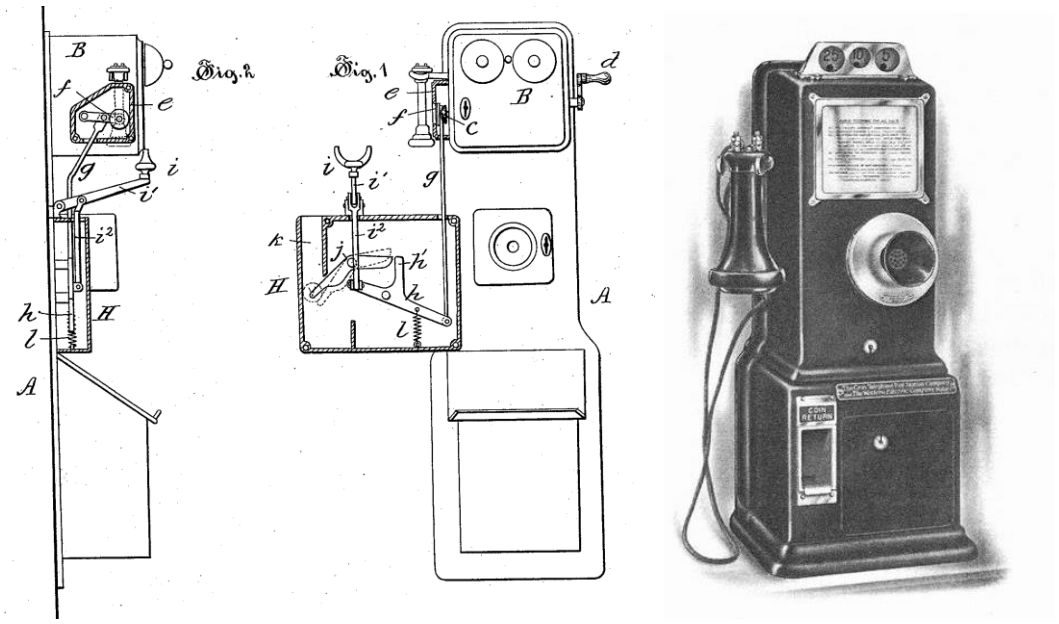


Diagrama del sistema de batería central patentado por Hayes [58]

1889 Se instala el primer teléfono público, en Connecticut, Estados Unidos. La idea de teléfonos públicos, pagos con monedas, fue introducida por William Gray, quien lo patentó en 1889 [60]. La exitosa creación de este nuevo invento condujo a la formación de The Grey Telephone Pay Station Company en 1891, con William Gray, Amos Whitney y Charles Soby como socios [61].

William Gray
1850 - 1903



Izquierda: Diagrama del teléfono de monedas en la patente de Gray [60].
Derecha: Teléfono de monedas publicado en el catálogo “Gray Telephone Pay Stations” en 1912 [62].

1889 El 1 de noviembre de 1889 es inaugurada oficialmente la primera línea telefónica entre Montevideo y Buenos Aires. La instalación consistió en un cable subfluvial tendido sobre el lecho del Río de la Plata, entre Colonia en Uruguay y Punta Lara en Argentina, complementando los tramos Colonia – Montevideo y Punta Lara – Buenos Aires con líneas aéreas. Sin embargo, la primera conexión telefónica entre Uruguay y Argentina había sido establecida en 1886, entre Salto y Concordia, mediante el tendido “no oficial” de un cable aéreo sobre el Río Uruguay, como se mencionó en los párrafos anteriores.

Trozos del cable subfluvial original, tendido en 1866 [63].

THE TELEPHONE—The inauguration of the telephone between Buenos Aires and Montevideo was effected an Saturday evening with complete success.

For the benefit of the public we mention that the tariff, for the present, has been arran gel at the following rates.

From 10 A. M. to 6 P.M.

Five minutes conversation	$	5.00
Five to ten » »		12.50
Ten to fifteen » »		25.00

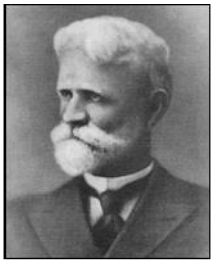
From 5 P. M. to 10 P. M.

Five minutes conversation	$	2.50
Five to ten » »		6.00
Ten to fifteen » »		12.50

Arrangements are being made by which telephone communication will be carried on with present subscribers to the Telephone Companies over this line, the details of which will be shortly published.

Nota del diario Montevideano "The Express – The River Plate Daily Mail", del 3 de noviembre de 1889 [64].

1892 Se instala la primer Central Telefónica automática en Indiana. No está del todo clara la historia respecto a esta primera central telefónica, y a la persona que la patentó, el Sr. Almon B. Strowger.



Almon Brown Strowger 1839-1902

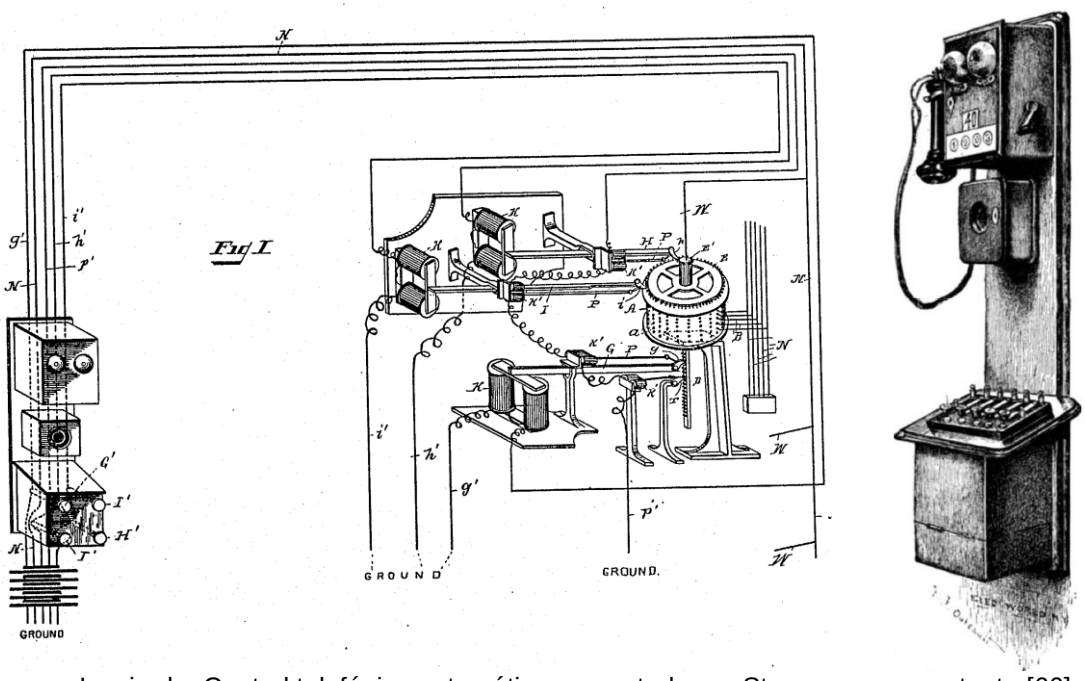
Según cuenta "la leyenda", el Sr. Strowger tenía una empresa funeraria, la única en su ciudad. Cuando alguien de la ciudad fallecía, la familia se comunicaba con la operadora telefónica, para que los comunicaran con la funeraria. Unos años antes de 1892, se instaló otra funeraria en la ciudad, y de pronto, el Sr. Strowger dejó de ser llamado para sus servicios. Realizando algunas averiguaciones, el Sr. Strowger pudo comprobar que la operadora telefónica local era la esposa del dueño de la nueva funeraria. Presumiblemente, cuando alguien le solicitaba que la comunicase con la funeraria, la operadora lo comunicaba con la empresa de su esposo [65].

El Sr. Strowger quiso encontrar una solución definitiva a este problema, que les permitiera a sus clientes decidir qué empresa escogían, y no dejarlo a criterio de la operadora local. Trabajando en el tema, patentó un sistema de conmutación automático, conocido como "sistema paso a paso". El sistema se basaba en otros equipos y patentes, recientemente realizados, pero que nunca llegaron a funcionar correctamente.

Más allá de la veracidad de esta historia, la patente de este sistema fue presentada por el Sr. Strowger, y aceptada con el número 447 918, el 10 de marzo de 1891 [66].

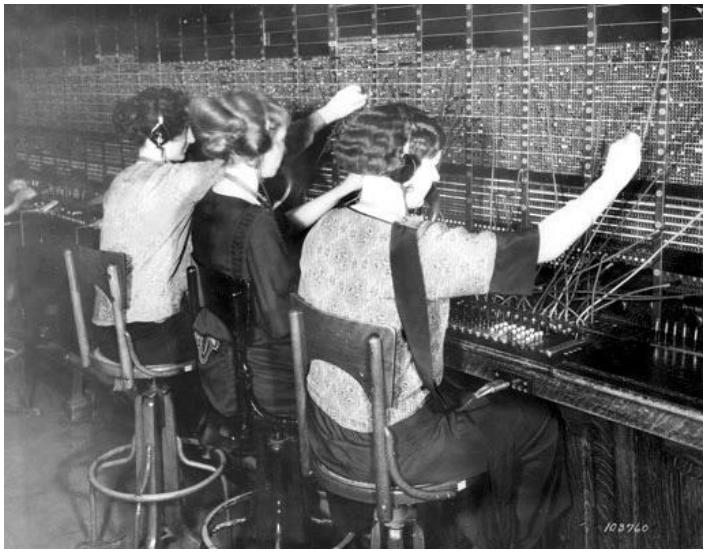
Para operar el primer sistema automático se requerían teléfonos con botones o teclas, que debían ser presionados tantas veces como el dígito que se deseaba marcar. Por ejemplo, para marcar al teléfono 123, se debía presionar una vez el botón de las centenas, dos veces el botón de las decenas y tres veces el botón de las unidades [67].

Los sistemas de "disco" fueron introducidos recién en 1896, y requería de los teléfonos de "dos hilos", y un cable de tierra adicional. El sistema de disco conocido hasta hace pocos años, con teléfonos de 2 hilos sin necesidad de cable de tierra, fue originalmente diseñado en 1908.



Izquierda: Central telefónica automática presentada por Strowger en su patente [66].
Derecha: Teléfono con teclas [67].

Las compañías Bell no incorporaron el sistema de Strowger hasta 1919, cuando una huelga de operadoras en Boston les hizo ver que el sistema automático Paso a Paso era necesario para poder continuar en el negocio de la telefonía [68].
La poca visión de las compañías Bell respecto al sistema de centrales automáticas, y su tardía incorporación, dio lugar al crecimiento de varias empresas independientes, que rápidamente adoptaron los sistemas automáticos paso a paso.

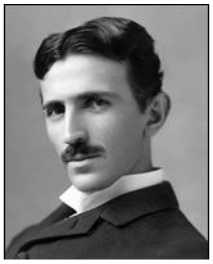


Operadoras en una central telefónica [68]

1895 Mientras la telefonía sobre cables telegráficos crecía, los intentos de realizar comunicaciones inalámbricas comenzaban. Treinta años luego de las cometas de Loomis, Guglielmo Marconi logra realizar la primera transmisión telegráfica inalámbrica utilizando ondas de radio. Pocos años antes (entre 1886 y 1888), Heinrich Rudolph Hertz, había demostrado que las predicciones de James Clerk Maxwell de 1860, acerca de las radiaciones electromagnéticas, realmente funcionaban en la práctica.

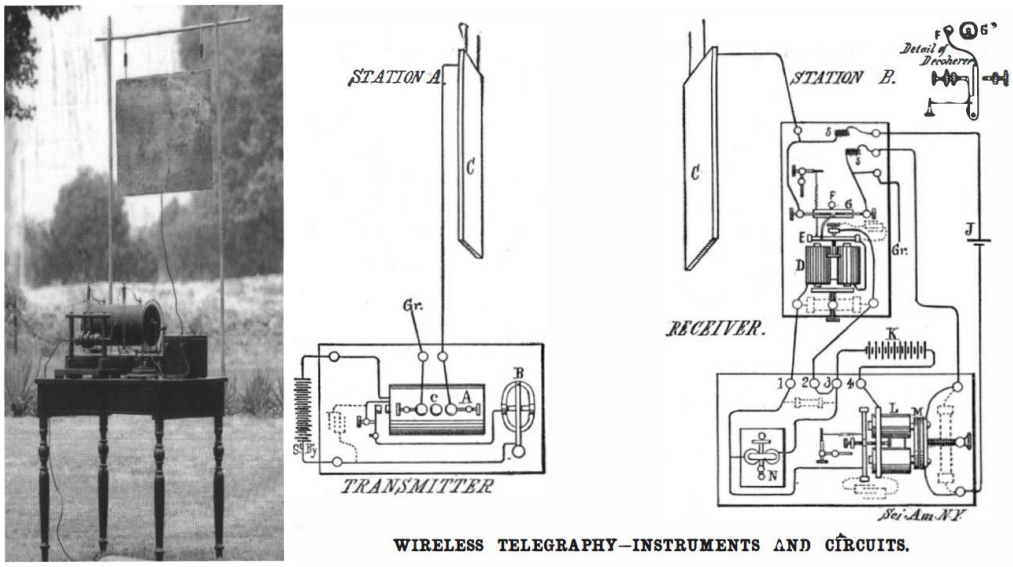
Guglielmo Marconi
1874 -1937

Marconi realizó sus primeros experimentos en Italia, pero debido al poco apoyo recibido, llevó sus demostraciones a Inglaterra, dónde fueron ampliamente aceptadas [69]. En 1897 fundó la “Marconi's Wireless Telegraph Company, Ltd”. En 1899 estableció la primera comunicación telegráfica inalámbrica entre Francia e Inglaterra, a través del Canal de la Mancha.

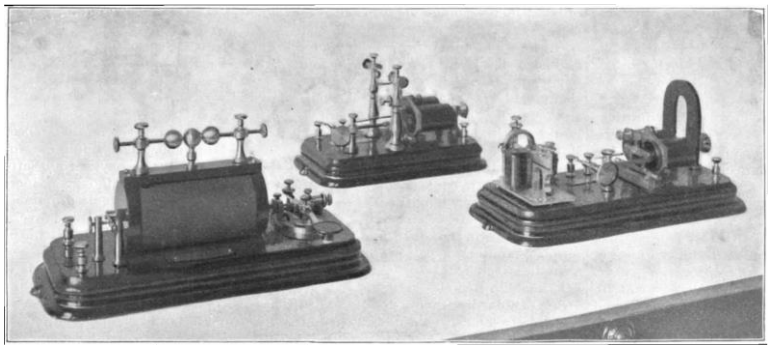


Nikola Tesla
1856-1943

Sobre las mismas fechas, también Nikola Tesla se encontraba trabajando en los conceptos de las comunicaciones inalámbricas [70]. Marconi y Tesla se disputaron el mérito de la primera transmisión inalámbrica [71], así como el invento de dispositivos necesarios para su funcionamiento. Muchos años después, en 1943, luego de la muerte de ambos, la Corte Suprema de Estados Unidos estableció la precedencia de Tesla respecto a Marconi en varios aspectos [72].



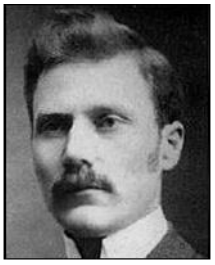
Izquierda: Primer dispositivo transmisor utilizado por Marconi en Italia [73].
Derecha: Diseño de transmisor y receptor inalámbrica realizado por W. J. Clarke en Estados Unidos [74].



Instrumentos utilizados para la transmisión de señales inalámbricas en 1898 [75].

1896 Los hermanos John y Charles Erickson, junto con Frank Lundquist, diseñan el primer sistema de "disco". La idea original surgió durante la estadía de Lundquist en un hotel de Salina, en la que quedó sorprendido por la operación de una pequeña central telefónica. Según los propios comentarios de Lundquist: *"Se me ocurrió la idea de que algún día todas esas conexiones se realizarían automáticamente. Paseaba por la recepción del hotel, y examinaba la central telefónica, teniendo estas ideas en mi cabeza. Luego, regresé a casa y comencé a trabajar en esta idea"* [76]. Lundquist y los hermanos Erickson habían trabajado juntos en varios inventos (entre los que se encontraban el diseño de máquinas de "movimiento perpetuo" y motores a explosión), aunque la mayoría de éstos no fueron viables. Sin embargo, vieron en el

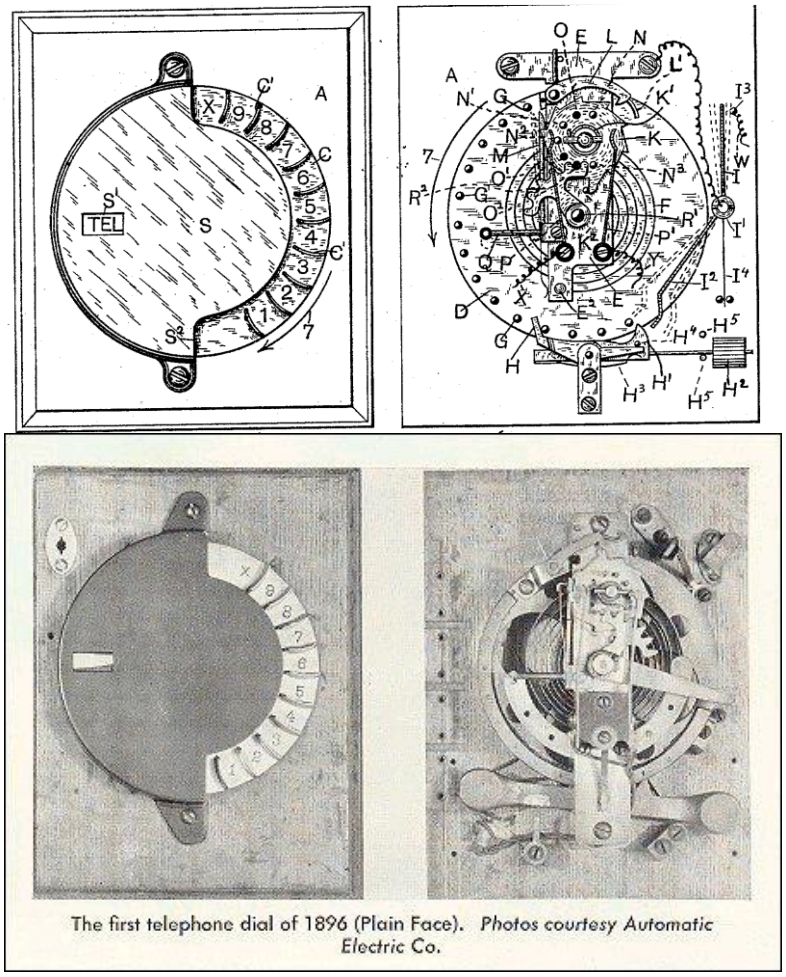
Frank Lundquist
1868 - 1954



Charles Erickson
1870 - 1954

teléfono de disco, una posibilidad real de un invento rentable. Almon Strowger, por esta época ya dueño de la "Strowger Automatic Telephone Exchange Company", visitó a los hermanos Erickson, y quedó impresionado por el diseño de sus teléfonos. Les propuso que se unieran a su compañía. Los hermanos Erikson recibieron la patente 597 062 por su teléfono de disco el 11 de enero de 1898 [77]. Puede encontrarse más información acerca de los hermanos Erikson y Frank Lundquist en [78].

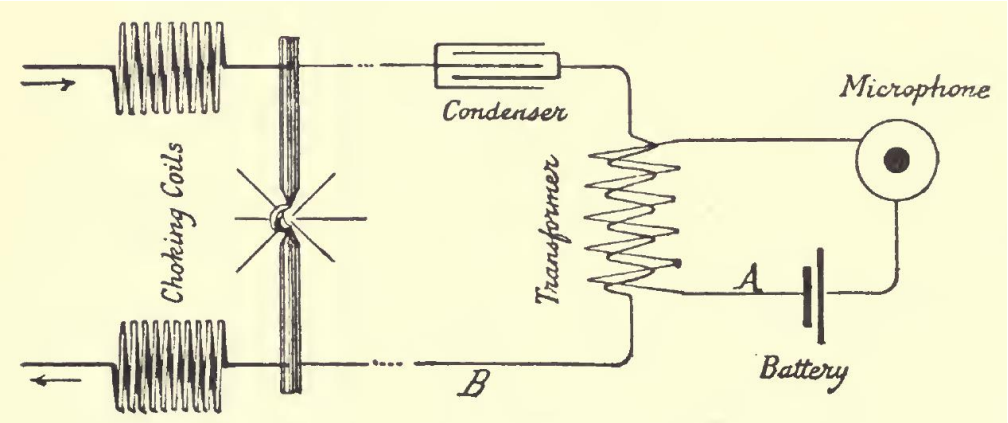
Jhon Erickson
1866-1943



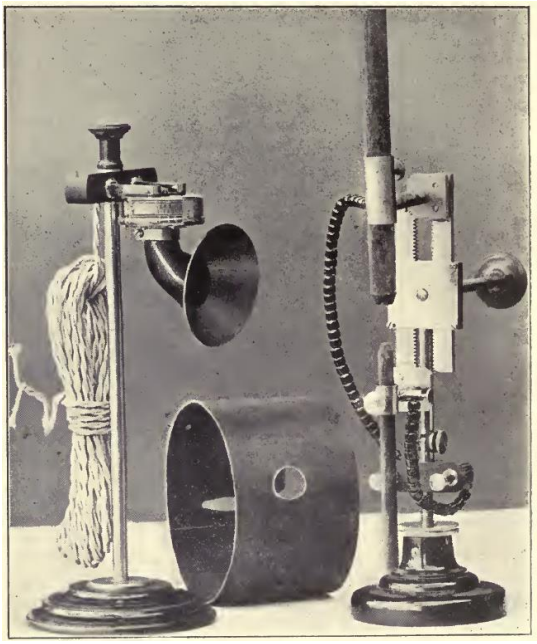
Arriba: Diseño del primer teléfono de disco [77].
Abajo: El primer teléfono de disco [78].

1898 Hermann Theodor Simon inventa un nuevo método para mejorar el fotófono de Bell. Se basa en utilizar como fuente de luz un arco eléctrico, producido entre dos electrodos, haciendo variar su intensidad luminosa en función de la variación de la corriente eléctrica que produce el micrófono de un teléfono. Lo llamaron el "Arco Parlante" ("Speaking Arc"). El primer experimento de Simon a grandes distancias se llevó a cabo en Nurenberg en setiembre de 1901. Un reflector con un espejo parabólico de 90 cm de

diámetro y 40 cm de distancia focal fue usado como transmisor. En la estación receptora se utilizó un lente de 30 cm y un espejo para concentrar la luz en una celda de selenio. Se pudo realizar una comunicación a 1.2 km de distancia entre transmisor y receptor (y luego se llegó a 2.5 km en otro experimiento en Göttingen [79].



Esquema de funcionamiento del “Speaking Arc” o “Arco Parlante”, inventando por H. T. Simon y mejorado por Duddell [79]



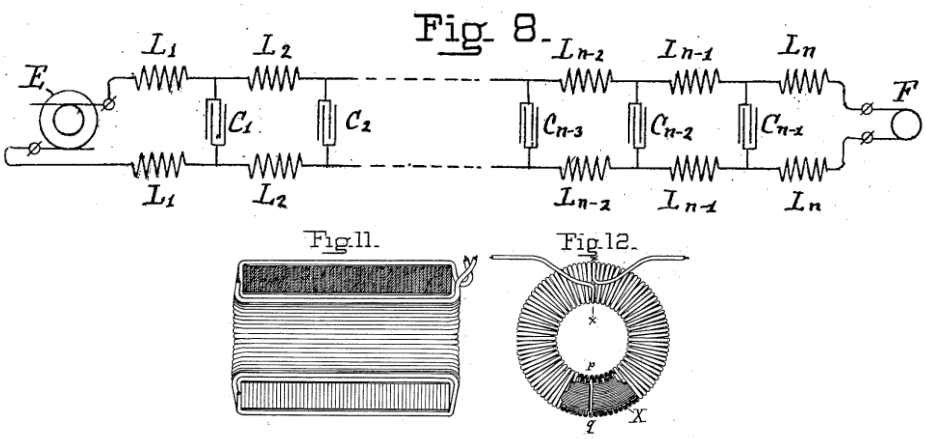
Aparato de “Speaking Arc” contruido en Berlin [79]

1900 La transmisión telefónica en grandes distancias tenía problemas de atenuación. Los largos tendidos de cables presentaban características capacitivas, lo que limitaba la distancia máxima a la que se podían transmitir conversaciones telefónicas. En 1900, el profesor Michael I. Pupin patenta un sistema de bobinas, las que, colocadas en serie con las líneas telefónicas, mejoran las distancias a las que se podían colocar los teléfonos

en 3 o 4 veces [80]. Las “bobinas de Pupin” se colocaban aproximadamente cada un kilómetro de cable, y debían estar muy bien calculadas para que mejoraran la atenuación total.

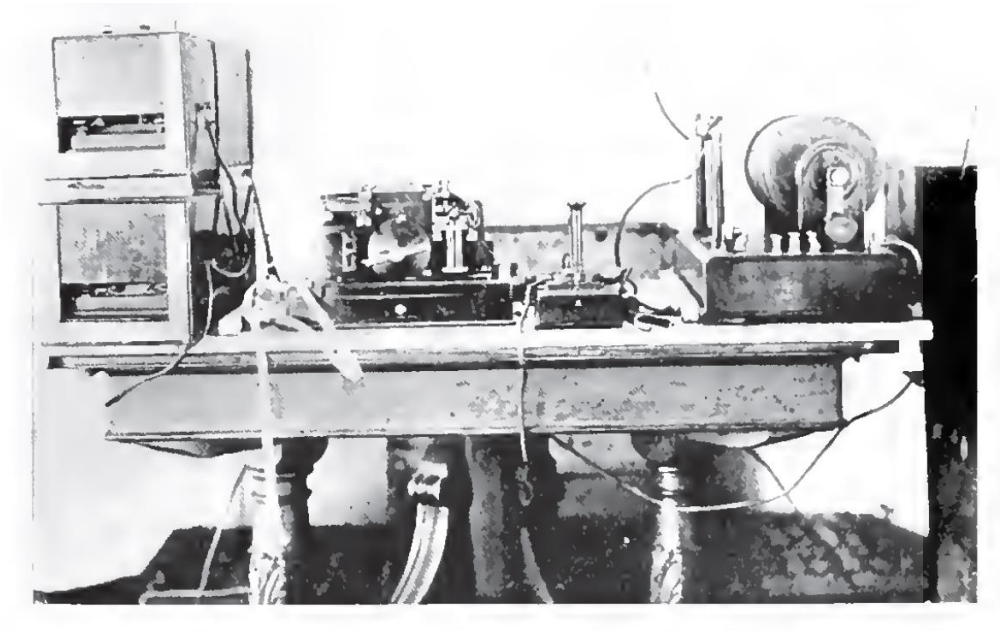
Michael I. Pupin
1858 - 1935

Posteriormente estas bobinas resultaron muy perjudiciales para la transmisión de datos sobre las líneas telefónicas, siendo uno de los principales problemas en la limitación del ancho de banda, y por lo tanto están siendo retiradas de las plantas externas.



Diseño de las bobinas de Pupin [80].

1901 Por su lado, la telegrafía inalámbrica de Marconi se estaba expandiendo. En 1901, Marconi establece el primer enlace inalámbrico a través del Océano Atlántico [81] [82]. Desde Poldhu, en Inglaterra, el profesor John Ambrose Fleming realizó la primera transmisión, que fue recibida por Marconi en St. Johns, Newfoundland. La primera transmisión consistió únicamente en la letra “S”, correspondiente a tres puntos (escuchados como “clics”) en el código Morse. Para poder recibir la señal, Marconi remontó una cometa con un hilo conductor, conectado a su aparato receptor. Por aquella época aún no se disponían de amplificadores, por lo que la señal recibida era sumamente débil, y posiblemente era fácil de confundir con interferencias debido a tormentas o problemas atmosféricos. Al hacer público el experimento y sus resultados, Marconi mencionaba: *“Soy de la opinión que la razón por la que no obtuve resultados continuos fueron: primero, las fluctuaciones en la altura de la cometa, que suspendía el cable aéreo, y, segundo, la extrema delicadeza de mis instrumentos receptores, que eran muy sensibles y tuvieron que ser ajustados repetidamente durante el curso de los experimentos.”*



Aparato de Marconi [81].

1901 Agner Krarup Erlang nació el 1 de enero de 1878 en Lønborg (Dinamarca), hijo de un maestro de escuela. Se graduó en matemáticas en 1901. Fue miembro de la asociación danesa de matemáticas, por medio de la cual conoció a Johan Jensen, el ingeniero jefe de la Copenhagen Telephone Company (CTC), la cual era una subsidiaria de la International Bell Telephone Company. Erlang trabajó por casi 20 años para CTC, desde 1908 hasta su muerte en Copenhague en 1928. Sus aportes más importantes estuvieron relacionados con el estudio de tráfico telefónico. La actual unidad de tráfico telefónico lleva, como homenaje, su nombre (Erlang). Publicó en 1901 el artículo "La teoría de las probabilidades y las conversaciones telefónicas" [83]. Un compendio de sus trabajos fue publicado en 1948 por la CTC [84].

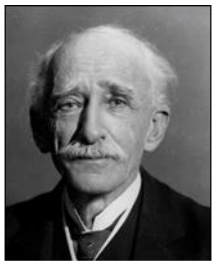
Agner Krarup Erlang 1878 -1929

1902 Ernst Ruhmer continuó mejorando el fotófono de arco parlante inventado por Simon. Entre 1901 y 1902 realizó varios diseños y experimentos de transmisiones telefónicas inalámbricas en Berlín y sus alrededores, incluso hacia embarcaciones, tanto de día como de noche [85].

Transmisión fotofónica en la noche [81]

Recepción fotofónica en la noche, lago Wannsee, Alemania [81]

1905 John Ambrose Fleming, el mismo que trabajaba con Marconi en la transmisión telegráfica inalámbrica, inventa y patenta un “rectificador electrónico de dos electrodos” (o “diodo” de vacío). Fleming entendía que el principal problema en la radiotelegrafía consistía en la recepción de las señales alternas. Con su invento, era posible “detectar” las señales radiotelegráficas de manera confiable. Puede decirse que este invento marca el nacimiento de la electrónica [86].

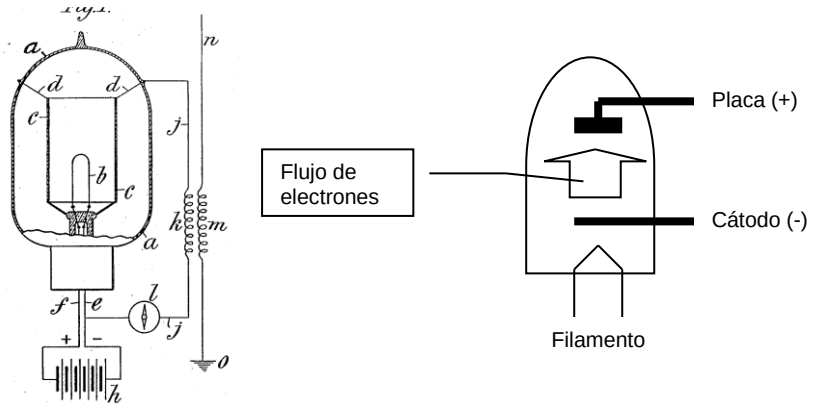


John Ambrose Fleming
1849 - 1945

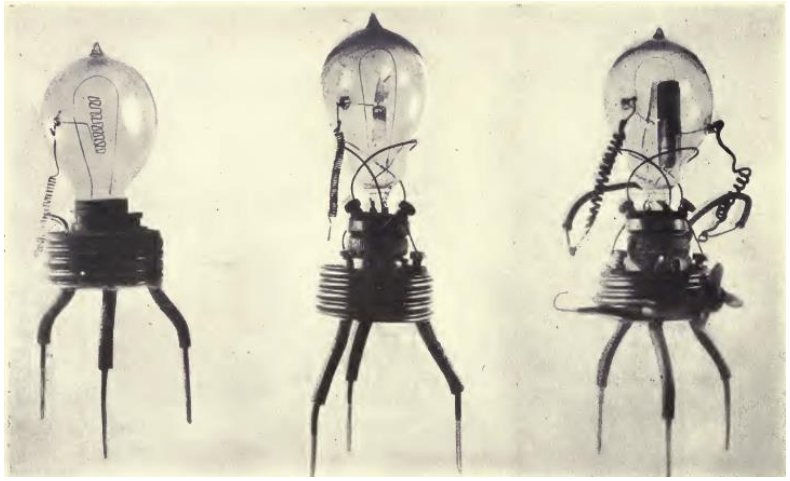
El dispositivo consistía en un tubo al vacío, con dos elementos, llamados “cátodo” y “ánodo” (o “placa”) y fue presentado por Fleming en la Royal Society de Londres en 1905 [87]. En la primera implementación de este elemento, el cátodo consistía en un

filamento que se calentaba por pasaje de corriente. En implementaciones posteriores, el cátodo era calentado mediante un filamento incandescente. Al calentarse, el cátodo emite electrones. Si se aplica una diferencia de potencial adecuada entre cátodo y placa, los electrones liberados en el cátodo son atraídos por la placa, viajando libremente dentro del tubo vacío. De esta manera, se produce una corriente entre cátodo y placa. La corriente en sentido inverso no puede circular. Una biografía de Fleming puede leerse en [88] y [89].

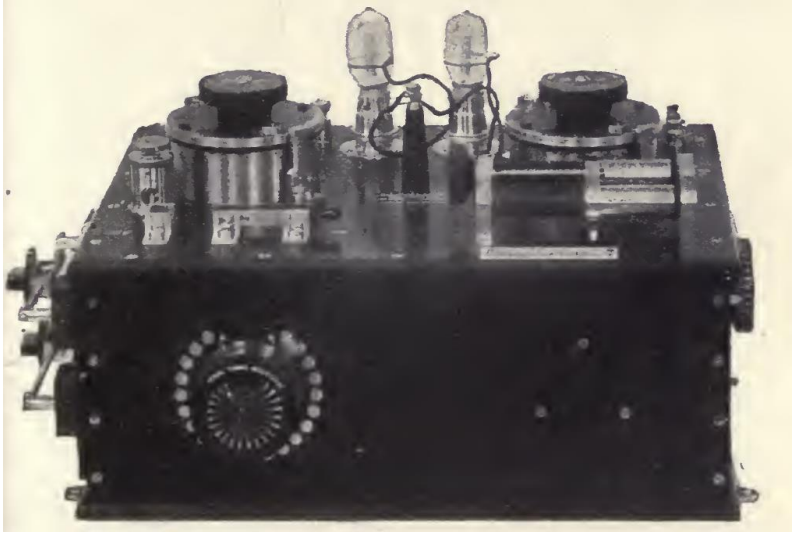
Las bases de la emisión de electrones por filamentos incandescentes, y la producción de corrientes eléctricas dentro de tubos al vacío, había sido descubierta por Thomas Edison en 1884, y patentada para una aplicación de "Indicador eléctrico" [90]. En esa patente, Edison afirmaba: *"He descubierto que si una sustancia conductora se dispone en cualquier parte del espacio vacío dentro del globo de una lámpara eléctrica incandescente, y dicha sustancia conductora se conecta fuera de la lámpara con un terminal, preferiblemente el positivo, del conductor incandescente, una porción de la corriente, cuando la lámpara esté en funcionamiento, pasará a través del circuito de derivación así formado, que incluye una parte del espacio vacío dentro de la lámpara. He encontrado que esta corriente es proporcional al grado de incandescencia de la lámpara"*. Este fenómeno fue conocido como el "Efecto Edison", y utilizado por Fleming para su invento. Por supuesto que Edison interpuso recursos legales, aduciendo que no había novedad en el invento de Fleming, pero luego de varios años, los jueces mantuvieron la originalidad de Fleming y su patente [91].



Izquierda: Esquema de Válvula Rectificadora presentada por Fleming [86].
Derecha: Esquema de funcionamiento de una Diodo basado en la idea de Fleming

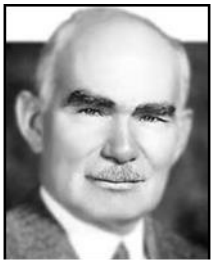


Primeras válvulas utilizadas por Fleming,
para rectificar oscilaciones de alta frecuencia en telegrafía inalámbrica [91].



Receptor telegráfico utilizando las válvulas de Fleminig,
utilizado en 1911 por la Marconi Wireless Telegraph Company [91].

1906 Lee De Forest mejora el "diodo" de Fleming, inventando el "tubo electrónico de 3 elementos", o "triodo", al que llamó "Audion". Este dispositivo fue el primer amplificador eléctrico, y la patente fue otorgada en 1907 [92]. Según el propio Fleming indicaba en su patente, *"Mi invención se refiere a dispositivos para amplificar corrientes eléctricas débiles, como, por ejemplo, las corrientes telefónicas."* El dispositivo agrega al "diodo" de Fleming una "grilla" (una especie de malla metálica), entre el cátodo y placa. Los electrones pueden pasar entre los huecos de esta malla, desde el cátodo hasta la placa. Sin embargo, al aplicar un potencial adecuado entre el cátodo y la grilla, se logra que la grilla repela cierta cantidad de electrones, disminuyendo por lo tanto la corriente entre cátodo



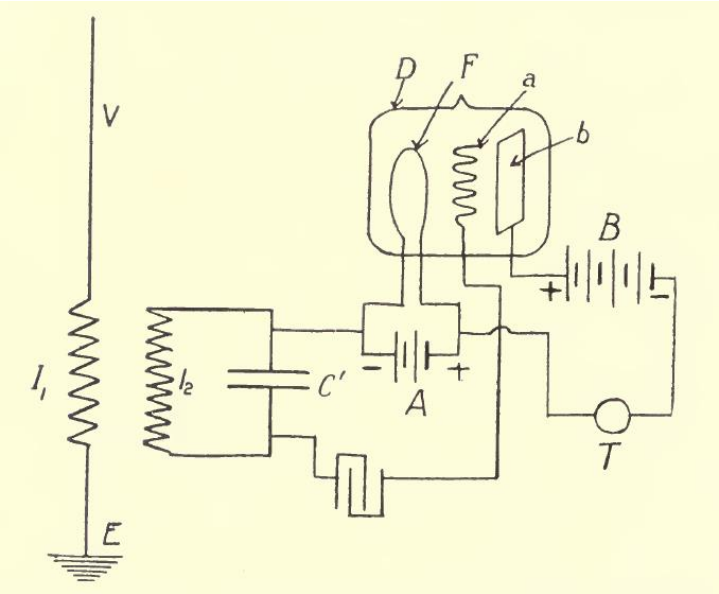
Lee De Forest
1873 - 1961

y placa. Por lo tanto, variando el potencial entre cátodo y grilla se regula la corriente entre cátodo y placa.

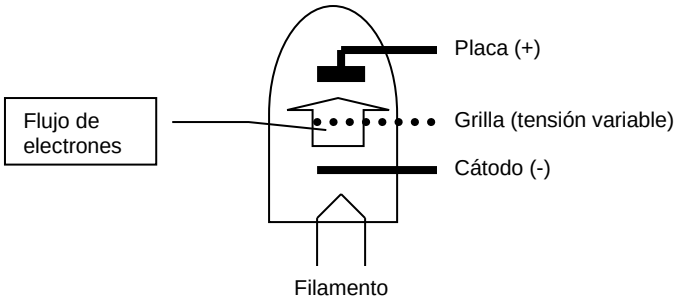
Fleming criticó duramente a De Forest [91], e interpuso recursos legales, aduciendo que la idea de De Forest se basaba en su ya patentado “diodo”. Finalmente, Fleming perdió el juicio, aunque muchos científicos de la época pensaron que los créditos eran realmente de Fleming.

El invento del triodo permitió amplificar las señales telefónicas, y por lo tanto habilitó la telefonía entre ciudades lejanas. Hasta este momento, el alcance telefónico estaba limitado por la propia atenuación producida por la resistencia de los cables telefónicos. Aún con las bobinas de Pupin, no se lograban comunicaciones telefónicas de largo alcance.

También este invento permitió la amplificación de las señales de radiofrecuencia, utilizadas por Marconi.



Esquema del “audión” de De Forest [91].



Izquierda: Esquema del funcionamiento de un triodo.
Derecha: Válvula comercial modelo 12AU7, del tipo “Doble Triodo” de 1955.

1910 Hay quienes dicen que el primer teléfono instalado en un automóvil data de 1910. La historia es interesante. Lars Magnus Ericsson (el fundador de la compañía Ericsson en 1876) y su esposa Hilda, se mudaron a una zona rural de Suecia en 1901. Cuando Ericsson le compró un automóvil a su esposa (toda una novedad en aquella época), Hilda quiso utilizarlo para recorrer la campaña. Preocupado por lo que pudiera pasar en su recorrido con el nuevo vehículo, Lars Ericsson le dio a Hilda un teléfono, y dos largas varas, ¡las que debía utilizar para conectarse a las líneas telefónicas existentes! Debía buscar algún par libre, y enviar señal de campanilla a la operadora más cercana, para que le comunicara con su esposo [93] [94].
Sin embargo, según otras fuentes, parece que esta pintoresca historia no fue verídica, aunque se acercó mucho a otra similar [95].

Representación de Hilda Ericsson conectando el teléfono de su automóvil [93].

1912 En Uruguay la telefonía se expande en el interior del país. A modo de ejemplo, en el departamento de Tacuarembó, la empresa telefónica “La económica”, creada en 1900, llega a los 600 suscriptores, 200 de los cuales se encontraban en la campaña [96]. Sin embargo, en Montevideo, los servicios telefónicos presentan varios problemas de servicio, y se pueden encontrar quejas en varios medios de prensa durante la década de 1910’ [97][98].

PROGRESOS DE TACUAREMBO

La Empresa Telefonica "La Económica" cuenta con 600 abonados

200 EN CAMPAÑA

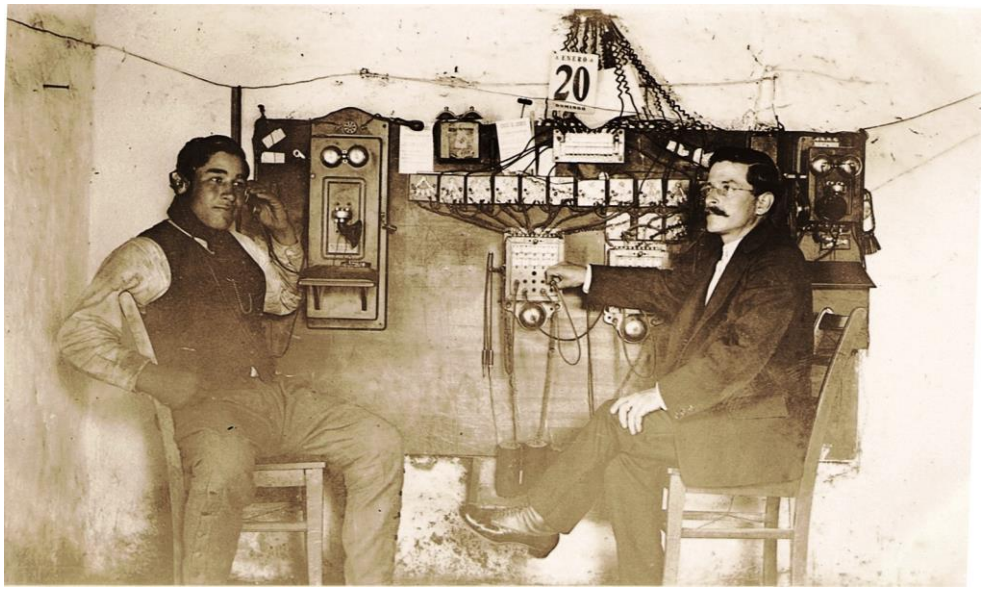
Lo que vale la iniciativa privada

Edificio que ocupa la Oficina Central Telefónica de la Empresa "La Económica" — propiedad del señor Pedro D. Pomoll — establecida en la Ciudad de Tacuarembó, la cual fué instalada en el año 1900 con 23 abonados y que actualmente cuenta con seiscientos abonados, extendiéndose sus líneas por toda la campaña del Departamento, donde tiene establecidas 22 Oficinas Sucursales, contando con tres mil kilómetros de conductores telefónicos, siendo considerada, en proporción á la población, la más extendida é importante del país.

Corresponsal.

Tacuarembó, Diciembre 12|912.

Publicación de la localidad de Tacuarembó, Uruguay, 12 de diciembre de 1912.
Se puede ver el "palenque" con las conexiones de los cables telefónicos



Puesto telefónico de la localidad de Marmarajá (en el Departamento de Lavalleja, Uruguay) en 1918. A la derecha, el Sr. Anacleto Ferraresso[2] (propietario de los campos aledaños a la ubicación de la cabina telefónica), se encuentra operando el panel de conexiones.

[2] La foto fue cedida por los familiares descendientes del Sr. Anacleto Ferraresso.

PAROLANDO

XVI

—Entonces, ¿tú crees á "pies juntos" que el teléfono es una calamidad en cambio de ser una necesidad tan útil como perentoria?

Mira... es tanto el encono que le tengo, que para mí el teléfono, es ni más, ni menos, un aparato para hacer "estrilar", perder tiempo y protestar del progreso. Estoy tan convencido de ésto, que en mi oficina, no dejo usarlo sino en los casos de que no haya nada que hacer.

No recuerdo en que ocasión, estando en casa de un comerciante amigo, se le ocurrió enviar un pedido urgente á la Estación del Ferro-Carril. Llamó á un dependiente y le dijo:

—Vaya á la Estación y suplique en mi nombre al Gefe de Cargas, que haga salir lo más pronto posible las mercaderías que desde ayer tengo en depósito.

—Voy á telefonearle. Contestó el joven empleado.

—No, señor; ¿telefonear? ¿Para que la mercadería no salga nunca?

—Pero... yo le decía porque...

—¡No quiero saber el porqué! Repito que la cosa urge; tome el tranvía y... nada de objeciones.

El empleado obedeció y se alejó precipitadamente á cumplir la órden de su patrón. Mi amigo, para convencerme del mal servicio telefónico se acerca al aparato y llama, diciéndome:

—Ya verás que eternidad. Apostaría á que el dependiente vendrá de vuelta de la Estación y yo, estaré aún llamando? ¡Rín...Rín... Rín!.. Ya lo ves, la Central no responde, ni á palos!

—¡Rín...Rín!... ¿Central? ¿Central? ¡Rín! ¡Qué Central! ¡Ni qué Rín! Rín! Si esto es la vida perdurable !No se puede con el teléfono! Al fin del mes te sacan la "libra" muy campante y sonante y lo demás del servicio es como visión mitológica.

Grave momento de espectativa. Calma seráfica, con visos muy subidos de "chicha tropical. Mi amigo, comienza á juntar rabia que es un gusto, esto es, si rabiar es un gusto. Voltea muy nerviosamente la manivela del aparato y... ¡Riffffffffffín! ¡Por fin! Al cabo de diez minutos la Central contesta: —¿Diga, señor?— ¡Qué quiere que diga si hace más de un cuarto de hora que estoy "diciendo" y... ni fósforos! ¡Vaya un modo de atender! ¡Como si uno no pagara!— —¿Que no se oye? Pues yo hablo bien claro, tengo timbre baritonal, y... no estoy ronco. Haga el favor de darme comunicación con el 2, 3 y 4. ¿Ha comprendido?

—¿Como? Lo que oye, doscientos, ¿oye? Doscientos... sí... ¡Cr'sto Santo! Docientos treinta y cuatro! 2, 3 y 4! ¡Si quiere más claro, compre una trompetilla de esas que vende "La Anticuaria", como las que usaba mi abuela! ¡Auf!

Pasan dos ó tres minutos más, y al fin, después de este horrible suplicio, vuelve á sonar el timbre. ¡Gracias á Dios! ¿Con quién hablo? ¿Hablo con el doscientos treinta y cuatro? Silencio profundo. Mi amigo en un ademán de desesperación imponente, cuelga, que digo? tira el tubo, y girando rápidamente sobre sus talones se me encara, diciéndome con un tono de extrema ironía impaciente.

—Si esto de los teléfonos no es una "delicia" satánica, que baje el mismísimo Padre Eterno de las alturas y me lo niegue! ¿A que nó sabes con quién me ha comunicado, la simpática señorita que está de servicio después de haberme desgañitado como media hora, para que me pusiera con el 2, 3 y 4? ¡¡¡Con el Manicomio Nacional!!!

—Y que me vengan después con la pamplina de siempre, que... "el teléfono es muy útil y muy cómodo". Sí, será muy útil, para los seráficos de "sangre de pato", para los apáticos "pisa huevos" ó para los que jamás se inmutan, aunque pierdan á su "Invencible", conformándose siempre con decir "estaba escrito."

Unas veces es malo el servicio porque la "efectiva" no está y la "suplenta" se es "vaquiana" otras por los desperfectos atmosféricos y las más porque el recargo de abonados para atender cada telefonista es enorme y no pueden hacerlo como es debido.

Y como vía de epílogo para "ponderar el encanto" del teléfono, diré: que el que quiera tomar electricidad gratis para "calmar" su estado nervioso, que pida... comunicación en los primeros turnos matutinos, y verá que "ricura" es el teléfono!

Ruano Viejo

Extraído de la publicación "La semana", del 17 agosto de 1912, Montevideo

1915 El 25 de enero de 1915 se inaugura la línea telefónica más larga hasta ese momento: Las ciudades de Nueva York y San Francisco quedaron conectadas con un par telefónico. Se utilizaron tubos de vacío como repetidores a lo largo del tramo, y un gran número de bobinas de Pupin.

John J. Carty
1861 - 1932

Graham Bell, a sus 68 años, realizó la llamada inaugural desde Nueva York. En San Francisco, lo atendió Thomas Watson, quien escuchó nuevamente la famosa frase: *"Mr. Watson, come here, I want to see you!"* (*"Sr. Watson, venga aquí, ¡quiero verlo!"*) [99]. La línea fue tendida por la compañía American Telephone and Telegraph Company. La idea fue concebida por su presidente, Theodore N. Vail, y llevada a cabo por John J. Carty, el Jefe de Ingenieros. Se tuvieron que superar enormes desafíos técnicos para que esto sea posible, ya que la línea se tendió a través de territorios desérticos, montañosos e inhóspitos [100].

Tendido de cable de la línea transcontinental, atravesando el desierto de Nevada [100].

Ceremonia de la primera llamada Nueva York – San Francisco. En la foto, Graham Bell en el centro. A la izquierda, en orden, John Purroy Mitchel (Alcalde de Nueva York), C.E. Yost (Presidente de Nebraska Telephone Co.) y A. Prendergast (Contralor de la ciudad de Nueva York). A la derecha, en orden, U. N. Bethell (Vicepresidente de American Telephone & Telegraph Co.), George McAneny (Presidente de la Junta de Concejales de Nueva York) y John J. Carty (Jefe de Ingenieros) [100].

1927 Comienza el servicio internacional entre Estados Unidos y Gran Bretaña, a través de un sistema radio telefónico. El diario New York Times, del 7 de enero de 1927, publicaba la noticia [101]: *"The transatlantic radio telephone system between London and New York will be open at 8:30 o'clock this morning. There are so many applications to use the system, both in London and New York, that it is certain it will be busy from that time until it closes at 6 o'clock, New York time, even though the conversations are restricted to twelve minutes at a cost of $25 a minute."*

The New York Times

FRIDAY, JANUARY 7, 1927

RADIOPHONE STARTS TODAY WITH SCORES CALLING UP LONDON

First Transatlantic Service Will Begin at 8:30 A. M., With Big List Waiting Eagerly.

MAY CONTINUE TILL 6 P. M.

One $5,000,000 Deal to Be Closed—Business Men, Stage Stars Among Applicants.

PUBLIC MIND CAPTIVATED

COOLIDGE SEND AND MARINES SEEKS DEMOC

Coolidge Sees Father of 34, Moderate Drinker and Smoker

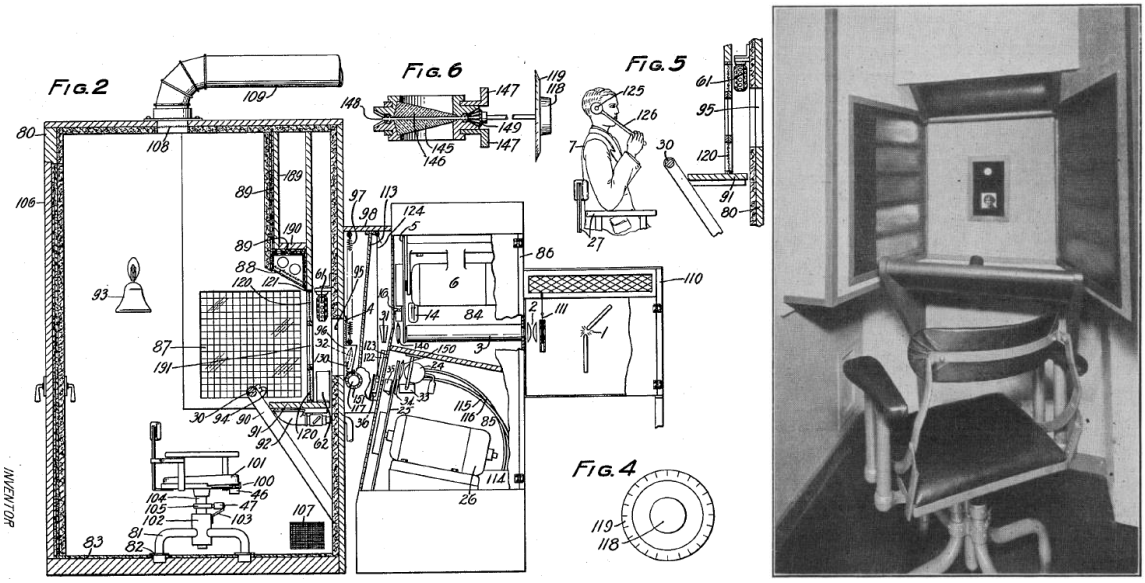
Anuncio del primer servicio Radio Telefónico entre Nueva York y Londres

1928 El departamento de policía de Detroit instala el primer sistema de radio comunicación unidireccional, montando receptores de radio en sus móviles Ford T patrulleros [102]. El sistema permitía al departamento enviar mensajes directamente a sus patrulleros, los que para contestar debían hacerlo desde el teléfono fijo más cercano. En 1928, dos Ford T fueron equipados con este sistema, mejorando sensiblemente su tiempo de respuesta ante llamadas policíacas. Para 1930, Detroit contaba con 75 patrulleros equipados con equipos de radio.

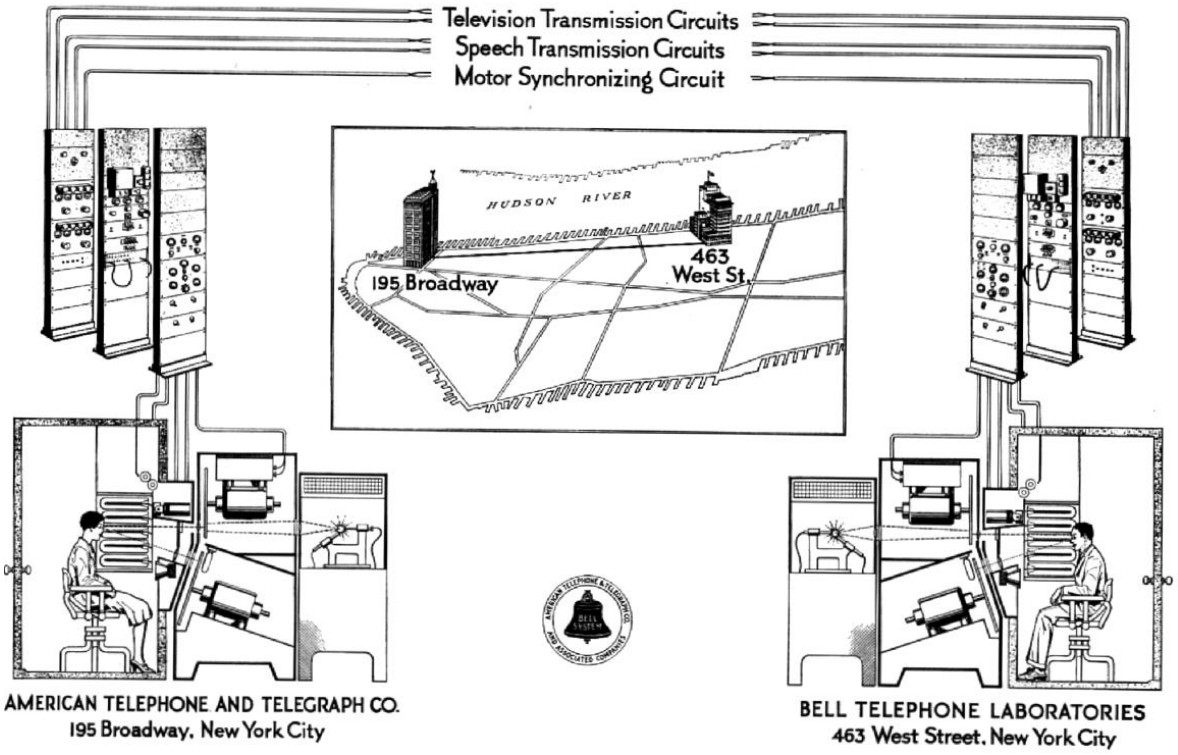
El patrullero y operador de radio Walter Stick junto a uno de los primeros autos de policía comandados por radio, un Ford-T. Observe las antenas en el techo del auto [102].

1930 Se prueba en por primera vez un sistema de videollamadas. El sistema fue llamado "iconophone", Su diseño fue realizado por un equipo dirigido por Hebert E. Ives, quien presentó una solicitud de patente en el mismo año de su presentación [103]. Para la transmisión de video utilizaba discos giratorios sincronizados, con 72 agujeros por donde se insertaba un rayo de luz azul, cuyo reflejo impactaba sobre células fotoeléctricas. Los discos giraban a 18 revoluciones por segundo, generando la transmisión de 18 cuadros por segundo. Según indicaba Ives, *"el objetivo de este nuevo desarrollo era reproducir el rostro con tanta claridad que nunca hubiera ninguna duda de su reconocibilidad, y para que los rasgos y expresiones individuales se transmitieran de manera inconfundible"* [104].

Herbert Ives
1882 - 1953



Izquierda: Diseño del “iconophone”, según se muestra en la patente presentada por Ives [103]. Derecha: Foto de la cabina del “iconophone” [105].

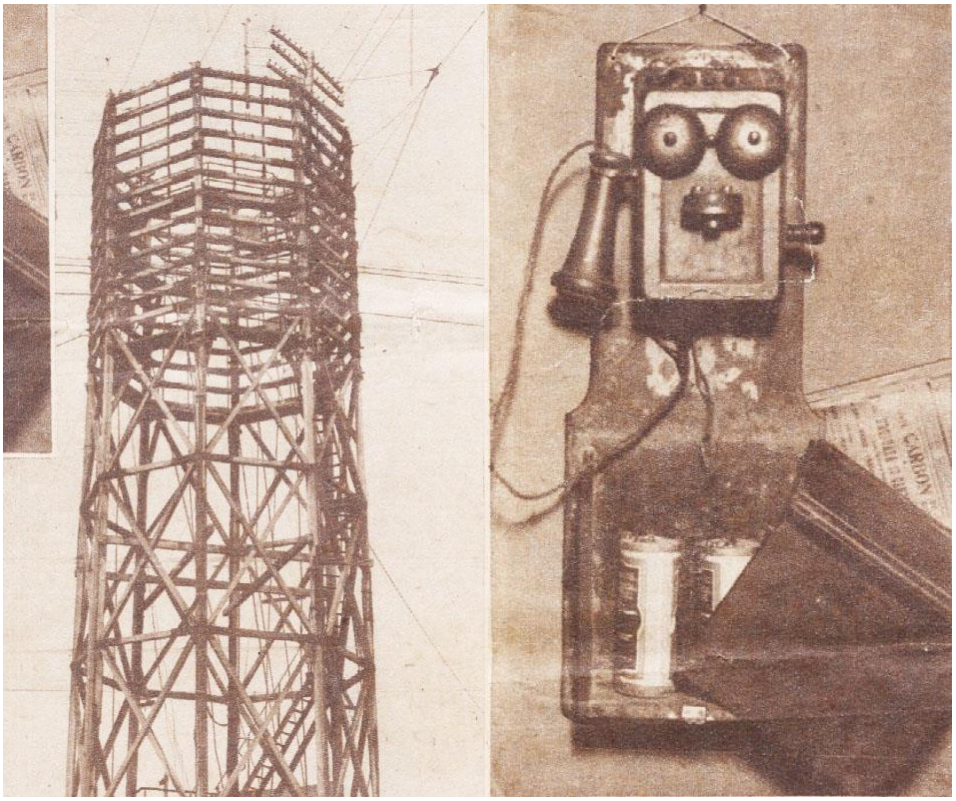


Esquema de funcionamiento del primer sistema de video telefonía bidireccional [104].

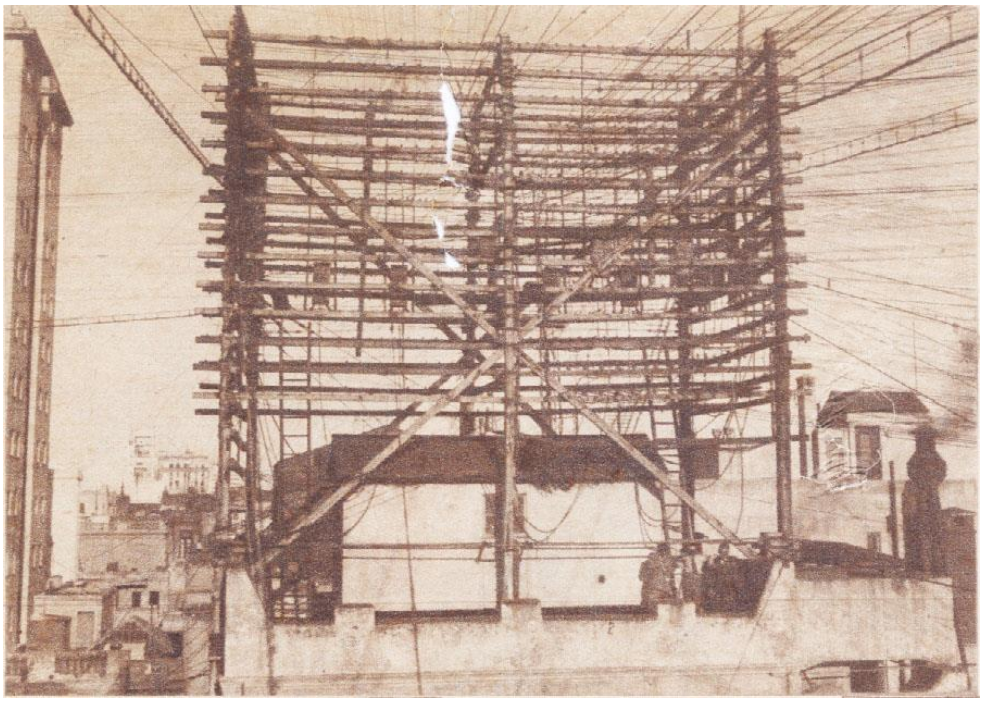
1933 Se instalan las primeras centrales telefónicas públicas automáticas en Uruguay. En el diario “El Día”, del 26 de febrero de 1933 [106] se lee, junto con varias fotos en huecograbado:

"Lo que se va: Maraña de hilos de alambre, que al menor soplo de viento se enredan, haciendo más inútil todavía el destino supuesto de establecer comunicaciones; altos palos amenazantes de desplomarse, que afean además el panorama de la ciudad; tortura de timbres y confusiones en el diablado aparato que traidoramente llama donde no se le requirió; riesgo y fealdad. Inutilidad…"
"Lo que viene: Sencillez automática en las comunicaciones telefónicas; eliminación de intermediarios que hacen confusos los pedidos, y los interrumpen a destiempo; comunicación directa; sobriedad, práctica. Progreso…"

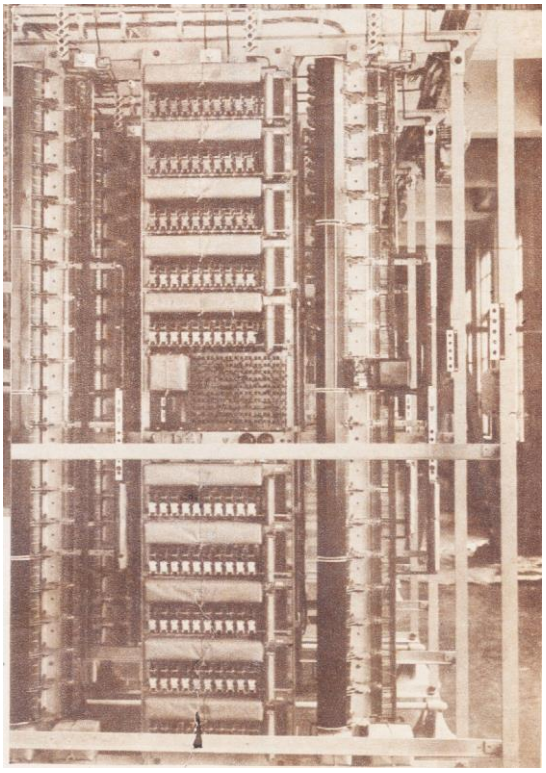
En ese año, las conexiones interdepartamentales continuaban siendo por operadora, y únicamente existían conexiones "troncales" desde Montevideo hacia Colonia, Trinidad, Canelones, Florida, Durazno, San José, Minas, Rocha y Maldonado, y la mayoría de éstas únicamente tenían servicios diurnos [56].



Izquierda: "Palenque", donde confluían los cables telefónicos (Central Cordón).
Derecha: Teléfono manual de la época [106].



"Palenque", donde confluían los cables telefónicos (Central Aguada) [106].



Izquierda: Nueva central automática. Derecha: Nuevo teléfono de selección automática [106].

1934 El 19 de junio de 1934, mediante una resolución del Congreso de Estados Unidos, es creada la Federal Communications Comisión (FCC) [107]. La FCC sustituyó a la Federal Radio Comisión (FRC), creada anteriormente en 1927, con el fin de regular el creciente caos existente en las bandas de frecuencias, cada vez con más servicios inalámbricos. La FCC sería la encargada de regular los negocios de comunicaciones en Estados Unidos, tanto alámbricos como inalámbricos, incluyendo la regulación y asignación de frecuencias del espectro radioeléctrico.

1937 Alec Reeves, un ingeniero que trabajaba en Francia para la International Telephone and Telegraph (ITT) Corporation, desarrolla una idea que sería revolucionaria en el futuro de las telecomunicaciones: la "Modulación por Pulsos Codificados", o PCM por sus siglas en inglés (Pulse Code Modulation). Desde el primer teléfono de Bell, la telefonía era completamente analógica. El audio era transmitido de un punto a otro mediante la variación de una corriente continua. Las señales podían amplificarse con las válvulas o tubos de vacío inventados por Fleming y De Forest, pero el ruido introducido también era amplificado. Por otro lado, las señales telefónicas analógicas podían ser fácilmente interceptadas y escuchadas. Alec Reeves desarrolló el primer sistema de audio digital. Las ideas de Reeves, reflejadas en sus patentes [108][109], consistían en representar la amplitud de la señal en un instante determinado, mediante un pulso de largo variable, donde el largo del pulso representa la amplitud de la señal. A su vez, el pulso se puede representar como pequeños impulsos que indiquen su comienzo y su fin, logrando de esta manera, la transmisión de pulsos cortos y de duración constante. Tomando suficientes muestras de la señal original, se puede de esta manera representar cualquier señal analógica mediante un tren de pulsos de ancho constante.

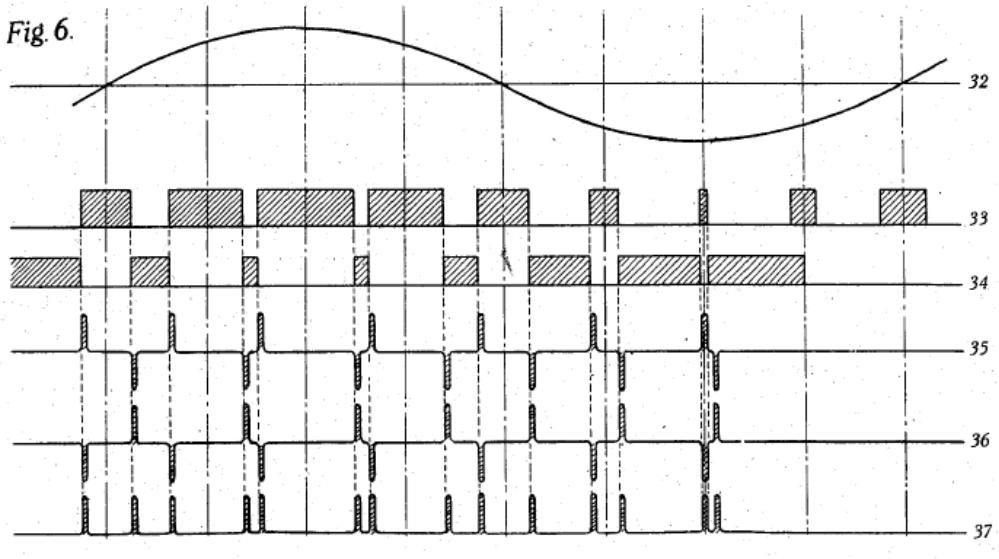
Alec Reeves
1902 - 1971

La segunda guerra mundial estaba por comenzar, y era necesario disponer de sistemas de transmisión telefónicas más seguros, donde las ideas de Reeves tendrían aplicación práctica. Si bien las ideas fueron patentadas, su popularización debió esperar por varias décadas al desarrollo de nuevas tecnologías, (más específicamente, a la invención del transistor). Veinticinco años más tarde, en la publicación "The 25th Anniversary of Pulse Code Modulation", Alec Reeve mencionaba: *"La modulación por pulsos codificados (PCM) es un buen ejemplo de un invento que llegó demasiado temprano"* [110].

La tecnología de PCM, con algunas variantes, pero basada en las ideas principales de Reeves, comenzó a utilizarse sobre fines de la década de 1960, momento para el cual ya no eran reclamables derechos por la patente.

Alec Reeves no sólo es reconocido como el inventor del PCM, sino también como precursor del RADAR, brindando invalorables aportes a los Aliados en la Segunda Guerra Mundial. Reeves también tenía su lado "poco

convencional". Estuvo muy interesado en fenómenos paranormales, como la telepatía y la comunicación con personas difuntas. Durante su vida llevó a cabo varios experimentos en este sentido, e incluso creía que él mismo estaba siendo guiado por Michael Faraday, quien había muerto en 1867 [111].
Material adicional acerca de Alec Reeves puede encontrarse en [112][113][114].



Modulación de pulsos codificados, propuesta por Alec Reeves. Notar como la amplitud de la señal analógica (línea 32) se representa con pulsos de largo variable (línea 33), y a su vez, estos pulsos se codifican por su inicio y fin (líneas 35 y 37) [108].

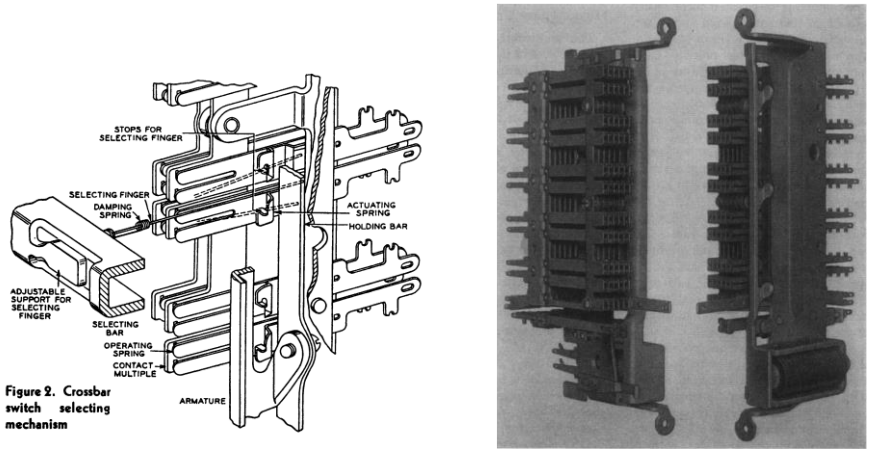
1938 Comienzan a funcionar las primeras centrales automáticas del tipo "Crossbar" en Nueva York (en Brooklyn y en Manhattan). La historia de las centrales Crossbar se remonta a 1913, cuando John N. Reynolds, trabajando para la Western Electric Company, presenta una patente de un sistema de conmutación automática basada en una "matriz", similar a la utilizada por las centrales manuales, pero con la posibilidad de realizar las conexiones en forma automática [115], a la que llama "Line Switch". Sin embargo, al momento de la patente, la implementación práctica de este sistema no era posible. En 1919, Frank Lundquist, también trabajando para la Western Electric Company, propone un nuevo diseño al que llama "Cross-Bar Line-Switch" [116]. Unos años más tarde, en 1932, Reynolds propone una patente por un sistema llamado "Crossbar Switch" [117]. Sobre este diseño, en 1938 comienzan a funcionar las dos primeras centrales telefónicas con tecnología CrossBar en Estados Unidos [118].

Gotthilf Ansgarius Betulander
1872 -1941

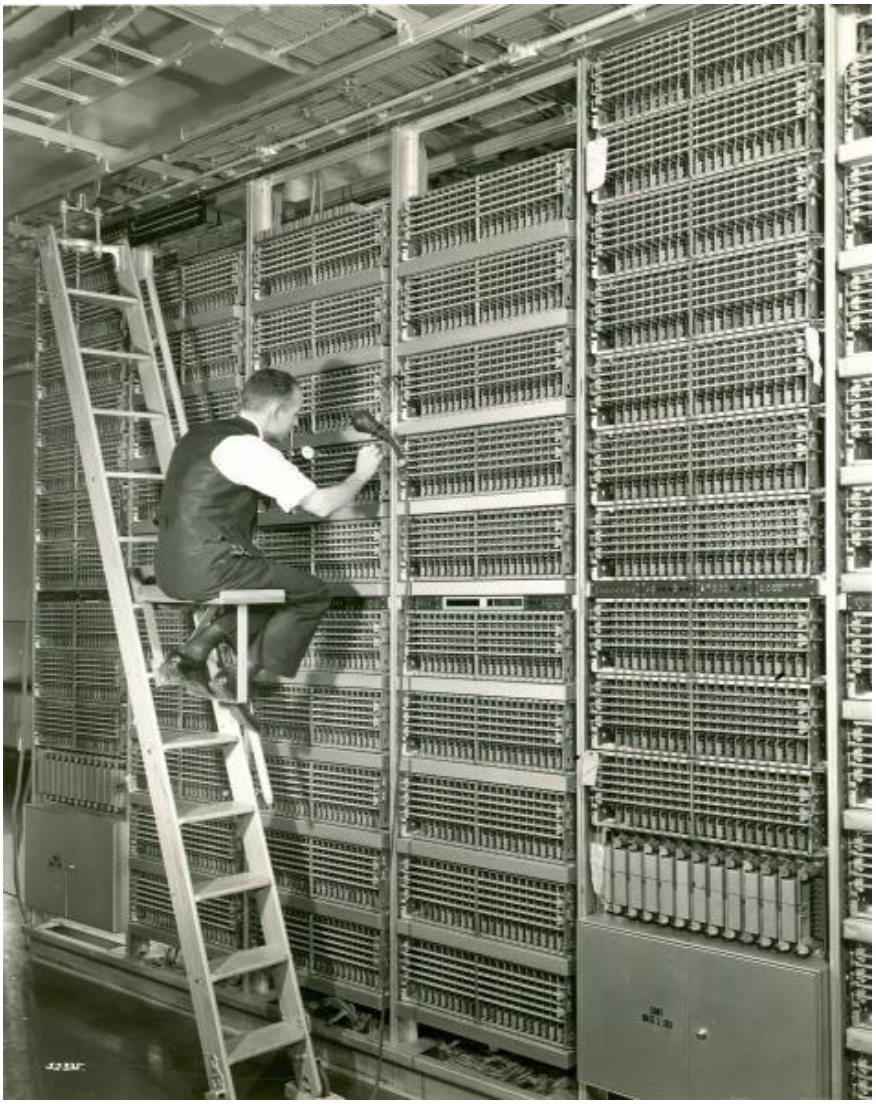
Ese mismo año, el ingeniero Gotthilf Ansgarius Betulander, junto con el ingeniero Nils Palmgren (trabajando para Telverket, en Suecia), realizan un diseño que puede ser fabricado en serie. La primera central importante del tipo Crossbar fue instalada en Sundsvall, Suecia, en 1926, dando servicio a 3 500 usuarios, y rápidamente creció en popularidad en Europa [119]. Las compañías Bell, tardaron algunos años más en implementar la tecnología Crossbar en forma masiva. Por su parte, L M Ericsson comienza a fabricar centrales Crossbar en 1940 [120].

Las centrales Crossbar utilizaban un sistema de barras horizontales y verticales, las que, mediante pequeños movimientos, pueden hacer contactos entre sí. Esto forma una especie de "matriz", donde es posible poner en contacto cualquier fila con cualquier columna. Si bien parecería que el diseño requiere un crecimiento proporcional al cuadrado de líneas a conectar, el sistema se puede implementar en etapas, conteniendo cada una de ellas un número reducido de filas y columnas. Esta implementación permite el crecimiento de hasta miles de usuarios.

El diseño Crossbar (Crossbar #5) sería uno de los más exitosos en centrales públicas, llegando a tener decenas de millones de usuarios en la década de 1970.
Una presentación acerca de la historia de Crossbar puede verse en [121].
En una entrevista realizada en 1973 a Arthur C. Keller, quien había trabajado para la "Bell Telephone Laboratories", se hace mención a la visita que realizó la Bell a Suecia en la década de 1930, para ver sus sistemas Crossbar, y se puede apreciar la rivalidad entre las compañías, existente ya desde esa época [122].



Izquierda: Mecanismo de selección utilizado en la tecnología Crossbar
Derecha: Unidad vertical de un sistema Crossbar [118].



Sistema Crossbar #1, Nueva York, 1938. Cada gabinete contiene 20 unidades de conmutación de barras transversal. Estas unidades contienen relés electromecánicos que no requieren grandes movimientos mecánicos. Los únicos movimientos mecánicos son para la apertura y el cierre de los relés [123].

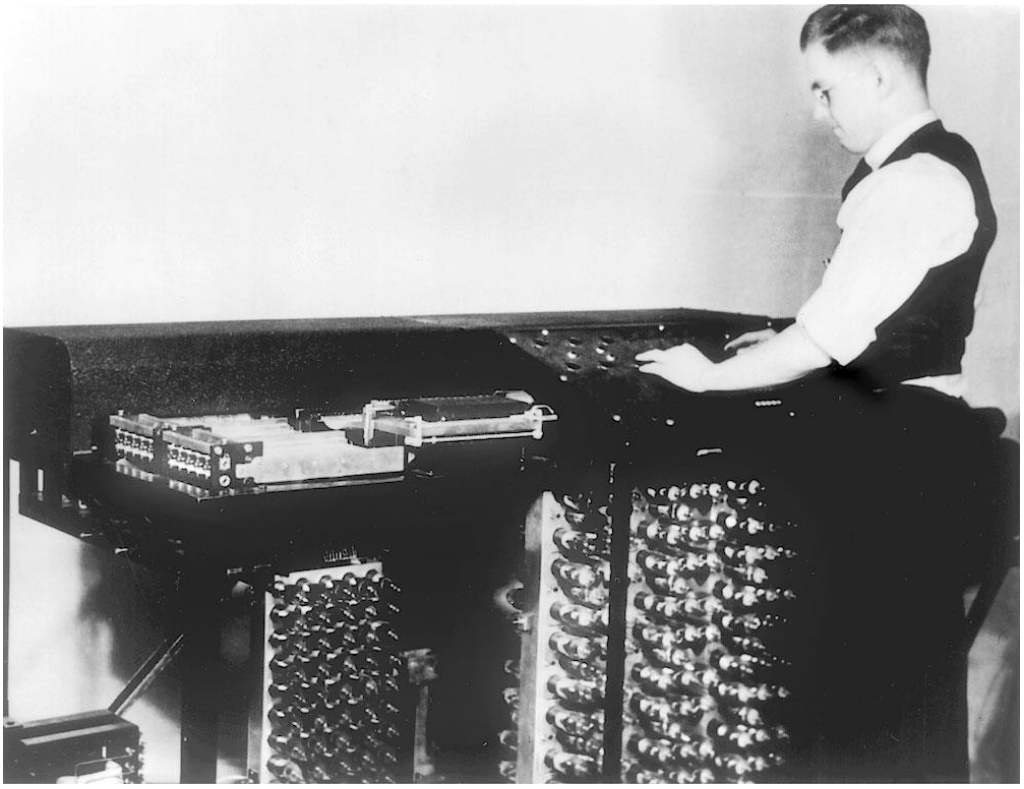
1938 También en 1938, la Bell introduce una innovación que perduró por décadas en los teléfonos de escritorio: El “cable de rulo” para el microteléfono [124]. El nuevo tipo de cable es inmediatamente aceptado y popularizado.

1939 En 1937, John Vincent Atanasoff, físico teórico de la Universidad de Iowa, pasaba varias horas de su día aplicando manualmente métodos numéricos para resolver la ecuación de Shrödinger, que derivaba en sistemas de ecuaciones lineales [125]. Durante mucho tiempo Atanasoff había meditado acerca de métodos automáticos para la resolución de este tipo de problemas. Finalmente, en 1937 Atanasoff inventa los fundamentos básicos de los futuros

John Vincent Atanasoff
1903 - 1995

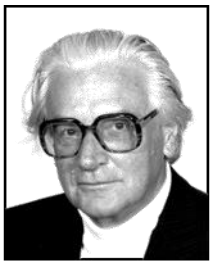
computadores: utilizar el sistema binario para representar números, utilizar los dispositivos electrónicos conocidos en ese momento (válvulas de vacío) para implementar las operaciones lógicas y utilizar "memorias binaras regenerativas". Con estas ideas en mente, y junto con su asistente Clifford E. Berry, Atanasoff diseña su "Atanasoff–Berry Computer", conocida como "ABC". En 1939 terminan el primer prototipo funcional. Para 1942, la ABC se encontraba en funcionamiento, y podía resolver sistemas de hasta 30 ecuaciones lineales con sus 30 incógnitas. Sin embargo, las prioridades de la Segunda Guerra Mundial llevaron a que Atansoff y Berry abandonaran el proyecto ABC. Lamentablemente, no llegaron a patentar sus ideas.

Clifford E. Berry
1918 - 1963



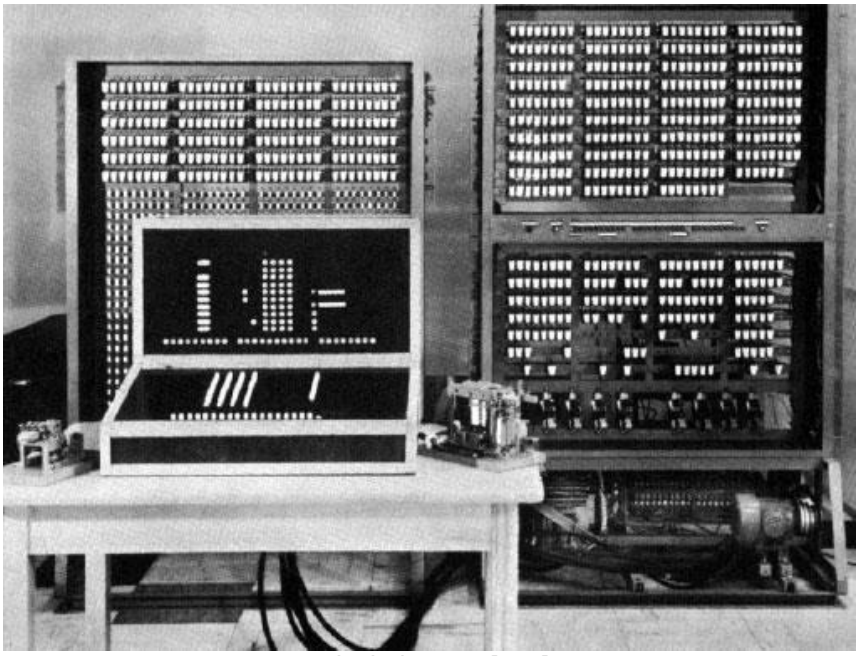
Clifford Berry junto a la Atanasoff-Berry Computer (ABC) en 1942 [126].

1941 Konrad Zuse presenta en Alemania la primer calculadora completamente operacional, electromecánica, basada en Relés, a la que llamó Z3. Estaba construida con 2300 relés y tenía una frecuencia de reloj de aproximadamente 4 Hz (podía realizar aproximadamente 4 sumas por segundo). El Z3 original fue destruido en 1943 durante un bombardeo en Berlín [127]. El modelo Z3 estaba basado en un desarrollo previo de Zuse, conocido como Z1, que



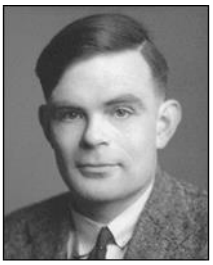
Konrad Zuse
1910-1995

consistió en una calculadora operacional, pero totalmente mecánica, desarrollada entre los años 1936 a 1938 [128].
Las máquinas Z1 y Z3 tenían la misma arquitectura conceptual, y pueden ser consideradas como las primeras computadoras de la historia (aunque esta distinción sigue siendo disputada por otros desarrollos, como se describe más adelante).



Calculadora Z3 [127].

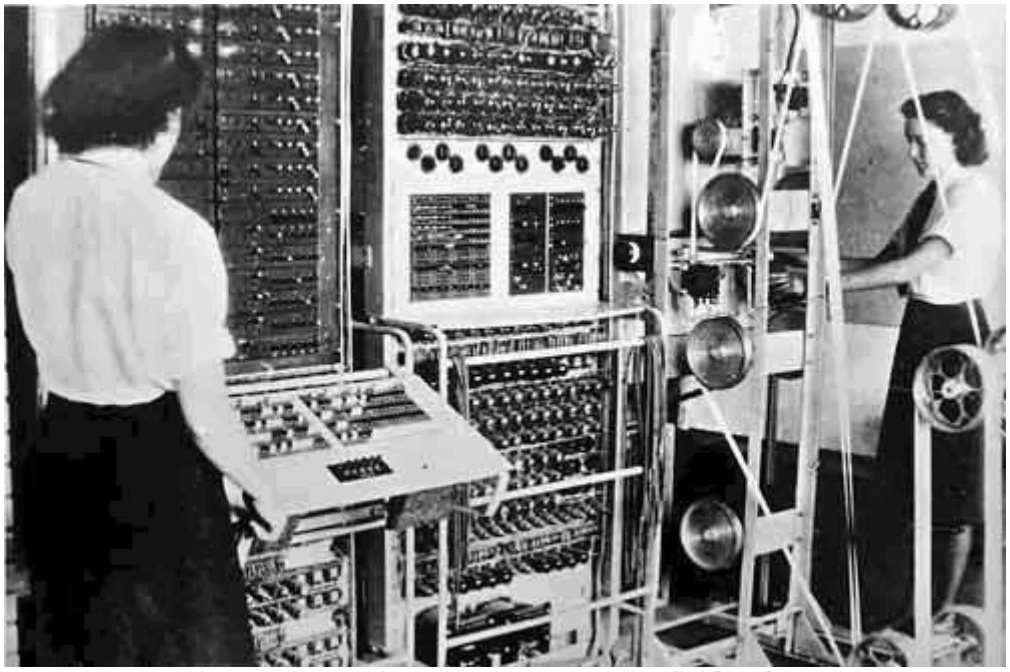
1943 Con el comienzo de la Segunda Guerra Mundial, los ejércitos británicos y estadounidenses dieron un empuje considerable al desarrollo de las primeras computadoras. En 1939 el gobierno británico reclutó en Bletchley Park (cerca de Londres) a varios científicos, con el fin de descifrar los mensajes encriptados alemanes. Entre ellos estaban Alan Turing y Thomas Flowers. Thomas Flowers trabajó con Alan Turing en el diseño de la máquina "Colossus". Colossus es considerada actualmente como una de las primeras computadoras electrónicas. Sin embargo, Colossus distaba de ser una computadora tal como las conocemos actualmente. En primer lugar, no disponía de almacenamiento interno de programas. Para "programarla", era necesario cambiar físicamente conectores y cableado. En segundo lugar, no era una máquina de propósitos generales, sino que estaba diseñada específicamente para funciones criptográficas, implementadas con contadores y operaciones booleanas. La primera Colossus se puso en funcionamiento en 1943



Alan Turing
1912 - 1954

Thomas Flowers
1905 - 1998

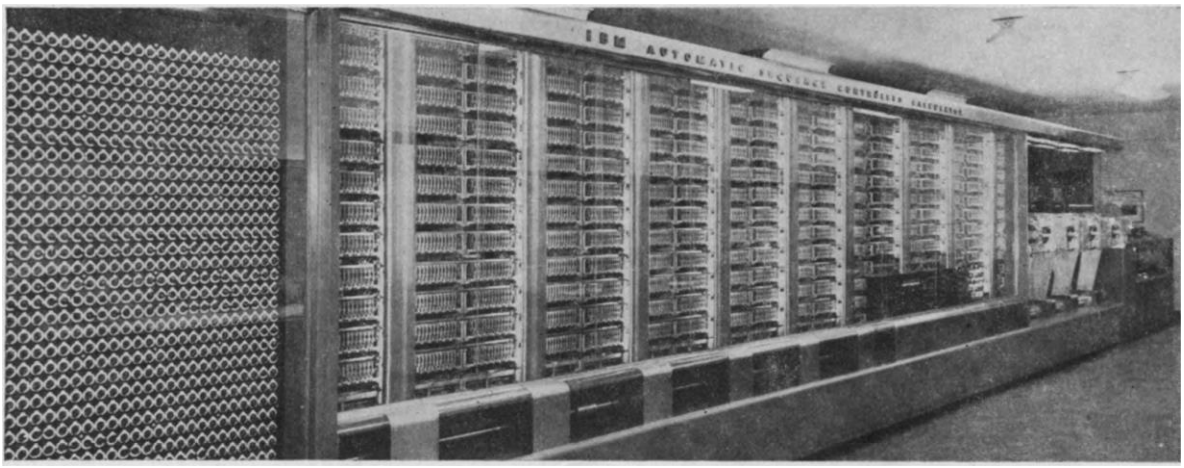
[129]. Se basaba en la idea de universalidad de la máquina de Turing y estaba compuesta por más de 1.500 válvulas o tubos de vacío, la entrada de datos era por medio de tarjetas perforadas y los resultados se almacenaban en relés temporalmente hasta que se les daba salida a través de una máquina de escribir. Era totalmente automática, medía 2.25 metros de alto, 3 metros de largo y 1.20 metros de ancho. Todas las Colossus fueron destruidas finalizada la Segunda Guerra. Los planos y toda la documentación fueron quemados. Sin embargo, en 1993, se propuso iniciar un proyecto de reconstrucción, basándose en la muy limitada información que se había reunido. Las primeras partes de la reconstruida Colossus se encendieron el 6 de junio de 1996, en presencia de su diseñador original Thomas Flowers, dos años antes de su muerte. En noviembre de 2007, se completó el proyecto de reconstrucción y se encuentra en exposición [130].



Colossus durante la Segunda Guerra Mundial [130]

1944 Howard Aiken desarrolla la primera calculadora automática, electromecánica, basada en relés en Estados Unidos, a la que llamó Mark I [131]. El desarrollo fue realizado por la Universidad de Harvard y la empresa IBM, entre los años 1939 and 1944. El Mark I generó interés en el ejército de Estados Unidos, en plena Segunda Guerra Mundial y fue utilizado en cálculos para artillería, balística y diseño naval en la Armada hasta enero de 1946 [132]. Mark I tenía un desempeño similar a Z3, y se disputa el puesto de ser la primera computadora de la historia.

Howard Aiken
1900 - 1973



Mark I
Izquierda: Adding storage registers. Centro: Multiply-divide counter. Derecha: Typewriters [131].

1945 En el reporte titulado “First Draft of a Report on the EDVAC” [133], John von Neumann presenta los conceptos básicos que definirían el diseño de las computadoras durante las siguientes décadas: Una unidad central de lógica y aritmética, a la que llamó “Central Arithmetical”, una unidad de control, a la que llamó “Central Control” y una unidad de almacenamiento temporal, a la que llamó “Memory” o memoria. Si bien este documento se presentó como un borrador, ha sido ampliamente utilizado y fue el que sentó las bases de la arquitectura de las computadoras hasta el día de hoy. El reporte se realizó en el marco del proyecto EDVAC, que terminaría en 1951.

John von Nuemann
1903 - 1957

1946 John P. Eckert y John W. Mauchly construyeron durante los años 1943 a 1946, en la Universidad de Pennsylvania, en Estados Unidos, uno de los primeros computadores electrónicos, al que llamaron ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) [134]. En las últimas fases de su diseño y construcción también actuó como consultor John Von Neumann. ENIAC estaba compuesto de 17.468 válvulas o tubos al vacío (más resistencias, condensadores, etc.), con 32 toneladas de peso, y ocupaba un espacio de 2,40 metros de ancho por 30 metros de largo. El calor de las válvulas elevaba la temperatura del local hasta los 50 ºC. Para efectuar diferentes operaciones (“programaciones”), debían cambiarse las conexiones (cables) como en las viejas centrales telefónicas, lo cual era un trabajo que podía tomar varios días.

John P. Eckert
1919 - 1995

El proyecto había sido patrocinado por el Ejército de los Estados Unidos, durante la Segunda Guerra Mundial, con el objeto de calcular con gran velocidad las trayectorias de proyectiles. No fue fácil convencer a los patrocinadores. Como mencionaba años más tarde Mauchly, *"la gente no podía ver cómo algo con 18.000 tubos de vacío y un costo de 500.000 dólares podría convertirse en algo práctico"* [135]. El proyecto culminó luego del fin de la Segunda Guerra Mundial.

John W. Mauchly
1907 - 1980

ENIAC podía resolver 5.000 sumas y 360 multiplicaciones por segundo. Según Arthur Walter Burks, matemático que trabajó junto a Mauchly y Eckert en el Proyecto ENIAC, *"Una persona experta con una máquina de escritorio puede calcular una trayectoria de 60 segundos de un proyectil en unas veinte horas. Un analizador diferencial mecánico puede producir los mismos resultados en unos quince minutos; la ENIAC puede hacerlo en treinta segundos. Es decir, ¡puede calcular la trayectoria de un proyectil más rápido de lo que vuela el proyectil mismo!"* [135]. Sin embargo, su programación era terriblemente tediosa y debían cambiarse las válvulas continuamente.

Las ideas utilizadas en la construcción de ENIAC no fueron del todo originales. A fines de 1940, John Mauchly (el futuro diseñador de ENIAC) conoció a Atanasoff. Su interés común en computadores, llevaron a que Mauchly y Atanasoff mantuvieran fluida correspondencia, e incluso Mauchly fue invitado a pasar unos días en la propia casa de Atanasoff, en junio de 1941. Durante su visita, Atanasoff mostró a Mauchly su computadora ABC, y le enseñó sus principios básicos de funcionamiento, así como las ideas claves [136].

Cuando Mauchly comenzó el proyecto ENIAC en 1943, tenía muy presente el trabajo de Atanasoff, y sus ideas claves, las que fueron tomadas como base para su propio proyecto. Mauchly y Eckert presentaron una solicitud de patente, basados en su proyecto ENIAC, en 1947 [137]. La solicitud contenía varios aspectos de las ideas relevantes en computadores electrónicos. La patente les fue otorgada 17 años más tarde, en 1964, y fue vendida a la Corporación Sperry Rand. Cuando Honeywell comienza a utilizar tecnología similar y decide no pagar por los derechos a Sperry Rand, este último comienza un litigio. Los abogados de Honeywell estudian el tema, y descubren los trabajos de Atanasoff, a quien consultan en 1967. Atanasoff estudia la patente, y descubre que en realidad está basada sobre sus propias ideas, transmitidas a Mauchly durante la visita a su casa en 1941. Esto da pie a que los abogados de Honywell argumenten que la patente entregada originalmente a Mauchly y Eckert y luego vendida a Sperry Rand, es inválida, ya que las ideas originales eran de Atanasoff. Finalmente, en 1973 el Juez Larson, de Minnesota, declara inválida la patente entregada a Mauchly y Eckert, y atribuye las ideas a Atanasoff: *"...Eckert and Mauchly did not themselves first invent the automatic*

electronic digital computer, but instead derived that subject matter from one Dr. John Vincent Atanasoff…" [138].

Eckert y Mauchly junto a ENIAC [139]

1946 El 17 de junio de 1946, en St. Louis, Missouri, AT&T presenta al mercado el primer sistema comercial de telefonía móvil vehicular para el público. El sistema funcionaba en la frecuencia de 150 MHz, utilizando 6 canales espaciados 60 kHz. Un usuario móvil en esos días tenía que seleccionar un canal manualmente, presionar un botón "pulsar para hablar" ("Push-to-talk") en la unidad móvil y realizar la llamada a través de una operadora telefónica. Por lo tanto, el primer servicio móvil era muy parecido al servicio manual proporcionado por las compañías telefónicas antes de que estuvieran disponibles los sistemas de selección automática [140].

1948 Los científicos William Shockley, John Bardeen, y Walter Brattain, trabajando para los laboratorios Bell, buscaban un reemplazo para las válvulas de vacío. El primero de julio de 1948 el primer transistor en la historia de la Humanidad es dado a conocer y fue patentado por Shockley y los laboratorios Bell [141]. El nombre *Transistor* fue dado por sus inventores, ya que el dispositivo transfiere ("*transfer*") una señal eléctrica a través de una resistencia ("*resistor*"). De esta forma, *transistor* es una abreviación de "*transfer-resistor*". Muchos califican a ésta como la invención más importante del siglo XX. Basta dar una mirada a lo que tenemos alrededor, para darnos cuenta lo acertado de esta afirmación. El primer transistor utilizaba la tecnología

William B. Shockley
1910 - 1989

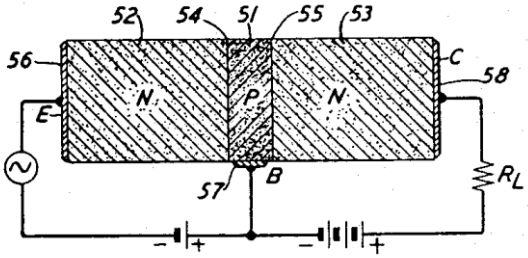
conocida como “punto de contacto”, y se basaba en las propiedades semiconductoras del Germanio. Poco más tarde, Shockley creó el “transistor de unión”. En setiembre de 1951 los laboratorios Bell patentaron la tecnología de fabricación de ambos tipos de transistores, y la vendieron [142]. La tecnología fue comprada por RCA, Raytheon, General Electric, Texas Instruments y Transitron. Los primeros transistores fabricados en serie fueron de Germanio, usando la tecnología de “punta de contacto”. En 1955 se fabricaron los primeros transistores de Silicio. El primer transistor fabricado en gran escala fue el CK722, de Raytheon, en 1953 [143].

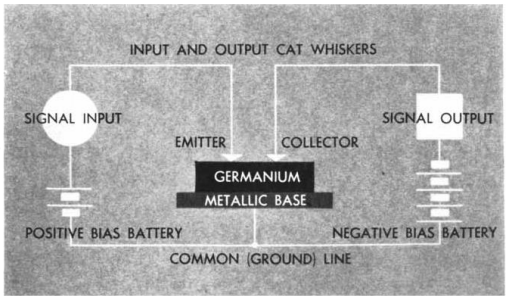
John Bardeen
1908 -1991

Walter H. Brattain
1902-1987

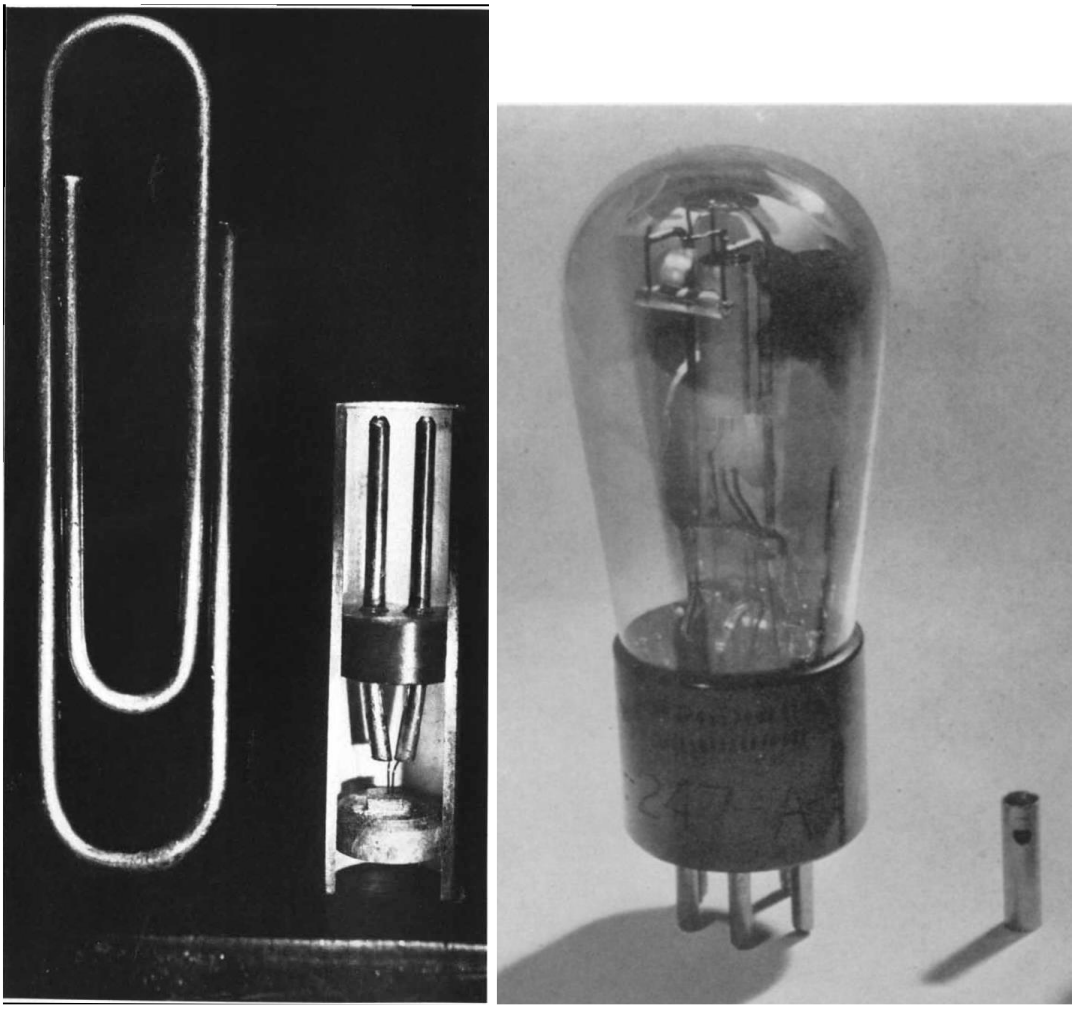
En 1956 Shockley, Bardeen, y Brattain obtuvieron el Premio Nobel de Física “por sus investigaciones en semiconductores y su descubrimiento del efecto del transistor” [144]. En 1972 John Bardeen recibió otro Premio Nobel de Física “por su desarrollo conjunto de la teoría de la superconductividad, usualmente llamada Teoría BCS” [145].

Las enormes aplicaciones del nuevo invento se visualizaron inmediatamente. En una publicación de Scientific American de 1948, se mencionaban diferentes usos, incluyendo *“la posibilidad de una mejora considerable en la transmisión telefónica, porque los amplificadores para cables de larga distancia se pueden construir pequeños y montados discretamente en postes telefónicos, e incluso se puede incorporar un amplificador en miniatura en el receptor del teléfono para amplificar las señales débiles”* [146].



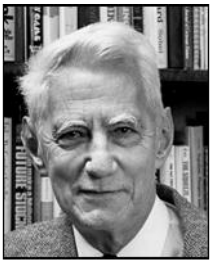


Izquierda: Imagen del transistor en su primera patente [141].
Derecha: Esquema de conexiones del nuevo transistor [146].



Izquierda: Un clip de papel y el primer transistor se comparan para mostrar el tamaño del transistor. El tubo metálico del transistor está cortado para ver su interior. El cristal de germanio es un pequeño bloque en el disco en la parte inferior. Dos “pelos de gatos” están soldados en las terminaciones de los conectores [146].
Derecha: Comparación de tamaños del primer transistor con todos sus encapsulados respecto a una válvula de vacío equivalente [147].

1948 Claude E. Shannon pasó quince años de su vida en los laboratorios Bell, en una asociación muy fructífera con muchos matemáticos y científicos de primera línea como Harry Nyquist, Brattain, Bardeen y Shockley, entre otros. Durante este período Shannon trabajó en muchas áreas, siendo lo mas notable lo referente a la teoría de información. En Julio de 1948, un desarrollo publicado bajo el nombre de "Una Teoría Matemática de la Comunicación" [148], sentaría las bases teóricas que permiten calcular la capacidad de información que se puede transmitir por un canal. El contenido de su artículo es conocido habitualmente como “Teorema de Shannon” o “Teorema de la información”.



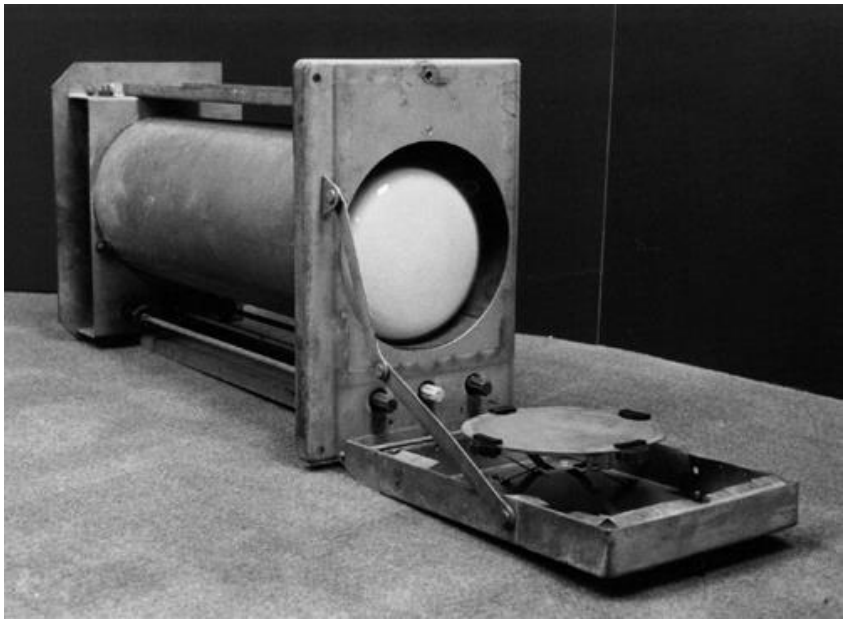
Claude Shannon
1916 - 2001

1948 Frederic Williams, junto con Tom Kilburne, diseñan, construyen y ponen en funcionamiento una máquina de computación digital electrónica, que funcionó con éxito durante algunas semanas en el Laboratorio de Máquinas de Computación de la Royal Society, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Manchester, Inglaterra. Como mencionaron el propio Williams y Kilburne en una breve publicación de ese mismo año, *"las partes esenciales de tal máquina son: Un almacenamiento de información y órdenes, varios órganos aritméticos (por ejemplo, sumadores, multiplicadores) y una unidad de control"* [149]. La memoria de esta computadora estaba basada en un diseño realizado por Kilbrune el año anterior, bajo la supervisión de Williams, luego conocido como los "Tubos de Williams–Kilburne". La idea se basaba en utilizar un tuno de rayos catódicos, similar a los usados para los televisores de la épica. Los datos a almacenar se convierten en un patrón de carga sobre una superficie aislante, lo que se podía lograr, bombardeando la superficie con un haz de rayos catódicos (Cathode Ray Tube o CRT) producidos por un tubo de imagen. Con esta idea introdujeron el concepto de "acceso aleatorio" ("Random Access") [150].

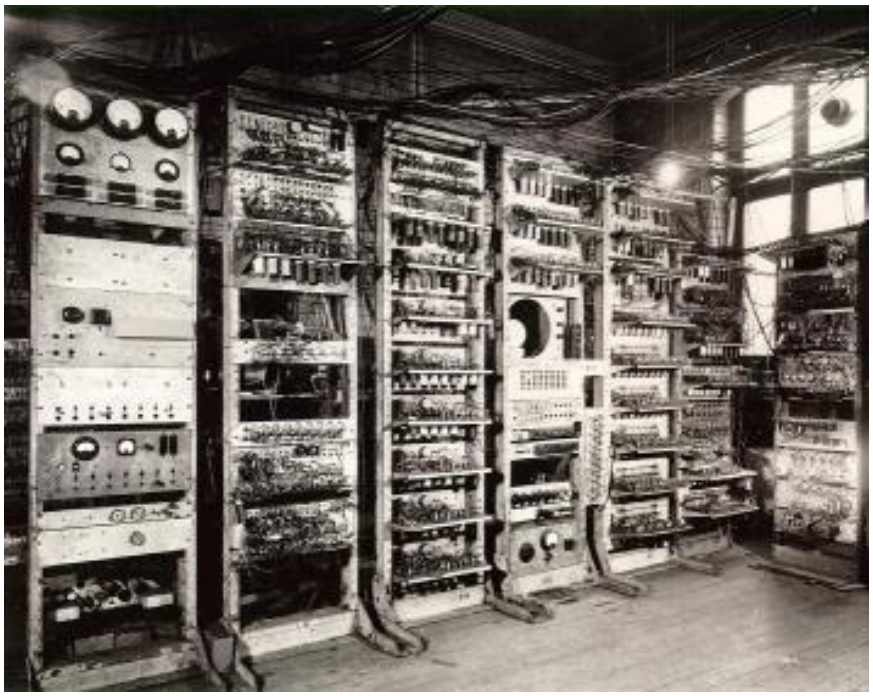
Frederic C. Williams
1911 - 1977

Tom Kilburne
1921 - 2001

La computadora fue llamada *Small-Scale Experimental Machine (SSEM)*, o más cariñosamente, *"baby"*. No solo cumplió su propósito principal (que era demostrar el funcionamiento de las memoras basadas en los tubos de CRT), sino que también fue el primer ejemplo de una computadora que funciona con el paradigma del "programa almacenado" en memoria [151]. Basado en "baby", Williams y Kilburne diseñaron la computadora llamada Ferranti Mark I, la que comenzó a funcionar en 1950 [152][153].



Tubo de Williams-Kilburn, usado como almacenamiento de memoria en 1948 [154]



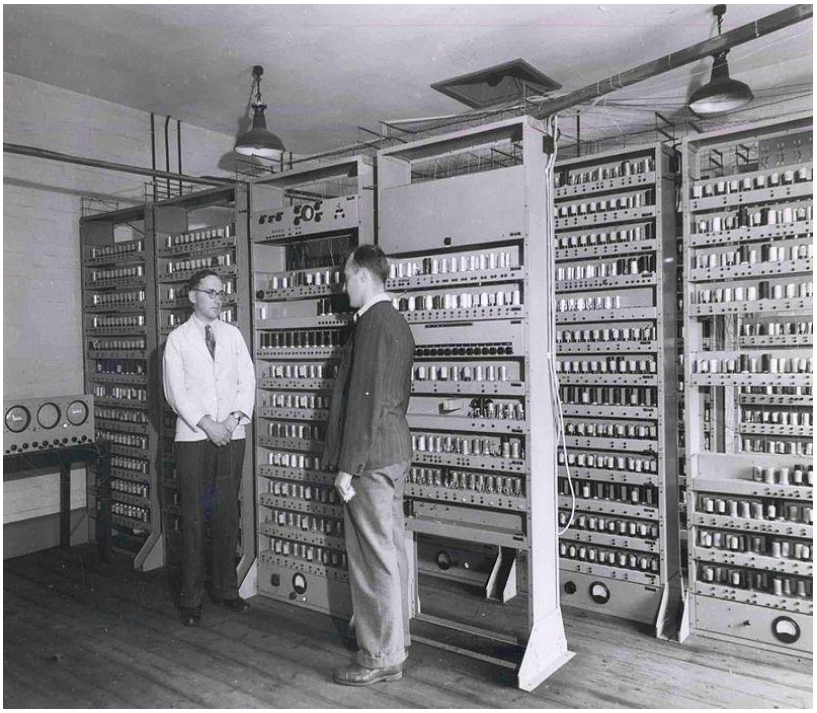
Prototipo de Ferranti Mark I, 1949 [155]

Consola de Ferranti Mark I en 1950 (Tom Kilburne parado detrás) [156]

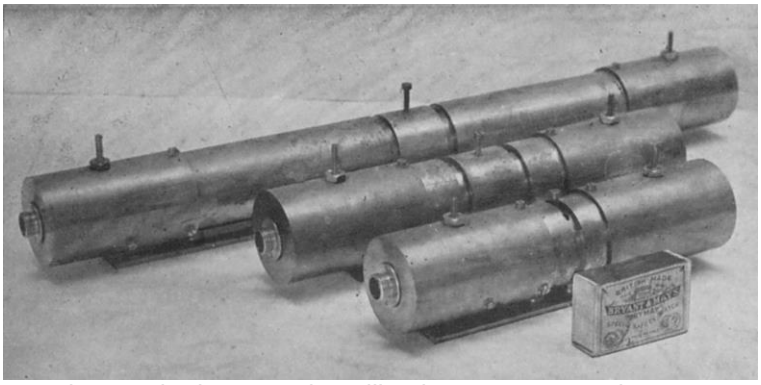
1949 Maurice Wilkes, en la Universidad de Cambridge, Inglaterra, estuvo a cargo del equipo que desarrolló la Electronic Delay Storage Automatic Calculator (EDSAC). Ejecutó su primer programa en 1949. El diseño estuvo basado en las ideas de John von Neumann, en su trabajo "First Draft of a Report on the EDVAC" de 1945 [133]. La memoria de este sistema estaba implementada con líneas de retardo de mercurio ("delay line memory") [157]. Tenía 32 "tanques" de memoria (como se los llamó en este proyecto), cada uno con posibilidad de almacenar dieciséis números de 10 dígitos [158].

Maurice V. Wilkes
1913 - 2010

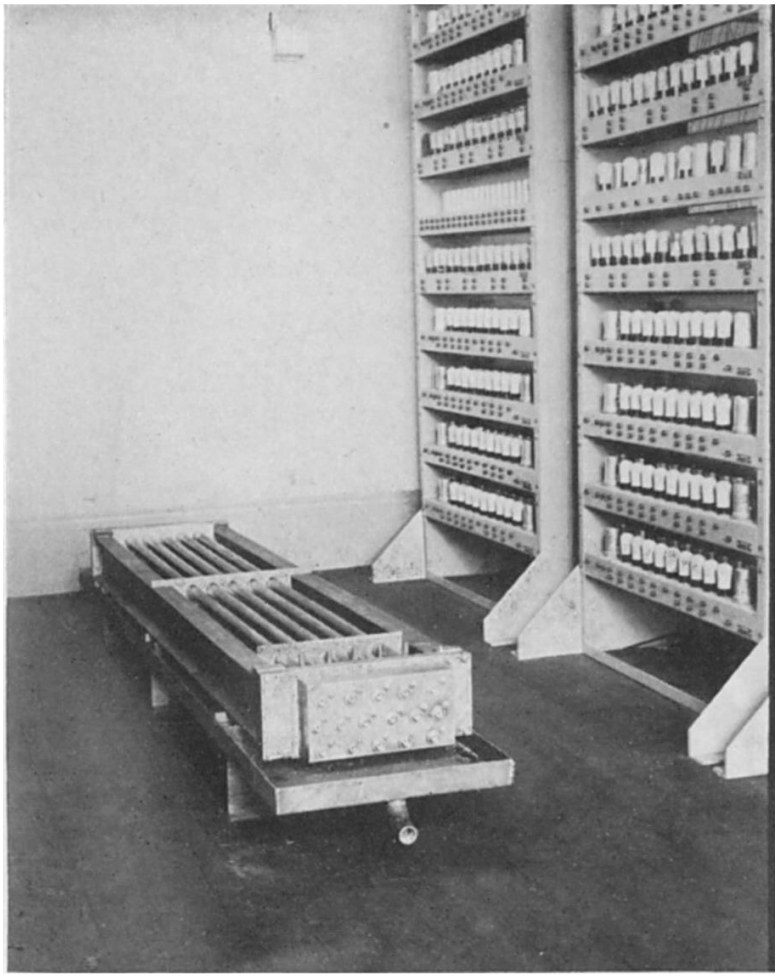
El trabajo de diseño de EDSAC se inició en noviembre de 1946, después de que Wilkes regresara de una visita a los Estados Unidos, donde tuvo la oportunidad de poder asistir a la última parte de un curso sobre máquinas de computación electrónica, donde aprendió directamente de Mauchly y Eckert [159]. En el diseño e implementación también participó William Renwick.



Maurice Wilkes y Bill Renwick frente a EDSAC en 1948 [160]



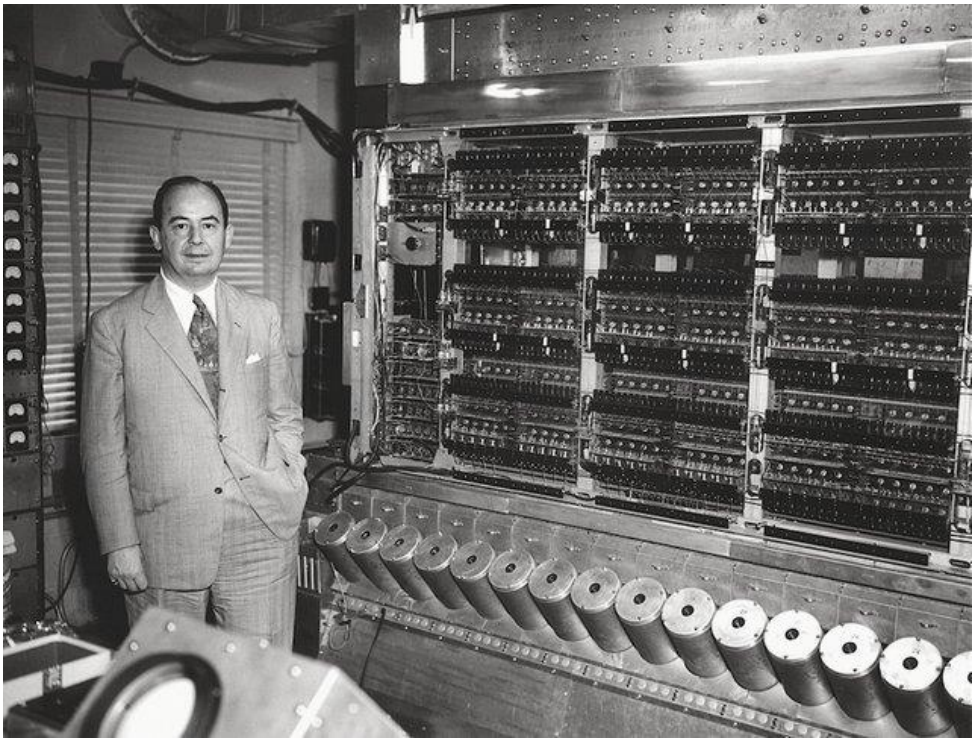
Líneas de retardo de mercurio, utilizadas como memorias en EDSAC



Banco de dieciséis líneas de retardo usadas como memoria temporal, junto con parte de su equipamiento asociado, utilizadas en EDSAC

1951 El proyecto Electronic Discrete VAriable Computer (EDVAC) había comenzado en 1944, con la participación activa de John von Neumann. EDVAC fue la primera computadora electrónica digital de propósitos generales, con programa almacenado, que se *diseñó* [133]. Sin embargo, su implementación terminó varios años después, pudiendo lograr los primeros resultados en 1951. El primer programa planificado, programado, codificado en octal, perforado en cinta de papel, verificado y ejecutado fue realizado por George W. Reitwiesner y su esposa Homé M. Reitwiesner. Se trató de un programa de prueba, que realizaba cálculos sobre matrices. La tarea llevó una semana completa, y demostró que era necesario el desarrollo de un sistema operativo diferente, más eficiente, para que la nueva computadora pudiera realmente ser de utilidad. El propio Reitwiesner lo desarrolló durante 1952 y terminó siendo implementando en 1953 [161].

EDVAC Fue una computadora binaria, que utilizaba más de 6.000 válvulas electrónicas. Utilizaba, al igual que EDSAC, líneas de retardo de mercurio como memorias, donde se almacenaba *palabras* de 44 bits.



John von Neuman frente a EDVAC [162]

1951 El transistor acababa de ser inventado, pero aún no era producido en serie, por lo que Eckert y Mauchly continuaron el desarrollo de sus computadores con tecnología de válvulas. En marzo de 1951, 5 años luego del proyecto ENIAC, se realizan las pruebas formales de aceptación de un nuevo computador, al que llamaron UNIVAC ("Universal Automatic Computer"). La primera aplicación de UNIVAC fue para apoyar en los cálculos del censo realizado en Estados Unidos en 1950 [163]. UNIVAC fue la primera computadora fabricada y vendida "en serie". En total, se fabricaron 46 UNIVAC I, entre 1951 y 1957. Las primeras fueron compradas por agencias del Gobierno y el Ejército de Estados Unidos, pero varias fueron instaladas en empresas privadas (General Electric, compañías de seguros, etc.) y Universidades. El primer éxito público de UNIVAC se dio durante las elecciones presidenciales estadounidenses de 1952 [164]. La cadena radial y televisiva CBS utilizó a UNIVAC (la que tenía el número de serie 5) para predecir el resultado de las elecciones. Los reporteros de la CBS recolectaban datos en diferentes puntos de votación, y los transmitían telefónicamente a Filadelfia, dónde se encontraba UNIVAC. Tres operarios ingresaban los datos mediante los "UNITYPER" que disponía UNIVAC. Eran ingresados por triplicado, y UNIVAC corregía los posibles errores de tipeo. El programa de UNIVAC predijo correctamente la victoria de Eisenhower, lo que fue dado a conocer por la CBS [165]. Tres años después, Isaac Asimov publica el cuento "Sufragio Universal" ("Franchise"), en la que aparece por primera vez "MULTIVAC" (clara referencia a

UNIVAC). En el cuento de Asimov, MULTIVAC decide quien será el próximo presidente de los Estados Unidos ¡tomando en cuenta únicamente un voto! En este cuento, MULTIVAC elige muy meticulosamente al votante "promedio". La visión de las computadoras del futuro, según la ciencia ficción de la época, serían similares a UNIVAC, pero más voluminosas. Asimov describía MULTIVAC de la siguiente manera: *"....tenía más de un kilómetro de longitud y tres pisos de altura, y cincuenta técnicos recorrían continuamente los pasillos de la estructura. Era una de las maravillas del mundo*" [166]. UNIVAC medía 4,2 metros de largo, 2,4 metros de ancho y 2,5 metros de altura. Utilizaba 5.200 válvulas o tubos de vacío y consumía 125 kilowatt de potencia.

El diseñador de UNIVAC J. Presper Eckert junto al operador Harold Sweeney muestran la computadora al periodista Walter Cronkite [164].

1952 La empresa IBM lanza al mercado el "modelo 701". El año anterior, el 1952, el presidente de IBM Thomas J. Watson Jr. había informado en la reunión anual de la compañía que se estaba construyendo *"la computadora de alta velocidad más avanzada y flexible del mundo"* [167]. La memoria de esta computadora estaba basada en los Tubos de Williams–Kilburne. Frederic Williams patentó este método en 1947 en nombre de IBM en Estados Unidos [168].

IBM 701 [167]

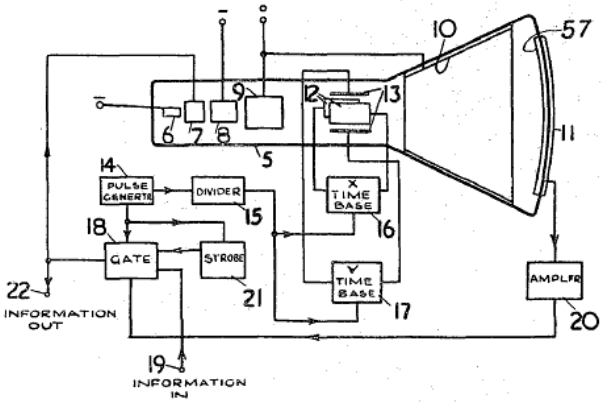
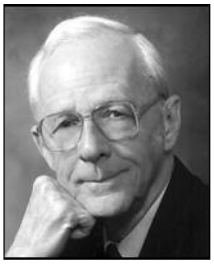


Fig. 1.

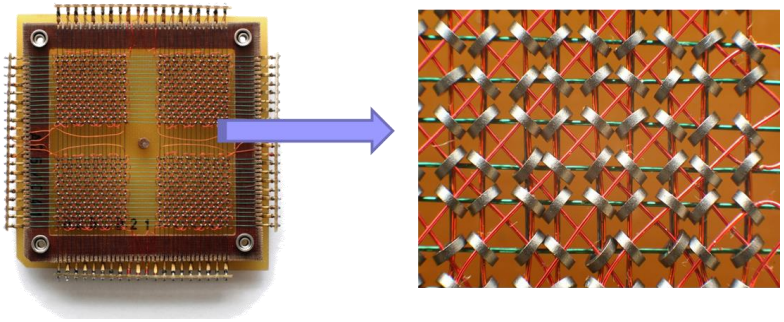
Diseño patentado por F. C. Williams, utilizado en IBM 701 [168]

1953 Se comienzan a utilizar las memorias llamadas “núcleos magnéticos” (magentic cores). Estas memorias fueron diseñadas por Jay Wright Forrester, en el marco del proyecto “Whirlwind” [169]. La idea consiste en magnetizar pequeños anillos, ubicados en una malla de conductores. Cada anillo almacena un bit de información, y resultaron mucho más rápidas y confiables que los tubos de Williams.



Jay Wright Forrester
1918 - 2016

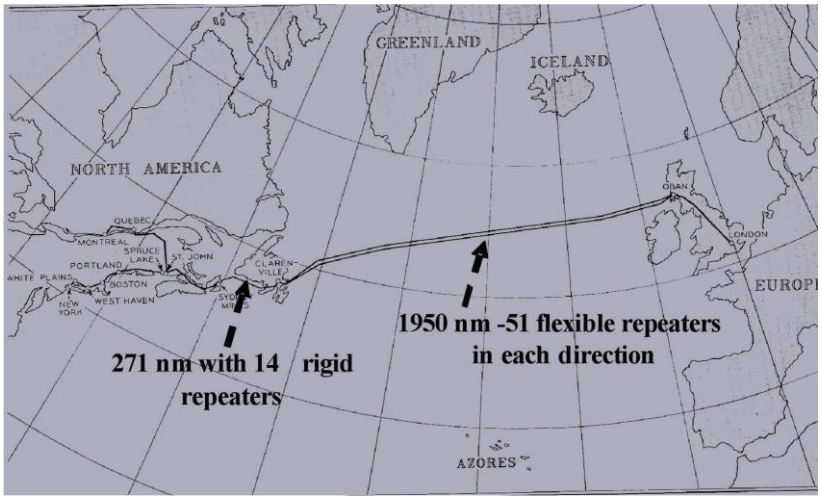
Estas memorias fueron utilizadas en los modelos de IBM 704 [170] en 1954 y 709 en 1958 [171]. También se utilizaron en la computadora del cohete Saturno V, de la misión Apolo [172].



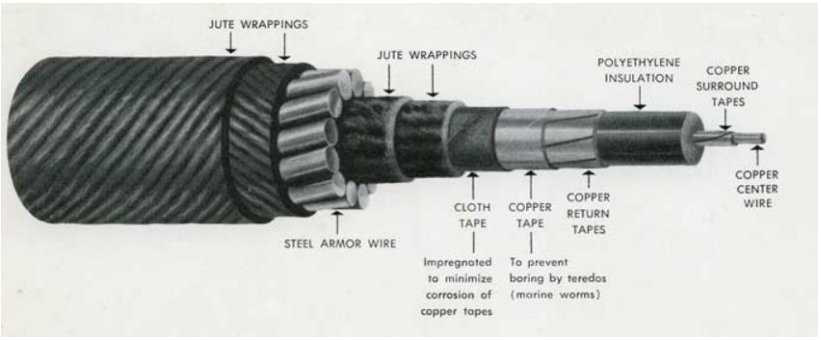
Memorias de “núcleos magnéticos” (magentic cores memroy)

1956 El 26 de setiembre de 1956 fue oficialmente inaugurado el primer cable trasatlántico para el transporte de conversaciones telefónicas. Desde 1927, existía un servicio radio telefónico entre Estados Unidos y Gran Bretaña. Sin embargo, este servicio era de mala calidad, dependía de factores atmosféricos y era de baja capacidad. El primer cable telefónico trasatlántico, TAT–1, consistía en dos cables coaxiales con aislamiento de polietileno, separados aproximadamente 30 kilómetros. Cada uno de ellos podía transportar hasta 36 conversaciones en una dirección, lo que permitía 36 conversaciones bidireccionales simultáneas, de las cuales 30 prestaban servicio entre Gran Bretaña y Estados Unidos y 6 entre Gran Bretaña y Canadá. Fue necesario utilizar 51 estaciones repetidoras sumergidas en el fondo del océano, con tecnología de válvulas o tubos de vacío. El primer día en servicio, el nuevo cable comunicó a 588 llamadas entre Londres y EEUU y 119 entre Londres y Canadá, un 85% más que el promedio diario de los servicios radiotelefónicos existentes [173].

TAT-1 fue una iniciativa conjunta emprendida por el Departamento de Ingeniería de la Oficina de Correos británica, la American Telegraph and Telephone Company (ATT), Bell Telephone Laboratories y la Canadian Overseas Telecommunications Corporation. El cable telefónico transatlántico fue el buque cablero *Monarch* [174].



Recorrido del TAT-1: 1950 millas náuticas (aprox. 3600 km), utilizando 51 repetidores [174]



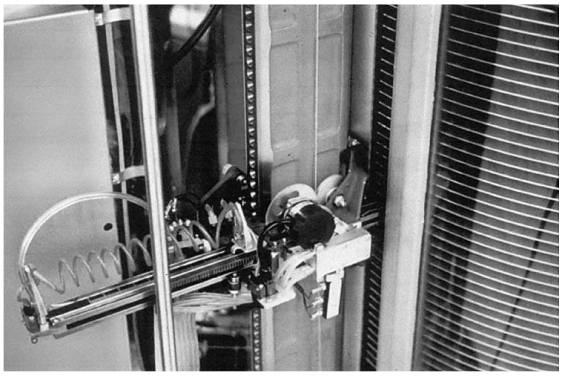
Izquierda: Esquema del cable TAT-1 [175]. Derecha: Foto del cable TAT-1 [176]

1956 Las primeras emisiones abiertas de televisión en Uruguay fueron realizadas el 7 de diciembre de 1956 en Montevideo por Canal 10 Saeta Televisión. Unos años después comenzaron otros canales. El 23 de abril de 1961 comenzó a emitir Canal 4 Monte Carlo TV, en 1962 salió al aire Canal 12 y en 1963 el estatal Canal 5 (actualmente Televisión Nacional Uruguay).

1956 En ese mismo año, 1956, se comienzan a comercializar las primeras unidades de discos magnéticos, basadas en el proyecto e Random Access Method of Accounting and Control (RAMAC) de la empresa IBM [177]. Esta nueva tecnología permitió acceder a escribir, leer o borrar información en

forma casi instantánea, y con posibilidad de ser almacenada por muy largo tiempo. El proyecto estuvo a cargo de Reynold B. Johnson, quien luego de estudiar muchas opciones, seleccionó la estructura de una pila de discos magnéticos giratorios y un brazo móvil con un cabezal magnético para proporcionar el lugar de lectura y escritura. La primera versión logró almacenar 5 Mbytes [178]. Se comercializaron más de 1000 discos del modelo RAMAC 305, cuyas dimensiones físicas eran realmente grandes (se puede ver el tamaño de un disco de 5 MBytes subiendo un avión)

Reynold B. Johnson
1906 - 1998



Izquierda: Mecanismo de acceso a los discos en RAMAC 350. Derecha: Subiendo un disco de 5 MBytes a un avión de PanAm

1958 Las necesidades de telecomunicaciones de las empresas crecían junto con el desarrollo de las telecomunicaciones públicas. Los sistemas del tipo “key system” eran ya populares. Estos sistemas electromecánicos, que comenzaron a difundirse en la década de 1920, consistían en conectar varias líneas urbanas a distintos botones o teclas de un mismo teléfono. Cada teléfono era conectado con varios cables (por lo menos un por cada línea telefónica, pero se requerían otros varios para controles, encendido de luces, etc.) hasta una caja central, dónde se realizaban todas las

conexiones y empalmes necesarios. En 1958, las Compañías Bell lanzaron al mercado el “Call Director”, un sistema “key system” ¡que requería cablear 150 pares para cada una de sus consolas!

Here is the new push-button office telephone...

the CALL director

for the person who makes a lot of calls, or takes a lot of calls

The Call Director comes in two models. The one above accommodates up to 18 push buttons; the one below provides up to 30. Both offer many revolutionary features.

This is the most advanced and flexible telephone ever offered to business! More than a new product, the Call Director is a new *concept* in telephone design and service.

It provides fast, easy handling of outside and interoffice calls *plus* special features to fit your communications needs. By pushing a button you can—

- Connect with other office telephones
- Set up interoffice conference calls
- “Add-on” other office extensions to incoming calls

The modern, space-saving Call Director comes in two models. One has up to 30 buttons—the other up to 18—for any combination of features. Each comes in ivory, beige, green or gray.

The Call Director's many advanced features make it the ideal telephone for busy executives, for secretaries or clerks who answer for a number of people — for anyone in business who makes or takes a lot of calls.

Find out how the Call Director can speed your business by improving your communications. Call your Bell Telephone Business Office. A representative will visit you at your convenience — no obligation, of course.

BELL TELEPHONE SYSTEM

Revista *Time*, Febrero 1959

1959 Mientras la mayor parte de las aplicaciones continuaban utilizando tecnologías de válvulas o tubos de vacío, la electrónica de semiconductores continuaba su desarrollo. En 1959, dos ingenieros independientes y trabajando para empresas diferentes, desarrollaron los primeros circuitos integrados de la historia. Jack St. Clair Kilby [179], trabajando para Texas Instruments, desarrolló el primer circuito integrado de germanio, y presentó su patente el mismo año [180]. Por su parte, Robert N. Noyce [181], trabajando para Fairchild Semiconductor, desarrolló el primer circuito integrado de silicio, y presentó su patente ese mismo año, unos meses más tarde que Kilby [182].

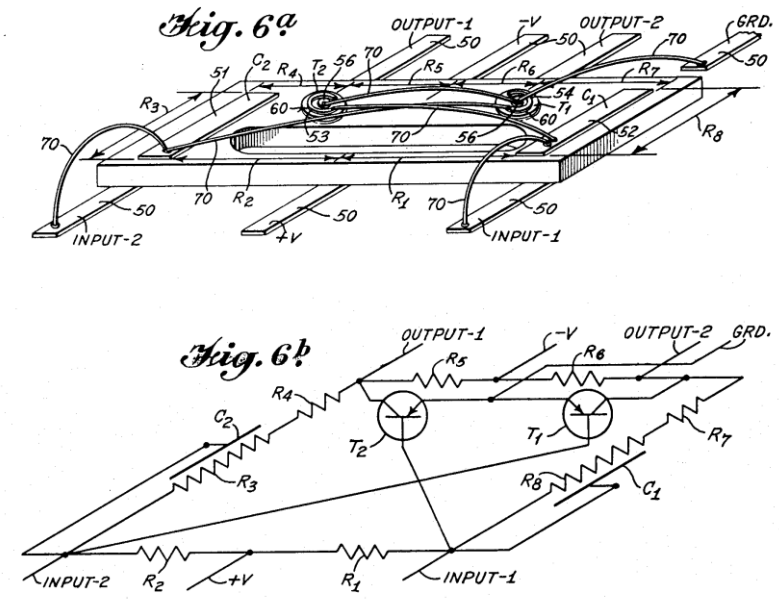
Jack S. Kilby
1923 - 2005

Robert N. Noyce
1927 - 1990

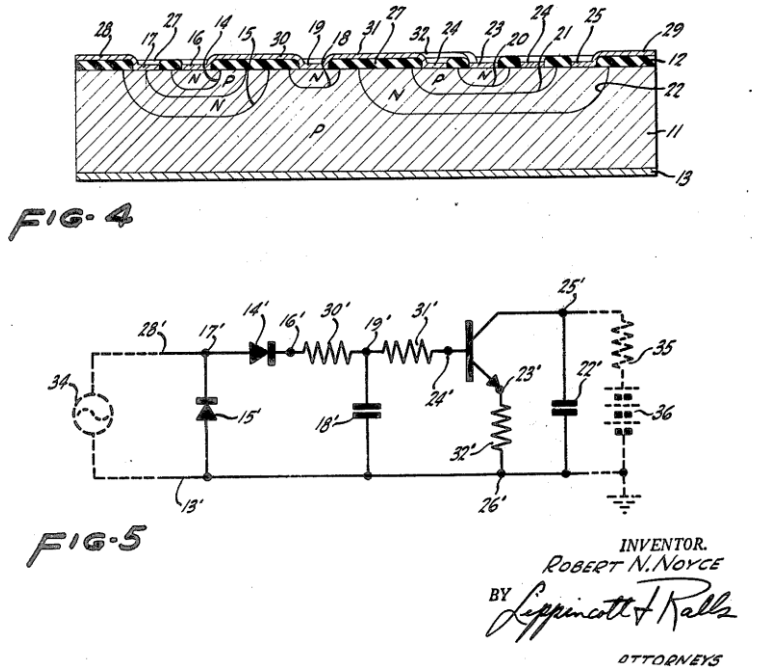
Como suele suceder con las ideas revolucionarias, al inicio se generó escepticismo y rechazo. Kilby menciona: *"Cuando comenzamos a hablar de circuitos integrados monolíticos, había tres objeciones básicas. La primera de ellas fue que el rendimiento de la producción siempre sería demasiado bajo para ser rentable, en función de los rendimientos de la producción de transistores. Otro grupo de personas consideró que no hacía muy buen uso de los materiales, que se podían hacer mejores resistencias con nitruro de titanio o mejores condensadores con teflón. ¡Y la gente que trabajaba con transistores no quería ver sus magníficos dispositivos estropeados con estas otras cosas en el chip! Finalmente, la mayoría de las personas que trabajaban en las grandes empresas pensaba que, si esta tecnología tenía éxito, todos los diseñadores de circuitos del mundo quedarían fuera del negocio, solo algunos de ellos trabajarían en las empresas de semiconductores y todos los demás quedarían sin trabajo"* [183]. Si embargo, el desarrollo de los circuitos integrados ha sido y sigue siendo la base de la miniaturización, lo que ha permitido el desarrollo del mundo tecnológico actual.

Kilby continuó trabajando para Texas Instruments, logrando varias patentes (además de las correspondientes a los circuitos integrados). Entre sus invenciones se destaca el desarrollo de la primera calculadora de bolsillo. Kilby recibió el Premio Nobel de Física en 2000, "por trabajos básicos en tecnologías de la información y la comunicación", y "por su parte en la invención del circuito integrado" [184].

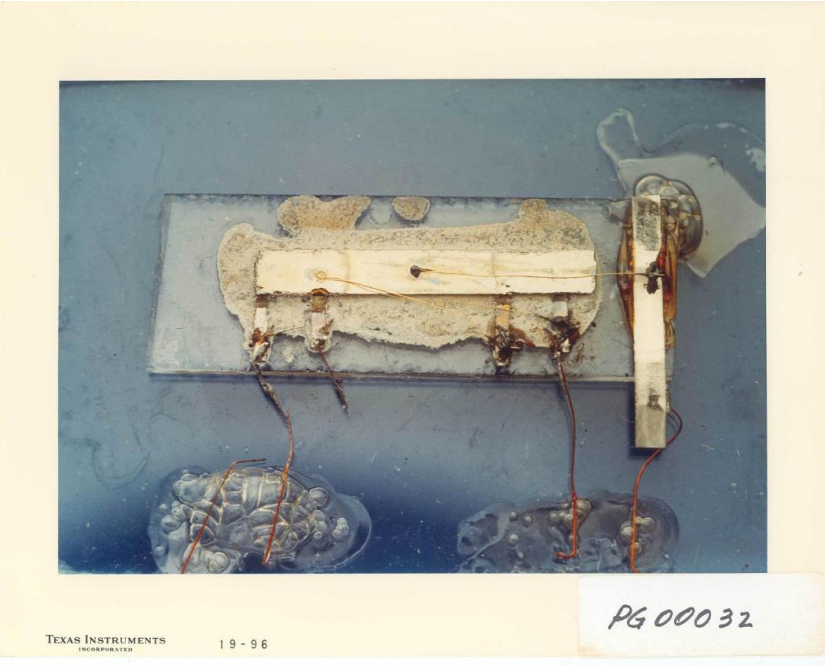
En 1959 Noyce fue Gerente General de Fairchild Semiconductor. En 1968 decidió crear su propia compañía, y junto con su colega Gordon Moore, fundaron la compañía *Integrated Electronics*, conocida como INTEL [185]. Recibió la Medalla de Honor de IEEE en 1978, "por sus contribuciones a los circuitos integrados de silicio".



Diseño del circuito integrado patentado por Jack Kilby [180]



Diseño del circuito integrado patentado por Robert Noyce [182]



Primer circuito integrado, según el diseño de Jack Kilby [186]

Primer circuito integrado con tecnología monolítica plana, según el diseño de Rober Noyce [187]

1960 La empresa Digital Equipment Corporation (DEC) entregó la primera computadora llamada "Programmed Data Processor" o PDP-1. Fue la primera computadora comercial que se centró en la interacción con el usuario, más que en el uso eficiente de los recursos computacionales. Según Ken Olsen, co-fundador de DEC, *"Soñábamos con una computación interactiva. Las computadoras normales eran grandes, caras, asombrosas, más allá de la gente común. La computación interactiva nos resultaba emocionante y divertida, y la gente podría interactuar directamente con la computadora"* [188]. Una de

Steve Russell
1937 -

las características de los primeros prototipos de esta computadora fue su monitor redondo. En este modelo de computadora se jugó el primer videojuego computarizado de la historia (el Spacewar de Steve Russell) en 1962 y se escuchó la primera música computarizada.

Monitor del sistema PDP-1

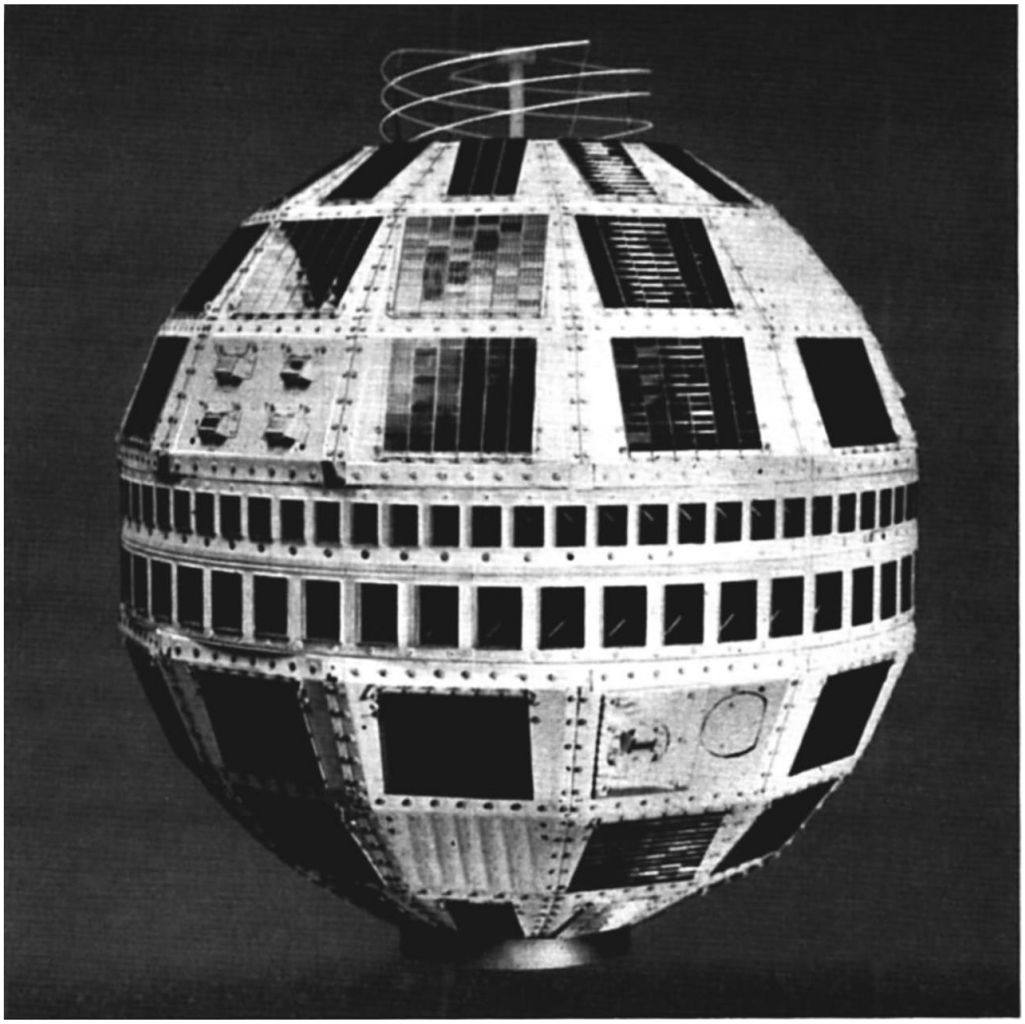
Sistema PDP-1 en la fábrica de DEC [188]

1962 Mientras las posibilidades de comunicación a través del atlántico se ampliaban con el tendido de cables sobre el lecho del océano, también lo estaban haciendo a través del espacio. En 1958, Rusia logró poner en órbita el primer satélite artificial en la historia de la humanidad, el Sputnik 1. El proyecto había sido liderado por Serguéi Koroliov. El Sputnik llevaba a bordo un radiofaro el cual emitía una señal en las frecuencias de 20 y 40 MHz, la que podía ser recibida por simples receptores en tierra. Estados Unidos no se quedaría atrás. La primera voz humana retransmitida desde el

espacio fue la del presidente norteamericano Dwight D. Eisenhower, cuando en 1958 en el contexto del proyecto SCORE se puso en órbita un misil ICBM Atlas liberado de su cohete acelerador con un mensaje de Navidad grabado por el dirigente. La grabadora podía también almacenar mensajes para retransmitirlos más tarde, lo que dio origen a los llamados satélites de retransmisión diferida. Un satélite posterior de este tipo fue el Courier 1B, lanzado el 4 de octubre de 1960. Este satélite militar podía almacenar y retransmitir hasta 68.000 palabras por minuto, y empleaba células solares en lugar de los acumuladores limitados del SCORE. Poco tiempo después, Estados Unidos puso en órbita sistemas pasivos. Los Echo 1 y 2 eran grandes globos reflectores. Los ingenieros concluyeron que era necesario un sistema de transmisión activo [189].
El primer satélite de comunicaciones verdadero, el Telstar 1, fue lanzado a una órbita terrestre baja, de 952 x 5651 km. Era también el primer satélite de financiación comercial, a cargo de AT&T. Estaba diseñado para transmitir una señal de televisión, 600 canales unidireccionales de telefonía (simulados con ruido) y 12 canales bidireccionales de telefonía [190].

John R. Pierce
1910 - 2002

Telstar fue desarrollado en los laboratorios Bell, a cargo de John R. Pierce [191]. El Telstar 1 se lanzó el 10 de julio de 1962. Las estaciones terrestres estaban situadas en Andover, Maine (Estados Unidos), Goonhilly Downs (Reino Unido) y Pleumeur-Bodou (Francia). Salvo por dos incidentes, todo funcionó perfectamente. El primer incidente consistió en pequeños problemas en la estación terrestre, que fueron rápidamente solucionados. El segundo incidente, se debió a no haber previsto que al estándar de polarización utilizado en Gran Bretaña era diferente al utilizado en Estados Unidos. La transmisión entre Estados Unidos y Francia fue excelente desde el comienzo. El problema de polarización fue resuelto, y el 23 de julio de 1962 se emitió la primera transmisión televisiva internacional.

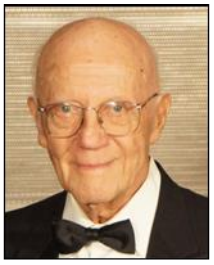


El Telstar antes de su lanzamiento [190]

1962 Hasta el momento, salvo en alguna aplicación militar o de laboratorio, todas las comunicaciones existentes eran analógicas. Las técnicas de digitalización de la voz (PCM) desarrolladas por Alec Reeves en 1937 no habían encontrado aplicación práctica, hasta 1962, año en el que es instalado el primer sistema de transmisión digital, al que llamaron “T1”. Dado que en el mismo año se había puesto en órbita el Telstar 1, la “T” indicaba “Terrestre” (aunque en varios artículos se menciona que la “T” indica “Transmisión”). El proyecto había comenzado en 1956, liderado por el Ingeniero Frederik T. Andrews, quien trabajaba para los Laboratorios Bell. Se puede leer la visión del Ingeniero Andrews, y cómo fue diseñado el sistema en [192]. Luego de algunas pruebas infructuosas, finalmente fue puesto en servicio el primer sistema comercial en 1962. El sistema, aún vigente y de gran difusión durante décadas, consiste en digitalizar y multiplexar 24 conversaciones telefónicas en un flujo digital de 1.544 Mb/s. La primera instalación comercial se realizó en Chicago [193].

Frederik T. Andrews
1926 - 2013

1963 La “Western Electric” lanza al mercado el primer teléfono de tonos, el modelo 1500. Este teléfono tenía 10 botones (0 al 9). El * (asterisco) y el # (numeral) fueron introducidos en 1967, en el modelo 2500. Los teléfonos de tonos utilizan una matriz de 4 filas por 4 columnas. Cada fila y cada columna corresponden a una frecuencia determinada. Al pulsar un dígito, el teléfono genera una señal compuesta por la suma de dos frecuencias, que pueden ser luego fácilmente detectadas en la central telefónica, por medio de filtros adecuados. La elección de este sistema de señalización se basa en el trabajo de Leo Schenker, de 1960, en el que se estudian varios posibles sistemas de señalización y se concluye que el de tonos multifrecuentes es el mejor [194].



Leo Shenker
1922 - 2014

Teléfono de tonos, sin las teclas * y #

1963 Un comité formado por representantes del gobierno de Estados Unidos y la industria desarrolla el código ASCII (American Standard Code for Information Interchange), para permitir el intercambio de información entre computadores desarrollados por diferentes empresas.
El código incluía la identificación de las letras del alfabeto inglés (A a Z, pero sin tildes, ñ, etc.), los números (0 al 9), caracteres de puntuación y algunos caracteres especiales (como “retorno de carro”, “salto de línea”). Cada carácter se representa mediante un conjunto de 7 bits, permitiendo por lo tanto un total de 128 caracteres. La estandarización de palabras de 8 bits (“bytes”) fue establecida posteriormente, en 1964, con el lanzamiento del modelo 360 de IBM.

ASCII Alphabet			
A	1000001	N	1001110
B	1000010	O	1001111
C	1000011	P	1010000
D	1000100	Q	1010001
E	1000101	R	1010010
F	1000110	S	1010011
G	1000111	T	1010100
H	1001000	U	1010101
I	1001001	V	1010110
J	1001010	W	1010111
K	1001011	X	1011000
L	1001100	Y	1011001
M	1001101	Z	1011010

Código ASCII de 7 bits

1964 En 1964, Paul Baran hace pública una serie de trabajos "sobre comunicaciones distribuidas" realizados en la RAND (organización sin fines de lucro orientada a la investigación y el desarrollo, patrocinada originalmente por el Ejército de los Estados Unidos). Paul Baran, un Ingeniero nacido en Polonia [195], sentó las bases teóricas de las redes de paquetes, que actualmente utilizan las redes LAN, WAN e Internet. Baran trabajó inicialmente en la Eckert Mauchy Computer Company, en la época del diseño de ENIAC y UNIVAC. Sin embargo, su trabajo en este período consistió en el estudio de los tiempos medios entre fallas de cada uno de los componentes, y en base a ellos en la predicción del tiempo medio entre fallas de estos computadores. Luego de su estudio llegó a la conclusión de que era prácticamente imposible que estos equipos funcionaran, por lo menos de manera suficientemente confiable, por lo que decidió cambiar de trabajo.

Paul Baran
1926 -2011

Trabajó en radio telemetría para el ejército, y en procesamiento de datos de radares, y durante las noches, asistió a clases complementarias en la UCLA. Sobre fines de la década de 1950 comenzó a trabajar en la RAND. En plena "Guerra Fría", uno de los problemas que preocupaban al Ejército Norteamericano era la vulnerabilidad de sus comunicaciones. Baran realizó un estudio de la red telefónica instalada (esencialmente la red de larga distancia, de AT&T), llegando a la conclusión que la misma era sumamente vulnerable a ataques, ya que, si dejaban de funcionar algunas pocas centrales telefónicas claves, podían quedar incomunicados un gran número de puntos estratégicos. Pensando en el diseño de una red mucho más confiable, Baran llegó a la conclusión que dicha red debía ser digital, en forma de malla, y debían utilizarse pequeños "bloques de mensajes" que debían ser transmitidos desde el origen hasta el destino, pasando por los nodos intermedios, en dónde se regeneraría la señal y se decidiría el mejor enrutamiento para cada "bloque de mensaje". Según sus cálculos, esta red era perfectamente realizable, económicamente viable y sumamente robusta, ya que ninguna falla puntual podía dejar incomunicada a gran parte de la red. Los conceptos básicos fueron descritos en 12 publicaciones internas de la RAND y luego compilados y publicados en "On Distributed Communications" [196].

Baran presentó sus trabajos a los altos jerarcas de AT&T, ya que parecía la empresa ideal para realizar los desarrollos prácticos y la implantación de este tipo de red. Sin embargo, la mayoría de estos jerarcas no entendieron los nuevos conceptos (la telefonía en la década de 1960 era analógica, y los conceptos de conmutación digital eran inexistentes hasta el trabajo de Barban), y sus trabajos no tuvieron receptividad en esta compañía [197].

1964 IBM lanza al mercado el sistema S/360. Este nuevo modelo reemplazó las líneas de productos previos de IBM, con una familia de nuevos productos compatibles entre sí, y utilizando una nueva arquitectura en formato de 8

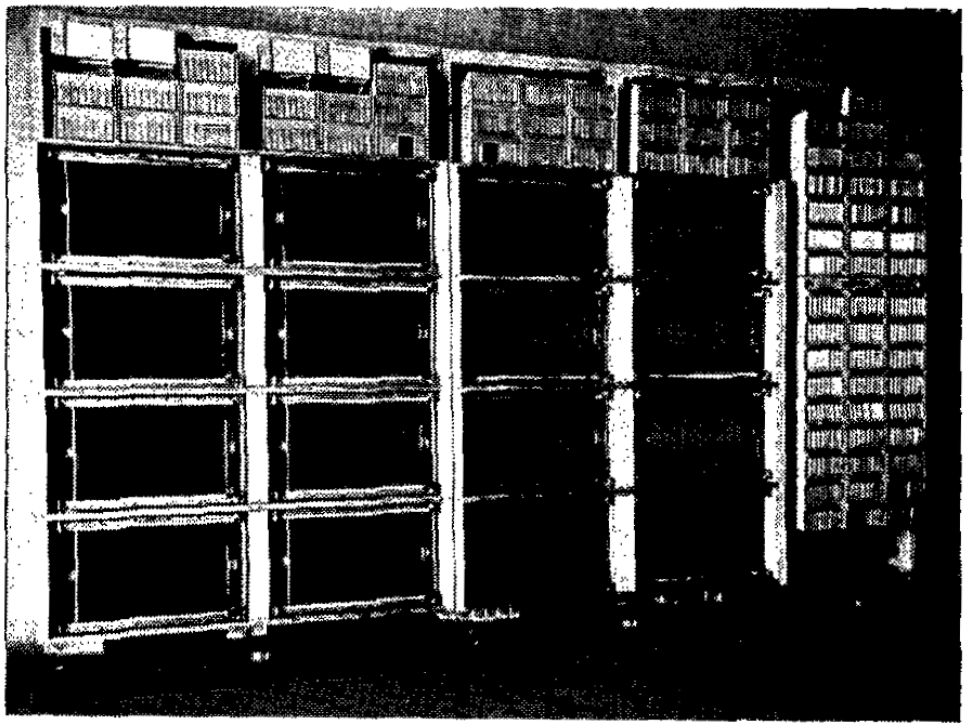
bits, lo que se continúa usando en todas las computadoras hasta el momento [198]. Para esta serie de computadoras se escribió el primer sistema operativo comercial, conocido como Disk Operative System o DOS/360 [199]. Uno de los principales clientes de IBM de sus S/360 fue la NASA. El Modelo 75 del S/360 fue el que procesó los datos del primer aterrizaje lunar, en el Centro de la NASA en Houston, Texas. Fue una de las cinco máquinas System/360 utilizadas por la NASA para la misión Apolo 11 y la misma computadora que luego calculó los datos de despegue que necesitaban los astronautas Neil Armstrong y Edwin Aldrin para el vuelo de regreso a la Tierra.

IBM System/360 en la NASA [198]

1965 Luego de 10 años de desarrollo, y a 17 años del invento del transistor, es instalada la primera central telefónica pública electrónica, en Succasunna, Nueva Jersey [200]. El modelo 1 ESS, desarrollado en los laboratorios Bell, utilizaba 55.000 transistores y 160.000 diodos, además de los correspondientes componentes pasivos. Estos componentes estaban dispuestos en cientos de placas electrónicas. La conmutación de esta central telefónica era realizada con relés, que memorizaban su último estado, por lo que únicamente requerían corriente para cambiarlos de estado (es decir, en el establecimiento y corte de las comunicaciones). El procesamiento era realizado por una CPU duplicada, en la que se comparaba paso a paso el resultado de cada operación. El programa era almacenado en memoria, introduciendo por primera vez el concepto de "Control por Programa Almacenado" (Stored Program Control), un nombre para indicar que la central telefónica disponía de memorias electrónicas.

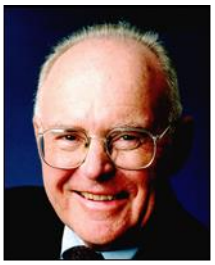
Raymond Ketchledge
1919 - 1987

La nueva CPU electrónica permitió incorporar algunas nuevas funciones, como ser “desvíos de llamadas” y “discado abreviado”. Desde el punto de vista de la conmutación, la 1 ESS seguía siendo una central analógica, ya que el audio no era digitalizado. Raymond W. Ketchledge fue el líder del proyecto, trabajando como director del “Electronic Switching Laboratory” para los laboratorios Bell [201].

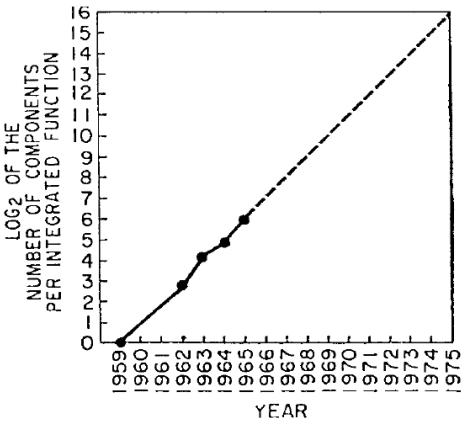


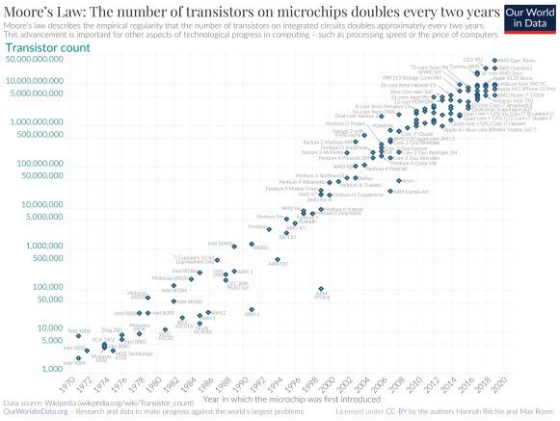
Unidad de almacenamiento de memoria de la 1 ESS.
Podía almacenar 5.8 Megabits [200].

1965 Gordon Moore publica el artículo titulado “Cramming More Components onto Integrated Circuits” [202], donde predecía el desarrollo de la electrónica de circuitos integrados, estableciendo que la cantidad de componentes en un mismo circuito se duplicaría cada año. Se basó en el desarrollo de los primeros cuatro circuitos integrados, y en su visión de esta naciente industria. Esta tendencia a la miniaturización es conocida como la “Lay de Moore”, y salvo porque la duplicación se produce cada 18 a 24 meses, aún sigue vigente (aunque ya hay quienes afirman que se está llegando al final de la “Ley de Moore”, debido a límites físicos de la miniaturización).



Gordon Moore
1929 -





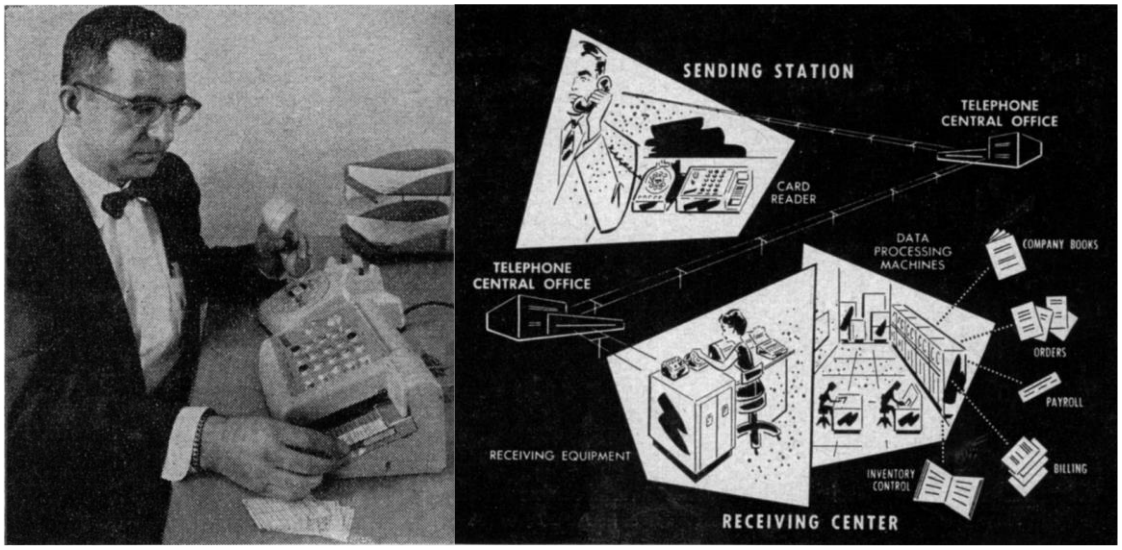
Ley de Moore: Cantidad de transistores por circuito integrado.
Izquierda: Gráfica presentada en el artículo original de Moore [202]. Derecha: La evolución de 1970 a 2020 [203].

1966 A comienzos de la década de 1960, se diseñó el primer MODEM, al que la Western Electric llamó "Dataphone". Este dispositivo convertía datos en señales acústicas que podían ser transportadas por la red telefónica. El Dataphone estaba basado en los trabajos de A.W. Morten y H.E. Vaughan de 1955 [204]. La primera aplicación para el Dataphone, presentada en 1959, consistía en poder ingresar datos remotos a computadoras centrales, como se puede ver en las figuras más adelante [205]. Sin embargo, no fue hasta 1966 que las aplicaciones prácticas pudieron funcionar, gracias a los trabajos de John Van Geen, del Stanford Research Institute, que permitieron detectar correctamente la información, aun en líneas con ruidos [206].

Van Geen necesitaba conectarse a un computador central, mediante líneas telefónicas de larga distancia. Los módems existentes en aquella época (instalados por las compañías Bell), tenían malos resultados, debido a los ruidos existentes en las comunicaciones de larga distancia. Van Geen trabajó en el diseño de un MODEM con acoplamiento acústico que sea inmune a los ruidos de la línea telefónica, y apto para ser utilizado con cualquier teléfono de la época. En aquellos momentos, estaba prohibido conectar a las líneas telefónicas cualquier dispositivo que no fuera diseñado y vendido por la propia compañía telefónica. Los módems de acoplamiento acústico se acoplaban a los tubos o microteléfonos del aparato que instalaba la propia compañía telefónica, por lo que de esta manera no se violaba la legislación existente [207][208]. Las ideas fueron patentadas por Van Geen en 1967 [209].

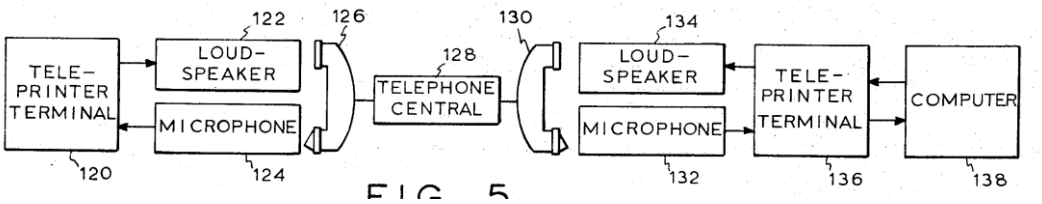
Este tipo de módems, con acoplamiento acústico, fue usado hasta la década de 1980.

Los primeros módems trabajaban a 300 y 1200 bits por segundo (bps), con modulación FSK. Sobre fines de la década de 1960, aparecieron módems de 4800 bps, utilizando modulación PSK, y de 9600 bps usando QAM con constelaciones de 16 puntos.



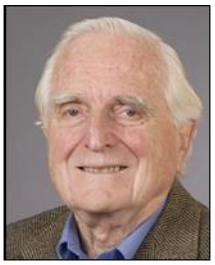
Izquierda: Un Ingeniero prueba el Dataphone desarrollado por Western Electric. Después de llamar por teléfono al centro de recepción, está listo para enviar datos comerciales a través de un lector de tarjetas compacto. Esto se puede hacer usando pequeñas tarjetas perforadas o los botones numerados que tiene el aparato [205].
Derecha: Diagrama general de funcionamiento para recolección remota de datos [205].

Izquierda: Uno de los primeros módems de acoplamiento acústico, fabricado en 1968 [208].
Derecha: Modem con acoplamiento acústico comercial, en formato portable.

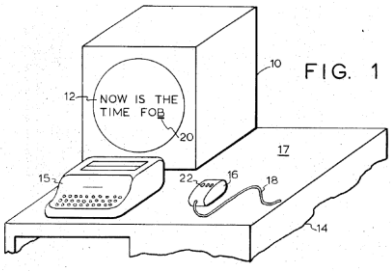


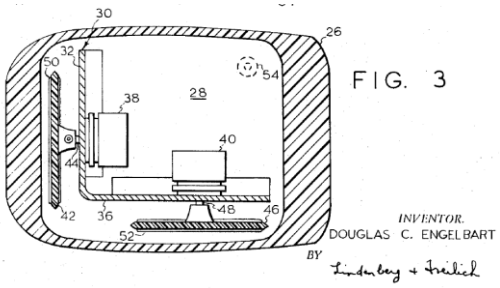
Esquema general de funcionamiento del modem de acoplamiento acústico de Van Geen [209]

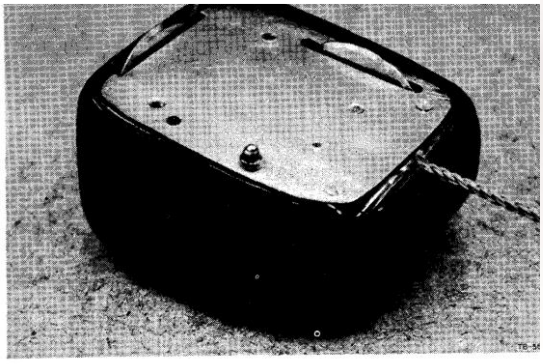
1967 Entre 1967 y 1968, Douglas Engelbart, quien era director del "Augmentation Research Center", del Instituto de Investigación de Stanford, propuso varios dispositivos para mejorar la interfaz entre las personas y las computadoras. Entre ellos, destaca uno que se continúa utilizando ampliamente hasta ahora: El ratón o mouse. Su invento fue patentado en 1967 [210] y presentado, junto con otras ideas innovadoras, en el trabajo titulado *"A research center for augmenting human intellect"* [211], mostrado en público en una increíble presentación en 1968 (algunos la llaman "la madre de todas las presentaciones" [212]), que se puede ver en línea [213].



Douglas Engelbart
1925 – 2013







Arriba: Figuras en la Patente de Douglas Engelbart [210].
Abajo: Dispositivo de "mouse" diseñado por Douglas Engelbart [211].

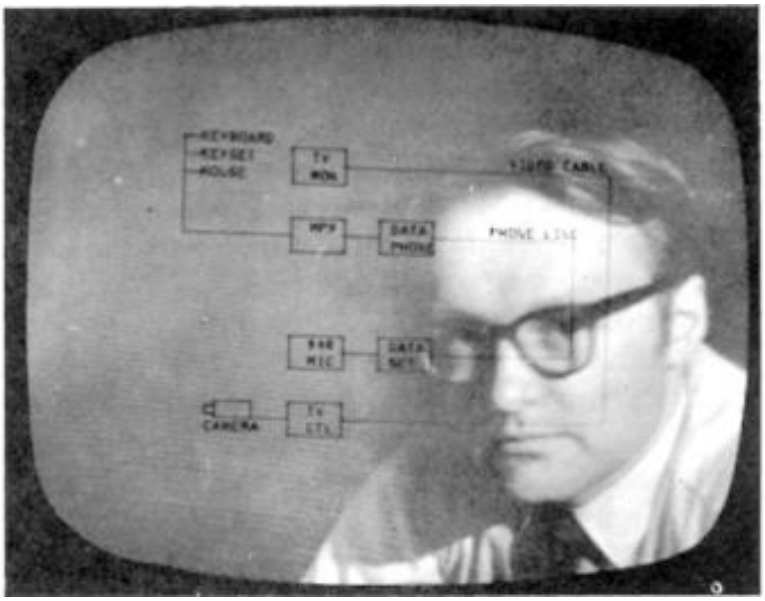
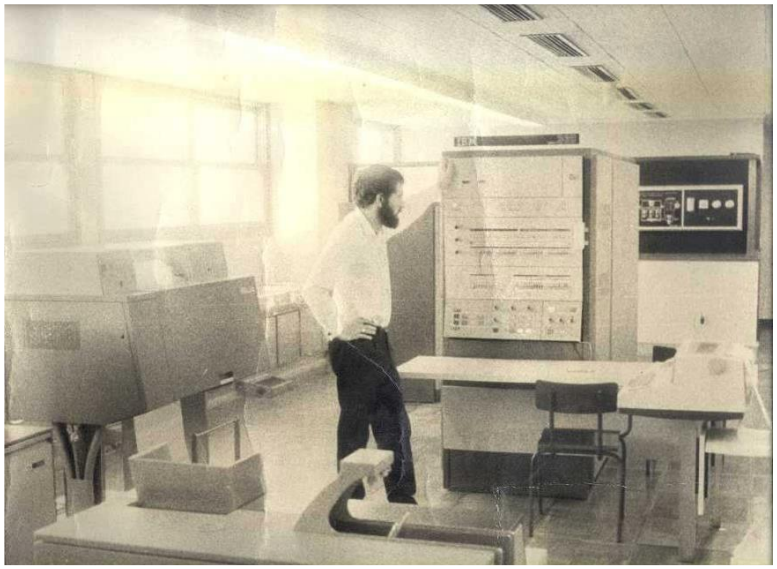


Imagen de la presentación de Douglas Engelbart
(notar la superposición entre la imagen del disertante y la exposición) [213].

1968 En diciembre de 1968 un sistema IBM S/360 se instaló en el 5to piso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República de Uruguay. En ese momento, en toda América Latina había dos equipos científicos del porte de la IBM 360/44, uno en el Instituto Balseiro –Centro de Energía Atómica de Argentina- y en un Instituto de Porto Alegre. El Ing. Juan Carlos Ruglio comenta que *"Con gran orgullo se mencionaba que tenía 128Kb de memoria RAM, en núcleos de ferrita del tamaño de una cabeza de alfiler cada bit, ocupando el grueso espacio dentro del mueble. El CPU, la memoria principal y la unidad de discos estaban en un mueble parecido a un ropero de 2 metros de largo por 0.80 de frente y por 1.70 metros de alto. Sobre el techo de este mueble la temperatura normal era de 52 grados (medida con termómetro). En Uruguay, el otro 360 que existía era el modelo /40 del Banco Comercial, el BROU [Banco República] tenía un IBM 1401, operaban con 8 y 12 Kb de memoria"* [214].



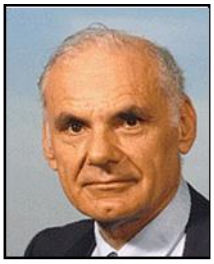
Gastón Gonet, junto a la IBM SYSTEM/360-44, ya instalada en su sala en 1969 [215].

1969 En julio de 1969, luego de casi 10 años de carrera espacial, el Apolo 11 desciende sobre la Luna. Neil Armstrong realiza la primera transmisión televisiva desde otro mundo, con su famosa frase *"...es un pequeño paso para un hombre, pero un gran salto para la humanidad..."*. El Presidente de Estados Unidos, Richard Nixon, realizó una llamada telefónica, desde la Casa Blanca en Washington, a la Luna, a más de 380.000 km. El dialogo comenzó así: *"Hola, Neil y Buzz, les estoy hablando desde el Despacho Oval de la Casa Blanca y seguramente esta será la llamada telefónica de mayor relevancia histórica que haré desde la Casa Blanca…"* [216].
Las imágenes de televisión fueron tomadas con cámaras especialmente diseñadas para las misiones Apolo, de 320 líneas y 10 cuadros por segundo [217]. Las conversaciones de voz fueron limitadas a un ancho de banda de 2.5 kHz [218].

Richard Nixon en llamada telefónica con los astronautas en la luna [216]

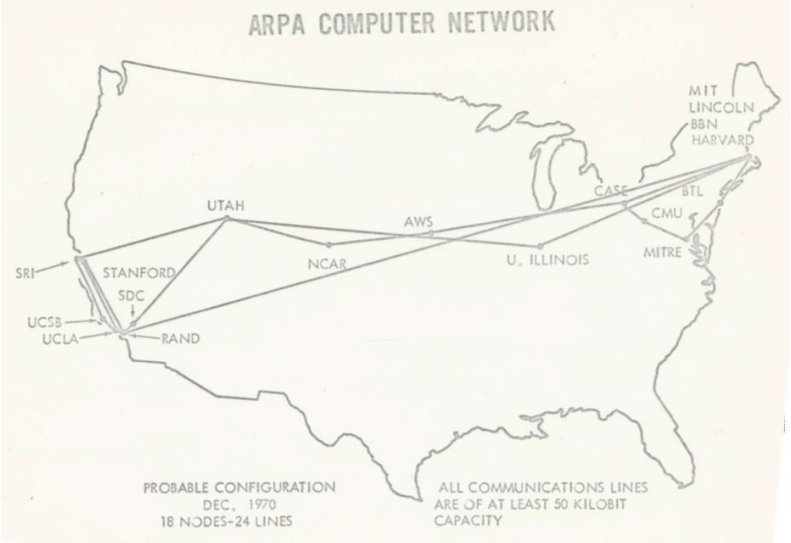
1969 En 1969, mientras Armstrong caminaba sobre la Luna, entraba en funcionamiento la primera red de computadoras, la ARPANET, consistente en 4 nodos, ubicados en la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), el Stanford Research Institute (SRI), la Universidad de Utah, y la Universidad de California en Santa Bárbara. El proyecto había comenzado en 1962, en la Advanced Research Projects Agency (ARPA), una de las agencias de investigación del Departamento de Defensa Norteamericano. En este año, el Dr. J.C.R. Licklider fue nombrado Director del departamento Information Processing Techniques (IPTO) del ARPA, con el fin de estudiar cómo debía ser la red de comunicaciones del ejército. Licklieder había publicado anteriormente un trabajo acerca de la interacción cooperativa entre hombres y computadoras. En este trabajo, Licklieder presenta un futuro en el que los hombres y las computadoras vivirán en simbiosis, dependientes uno del otro: *"... parece razonable prever, para dentro de 10 a 15 años, un 'centro pensante', que incorporará las funciones actuales de las bibliotecas, con varias mejoras en el almacenamiento y búsqueda... La imagen es la de una red de estos centros, conectados entre si con líneas de comunicaciones de gran ancho de banda y a usuarios individuales por medio de servicios*

Joseph Carl Robnett Licklider
1915 - 1990



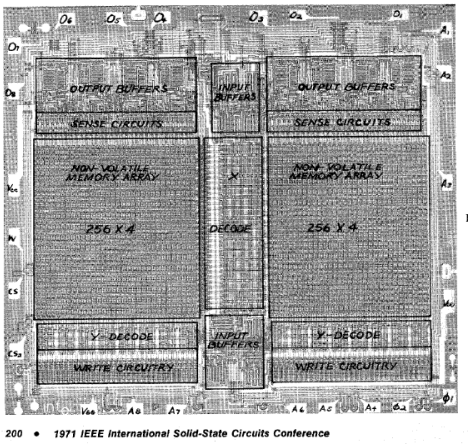
Lawrence G. Roberts
1937 - 2018

cableados contratados. En este sistema, la velocidad de las computadoras será balanceada, y el costo de las gigantescas memorias y los sofisticados programas necesarios serán divididos entre el número de usuarios..." [219]. Si bien el artículo pudo haber subestimado los plazos y en algunos aspectos las dificultades de la inteligencia artificial (mencionada en el artículo), es sin duda, una acertada predicción aventurada para la época en que fue publicada (1960). Licklieder entendió que las futuras redes debían ser digitales, con conmutación de paquetes (tal como lo estaba proponiendo Baran desde la RAND) y debían conectar a todas las computadoras existentes. Lick (como era conocido en la ARPA), llamó a ésta la "Red Intergaláctica" ("Inter-Galactic Network"). Licklieder sentó las bases del trabajo que daría lugar a ARPANET. En 1966 Robert Taylor tomó el lugar de Licklieder, y contrató al Dr. Lawrence (Larry) G. Roberts como responsable del proyecto ARPANET, que llegó a sus primeros logros en 1969. En un resumen de sus trabajos, publicado en 1971, Larry Roberts indica *"...lo que se necesitaba era un servicio de mensajes en el cual cualquier computadora pueda transmitir un mensaje destinado a cualquier otra computadora y estar segura que será entregado correcta y rápidamente..."* [220]. El mismo Roberts describe brevemente el funcionamiento: *"ARPANET utilizó minicomputadores en cada nodo que iba a ser atendido por la red, interconectados de manera totalmente distribuida por líneas dedicadas, con capacidad de 50 kbits por segundo. Cada minicomputador toma bloques de datos de los equipos y terminales conectados a él, los subdivide en paquetes de 128 bytes y agrega un encabezado que especifica las direcciones de origen y destino; luego, basándose en una tabla de enrutamiento actualizada dinámicamente, el minicomputador envía el paquete a través de la ruta más rápida que esté disponible hacia el destino. Al recibir un paquete, el siguiente minicomputador lo reconoce y repite el proceso de enrutamiento de forma independiente. Por lo tanto, una característica importante de ARPANET es su algoritmo de enrutamiento dinámico, completamente distribuido, paquete por paquete, basado en una evaluación continua dentro de la red de las rutas de menor retardo, considerando tanto la disponibilidad de la línea como la longitud de la cola."* [221]. Fue el nacimiento práctico de la conmutación de paquetes y de Internet.



Diseño de Arpanet según presentación de Larry Roberts en 1969 [222]

1970 IBM introduce al mercado el modelo S/370, como sucesor de su exitoso S/360. Uno de los principales cambios es el uso de las primeras memorias de "estado sólido" ("monolithic main memory"), en reemplazo de los núcleos magnéticos ("magnetic core memory") [223]. Esta nueva técnica de memorias RAM fue diseñada por J. K. Ayling y R. D. Moore [224].



Microfotografía de una memoria monolítica de 2048 bits [224]

1970 Hasta comienzos de la década de 1970, los medios de transmisión utilizados en telecomunicaciones consistían en cables de cobre (pares trenzados o más recientemente cables coaxiales) y el vacío, utilizado en las comunicaciones inalámbricas. La teoría de utilizar la luz como medio de transmisión de información era muy antigua, pero técnicamente muy poco práctica. En 1880, Alexander Graham Bell demostró que la luz podía transportar señales de voz por el aire, sin necesidad de utilizar cables. El "Fotófono" de Bell reproducía voces

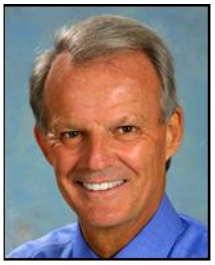
Charles K. Kao
1933 -2018

detectando las variaciones de luz que llegaban a un receptor. Su teoría era correcta, pero no era práctica.

El interés en las tecnologías de fibras ópticas comenzó a crecer significativamente por 1950, cuando se patentó un método que utilizaba un vidrio en forma cilíndrica, de dos capas como guía de onda para la luz.

Robert Maurer
1924 -

En los comienzos de 1960, se utilizó por primera vez un Láser como fuente de luz para las primeras fibras ópticas, con resultados asombrosos. Sin embargo, el alto costo de los láseres ópticos de aquella época impedía el uso comercial de esta tecnología. En la década de 1960, Charles K. Kao descubrió que las altas pérdidas de luz en las fibras ópticas eran debidas mayoritariamente a las impurezas del vidrio, y no a sus propiedades intrínsecas. Por este gran aporte, le fue otorgado el Premio Nobel de Física en 2009 [225].



Peter Schultz
1942 -

A principios de 1970, los ingenieros Robert Maurer, Peter Schultz y Donald Keck de la Corning Glass Works refinaron el proceso de construcción de las fibras ópticas, consiguiendo pérdidas de luz mucho menores, y permitiendo el uso de fuentes de luz de menor costo, como los LEDs. En 1970 consiguieron una pérdida menor al 1% en un kilómetro de fibra [226].

Donald Keck
1941 -

Como toda idea y tecnología nueva, no fue fácil el comienzo. Según los comentarios del propio Peter Schultz: *"Charles Kao básicamente recorrió el país y el mundo en diferentes laboratorios, tratando de animar a la gente a trabajar en este proyecto. Una de las empresas con las que contactó resultó ser Corning, lo que básicamente estimuló al jefe del laboratorio en ese momento a considerar que tal vez podríamos hacer algo. Bob Maurer de Corning comenzó a trabajar en 1966, en el laboratorio de investigación. Yo empecé a trabajar en Corning en 1967. A principios de 1968, Bob contrató a otro físico llamado Don Keck y convenció a mi jefe de que me dejara participar, porque Bob sentía que necesitaba a alguien capaz de fabricar materiales. Literalmente, los tres nos convertimos en el equipo de trabajo"* [227].

Tampoco resultaba sencillo vislumbrar en ese momento el potencial que tuvo este desarrollo. *"En 1972 no había computadoras personales, solo grandes mainframes de IBM que ocupaban salas enteras. Las calculadoras de mano ni siquiera existían. Pero lo que pensamos en ese momento fue que históricamente siempre existe la necesidad de mejorar el ancho de banda…. Inicialmente pensamos que tal vez usaríamos fibra óptica para algún tipo de video experimental, como el Picturephone de AT&T, en el futuro. Sabíamos que algún día esto iba a tener un gran impacto. Simplemente no estábamos seguros de cuándo sería 'algún día' ..."* [227].

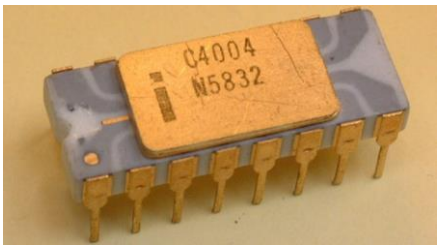
Peter Schultz observando el proceso de las primera Fibras Ópticas experimentales [227]

1971 Comienzan a comercializarse los primeros disquetes o “floppy disks”, diseñados en IBM [228].

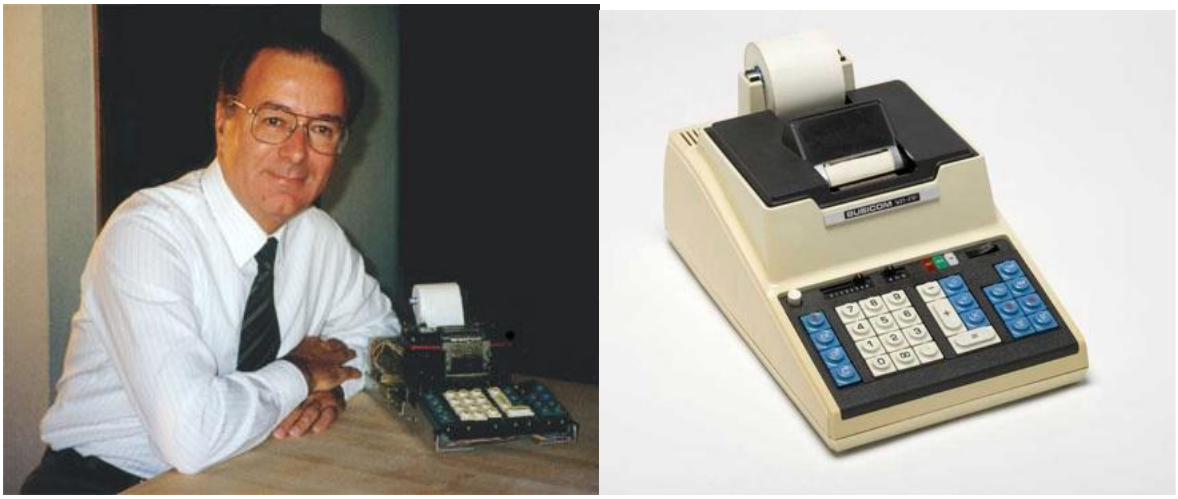
También en 1971 se corrió por primera vez un sistema operativo UNIX, sobre una computadora PDP-11 [229].

Federico Faggin
1941 -

En este mismo año, en la joven empresa INTEL, se desarrolló el primer microprocesador, conocido como el modelo 4004, que incluía 2.300 transistores [230]. El proyecto estuvo a cargo de Federico Faggin [231]. El primer uso práctico del microprocesador fue una calculadora, desarrollada por la empresa japonesa Busicom. Varios microprocesadores continuaron desarrollándose en la misma década de 1970’. Entre ellos el 8080 también desarrollado por Intel en 1974, el 6800 desarrollado en 1975 por Motorola y el 6502 desarrollado en el mismo año por la empresa MOS. En 1976 se destaca el desarrollo del Z80, de la empresa Zilog. Finalmente, y quizás los más conocidos, el 8086 y el 8088, desarrollados por Intel en 1978 y 1979 respectivamente.

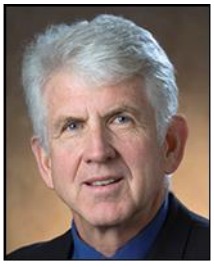


Primer microprocesador, Intel 4004


Izquierda: Federico Faggin con el prototipo de ingeniería original de la calculadora Busicom.
Derecha: Primera calculadora comercial basada en un microprocesador [232]

1972 A fines de 1972, la empresa Northern Telecom. (luego Nortel Networks, y finalmente comprada por la empresa Avaya) diseña la primera central telefónica privada (Private Branch eXchange o PBX) digital. En menos de 3 años, esta PBX (conocida como SG-1 o PULSE) fue instalada en más de 6.000 empresas. La PULSE fue rediseñada, convirtiéndose en una central privada totalmente digital, implementando conmutación digital por división de tiempo (TDM). Este nuevo modelo, fue conocido como SL-1 [233].

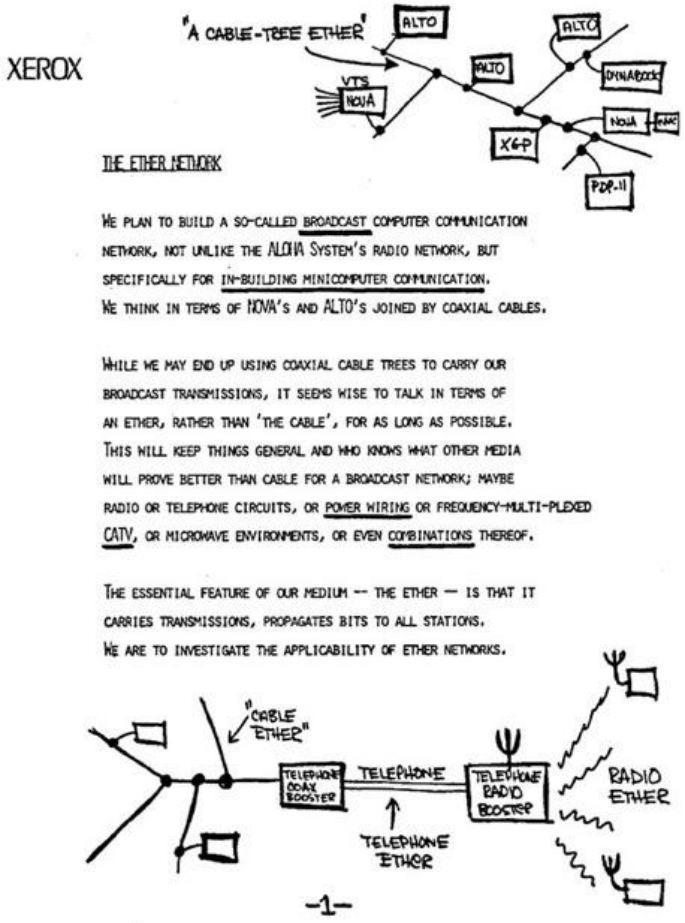
1973 En 1972, Robert (Bob) Metcalfe comenzó a trabajar para Xerox, en Palo Alto Research Center (PARC). Anteriormente, Metcalfe había trabajado en el proyecto ARPANET. Para una conferencia donde se haría una presentación de ARPANET, Metcalfe escribió el artículo "Scenarios for the Arpanet", y quedó a cargo de una demostración pública del sistema. Durante esta demostración, Metcalfe recuerda la siguiente anécdota, que refleja la resistencia al cambio que presentaba el nuevo paradigma de la comunicación de paquetes: *"Yo estaba sentado frente al terminal, un estudiante graduado con una gran y tupida barba roja, dando un paseo por esa red a diez ejecutivos de AT&T, todos ellos vistiendo elegantes trajes a rayas..., y en el medio de la demostración – por primera vez en tres días – el sistema dejó de funcionar.*


Robert Metcalfe
1946 -

Miré hacia arriba, y ellos... estaban felices de que no hubiera funcionado. Estaban sonriendo" [234]. En Xerox le fue asignada la tarea de desarrollar un mecanismo para interconectar los computadores que en ese momento se estaban desarrollando en la Compañía. Inspirado en los trabajos publicados por la Universidad de Hawaii, respecto a la red "Alohanet" [235], en 1973 Bob Metcalfe desarrolló una nueva tecnología de comunicación entre computadores, a la que llamó "Ethernet".

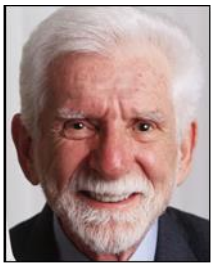
Ethernet fue tan exitosa, que en 1980 varias compañías la adoptaron. Digital, Intel y Xerox comenzaron a usarla, a velocidades de 10 Mb/s, convirtiéndola en un "estándar de hecho". En febrero de 1980 la Sociedad de Computación del IEEE realizó la primera reunión del "comité de estandarización de redes de área local" ("Local Network Standards Committee"), al que fue asignado el número 802 (simplemente el siguiente número secuencial de los proyectos que estaban en curso en la IEEE). En 1983 Ethernet es estandarizada como IEEE 802.3 (10 Base 5).

Metcalfe fundó en 1979 la compañía 3Com (las tres "Com" provienen de Computers, Communication, Compatibility), donde permaneció hasta 1990. Recibió numerosos reconocimientos y premios por sus aportes al desarrollo inicial de Ethernet [236].

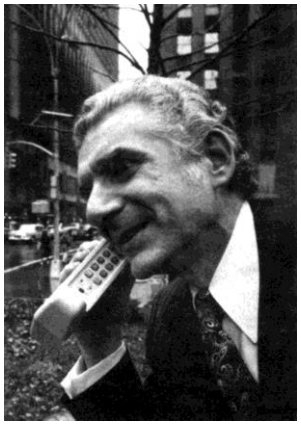


Memo fechado 22 de mayo de 1973, donde Metcalfe introduce el nombre Ether Network (Ethernet) y dos diagramas ejemplificando el concepto de funcionamiento [237]

1973 El Dr. Martín Cooper, en esos momentos Gerente General de la división de Sistemas de Comunicación en Motorola, realiza la primera llamada desde un teléfono celular. El 3 de abril de 1973. Cooper, caminando por las calles de Nueva York, realizó la llamada inaugural desde su flamante teléfono celular modelo Dyna-TAC, marcando el número de su colega y rival Joel Engel, quien trabajaba para los laboratorios Bell. Los laboratorios Bell habían introducido los conceptos de la tecnología celular en 1947, pero Motorola fue la primera compañía en diseñar y fabricar un teléfono móvil celular [238]. El invento había sido largamente esperado, y varias veces utilizado por Holywood en sus películas "futuristas", entre las que vale la pena recordar a la serie "Get Smart" ("El agente F86"), de 1965, con su famoso "Zapatófono", y al "Batífono", de 1966, utilizado por Batman (aunque este último no era un teléfono celular independiente, sino que estaba ligado al Batimóvil).

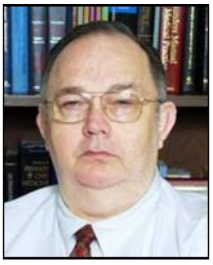


Martin Cooper
1928 -



Izquierda: Martin Cooper realizando la primera llamada celular, 1973 [239]. Derecha: Portada de la revista "Popular Science" de julio de 1973, donde se ve en primera plana el nuevo teléfono celular.

1974 Ed Roberts propuso el término Personal Computer (PC) para sus computadoras Altair 8800. Estas computadoras se ofrecían como un "kit para armar", y fueron vendidas por miles a través de pedidos por correo, lo que muestra que había una gran demanda de computadoras fuera de las universidades y las grandes corporaciones. A pesar de que su público era básicamente de "hobbistas", su influencia fue muy grande [240]. Altair utilizaba un procesador Intel 8088. El nombre de la máquina es tomado de la serie *Star Trek (un sistema planetario no habitado, en el "Sector 9")*.

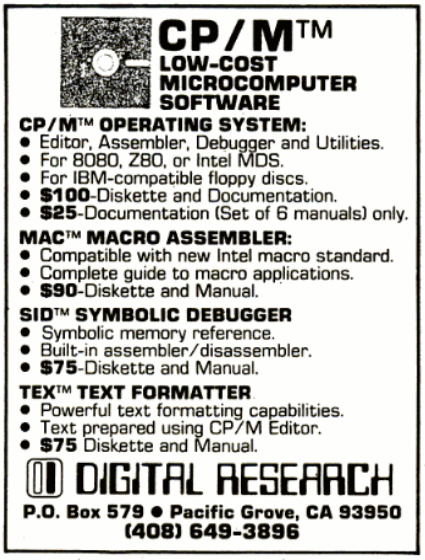


Ed Roberts
1941 - 2010

Izquierda: Portada de la revista "Popular Electronics" de enero de 1975. Derecha: Computadora Altair armada.

En este mismo año, Gary Kildall desarrolló el primer sistema operativo para microprocesadores, al que llamó Control Program for Microcomputers (CP/M), y fundó la empresa Digital Research, que llegó a ser la compañía de software para microcomputadoras más reconocida en esos años [241]. CP/M corría sobre el microprocesador 8080 de Intel y el Z80 de Zilog y fue utilizado en ALTAIR.

Gary Kildall
1942 - 1994



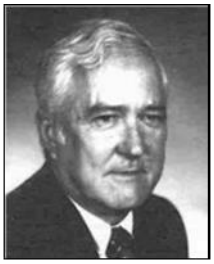
Izquierda: Anuncio de CP/M en "The Intelligent Machines Journal" (Infoworld), 11 de Diciembre 1978, pag. 5. Derecha: Anuncio de CP/M la revista "Infoworld", 29 de Noviembre de 1982, pag. 93.

1975 ALTAIR parecía tener buen futuro, pero necesitaba aplicaciones de software. El artículo de la revista Popular Electronics [242] inspiró a William H. (Bill) Gates III y Paul Allen (quienes tenían 19 y 23 años respectivamente) a desarrollar un intérprete BASIC para ALTAIR. Bill Gates y Paul Allen completaron el desarrollo y lo licenciaron a su primer cliente, la empresa MITS de Albuquerque, el fabricante de la computadora personal ALTAIR 8800. Este fue el primer programa de lenguaje informático escrito para una computadora personal. De esta manera nació la empresa Microsoft en 1975 [243]. En los siguientes años, la incipiente empresa también creó versiones de Basic para el exitoso Apple II y el TRS-80, de Radio Shack. Para 1978, Microsoft tenía 11 empleados [244].

Bill Gates
1955 -

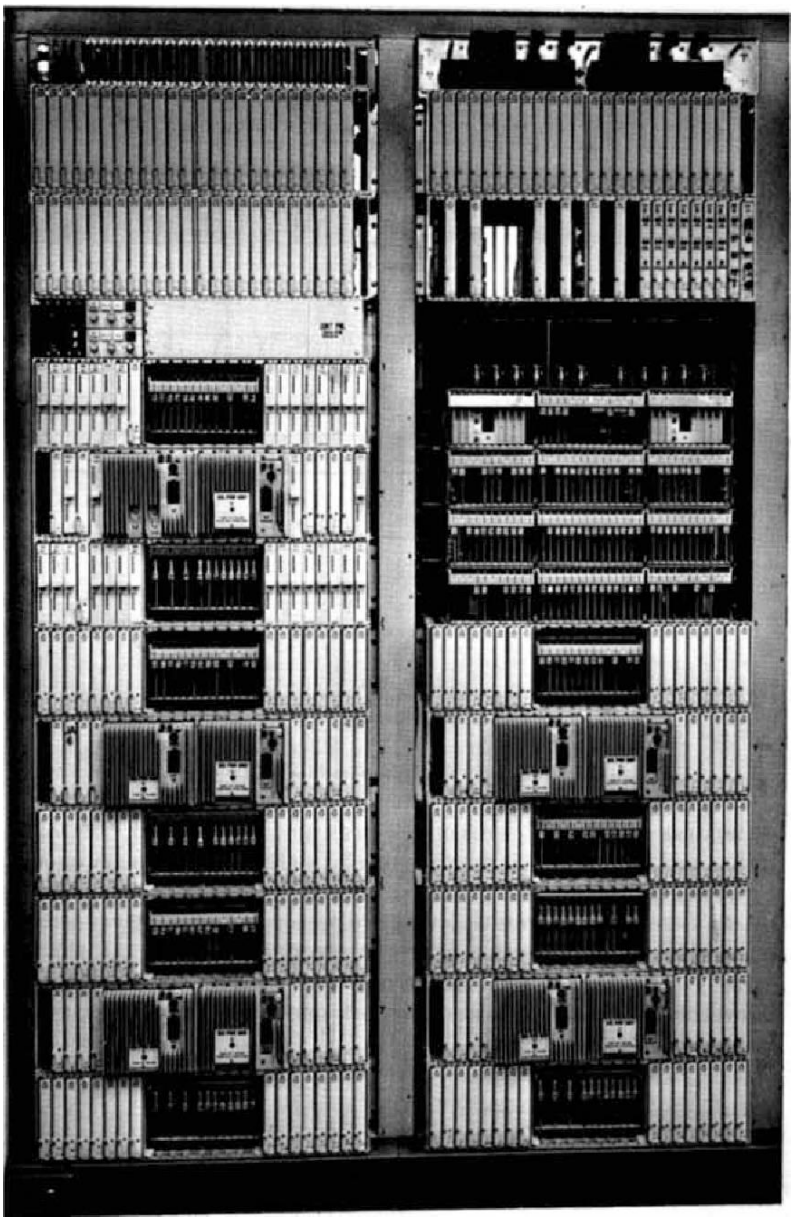
Microsoft en pleno en 1978

1976 En 1976 es inaugurada en Chicago la primera central telefónica pública con conmutación digital por división de tiempo (Time Division Multiplexing o TDM), la No 4 ESS [245]. El proyecto, de los laboratorios Bell, fue llevado a cabo por el Ingeniero H. Earle Vaughan.
La central telefónica podía conectar 550.000 llamadas por hora. El trabajo había comenzada en 1955, con el proyecto “Expermimental Solid State Exchange” (ESSEX), del cual Vaughan era el principal responsable. Durante el proyecto ESSEX, Vaughan sentó las bases para la conmutación digital, basándose en la técnica PCM y en la multiplexación por división de tiempo TDM. Entre 1962 y 1965, Vaughan estuvo a cargo del sistema 1 ESS. En 1968 comienza el proyecto 4 ESS, culminando en 1976 con la instalación



H. Earle Vaughan
1912 - 1978

de la primera central pública con conmutación digital. Vaughan se retiró luego de finalizado este proyecto.
Vaughan recibió la Medalla de Honor de la IEEE en 1977, *"por su visión, contribución técnica y liderzazo en el desarrollo del primer conmutador telefónico de alta capacidad con tecnología de modulación por impulsos codificados (PCM) y división temporal (TDM)"* [246].



Tarjetas de interfaces de voz, 4 ESS [245]

1976 Steve Jobs (anteriormente programador de juegos en Atari) y Steve Wozniak (que trabajaba en el sector calculadoras de Hewlett Packard) se unieron y fundaron la empresa Apple. Su primer producto fue el Apple I, diseñado ese mismo año por Wozniak. Utilizaba un procesador 6502 de la empresa MOS (que era mucho más barato que los 8080 de Intel o 6800 de Motorola), y tenía 4 kB de memoria. A diferencia de Altair, que se vendían como un kit para armar, la Apple I era una placa de circuito completamente ensamblada que contenía más de 60 chips. Sin embargo, los compradores debían agregar la fuente de alimentación, la caja, teclado, y varios otros elementos [247].

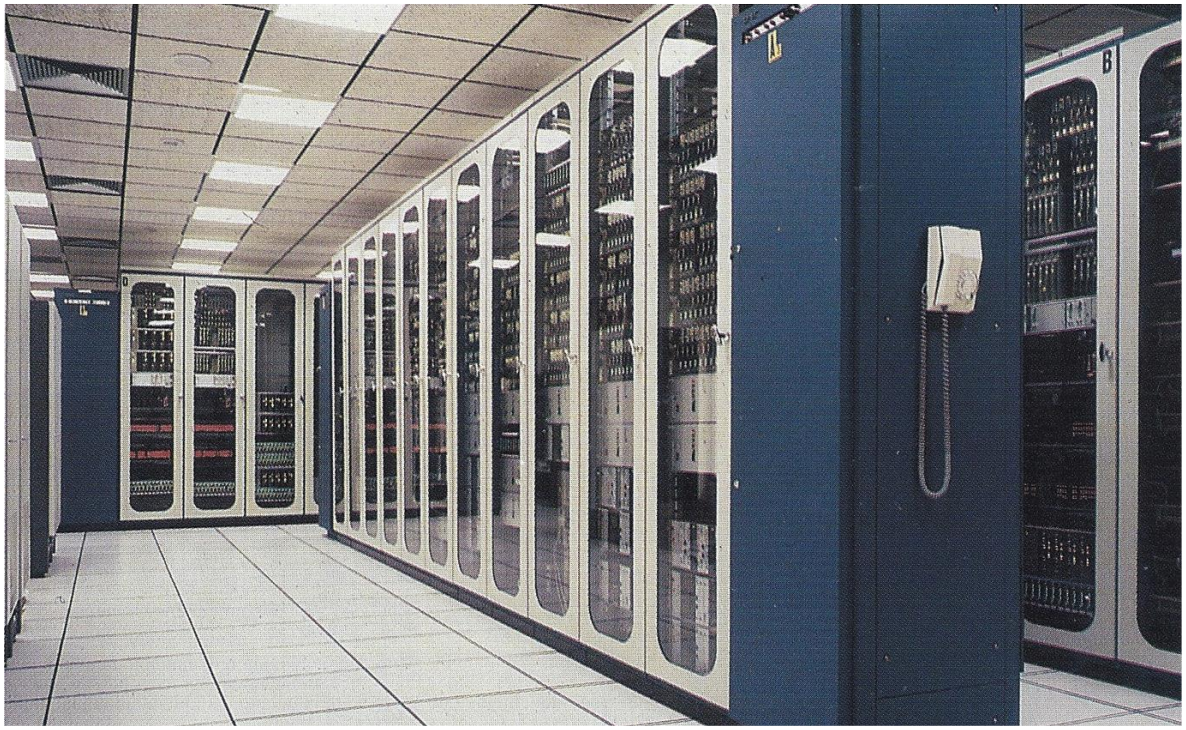
Steve Wozniak
1950 -

Tarjeta de la Apple I, en exposición en el "Computer History Musem"

1976 Con cinco redes públicas de paquetes en construcción en forma independiente en los años 1974 a 1975, surgió un fuerte interés para que se acordara un estándar internacional. Con este fin, varias partes interesadas realizaron un gran esfuerzo para acordar un protocolo de comunicación común, que sea aplicable a todas las redes en todos los países. El resultado fue la Recomendación X.25, del CCITT, adoptada en marzo de 1976 [248]. X.25 fue el primer protocolo utilizado en redes públicas de paquetes de amplia difusión y relativo bajo costo. Se basó en el paradigma de "Circuitos Virtuales", emulando conexiones punto a punto (como las telefónicas) sobre las nacientes redes de paquetes. Fue muy popular a fines de los años 1970' y durante toda la década del 1980'. Rémi Després, quien estaba a cargo de del área de R&D de la Postes,

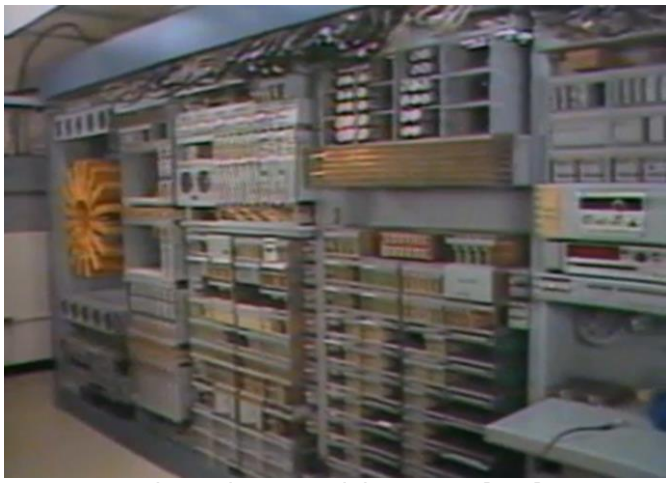
Rémi Després
1943 -

Télégraphes et Téléphones (PTT) de Francia, fue uno de los principales responsables del diseño y desarrollo del protocolo. Després fue el primer Director Técnico a cargo de la red francesa TRANSPAC, brindando servicios X.25 desde 1978 hasta 2011 [249]. Lawrence Roberts, que trabajaba en la empresa Telenet desde el año anterior, también realizó aportes al diseño del protocolo.



CP50, Conmutador X.25 en Transpac, Francia [249]

1977 El primer prototipo de sistema celular comercial es instalado en Chicago, por AT&T, en 1977, en una prueba piloto [250]. El sistema estaba basado en la tecnología Advanced Mobile Phone Service (AMPS). En 1978, más de 2000 celulares son probados por el público. En 1979 el primer sistema celular comercial comenzó a funcionar en Tokio.



Primer sistema celular AMPS [250]

1977 Se comienzan a comercializar las primeras computadoras Apple II [251]. Como evolución de la Apple I, este nuevo diseño consistía en un equipo completamente funcional. Fue realmente la primera "computadora personal" con amplia difusión. Utilizaba un procesador 6502, y podía tener entre 4 kB y 64 kB de memoria RAM, con lenguaje BASIC en ROM. En 1978 se introdujeron disqueteras de 5 ¼".

Computadora Apple II con dos disqueteras

1978 DEC lanza al mercado el modelo VAX 11/780 [252]. Fue la primera computadora comercial con arquitectura de 32 bits y la máquina universitaria por excelencia a fines de los 1970' y principios de los 1980'. Fue tomada como patrón de medida para comparar el desempeño de otras computadoras, ya que podía ejecutar un millón de instrucciones por segundo (MIPS).

1979 El naciente mercado de computadores personales necesitaba de aplicaciones. En 1979 sale al mercado la primer *killer application* para la Apple II: Visicalc. Fue la primera planilla electrónica, y terminó de imponer el

concepto de “computadora personal” y agilizar las ventas de la Apple II, que ahora tenía un uso comercial. Fue desarrollado por Daniel Bricklin [253].

Visicalc

1981 La televisión en color llegó a Uruguay el 25 de agosto de 1981. Las emisiones en color se hicieron en forma experimental en 1980 durante la Copa de Oro de Campeones Mundiales (“Mundialito de fútbol”) para las retransmisiones al exterior.

1981 IBM lanza al mercado su primera computadora personal, el modelo PC 5150. Fue el resultado de un desarrollo muy rápido, como respuesta al éxito de ventas de la Apple II. Donald Estridge fue líder del grupo encargado de realizar el diseño. Estaba basado en un microprocesador Intel 8088 de 16 bits. Tenía 64 KBytes de memoria RAM (aunque modelos posteriores llegaban a 256 KBytes), disquetera y varios “slots” de expansión, en una arquitectura abierta. Su sistema operativo fue el DOS, comprado a la joven empresa Microsoft. Ejecutivos de IBM visitaron primero a Gary Kildall, presidente de Digital Research, pero no llegaron a un acuerdo para utilizar el sistema operativo de CP/M (algunos historiadores lo consideran el mayor error empresarial del siglo XX) [241]. IBM no estaba interesado en tomar responsabilidad sobre el sistema operativo, y dejó a Microsoft libertad, tanto en la forma de realizarlo en el escaso tiempo que requerían, como de utilizarlo de la manera que quisieran. Este fue también un gran error estratégico de IBM, que perdió de ganar millones, y en su lugar, llevó a Microsoft a su despegue comercial. Luego de cerrar el acuerdo con IBM, Bill Gates comprendió que no tendría el tiempo suficiente para desarrollar su propio sistema operativo, por lo que compró a Tim Paterson el software llamado QDOS, que estaba basado en

Donald Estridge
1937 -1985

el CP/M de Gary Kildall. Esta fue la base del sistema operativo vendido por Microsoft y utilizado por IBM en sus primeros computadores personales.

PC 5150 de IBM

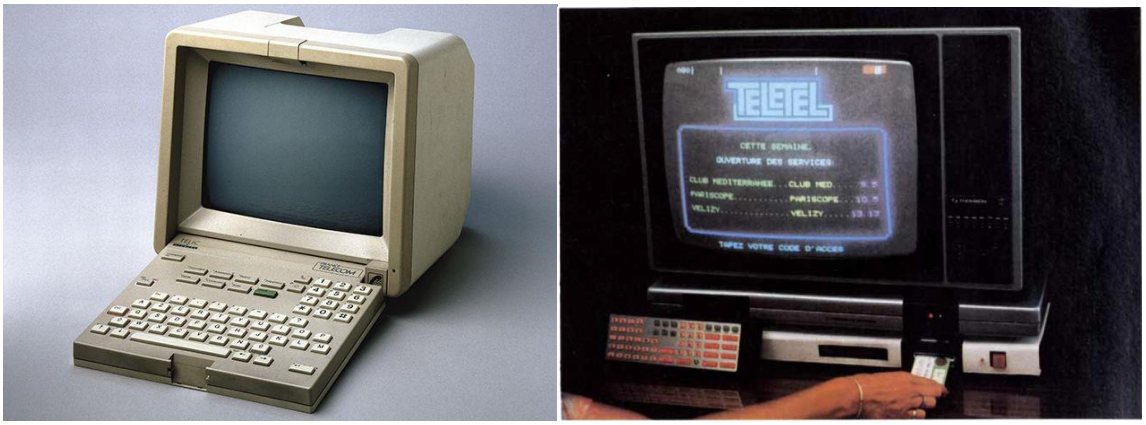
1982 En 1982 la FCC autoriza el servicio comercial de telefonía celular en Estados Unidos [254]. Un año después, en 1983, el primer sistema comercial con tecnología Advanced Mobile Phone Service (AMPS) comienza a funcionar en Chicago, luego de 35 años de introducidos los primeros conceptos de la telefonía celular, y a 10 años de la fabricación del primer teléfono celular.

Por su lado, la introducción de la telefonía celular en Europa comenzó en 1981, con el sistema Nordic Mobile Telephone (NMT450) en Suecia, Finlandia y Dinamarca [255]. Fue el primer sistema celular con cobertura multinacional. En 1985 Gran Bretaña comienza a utilizar el sistema Total Access Communications System (TACS) [256]. Luego, Alemania introduce el sistema C-Netz, Francia el Radiocom2000 e Italia el RTMI/RTMS. Pasados los mediados de la década de 1980, Europa tenía 9 sistemas celulares analógicos, incompatibles entre sí. A esa altura, las compañías y estados europeos deciden comenzar a trabajar en conjunto en un nuevo estándar, común para todos los países, y con tecnología digital. Este nuevo estándar sería el Global System for Mobile (GSM). Por su lado, Estados Unidos no sufre de problemas de incompatibilidad, ya que su sistema analógico AMPS se populariza cada vez, y no ve como necesidad inmediata la digitalización del sistema.

Estos sistemas celulares fueron la “primera generación” de las redes móviles.

1983 En Francia, en 1983, es lanzado oficialmente “Minitel”, un sistema de directorio electrónico [257] [258]. El sistema consistía en una red de datos a nivel nacional, dónde cada hogar podía contar con un terminal con acceso a una base de datos centralizada de directorios y servicios. El terminal tenía

una pantalla de texto y un teclado, generalmente integrados en un mismo equipo físico. Años antes de la popularización de Internet, Francia contaba con una red de datos, que llegaba prácticamente a todos los hogares, y que funcionó sin fallas durante 20 años [259].



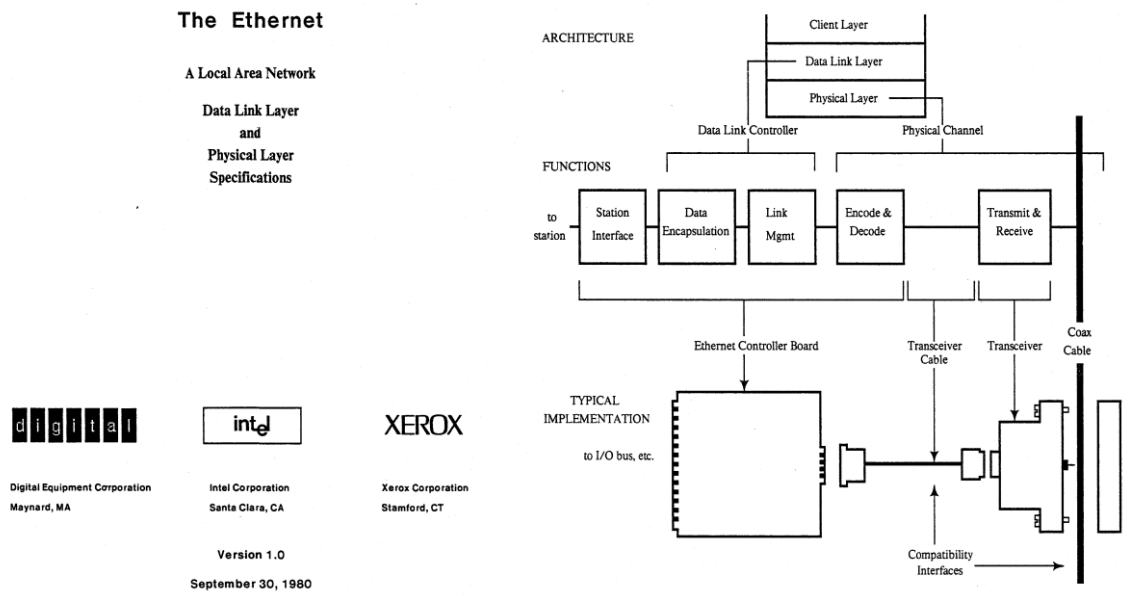
Izquierda: Terminal Minitel clásico [258]. Derecha: Uso de una tarjeta inteligente para pagos remotos, utilizando un Teminal Minitel en1983 [257].

1983 Se presenta en el mercado el primer “clone compatible con IBM”, en un formato portable. Fue el predecesor de los actuales laptops, y el primer producto comercial de la empresa Compaq, fundada en 1982 por Rod Canion, Jim Harris y Bill Murto.

Primer PC “compatible” portable, fabricado por Compaq.

1983 En 1983, el IEEE aprobó el estándar 802.3, estandarizando el sistema Ethernet funcionado sobre cables coaxiales gruesos (10Base-5). La estandarización de IEEE fue basada en la especificación realizada por las empresas Digital, Intel y Xerox (DIX) en 1980, bajo el nombre “The Ethernet, a Local Area Network” y mejorada en una segunda versión en 1982. En esta especificación, se mencionaba: *“El precursor de Ethernet especificado en este documento fue el ‘Ethernet experimental’, diseñado e implementado por Xerox en 1975, y utilizado continuamente desde ese momento por miles de estaciones. La Ethernet definida aquí se basa en esa*

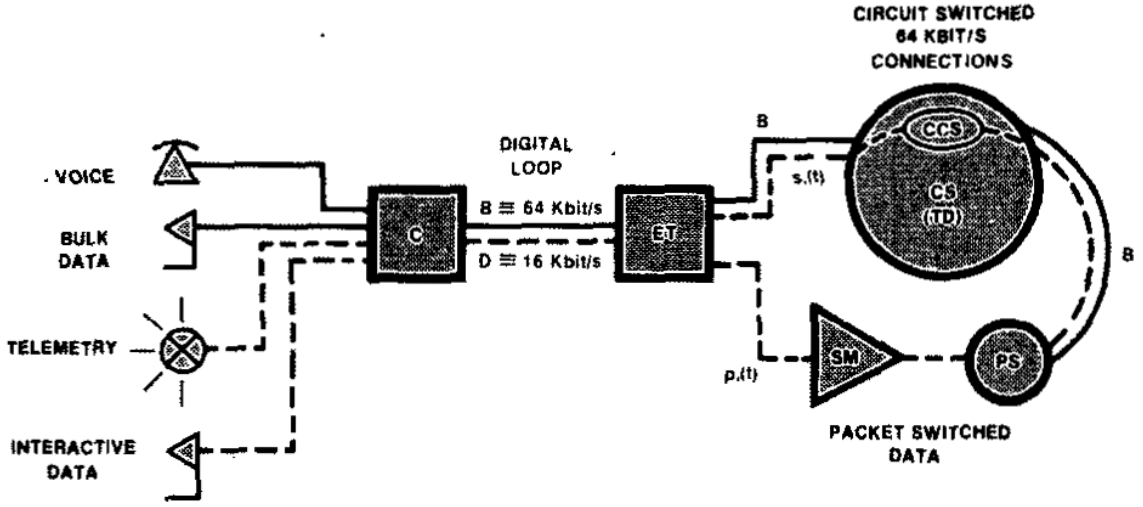
experiencia y en la base más amplia de la experiencia combinada de Digital, Intel y Xerox en muchas formas de interconexión de redes e computadoras" [260].



Izquierda: Portada de la primera especificación de DIX Ethernet.
Derecha: Diagrama de bloques de Ethernet según DIX v.1 [260]

1984 A comienzos de la década de 1980 se comenzó a sentar las bases conceptuales para una nueva red de telefonía y datos, con tecnología digital hasta los terminales de los usuarios, que fue llamada "Red Digital de Servicios Integrados" (RDSI) o "Integrated Services Digital Networks" (ISDN) en inglés. En publicaciones previas a la estandarización se indicaba que *"…el concepto de ISDN permitirá que las redes se planifiquen y construyan antes de que los servicios específicos del futuro se definan y se difundan en el mercado. Con esta flexibilidad, la industria de las telecomunicaciones puede posicionarse a través de una arquitectura de red adecuada para manejar una amplia variedad de servicios aún no definidos"* [261]. *"Las redes ISDN están concebidas como redes que brindan conectividad digital de extremo a extremo para admitir una amplia gama de servicios, incluidas aplicaciones de voz, datos, sonido y video"* [262]. Uno de los principales desafíos a resolver fue cómo llegar con señales digitales hasta los terminales de los usuarios, utilizando la infraestructura de pares de cobre existente en la red telefónica. Varios trabajos (entre los que se destacan los aportes de Ralph Wyndrum, Barry Bossick y Joe Lechleider) concluyeron que las máximas velocidades alcanzables sobre los pares de cobre existentes eran de 160 kb/s, lo que permitiría incluir dos canales de voz o datos (de 64 kb/s cada uno) y un canal auxiliar de hasta 32 kb/s [263]. Vale la pena mencionar que, en aquella época, los "módems" típicamente

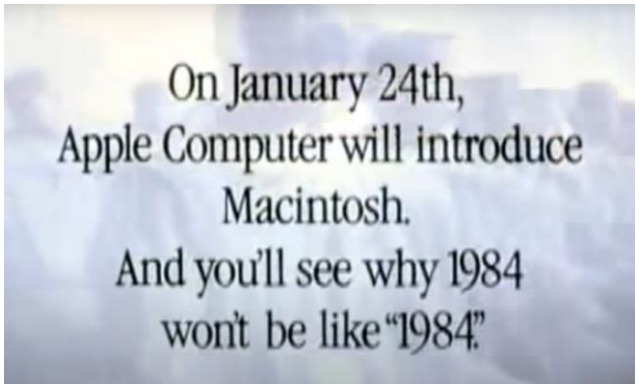
alcanzaban una velocidad menor a 5 kb/s, por lo que llegar a 64 o 128 kb/s parecía muy prometedor.
En 1984 se estandarizó la primera versión de la recomendación I.120 de la CCITT (actualmente ITU-T) [264], que describe lineamentos generales para implementar este nuevo concepto de una red integrada de voz y datos, estandarizando una "interfaz de acceso básico" o "Basic Rate Interface" (BRI) con velocidades de 128 kb/s para alojar hasta dos llamadas telefónicas o canales de datos y 16 kb/s para un canal de control.
Sin embargo, ISDN no tuvo el éxito que se esperaba a sus comienzos. Varios problemas de incompatibilidades entre diversos fabricantes retrasaron la masificación de este servicio. Para cuando el servicio podría haber crecido, nuevas tecnologías (como Digital Subscriber Loop - DSL o cablemodem) ya estaban ingresando en el mercado, con mejores servicios y a precios más competitivos. Sin embargo, ISDN tiene aún mucha importancia, además de haber sido el primer sistema estandarizado de telefonía digital hasta los usuarios.



Concepto de ISDN, publicado en 1982. A la izquierda se ven los servicios hacia los usuarios, consistentes en voz (telefonía), datos y telemetría. A la derecha, el sistema central compuesto por conmutadores telefónicos y de datos. En el centro, la conexión hacia los usuarios, sobre un "bucle digital", utilizando la red de pares de cobre existente y en uso para la telefonía [262].

1984 En 1984 Apple comienza a comercializar el modelo Macintosh. Utilizaba un microprocesador Motorola 68000 de 32 bits, tenía 128 KBytes de memoria RAM, disquetera de 3"1/2 de 400 KBytes y mouse. Su aspecto más destacado fue su pequeño monitor en blanco y negro de 9", de 512 x 342 pixles, integrado a la carcasa. El sistema operativo fue el MacOS con interfaz gráfica. La definición, conjugada con el tamaño del monitor, producían un efecto de "alta definición" desconocido hasta el momento. A diferencia de los PC anteriores (tanto el de IBM como el Apple II), su

arquitectura era cerrada, y “no compatible” con otros modelos. Fue la máquina por excelencia en diseño gráfico del momento. Se destaca el comercial publicitario presentado por Apple en el “Super Bowl”, haciendo referencia al libro 1984, de George Orwell [265].



Izquierda: Apple Macintosh. Derecha: Parte del comercial presentado en el “Super Bowl” [265]

1985 En 1985, la Computer Communications Industry Association (CCIA) solicitó a la Electronic Industries Alliance (EIA) realizar un estándar referente a los sistemas de cableado. En esa fecha se entendió que era necesario realizar un estándar que contemplara todos los requerimientos de cableado de los sistemas de comunicaciones, incluyendo voz y datos, para el área corporativa, empresarial y residencial. La EIA asignó la tarea de desarrollar estándares de cableado al comité “TR-41”. El resultado de este esfuerzo, llevado a cabo desde 1985 hasta el día de hoy, ha sido la realización y aceptación de un conjunto de recomendaciones y estándares acerca de las infraestructuras de cableado para los edificios comerciales y residenciales. Entre estos estándares se encuentran el ANSI/TIA/EIA 568 [266], referente a los cables y sus categorías (Categoría 3, 4, 5, 5e, 6, 6A...), el ANSI/TIA/EIA 569 [267], referente a los espacios y canalizaciones para telecomunicaciones, y el ANSI/TIA/EIA 607 [268], referente a los aterramientos para telecomunicaciones, entre otros [269].

1985 En junio de 1985 la FCC permite que las bandas de frecuencia 902-928 MHz, 2.400-2.483,5 MHz y 5.725-5.850 MHz sean utilizadas sin pagar licenciamiento para usos Industriales, Científicos y Médicos (Industrial, Scientific and Medical o ISM), utilizando técnicas de modulación que minimicen las interferencias con otros usuarios dentro de esas bandas [270]. Esta decisión permitió incentivar los desarrollos de sistemas inalámbricos, que derivaron en los sistemas actuales de WiFi, entre otros. Michael J. Marcus, quien en esa fecha fue el encargado en la FCC de promover el desarrollo de políticas abiertas para tecnologías de radio de vanguardia [271], indicaba en 2019: *“Nunca*

Michael J. Marcus
1946 -

visualizamos cómo el uso de este nuevo espectro sin licencia afectaría a la sociedad y al lugar de trabajo tanto como lo han hecho Wi-Fi y Bluetooth. Al crear una banda y un marco técnico donde el espectro podría usarse para comunicaciones de corto alcance para prácticamente cualquier uso con solo una aprobación técnica de rutina, creamos una 'válvula de seguridad' que permitiría el desarrollo de nuevos usos del espectro, algo que las estructuras tradicionales de políticas de espectro no permitían realizar…" [272].

1985 Microsoft reacciona al éxito de Apple con su sistema operativo con interfaz gráfica de Macintosh y presenta la primera versión de Windows [273]. Dos años más tarde, en 1987, presenta la primera herramienta de lo que sería Microsoft Office: Excel. Posteriormente, en 1989, es presentado el procesador de texto Word.

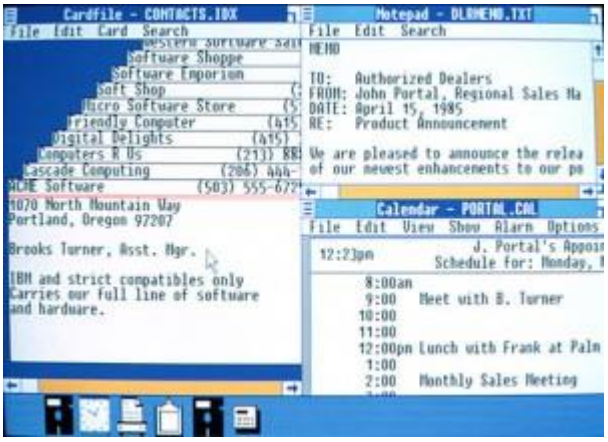
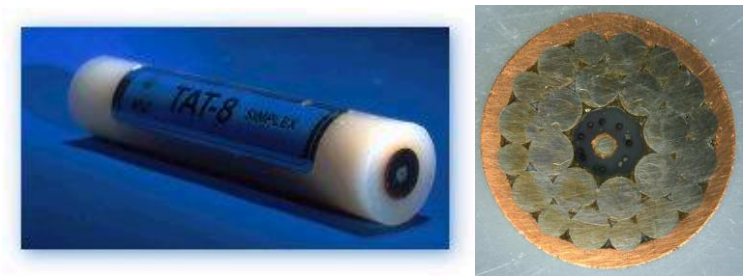


Imagen de Windows 1.0

1988 Comienza a funcionar en 1988 el primer cable trasatlántico de fibra óptica, el TAT-8, con 6.700 km de longitud, uniendo Estados Unidos y Francia [274]. Tenía una capacidad de 40.000 conversaciones telefónicas simultáneas (10 veces más que el TAT-7 existente en la época, y 1.000 veces más que el TAT-1, instalado en 1956).
A lo largo del tendido, los repetidores regeneraban los pulsos electrónicamente, convirtiendo señales de ópticas a eléctricas y viceversa. Tenía dos pares de fibra en funcionamiento en el cable, cada una operando a una velocidad de 280 Mb/s [174].



Trozo y sección del cable TAT-8

1988 IBM introduce el “Application Server/400” o AS/400, utilizada como computador central y accedida desde “terminales tontos”, con “emulación IBM 5250”. En la siguiente década, llegaron a comercializarse 400.000 equipos de este tipo [241].

Familia de servidores IBM AS/400 [275]

1989 La “World Wide Web” (www) fue creada en 1989 por Tim Barners Lee en el Instituto Europeo de Investigación de Física de Partículas (CERN) en Ginebra (Suiza). Barners-Lee presentó los conceptos en un artículo publicado en 1989 [276], dónde se propone un sistema para mantener y compartir la información de los trabajos realizados por los físicos del CERN. Este sistema, llamado “Mesh” originalmente, fue bautizado en 1990 por Barners-Lee como “World Wide Web” [277]. Barners-Lee se basó en la idea de “Hipertexto”, introducida en 1965 por Ted Nelson, de la siguiente manera: *“Permítanme introducir la palabra "hipertexto" para referirse a un cuerpo de material escrito o pictórico interconectado de una manera tan compleja que no podría presentarse o representarse convenientemente en papel. Puede contener resúmenes o mapas de su contenido y sus interrelaciones; puede contener anotaciones, adiciones y notas al pie de los estudiosos que lo han examinado. Permítanme sugerir que tal objeto y sistema, debidamente diseñado y administrado, podría tener un gran potencial para la educación, aumentando la gama de opciones del estudiante, su sentido de libertad, su motivación y su comprensión intelectual. Tal sistema podría crecer indefinidamente, incluyendo gradualmente más y más conocimiento escrito del mundo. Sin embargo, su estructura de archivos internos tendría que construirse para aceptar el crecimiento, el cambio y arreglos de información complejos”* [278].

Tim Barners Lee
1955 -

Barners-Lee dirige el “World Wide Web Consortium” (W3C) [279], un foro abierto para compañías y organizaciones con la misión de llevar la web a su máximo potencial.

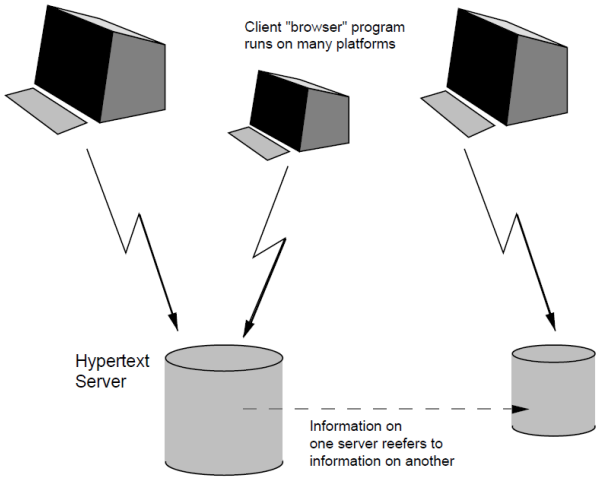


Imagen presentada por Barners-Lee donde se muestra el concepto de los servidores de "Hypertexo" y de los "Navegadores" ("browser") [276]

1991 En 1990 cuatro empresas privadas (Digital Equipment, StrataCom, Northern Telecom y Cisco) deciden reunir sus esfuerzos para implementar un protocolo de comunicaciones interoperable entre sus equipos. La "Banda de los Cuatro" ("Gang of Four"), como fueron denominados en su momento, sentó las bases de la tecnología de Frame Relay, y en 1991 estableció el "Foro de Frame Relay" (Frame Relay Forum) [280]. Rápidamente se sumaron muchas otras empresas, y al poco tiempo AT&T comenzó a ofrecer servicios públicos de Frame Relay. Tal como se previó en su diseño [281], Frame Relay fue el método típico utilizado para la interconexión de datos de banda ancha (entre 64 kb/s y 2 Mb/s) en la década de 1990'.

1991 El 1 de julio de 1991, la primera llamada del sistema celular Global System for Mobile (GSM) en una red comercial se realizó entre el ex primer ministro de Finlandia Harri Holkeri y el alcalde de la ciudad de Tampere, Kaarina Suonio. La llamada se realizó a través de la primera red GSM construida por Telenokia y Siemens (luego Nokia Siemens) para el operador finlandés Radiolinja (luego cambió su nombre a Elisa). Durante la llamada, Harri Holkeri y Kaarina Suonio discutieron los beneficios de la nueva tecnología digital GSM, incluyendo la calidad de voz, la seguridad, y las ventajas de la entonces desconocida tarjeta "Subscriber Identity Module" (SIM), que permitía alojar una gran cantidad de datos en el teléfono como los contactos personales [282]. Las primeras tarjetas SIM fueron fabricadas por la empresa alemana Giesecke & Devrient. Las tarjeas SIM permitieron separar al usuario (y su relación contractual con el proveedor de servicio móvil) del aparato telefónico. Su uso se mantiene hasta la actualidad, incluso en las últimas generaciones de sistemas celulares móviles.
GSM es conocida como la segunda generación, o 2G, en redes móviles.

Ex primer ministro de Finlandia Harri Holkeri realizando la primera llamada GSM [282]

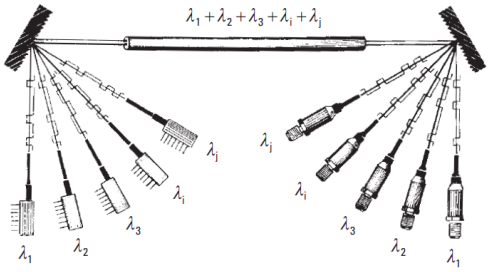
1995 En 1995 fue instalada la primera aplicación comercial con tecnología Wavelength Division Multilplexion (WDM), utilizada en el despliegue del sistema llamado Next-Generation Lightwave Network (NGLN) en la red de larga distancia de la empresa AT&T [283]. La tecnología WDM permite establecer varios enlaces de datos independientes en una misma fibra óptica, utilizando un color diferente para cada enlace. El primer sistema NGLN utilizó 8 canales de 2.5 Gb/s sobre una misma fibra óptica.

La idea de establecer varios enlaces de datos en un mismo haz de luz no era nueva, y había sido presentada originalmente por Richard Denton en 1958, basándose en técnicas de luz polarizada [284]. Las ideas fueron extendidas a la utilización de diferentes colores o longitudes de onda lumínica dentro de una misma fibra óptica. Después de la transmisión en la fibra, las señales se pueden separar hacia diferentes detectores en el otro extremo de la fibra.

Las primeras demostraciones a gran escala de la capacidad de los sistemas WDM fueron realizadas entre 1989 y 1991, donde se lograron transmisiones de cuatro canales WDM a velocidades de datos de 1.7 Gb/s por canal en un tramo de 840 km [285] [286].

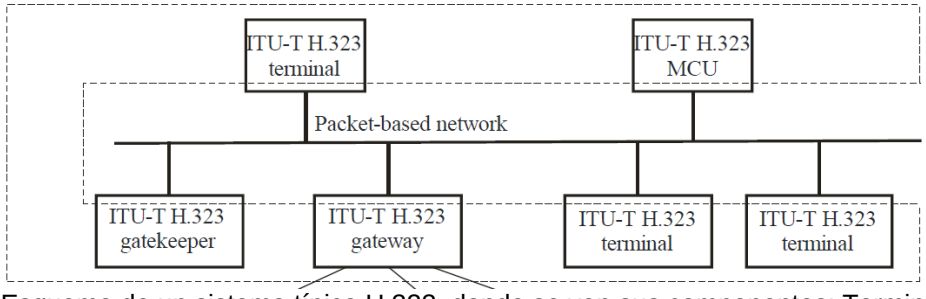
A principios de 1996, tres anuncios casi simultáneos reportaron haber superado la barrera de los “terabit por segundo” con tecnologías WDM. Estos avances fueron demostrados por investigadores de Fujitsu, Bell Labs y NTT [283].

La tecnología WDM y sus mejoras (por ejemplo, Dense WDM) son la base de las transmisiones utilizadas en los actuales cables de fibras ópticas, que permiten la transmisión de enormes volúmenes de información en forma casi instantánea.



Concepto de la tecnología WDM. Mediante redes de difracción se juntan y separan los diferentes colores (o longitudes de onda) en los extremos de una misma fibra óptica [287].

1996 En octubre de 1996 es ratificada la primera versión del estándar H.323, por el grupo de estudio 16 de la ITU-T. H.323 fue el primer estándar para la transmisión de multimedia (voz, video y datos) a través de redes de paquetes. La primera versión era relativamente básica, y fue mejorada sucesivamente con diversas mejoras y agregados. En 2009 se publicó la última versión de esta recomendación [288]. El estándar H.323 permitió la interoperabilidad entre dispositivos y sistemas de diferentes marcas y fabricantes, en comunicaciones multimedia sobre redes de paquetes. Tuvo auge sobre fines de los 1990' y los primeros años de 2000'. Sin embargo, fue luego casi completamente reemplazado por el protocolo SIP, introducido tres años más tarde por la IETF.



Esquema de un sistema típico H.323, donde se ven sus componentes: Terminales (por ejemplo, teléfonos), Multipoint Conference Unit (MCU, especializada en realizar conferencias), Gatekeeper (controlador de la red) y Gateway (pasarela hacia otras redes) [288]

1997 Luego de doce años de liberadas las bandas ISM, la IEEE publica el primer estándar de redes inalámbricas de área local (Wireless LAN) en 1997, bajo el número 802.11. En 1987, en la empresa NCR de Nieuwegein, Holanda, se había desarrollado un prototipo de red inalámbrica que funcionaba a 100 kb/s y poco tiempo después a 500 kb/s, utilizando las técnicas de espectro extendido aprobadas por la FCC de Estados Unidos. Bruce Tuch, en ese momento trabajando en NCR, diseñó el producto llamado WaveLAN, lanzado al mercado en 1991 [289]. Esta fue la primera red LAN inalámbrica comercial de "alta velocidad", y sobre la que luego se basaría el estándar IEEE 802.11. Tuch, junto con su colega de NCR Vic Hayes, fueron los fundadores del Grupo de trabajo IEEE 802.11. Hayes presidió el grupo desde su establecimiento hasta marzo de 2000.

Vik Hayes

Bruce Tuch

Los desarrollos del grupo 802.11 reemplazaron el proyecto 802.4L ("Through the Air Token") que había comenzado en IEEE unos años antes.

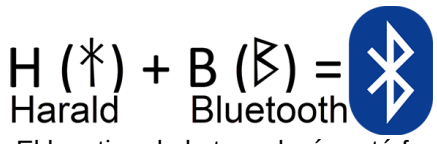
En la misma época, se desarrollaron otros proyectos de redes inalámbrica. Entre ellos, el HIPERLAN, desarrollado por la ETSI como estándar europeo

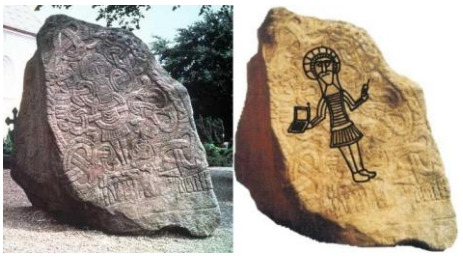
para redes locales inalámbricas de alta velocidad y el Wireless ATM (WATM) [290].
La primera versión de IEEE 802.11 brindaba accesos inalámbricos de hasta 2 Mb/s en la banda de 2.4 GHz [291]. Dos años más tarde, en 1999, las versiones 802.11a y 802.11b ampliaron el ancho de banda inalámbrico hasta 54 Mb/s en la banda de 5 GHz y 11 Mb/s en la banda de 2.4 GHz respectivamente.

Arriba: Primer Prototipo de una tarjeta inalámbrica WaveLAN. Abajo: Primera tarjeta WaveLAN, compatible con IEEE 802.11, para bus PCMCIA, fabricada por Lucent Techonologies (que había adquirido a NCR en 1991) [289]

1998 En 1998 las compañías Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel formaron un "Grupo de Interés Especial" o Special Interest Group (SIG) para desarrollar una tecnología de conectividad inalámbrica entre dispositivos móviles de uso personal, que utilizara la banda no licenciada de frecuencias (ISM). Fue el nacimiento de Bluetooth [292]. El nombre Bluetooth tiene sus orígenes en Harald Blåtand (en Inglés Harald I Bluetooth), quien fue Rey de Dinamarca, entre los años 940 y el 985. El nombre "Blåtand" fue probablemente tomado de dos viejas palabras danesas: 'blå', que significa "piel oscura" y 'tan' que significa "gran hombre". Como buen Vikingo, Harald consideraba honorable pelear por tesoros en tierras extranjeras. En 960 llegó a la cima de su poder, gobernando y unificando Dinamarca y Noruega. Así como el antiguo Harlad unificó Dinamarca y Noruega, los creadores de Bluetooth esperaban que esta tecnología unifique los mundos de los dispositivos informáticos y de telecomunicaciones. Jaap Haartsen, Mahmoud Naghshineh, Jon Inouye, Olaf J. Joeressen y Warren Allen, indicaban en el artículo de lanzamiento de esta nueva tecnología en 1998: *"Creemos que Bluetooth puede revolucionar la conectividad inalámbrica para dispositivos móviles*

personales y comerciales, permitiendo una comunicación fluida de voz y datos a través de enlaces de radio de corto alcance y permitiendo a los usuarios conectar una amplia gama de dispositivos de manera fácil y rápida, sin la necesidad de cables, ampliando las capacidades de comunicación para computadoras móviles, teléfonos móviles y otros dispositivos móviles, tanto dentro como fuera de la oficina" [293].





Izquierda: El logotipo de la tecnología está formado por las iniciales Harald Bluetooth en el alfabeto rúnico. Derecha: Piedra en Jelling (Dinamarca), erigida por Harald Blåtand y representación de Bluetooth, uniendo el mundo de teléfonos y computadoras [294].

1998 En diciembre de 1998 fue creada la Third Generation Partnership Project (3GPP), con el cometido de evolucionar las especificaciones de las redes celulares GSM a un sistema celular de tercera generación [295]. En 1999 se publicó la primera versión de la recomendación que daría origen a las redes móviles de tercera generación o 3G [296].

1999 En marzo de 1999 es aprobado el RFC 2543, por el grupo de estudio MMUSIC del IETF, dando origen oficial al protocolo Session Initiaton Protocol (SIP). SIP fue originalmente diseñado por Henning Schulzrinne, Mark Handley, Eve Schooler y Jonathan Rosenberg a fines de 1996, como un componente del "Mbone" (Multicast Backbone) [297]. El Mbone, era una red experimental montada sobre la Internet, para la distribución de contenido multimedia, incluyendo charlas, seminarios y conferencias de la IETF. Uno de sus componentes esenciales era un mecanismo para invitar a usuarios a escuchar una sesión multimedia, futura o ya establecida. Básicamente un "protocolo de inicio de sesión" (SIP).

Henning Schulzrinne

En junio de 2002, el RFC 2543 fue reemplazado por un conjunto de nuevas recomendaciones, entre las que se encuentran los RFC 3261 al 3266.
El protocolo SIP reemplazó a ITU-T H.323, y se terminó imponiendo en el mundo de las telecomunicaciones multimedia sobre redes de paquetes, tanto en el ambiente corporativo como dentro de los núcleos de los operadores de telecomunicaciones, al ser adoptado por la arquitectura de IP Multimedia Subsystem (IMS) en 2002.

2000 A partir de 1997 y hasta 2000, el auge de Internet creció a ritmo acelerado. Las nuevas empresas "puntocom" parecían ser la panacea de los inversionistas, prometiendo rentabilidades elevadas, y cotizando en bolsa a

valores sin precedentes. La situación terminó en forma relativamente abrupta, en 2000, cuando cayeron muchas de estas empresas, sin generar los millones prometidos, y dejando en bancarrota a la mayoría de los inversionistas [298].

2000 En 1999, varias empresas se unieron para formar una asociación mundial sin fines de lucro con el objetivo de impulsar la mejor experiencia de usuario, independientemente de la marca, utilizando las nueva tecnología de redes inalámbricas. En 2000, el grupo adoptó el término "Wi-Fi" como nombre propio para su trabajo técnico, y nombró a la asociación "Wi-Fi Alliance" [299]. Uno de los principales cometidos de la Wi-Fi Alliance es la de certificar la interoperabilidad de dispositivos de redes inalámbricas. A partir de marzo de 2000, se comenzaron a extender certificados de interoperabilidad. Luego de 10 años, en 2010, ya se habían certificado más de 7.000 productos, de cientos de compañías miembros de Wi-Fi Alliance.

Ejemplo del cabezal del certificado de compatibilidad WiFi, emitido por la Wi-Fi Alliance

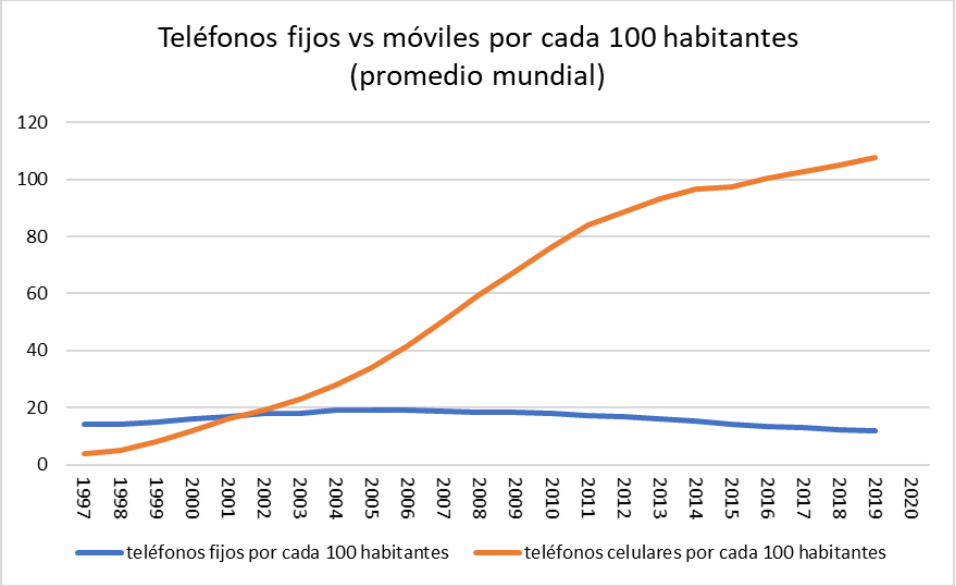
2002 En 2002 se presenta al mercado el primer celular Blackberry. Este equipo fue desarrollado por la empresa Research In Motion, o RIM, fundada en 1984 por dos estudiantes de ingeniería canadienses, Mike Lazaridis y Douglas Fregin. En 1989, la compañía telefónica canadiense Rogers contrató a RIM para trabajar en su red Mobitex, un sistema diseñado específicamente para mensajería, lo que le dio a RIM una ventaja como uno de los primeros expertos en mensajería móvil. En 1996 RIM creó su primer buscapersonas bidireccional. Durante los siguientes años, la compañía mejoró el diseño, agregando gradualmente funciones, como una pantalla a color, WiFi, mensajería instantánea y navegación web. En 2002, la compañía presentó su primer modelo Blackberry con teléfono celular incluido. En 2006, RIM agregó el famoso "trackball", para que los usuarios pudieran desplazarse por la pantalla. Blackberry llegó a tener el 50% del mercado de teléfonos celulares en Estados Unidos, y el 20% del mercado global. Sin embargo, los smartphones Android y el iPhone, terminaron desplazando a BlackBerry del mercado, hasta que finalmente RIM fue comprada por la compañía TCL en 2016 y sus productos discontinuados [300][301].

Mike Lazaridis
1961 -

Douglas Fregin
1961 -

Primer celular Blackberry, 2002

2002 Por primera vez en 2002, la cantidad de teléfonos celulares superó a la cantidad de teléfonos fijos a nivel mundial. En este año, 19 de cada 100 habitantes tenían un teléfono móvil, mientras que 18 de cada 100 habitantes en el planeta tenían un teléfono fijo [302]. La telefonía móvil continúa experimentando un fuerte crecimiento, mientras que la telefonía fija presenta un continuado descenso. En 2007, la mitad de la población mundial llegó a tener un teléfono celular, y para 2016 ya había en promedio un teléfono celular por cada habitante del planeta.



Evolución de la telefonía fija y móvil a nivel mundial, según datos de ITU [302]

2002 En 1999, un foro de la industria llamado 3G.IP, definió el concepto de "IP Multimedia Subsystem" (IMS), un conjunto de especificaciones que describen la arquitectura de las redes de telecomunicaciones para soportar telefonía y servicios multimedia, basado en el protocolo de Internet (IP). Las ideas fueron incorporadas por el proyecto 3GPP, e incluidas en la versión 5 del 3GPP en 2002 [303]. Según Stephen Hayes, presidente de 3GP, *"...el*

desarrollo de IMS fue en gran medida un esfuerzo de colaboración entre la 3GPP (organización líder en estándares celulares) y IETF (la organización líder en estándares de Internet). IETF proporcionó la tecnología base y las especificaciones de los protocolos, mientras que 3GPP desarrolló el marco arquitectónico y la integración necesaria para brindar las capacidades que se esperaban de un sistema móvil de clase mundial basado en protocolo IP, como roaming entre operadores, calidad de servicio y robustez" [304]. La primera red comercial basada en IMS fue desplegada en Telefónica de España en 2005, suministrada por la empresa Ericsson [305][306].
Como es habitual en las nuevas tecnologías que reemplazan a otras existentes, el despliegue masivo de los sistemas IMS no fue tan rápido como el esperado. Los operadores telefónicos no vieron un retorno claro e inmediato en reemplazar sus sistemas basados en conmutación de circuitos por un nuevo sistema basado en IP. IMS cobró relevancia recién con el desarrollo de la tecnología de Voz sobre LTE (VoLTE) en redes móviles de cuarta generación (4G), varios años luego de su primera estandarización.

2003 En junio de 2003, es aprobada la recomendación IEEE 802.11g, como evolución tecnológica de la serie de recomendaciones 802.11, de redes LAN inalámbricas. El mercado de LAN inalámbrico tiene una marcada tendencia de crecimiento, desde 1997, cuando fue ratificada por la IEEE la primera recomendación de la serie 802.11. En gran medida, esta tendencia se ha dado gracias a la "Wi-Fi Alliance" y sus pruebas de interoperabilidad.

2003 Andy Rubin, junto con otros colegas, fundan la empresa Android, con el objetivo de poder tener *"dispositivos móviles más inteligentes, que sean más conscientes de la ubicación y las preferencias de su propietario"* [307]. El nombre surge del apodo del propio Rubin, al que sus amigos llamaban "Android". Dos años más tarde, en 2005, la empresa fue comprada por Google [308]. Rubin y sus colegas continuaron trabajando en el sistema Android, para Google. En 2008 se utilizó Android por primera vez en un smartphone (el modelo HTC Dream), y para 2020, Android llegó a tener el 85% del mercado de sistemas operativos de smartphones [309].

Andy Rubin
1963 -

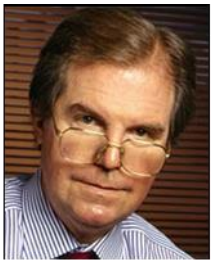
2004 En diciembre de 2004 se aprueba en ITU la recomendación Y.2001 "General Overview of NGN" (Visión general de las redes de próxima generación). Según la visión de ITU, la red de próxima generación será *"basada en paquetes, que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a*

redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios" [310]. Las redes NGN de ITU se basan en los conceptos de IMS, estandarizados poco tiempo antes por la 3GPP.

2005 En mayo de 2005 el grupo de estudio 15 del ITU termina la recomendación de VDSL2 (ITU-T G.993.2), utilizando tecnologías del tipo Digital Subscriber Loop (DSL) con velocidades de hasta 100 Mb/s. Esta tecnología permite tener servicios de datos e internet a muy alta velocidad en empresa y hogares, utilizando pares de cobre, antes utilizados para servicios telefónicos. Yoichi Maeda, presidente de la Comisión de Estudio del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la ITU, responsable de este trabajo, declaró que *"se ha reunido lo mejor del ADSL, el ADSL2+ y el VDSL para alcanzar niveles de calidad de funcionamiento extremadamente altos en la VDSL2. Esta nueva norma va camino de convertirse en una de las más importantes en el panorama de las telecomunicaciones y constituye un hito histórico…"* [311].

Yoichi Maeda
1955 -

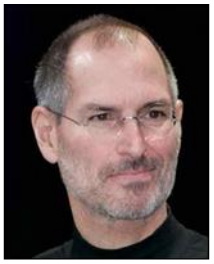
2006 Se presenta el primer prototipo funcional de las laptop XO, correspondientes al proyecto OLPC (One Laptop Per Child) [312].
Nicholas Negroponte [313] (ex directorio del "Media Lab" del MIT) fue el precursor del programa OLPC, propuesto por él mismo en 2005, y patrocinado por la ONU.
En 2007 Uruguay fue el primer país del mundo en adquirir laptops XO para la educación pública, a través de un proceso de licitación. El proyecto es conocido como "Plan Ceibal" [314]. Para fines de 2008, el proyecto ya disponía más de 170.000 laptops entregados a niños y maestros, de los cuales más del 90% tienen acceso a Internet, lo que puso a Uruguay en la vanguardia mundial en este tipo de proyectos [315].



Nicholas Negroponte
1942 -

Laptop XO

2007 Steve Jobs anuncia el lanzamiento del primer iPhone, indicando en la conferencia MacWorld de ese año que *"hoy Apple va a reinventar el teléfono"* [316]. Seis meses más tarde, el dispositivo salió a la venta. En la primera semana, se vendieron 270.000 dispositivos. El nuevo dispositivo presentó un cambio de concepto en los dispositivos celulares móviles.



Steve Jobs
1955 - 2011

Primer iPhone

2008 Se aprobó el estándar de cableado UTP categoría 6A (ANSI/TIA/EIA 568-B.2-10) [317], diseñado para frecuencias de hasta 500 MHz en distancias de hasta 100 m. Este estándar fue pensado para 10 Gb/s Ethernet hasta el escritorio.

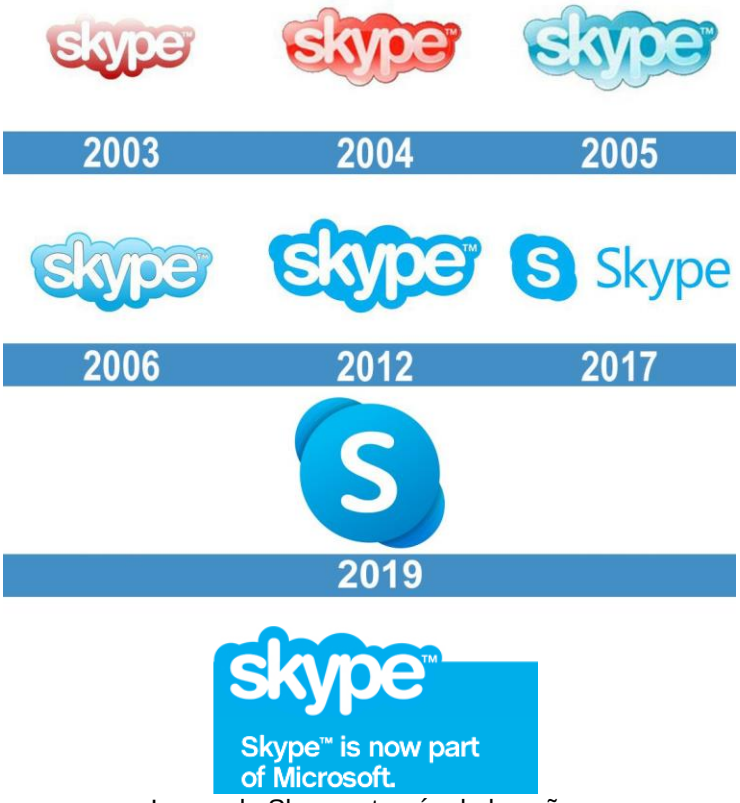
2008 Por primera vez la venta de laptops y notebooks supera a la venta de PCs de escritorio en Norteamérica [318], consolidando la tendencia hacia la movilidad de los usuarios.

2009 En octubre de 2009 es aprobada la recomendación IEEE 802.11n, como evolución tecnológica de la serie de recomendaciones 802.11, de redes LAN inalámbricas [319]. Esta tecnología permite comunicaciones de datos inalámbricas de hasta 600 Mb/s, 10 veces más rápida que una red 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red 802.11b. Utiliza tecnología MIMO (Multiple Input – Multiple Output), que permite tener diversidad de caminos, ya que hay varias antenas en el emisor y en el receptor, lo que permite mejorar notoriamente las velocidades de transmisión y el alcance de estas redes.
Este agregado a la serie de recomendaciones 802.11 comenzó a desarrollarse en 2004, y contó con la participación de más de 400 personas, incluyendo fabricantes de equipos, proveedores de servicios, integradores de sistemas, consultores, instituciones académicas, y organismos estatales.
Previa a su aprobación, ya habían comenzado a comercializarse equipos "pre-n", con características que se adecuaban a los primeros "drafts" (borradores) de la recomendación. Un año luego de aprobado este nuevo estándar, en setiembre de 2010, una gran cantidad de productos ya se encontraban certificados en la norma "n" por la Wi-Fi Alliance. Kelly Davis-Felner, el director de Marketing de la Wi-Fi Alliance, mencionaba: *"El*

número y la variedad de dispositivos que fueron certificados como 'Wi-Fi CERTIFIED n' en los últimos 12 meses ha sido enorme. Desde televisores hasta teléfonos móviles, la tecnología Wi-Fi actualmente conecta la mayoría de los dispositivos electrónicos de consumo, entregando la experiencia de entretenimiento que los consumidores ansían" [320].

2010 En 2010 se comienzan a brindar los primeros servicios públicos móviles con tecnología de cuarta generación (4G), llamada Long Term Evolution (LTE). Fue propuesto originalmente en 2004, y soporta velocidades de "downlink" de 100 Mb/s, "uplink" de 50 Mb/s y demoras menores a 10 ms.
La primera red LTE fue puesta al servicio público en diciembre de 2009, en Oslo y Estocolmo, suministrada por la compañía TeliaSonera [321]. En el correr de 2010, otros 17 operadores comenzaron a brindar servicios con tecnología LTE en diferentes regiones, y muchos otros anunciaron inversiones en esta nueva tecnología. En Uruguay las primeras pruebas de la tecnología LTE fueron realizadas durante 2011. Para 2016, la tecnología LTE ya estaba desplegada en más de 500 redes de 170 países [322].

2011 En 2003 Niklas Zennström (nacido en Suecia) y Janus Friis (nacido en Dinamarca) crearon Skype, una aplicación de telecomunicaciones que permite realizar comunicaciones de video, chat y llamadas de voz entre computadoras, tabletas y dispositivos móviles. La aplicación fue desarrollada en Estonia, por Ahti Heinla, Priit Kasesalu, Jaan Tallinn, y Toivo Annus [323]. Dos años más tarde, en 2005, la empresa fue comprada por eBay por 2.600 millones de dólares [324]. Si bien Skype no fue la primera ni la única tecnología de este tipo, su enorme difusión marcó un quiebre en los negocios de las telecomunicaciones. En 2010 Skype llegó a tener 660 millones de usuarios. En mayo de 2011 Microsoft anuncia la concreción de la compra de Skype, por un total de 8.500 millones de dólares [325]. Fue la mayor compra de Microsoft hasta ese momento. Microsoft ya tenía una línea de productos orientados a la telefonía corporativa (Microsoft Office Communicator, que luego fue renombrada como Microsoft Lync). Con la compra de Skype, el producto fue renombrado como Microsoft Skype for Business y fue el predecesor de Microsoft Teams.



Logos de Skype a través de los años

2014 En 2009 Brian Acton y Jan Koum, anteriormente empleados de Yahoo! deciden desarrollar una aplicación de mensajería instantánea para iPhones, a la que llaman Whatsapp. Un par de años después, desarrollan la aplicación para Android. En 2014 “Facebook” concreta la compra de “Whatsapp” por un total de 21.800 millones de dólares [326]. Fue la compra más grande de Facebook hasta ese momento.

2014 En enero de 2014 es aprobada la recomendación IEEE 802.11ac, como evolución tecnológica de la serie de recomendaciones 802.11, de redes LAN inalámbricas [327]. Esta tecnología permite comunicaciones de datos inalámbricas de hasta 7 Gb/s, en la banda de 5 GHz.

2015 El concepto del “Internet de las cosas” o Internet of Things (IoT) lo introdujo Kevin Ashton en 1999 [328]. Sin embargo, las tecnologías necesarias para un despliegue masivo de estos servicios aún no estaban disponibles. En 2015 se publica la primera versión de LoRaWAN, un protocolo de red de baja potencia y área amplia, diseñado específicamente para conectar en forma inalámbrica “cosas” a Internet. Ståle Pettersen, presidente de la LoRa

Alliance, mencionaba: "*Con esta versión, LoRaWAN es la especificación más completa y adoptada en Low Power Wide Area Networks (LPWAN) y ahora está disponible públicamente para beneficiar a la comunidad y a la industria de IoT. Disponer de esta tecnología de telecomunicaciones con altos estándares, al tiempo que brindar servicios administrados, seguros, de comunicación bidireccional y habilitados para la geolocalización, utilizando una simple batería del tamaño de una moneda (en los dispositivos), es simplemente impresionante"* [329].

2016 Complementando la estandarización de LoRaWAN, la 3GPP completó el estándar Narrow Band IoT (NB-IoT), en 2016 [330]. Tres años más tarde, en 2019, ya había más de 100 operadores en 52 países con despliegues de redes del tipo NB-IoT [331].

2019 Se comienzan a brindar los primeros servicios públicos con tecnología móvil de quinta generación (5G). Las primeras redes 5G fueron puestas en servicio público en Corea del Sur [332] y Uruguay [333].

2019 En este mismo año se publica el primer borrador de la recomendación IEEE 802.11ax, conocida también como WiFi 6, como evolución tecnológica de la serie de recomendaciones 802.11. Se espera lograr velocidades máximas teóricas cercanas a 10 Gb/s.

Referencias

[1] On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds
Alessandro Volta
Royal Society of London, June 26,1800.

[2] Experimenta circa effectione conflictus electric in acum magneticam
Johanis Christianus Orsted
Annals of Philosophy, vol. xvi, July 21, 1820

[3] On some new electro-magnetical motions, and on the theory of magnetism
M Faraday
Quarterly Journal of Science, 1821

[4] Inventions and Discoveries, Scientific American.
Rodney Carlisle, 2004

[5] Improvement in the mode of communication information by signals by the application of electro-magnetism.
Samuel F. B. Morse
US Pattent No. 1647, June 20, 1840

[6] Privateline.com: Telephone History
https://web.archive.org/web/20040416115021/http://www.privateline.com/TelephoneHistory/History1A.htm

[7] Electronic Printing Telegraph
Alexander Bain
British Patent 9745

[8] Improvement in copying surfaces by electricity
Alexander Bain
Pattent No. 5957, December 5, 1848

[9] A Brief History of the Fax Machine
http://www.printercartridgesink.com/faxhistory.html

[10] A Brief History of the Fax Machine
Mary Bellis
http://inventors.about.com/library/inventors/blfax.htm

[11] Facsimile & SSTV History
http://www.hffax.de/html/hauptteil_faxhistory.htm

[12] Alexander Bain
http://www.thocp.net/biographies/bain_alexander.htm

[13] Just the Fax
Gerard J. Holzmann, Inc. Magazine, September 1998
http://www.inc.com/magazine/19980915/5368.html

[14] Alexander Bain, a most ingenious and meritorious inventor
R.W. Burns
Engineering Science and Education Journal, 1993, Volume: 2, Issue: 2

[15] Bain's patent electro-chemical copying telegraph
Mechanic's Magazine, Edited by J. C. Robertson
Vol LII., January 5th – June 29th, 1850, pp.103

[16] Alexandar Graham Bell: a sound life
National Museums Scotland
https://blog.nms.ac.uk/2017/03/03/alexander-graham-bell-a-sound-life/

[17] Mahlon Loomis - First Wireless Telegrapher
Edward A. Sharpe, Archivist SMEC 1989 (now SMECC 2003)
http://www.smecc.org

[18] The Broadcast Archive
Barry Mishkind - The Eclectic Engineer
http://www.oldradio.com/

[19] Adventures in Cybersound
http://www.acmi.net.au/AIC/LOOMIS_BIO.html

[20] Radio News, November, 1922, pages 974-978 (Loomis lecture extract)
http://www.radio-ionics.com/pdf/Loomis-Atmospheric-Electrical-Power-Generation.pdf

[21] El cable transatlántico
Bern Dibner
Editorial Limusa-Wiley, 1967

[22] Historia y Arqueología Marítima
Gustavo Coll
https://www.histarmar.com.ar/AcademiaUruguayaMyFl/2010/TelegrafiaSubmarina.htm

[23] The River Plate Cable Diary of Expedition
The Standard and River Plate News - 17 October 1866
Accesible en https://atlantic-cable.com/Cables/1866RiverPlate/index.htm

[24] Signa Telegraphic Collection
Gustavo Coll
http://signa-uruguay.com/es/?p=901

[25] Biographical memoir of Alexander Graham Bell 1847-1922
Harold S. Osborne
National Academy of Sciences, 1943

[26] Improvement in Telegraphy
Alexander Graham Bell, 1876
US Patent 174.465
Las patentes pueden ser ubicadas en http://www.uspto.gov/patft/index.html

[27] The Birth and Babyhood of the Telephone
Thomas A. Watson
AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH COMPANY, 1913

[28] Telephone History Part 3: The Inventors: Gray and Bell.
http://privateline.com/?page_id=193

[29] American Treasures of the Library of Congress: Alexander Graham Bell – lab notebook

http://lcweb2.loc.gov/cgi-bin/ampage?collId=am-reas&fileName=trr002page.db&recNum=21&itemLink=http://www.loc.gov/exhibits/treasures/trr002.html&linkText=9

[30] Ericsson History Page
TelecomWriting.com's Telephone History Series
Farley, Hauknes, and Robbins

[31] Speaking Telegraph
T. A. Edison
US Patent 474230, presentada en 1878, concedida en 1892

[32] A new invention in telephone
Scientific American, Vol. 37, No. 4, July 28, 1877, p. 56

[33] Improvement in Electrical-Contact Telephones
Emile Berlinet
US Patent 222652, 16 december 1879

[34] Microphone
Emile Berlinet
US Patent 234744, 23 november 1880

[35] David Edward Hughes, F.R.S., 1831-1900
G. Burniston Brown
Notes and Records of the Royal Society of London , Mar., 1980, Vol. 34, No. 2 (Mar., 1980), pp. 227-239 (accessible in https://www.jstor.org/stable/531809)

[36] On the action of Sonorous Vibrations in Varying the Force of an Electric Current.
Prof. D. E. Hughes
The Royal Society (accessible in https://doi.org/10.1098/rspl.1878.0059)

[37] The Carbon Telephone
Scientific American, June 8, 1878

[38] Francis Blake (1850-1913)
Charles R. Cross
Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. 54, No. 6 (Sep., 1919), pp. 419-420 (accessible in https://www.jstor.org/stable/20025769)

[39] Speaking Telephone
Francis Blake
US Patent 250126, 1881

[40] A Note from Mr. Edison.—The Hughes Microphone and the Blake Transmitter
Scientific American, Vol. 41, No. 23 (DECEMBER 6, 1879), p. 360

[41] The Blake Transmitter
Scientific American , Vol. 41, No. 18 (NOVEMBER 1, 1879), p. 274
Accesible en: https://www.jstor.org/stable/10.2307/26071637

[42] National Museum of America History
https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_703785

[43] The marriage that almost was

Michael F. Wolff
IEEE spectrum FEBRUARY 1976

[44] Switch for telephone-exchanges
George W Coy.
US Patent 224653 A, presentada en 1879, concedida en 1880

[45] Improvement in Telephone Call-Signal Apparatus
Thomas A. Watson
US Patent 202495, April 16, 1878

[46] Telephone
Frederic A. Gowel, 1880
US Patent 236.021

[47] Science Museum Group
https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co32963/gower-bell-telephone-1881-telephone

[48] Bell's Photophone
Scientific American, Vol. 44, No. 1 (JANUARY 1, 1881), pp. 1 - 4

[49] Bell's Photophone
Nature, Volume 23, pages15–19, 1880

[50] Photophone Experiments
Andrew Jamieson
Nature, Volume 23, page 354, 1881

[51] Telephone Circuit
Alexander Graham Bell, 1881
US Patent 244.426

[52] El Hilo Eléctrico, No 147
Montevideo, 10 de junio de 1882

[53] La Revista Mercantil
Año VIII, No 322
Montevideo, Febrero 2 de 1878

[54] Boletín de la Sociedad Ciencias y Artes
Segundo Año, 1878, Montevideo

[55] Anals de la Universidad
Eduardo Acevedo
Año XLI, Entrega N 133, Montevideo, 1934

[56] Folleto "UTE - 1933-1958 URUGUAY - LOS 25 AÑOS DEL TELEFONO AUTOMATICO EN EL URUGUAY", publicación de 1958.
Ing. Elbio Fernández Goyechea, Luis A. Cola Rochier, Ing. Zulema Fassari de Díaz, Sr. Carlos Sanjurjo

[57] Hotel Telephone System
Hammond V. Hayes, 1888
US Patent 395137

[58] Telephone-Circuit
Hammond V. Hayes, 1892
US Patent 474323

[59] Hammond Vinton Hayes, Scientist, Pioneer and Benefactor
Edward L. Bowles
Proceedings of the I.R.E, Volume: 36, Issue: 4, pp 443-445, April 1948

[60] Coin-Controlled Apparatus for Telephones
William Gray, 1889
US Patent 408709

[61] How the Pay Telephone Was Invented in Connecticut
Connecticut Historical Society museum & library
https://chs.org/2017/03/pay-telephone-invented-connecticut/

[62] Gray Telephone Pay Stations
Western Electric Company, Sales Agent
Catalog 22, 1912

[63] Extraído de la página de Gustavo Coll (http://www.signa-uruguay.com)

[64] The Express – The River Plate Daily Mail
Montevideo, 3 de noviembre de 1889

[65] Telephone Switching
H. S. Feder and A. E. Spencer
Scientific American, Vol. 207, No. 1 (July 1962), pp. 132-143

[66] Automatic Telephone-Exchange
Almon B. Strowger
US Patent 447919, March 10, 1891

[67] Electro-Mechanical Telephone Exchange
Scientific American, Vol. 67, No. 22 (NOVEMBER 26, 1892), p. 339

[68] Telephone Operators Strike
Massmoments, April 20, 1919
https://www.massmoments.org/moment-details/telephone-operators-strike.html

[69] Telegraphy Without Wires
Scientific American, Vol. 76, No. 4 (JANUARY 23, 1897), p. 56

[70] Wireless Telegraphy
Scientific American, Vol. 76, No. 25 (JUNE 19, 1897), p. 386

[71] TESLA AGAINST MARCONI - The Dispute for the Radio Patent Paternity
Paul Brenner
IEEE Eurocon, 2009

[72] MARCONI WIRELESS T. CO. OF AMERICA v. U.S., 320 U.S. 1 (1943) 320 U.S. 1
http://caselaw.lp.findlaw.com/scripts/getcase.pl?court=us&vol=320&invol=1

[73] Marconi's Early Experiments in Wireless Telegraphy, 1895
Gabriele Falciasecca
IEEE Antennas and Propagation Magazine (Volume: 52, Issue: 6, Dec. 2010)

[74] Wireless Telegraphy
Scientific American, Vol. 78, No. 14 (APRIL 2, 1898), pp. 213-214

[75] Wireless Telegraphy
Scientific American, Vol. 78, No. 14 (APRIL 2, 1898), pp. 213-214

[76] The Lindsborg News-Record
July 6, 1923

[77] Calling Device for Telephone-Exchanges
Alexander Keith, John Erickson, Charles Erickson
US Patent 597062, January 11, 1898

[78] The Invention and Development of the Dial Telphone: The Contribution of Three Lindsborg Inventors
Emory Lindquist
Spring, 1957 (Vol. 23, No. 1)
http://www.kancoll.org/khq/1957/57_1_lindquist.htm

[79] Wireless Telephony in theory and practice
Ernst Ruhmer, 1908

[80] Art of Reducing Attenuation of Electrical Waves and Apparatus Therefor
Michael I. Pupin
US Patent 652230, June 19, 1900

[81] Marconi Signals Across the Atlantic
Electrical world, vol. 38, pp. 1023-1025; december 21, 1901

[82] Wireless: From Marconi’s black box to the audion
Sungook Hong
The MIT Press Cambridge, 2001

[83] "The Theory of Probabilities and Telephone Conversations"
Erlang, Agner Krarup (1901)
Nyt Tidsskrift for Matematik B, vol. 20.

[84] "The life and works of A.K. Erlang", Brockmeyer,E; Halstrom, H.L; y Jensen, Arns (1948), Copenhagen: The Copenhagen Telephone Company. (también en http://oldwww.com.dtu.dk/teletraffic/Erlang.html)

[85] Wireless Telephony
Fredrick Collins
The Technical World, Vol 3, No.1, March, 1905

[86] Instrument for converting alternating electric currents into continuous currents
John Ambrose Fleming
US Patent 803684, November 7, 1905

[87] On the Conversion of Electric Oscillations into Continuous Currents by Means of a Vacuum Valve

John Ambrose Fleming
Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 74 (1904 - 1905), pp. 476-487

[88] Ambrose Fleming - the founder of electronics
Ian Pole
http://www.radio-electronics.com/info/radio_history/gtnames/fleming.html

[89] John Ambrose Fleming. 1849-1945
W. H. Eccles
Obituary Notices of Fellows of the Royal Society, Nov., 1945, Vol. 5, No. 14, pp. 231-242

[90] Electrical Indicator
Thomas A. Edison
US Patent 307031, October 21, 1884

[91] The Thermionic Valve and Its Developments in Radiotelegraphy and Radiotelephony
John Ambrose Fleming
The Wirless Press Ltd, 1919

[92] Device for Amplifying Feeble Electrical Currents
Lee De Forest
US Patent 841887, January 15, 1907

[93] Ericsson History
http://privateline.com/?page_id=209

[94] Constant Touch: A Global History of Mobile Phone
Jon Agar
Icon Books Ltd, 2013

[95] The Curious Case of the 103-Year-Old Car Phone
Wired, 09/20/2013
https://www.wired.com/2013/09/ericsson-apple-car-phon/

[96] Progresos en Tacuarembó
Publicación “La Razón”, 12 de diciembre de 1912

[97] Publicación “La Semana”, Agosto 17 de 1912, Montevideo

[98] Los servicios telefónicos
Publicación “Mundo Uruguayo”, 10 de julio de 1919

[99] Across the Continent by Telephone
Scientific American, Vol. 112, No. 6 (February 6, 1915), pp. 129, 144-145

[100] Telephone Communication From Coast to Coast
American Telephone And Telegraph Company, 1915

[101] The New York Times
7 de enero de 1927

[102] How Detroit Police reinvented the wheel
Kenneth S. Dobson
https://www.loststory.net/history/how-detroit-police-reinvented-wheel

[103] Communication System
Herbert E. Ives and N.J. Montclair
US PATENT 2099115, Application April 8, 1930

[104] Image Transmission System for Two-Way Television
Herbert E. Ives, Frank Gray and M. W. Baldwin
The Bell System Technical Journal, Vol ,9, Issu 3, 1930

[105] Two-Way Television
Herbert E. Ives, Frank Gray and M. W. Baldwin
Transactions A. I. E. E. , October 1930

[106] Diario El Día, Edición en Huecograbado
Montevideo, Febrero 26 de 1933, Año 2, número 22

[107] Communications Act of 1934
https://transition.fcc.gov/Reports/1934new.pdf

[108] Signaling System
Alec Harley Reeves
US PATENT 2266401, Application June 9, 1938 (in France June 18, 1937)

[109] Electric Signaling System
Edmund Maurice Deloraine and Alec Harley Reeves
US PATENT 2262838, Application November 8, 1938 (in Great Bretain November 19, 1937)

[110] The 25th anniversary of pulse code modulation
E. Maurice Deloraine and Alec Harley Reeves
IEEE Spectrum, May 1965, pp 56-63

[111] The Radical Who Shaped the Future
David Robertson
IEE REVIEW, May 2002

[112] ALEC REEVES 1902-1971
David Robertson
http://www.privateline.com

[113] Alec Harley Reeves
http://homepage.ntlworld.com/quantium/ahr/

[114] Alec Harley Reeves
http://homepage.ntlworld.com/quantium/ahr/pcm.htm

[115] Line Switch
John N. Reynolds
US Patent 1131734, March 16, 1915

[116] Cross-Bar Line-Switch
Frank A. Lundquist
US Patent 13030840, May 6, 1919

[117] Crossbar switch
John N. Reynolds

US Patent 1953503, November 4, 1932

[118] Crossbar Dial Telephone Switching System
F. J. Scudder and John N. Reynolds
Electrical Engineering, 1939, Volume 58, Issue 5

[119] A New Common Control Automatic Crossbar Telephone System Installed in Sweden
H. F. Rost et. al.
Electrical Engineering, 1952, Volume 71, Issue 2

[120] The crossbar switch – from concept to success
Claes-Fredrik Helgesson
https://www.ericsson.com/en/about-us/history/products/the-switches/the-crossbar-switch--from-concept-to-success

[121] Crossbar Switching
Peter Walker
THG's AGM, 23rd September 2000
http://www.thg.org.uk/pwalker/xbar/index.htm

[122] Arthur C. Keller, Electrical Engineer
An oral history conducted in 1973 by Julian Tebo
IEEE History Center, Rutgers University, New Brunswick, NJ, USA.

[123] Electromechanical Telephone-Switching
Sheldon Hochheiser
https://ethw.org/Electromechanical_Telephone-Switching

[124] The Telecommunications Industry
Susan E. McMaster
Greenwood Press, 2002.

[125] The First Electronic Computer
Allan R. Mackintosh
Physics Today., March 1987

[126] Atanasoff-Berry Computer
Michael R. Swaine
Britannica, https://www.britannica.com/technology/Atanasoff-Berry-Computer

[127] Computer History Museum
https://www.computerhistory.org/timeline/1941/

[128] Konrad Zuse's Legacy: The Architecture of the Z1 and Z3
Raul Rojas
IEEE Annals of the History of Computing (Volume: 19, Issue: 2, Apr-Jun 1997)

[129] Colossus: Its Origins and Originators
B. Jack Copeland
IEEE Annals of the History of Computing, 2004, Volume 26, Issue 4

[130] Colossus: Birth of the digital computer
Crypto Museum
https://cryptomuseum.com/crypto/colossus/index.htm

[131] The Automatic Sequence Controlled Calculator—I, II & III
Howard H. Aiken and Grace M. Hopper
Electrical Engineering, 1946, Volume 65, Issue 8-9, 10 & 11

[132] Howard H. Aiken
https://www.computer.org/profiles/howard-aiken

[133] First Draft of a Report on the EDVAC
John von Neumann
Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, June 30, 1945

[134] The ENIAC Story
http://ftp.arl.mil/~mike/comphist/eniac-story.html
Martin H. Weik, 1961
Ordnance Ballistic Research Laboratories, Aberdeen Proving Ground, MD

[135] Retrospective: Mauchly on the trials of building ENIAC:
John W. Mauchly
IEEE Spectrum, 1975, Volume: 12, Issue: 4

[136] First General-Purpose Electronic Computer
Arthur W. Burks and Alice R. Burks
Annals of the History of Computing, 1981, Volume: 3, Issue: 4

[137] Electronic Numerical Integrator And Computer
John Presper Eckert and John W. Mauchly
US Patent 3120606, Presentada en Junio 1947

[138] United State District Court, District of Minessota, 4th division
Honywell Inc. Vs Sperry Rand Corporation
File 4-67 Civ 138

[139] Celebrating Penn Engineering History: ENIAC
https://www.seas.upenn.edu/about/history-heritage/eniac/

[140] Cellular mobile telephone
John H. Davis
Technological Forecasting and Social Change, 1988, Vol. 34, 369-385

[141] Circuit Element Utilizing Semiconductor Material
William Shockley
US Patent 2569347, June 26, 1948

[142] Historia de los Transistores
http://electronred.iespana.es/electronred/TRANSISTORANTIGUOS.htm

[143] Transistorized
http://www.pbs.org/transistor/index.html

[144] Nobel Prize in Physics 1956
Nobel e-museum
http://www.nobel.se/physics/laureates/1956/

[145] Nobel Prize in Physics 1972
Nobel e-museum

http://www.nobel.se/physics/laureates/1972/

[146] The transistor
Frank H. Rockett
Scientific American , Vol. 179, No. 3 (September 1948), pp. 52-55

[147] Vacuum Tube Has Rival
The Science News-Letter, Vol. 54, No. 2 (Jul. 10, 1948), p. 1

[148] A mathematical theory of communication
C. E. Shannon
Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.

[149] Electronic Digital Computers
F. Williams, and T Kilburn
Nature, 25 September 1948

[150] Frederic Calland Williams: The Manchester Baby's Chief Engineer
David Anderson
Biographies, IEEE Annals of the History of Computing, vol. 29, no. 04, pp. 90-102, 2007

[151] Tom Kilburn
Maurice Wilkes and Hilary J. Kahn
Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, Vol. 49 (Dec., 2003), pp. 283-297

[152] The Manchester Computer: A Revised History Part I
B. Jack Copeland
IEEE Annals of the History of Computing Volume 33, Issue 1, Jan. 2011

[153] The Manchester Computer: A Revised History Part II
B. Jack Copeland
IEEE Annals of the History of Computing Volume 33, Issue 1, Jan. 2011

[154] Williams Memory Tube
https://www.computerhistory.org/collections/catalog/102621811

[155] The Manchester Baby Reborn
C. Burton
IEE Review, Volume 44, Issue3, May 1998

[156] Ferranti Mark I
https://www.britannica.com/technology/Ferranti-Mark-I

[157] Early computer developments at Cambridge: The EDSAC
M. V. Wilkes
Radio and Electronic Engineer, 1975, Volume: 45, Issue: 7.

[158] EDSAC 1951
M. V. Wilkes
https://youtu.be/6v4Juzn10gM

[159] A Discussion on Computing Machines
M. V. Wilkes
Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and
Physical Sciences , Dec. 22, 1948, Vol. 195, No. 1042 (Dec. 22, 1948), pp. 265-287

[160] Computer History Museum
https://www.computerhistory.org/revolution/birth-of-the-computer/4/95/377

[161] The First Operating System for the EDVAC
George W. Reitwiesner
IEEE Annals of the History of Computing, 1997, Volume 19, Issue 1 (originalmente publicado en Oct. 29, 1971)

[162] Von Neumann: Precursor innegable de la física moderna
J.J. Hernández-Gómez, F.A. Pizaña-Pérez, C.L. Hanotel-Pinzón
History and philosophy of physics, March 2017

[163] Performance of the Census UNIVAC System
J.L. McPherson and S.N. Alexander
1951 International Workshop on Managing Requirements Knowledge

[164] Univac on election night
A. F. Draper
Electrical Engineering, 1953, Volume 72, Issue4

[165] UNIVAC I: The First Mass-Produced Computer
George Gray
Unisys History Newsletter
Volume 5, Number 1, January 2001

[166] Sufragio Universal
Isaac Asimov, 1955

[167] IBM 701
https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/701/701_intro.html

[168] Apparatus for storing trains of pulses
US Patent 2951176, Filled Dec 10, 1947

[169] The Whirlwind computer project
J.W. Forrester, R.R. Everett
IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1990, Volume: 26, Issue: 5

[170] 704 Data Processing System
https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe_PP704.html

[171] 709 Data Processing System
https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe_PP709.html

[172] Smithsonian National Air and Space Museum
https://airandspace.si.edu/collection-objects/core-memory-module-saturn-v/nasm_T20110016000

[173] THE FIRST TRANSATLANTIC TELEPHONE CABLE (TAT 1)
BT Archives and Historical Information Centre
http://www.sigtel.com/tel_hist_tat1.html

[174] A history of transatlantic cables
Mischa Schwartz and Jeremiah Hayes

IEEE Communications Magazine, 2008 Volume: 46, Issue: 9

[175] TAT-1 Opening Ceremony
September 25, 1956
https://atlantic-cable.com/Cables/1956TAT-1/

[176] TAT-1
https://www.wikiwand.com/en/TAT-1

[177] RAMAC The First Magnetic Hard Disk
https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/ramac/

[178] History of Magnetic Disk Storage Based on Perpendicular Magnetic Recording
A.S. Hoagland
IEEE Transactions on Magnetics (Volume: 39, Issue: 4, July 2003)

[179] Jack St. Clair Kilby
1986 IEEE Annual Awards Presentation Booklet
IEEE History Center

[180] Miniaturized Electronic Circuits
Jack S. Killby
US Patent 2981877, Filled February 6, 1959

[181] Robert N. Noyce
1978 IEEE Awards Reception Brochure
IEEE History Center

[182] Semiconductor Device-and-Lead Structure
Robert N. Noyce
US Patent 2981877, Filled July 30, 1959

[183] The integrated circuit's early history
J.S. Kilby
Proceedings of the IEEE, 2000, Volume: 88, Issue: 1

[184] Nobel Prize in Physics 2000
Nobel e-museum
http://www.nobel.se/physics/laureates/2000/

[185] Intel History
https://www.siliconvalleyhistorical.org/intel-history

[186] Jack Kilby's Integrated Circuit
National Museum of American History
https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_689592

[187] Fairchild’s Approach: The Planar Process
Computer History Museum
https://www.computerhistory.org/revolution/digital-logic/12/329

[188] PDP-1 Restoration Process
Computer History Museum
https://www.computerhistory.org/pdp-1/

[189] Historia de los Satélites de Telecomunicaciones
http://www.geocities.com/CapeCanaveral/3241/historis.htm

[190] The Telstar Satellite System
D. F. Hoth; E. F. O'Neill; I. Welber
The Bell System Technical Journal, 1963, Volume: 42, Issue: 4

[191] Telstar, a history
John R. Pierce
SMEC Vintage Electrics, 1990
http://www.smecc.org/john_pierce1.htm

[192] Oral History : Fred Andrews
http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Oral-History:Fred_Andrews

[193] Early T-Carrier History
IEEE Communications Magazine, April 2011, Vol 4, No 4
Frederik T. Andrews

[194] Pushbutton Calling with a Two-Group Voice Frequency Code
THE BELL SYSTEM Technical Journal, Volume XXXIX, January 1960
L. Schenker

[195] Paul Baran
1990 IEEE Honors Ceremony Brochure
IEEE History Center

[196] On Distributed Communications
Paul Baran
IEEE Trans. Comm. Sys., Marzo 1964.
http://www.rand.org/publications/RM/baran.list.html

[197] Paul Baran, Electrical Engineer
An oral history conducted in 1999 by David Hochfelder
IEEE History Center Rutgers University, New Brunswick, NJ, USA.

[198] System 360: From Computers to Computer Systems
https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/system360/

[199] Data management concepts for DOS/360 and TOS/360
A.R. Cenfetelli
IBM Systems Journal (Volume: 6, Issue: 1, 1967)

[200] The No. 1 Electronic Switching System
Raimund Ketchledge
IEEE Transactions on Communication Technology, 1965, Volume: 13, Issue: 1

[201] Raymond W. Ketchledge Biography
https://ethw.org/Raymond_W._Ketchledge

[202] Cramming More Components onto Integrated Circuits
Gordon E. Moore
Electronics, Volume 38, Number 8, April 19, 1965, pp.114.

[203] Exponential progress – Moore's Law

Our World in Data
https://ourworldindata.org/technological-progress

[204] Transmission of Digital Information over Telephone Circuits
A.W. Morten and H.E. Vaughan
BSTJ paper, May 1955.

[205] Long distance data input for electronic brain of high-speed computers
Electrical Engineering, 1959 , Volume: 78, Issue: 4

[206] The computer museum
History center
http://www.offtowork.com/cmuseum/www.net.org/html/history/detail/1966-modem.html

[207] Understanding Computers
Communications
Time-Life Books, 1986

[208] Acoustic Modem
http://infolab.stanford.edu/pub/voy/museum/pictures/display/1-6.html

[209] Teletype Communication System
John Van Geen
US Patent 3544721

[210] X-Y Position Indicator for a Display System
Douglas C. Engelbart,
US Patent 3541541, Filed June 21, 1967

[211] A research center for augmenting human intellect
Douglas C. Engelbart, William K. English
Year: 1968, Volume: 1, Pages: 395

[212] DOUGLAS ENGELBART Invented the computer mouse
Lemelson-MIT Prize, 1997
https://lemelson.mit.edu/award-winners/douglas-engelbart

[213] A research center for augmenting human intellect - The Mother of All Demos, presented by Douglas Engelbart (1968)
https://www.youtube.com/watch?v=yJDv-zdhzMY&ab_channel=MarcelVEVO

[214] Aportes para la historia del Instituto de Computación 1967-2011
Facultad de Ingeniería - Universidad de la República

[215] Reporte Técnico RT 03-19
Laura Bermúdez y María E. Urquhart
PEDECIBA Informática, Instituto de Computación – Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 21 de noviembre de 2003

[216] La conversación histórica de la llegada a la Luna
National Geographic
https://www.nationalgeographic.com.es/llegada-del-hombre-a-la-luna/conversacion-historica-llegada-a-luna-es-pequeno-paso-para-hombre-pero-gran-salto-para-humanidad_14354

[217] Apollo Television
Bill Wood
https://www.hq.nasa.gov/alsj/alsj-TVEssay.html

[218] Apollo Experience Report – Voice Communications Techniques and Performance
John H. Dabbs and Oron L. Schmidt
NASA TN 0-6739, 1972

[219] Man-Computer Symbiosis
J. C. R. Licklider
IRE Transactions on Human Factors in Electronics, volume HFE-1, pages 4-11, March 1960

[220] The ARPA Network
Lawrence. G. Roberts and Barry D. Wessler
Advanced Research Projects Agency, Washington, D.C. and University of Utah
May 1971

[221] The Evolution of Packet Switching
Lawrence. G. Roberts
Proceedings of the IEEE, 1978, Volume 66, Issue 11

[222] ARPANET Presentation
Lawrence. G. Roberts
UCLA, 1969
http://digital2.library.ucla.edu/viewItem.do?ark=21198/zz002ddgpj

[223] System/370 Model 145
https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe_PP3145.html

[224] Monolithic main memory
J. Ayling;R. Moore
1971 IEEE International Solid-State Circuits Conference. Digest of Technical Papers

[225] Charles K. Kao and other telecommunication pioneers
IEEE Communication Magazine, vol. 48, issue 3, 2010.

[226] AT&T and Corning: Fiber Optics in the 1970s
High Technology Entrepreneurship and Strategy
Baani Amrita et al, 10 June 2003

[227] Inventing the (Fiber Optic) Future: The Inside Story About the Dawning of the Fiber Optic Era, from Pioneering Inventor Peter Schultz
Broadband library, 19/05/2017
https://broadbandlibrary.com/inventing-the-fiber-optic-future/

[228] The Floppy Disk
https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/floppy/

[229] UNIX Time-Sharing System: A Retrospective
D. M. Ritchie
The Bell System Technical Journal, 1978, Volume: 57, Issue: 6

[230] Intel's First Microprocessor: Its invention, introduction, and lasting influence
https://www.intel.la/content/www/xl/es/history/museum-story-of-intel-4004.html

[231] The Making of the First Microprocessor
Federico Faggin
IEEE Solid-State Circuits Magazine, 2009, Volume: 1, Issue: 1

[232] The Intel 4004 Microprocessor and the Silicon Gate Technology: A testimonial from Federico Faggin, designer of the 4004 and developer of its enabling technology
http://www.intel4004.com/

[233] Northern Electric – A Brief History
David Massey
Bell System Memorial

[234] The Legend of Bob Metcalfe
Scott Kirsner
Wired Digital Magazine, Issue 6.11, Nov 1998

[235] N. Abramson, The Aloha System - Another Alternative for Computer Communications, Proceedings of Fall Joint Computer Conference,
AFIPS Conference Proceedings, Vol. 37, pp. 281-285, 1970

[236] Robert M. Metcalfe
1996 IEEE Honors Ceremony Brochure
IEEE History Center

[237] Exclusive Interview – Bob Metcalfe The Father of Ethernet
Broadband library, 25/08/2017
https://broadbandlibrary.com/bob-metcalfe-lays-down-the-law/

[238] Martin Cooper – History of Cell Phones
Mary Bellis
http://inventors.about.com/cs/inventorsalphabet/a/martin_cooper.htm

[239] Motorola invents the take-along phone
Business Week, April 7, 1973

[240] The altair, reincarnated [Resources_Hands On]
Stephen Cass
IEEE Spectrum 2018, Volume: 55, Issue: 3

[241] IBM. The Rise and Fall and Reinvention of a Global Icon
James W. Cortada
The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2019

[242] Altair 8800: The most powerful minicomputer project ever presented – can be built for under $ 400
Popular Electronics, January 1975, p. 33

[243] Microsoft Fast Facts: 1975
https://news.microsoft.com/2000/05/09/microsoft-fast-facts-1975/

[244] Microsoft is born
https://news.microsoft.com/announcement/microsoft-is-born/

[245] No. 4 ESS: Network management and traffic administration

T. V. Greene, D. G. Haenschke, B. H. Hornbach, C. E. Johnson
The Bell System Technical Journal, 1977, Volume 56, Issue 7

[246] H. Earle Vaughan
1977 IEEE Awards Reception Brochure
IEEE History Center

[247] Mac History Apple I
https://www.mac-history.net/apple-history-2/apple-i/2012-07-08/apple-i

[248] The Evolution of Packet Switching
Proceedings of the IEEE, November 1978, 66(11):1307 - 1313
Lawrence Roberts

[249] X.25 Virtual Circuits— TRANSPAC in France— Pre-Internet Data Networking
Rémi Desrpés
IEEE Communications Magazine, November 2010

[250] Testing the first public cell phone network
AT&T archives
https://techchannel.att.com/play-video.cfm/2011/6/13/at&t-archives-amps:-coming-of-age

[251] Champions In Our Midst: The Apple doesn't fall far from the tree
Peter Corcoran;Tom Coughlin;Steve Wozniak
IEEE Consumer Electronics Magazine, 2016, Volume: 5, Issue: 1

[252] RETROSPECTIVE: What Have We Learned from the PDF'-11 - What We Have Learned from VAX and Alpha
Gorden Bell, W. D. Strecker

[253] Qué es una "killer app" y cómo la primera de la historia disparó una revolución
https://www.bbc.com/mundo/noticias-48368454

[254] F.C.C. Ready to Issue Cellular Radio Orders
Ernest Holsendolph
The New York Times, February 22, 1982

[255] NMT – A Nordic Project
https://www.teliacompany.com/en/about-the-company/history/nmt--a-nordic-project/

[256] Britain's first mobile-phone call was made 30 years ago
https://www.cnet.com/news/britains-first-mobile-phone-call-was-made-30-years-ago/

[257] French Communications: Exporting Technical Expertise
Joel Stratte McClure
Scientific American, Vol 249, No. 4 (October 1983), pp. F1-F20

[258] Minitel: The Online World France Built Before the Web
Julien Mailland and Kevin Driscoll
IEEE Spectrum, 20 Jun 2017

[259] France's Minitel: 20 years young
James Arnold
BBC News Online business reporter, 14 de mayo de 2003

[260] The Ethernet, a Local Area Network, version 1
Digital, Intel, Xerox, September 30, 1980

[261] ISDN: A challenge and opportunity for the 80's
Irwin Dorros
IEEE Communications Magazine, 1981, Volume 19, Issue 2

[262] Managing ISDN Through International Standards Activities
Maurizio Decina
IEEE Communications Magazine, 1982, Volume 20, Issue 5

[263] Lighting Up Cooper
John M. Cioffi
IEEE Communications Magazine, 2011, Volume 49, Issue 5

[264] Recommendation I.120 - INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORKS (ISDNs)
CCITT, 1984

[265] Apple – 1984
https://youtu.be/R706isyDrqI

[266] ANSI/TIA/EIA 568-B.2 (CATEGORIA 6) Commercial Building Telecommunications Cabling Standard, Part 2:100 ohm Balanced Twisted-Pair Cabling. (Junio 2002)

[267] ANSI/TIA/EIA 569-A Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces. (Febrero 1998)

[268] ANSI/J-STD--607-A-2002 Grounding and Bonding (octubre 2002)

[269] Cableado Estructurado
José Joskowicz
Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Junio 2003

[270] Authorization of Spread Spectrum Systems Under Parts 15 and 90 of the FCC Rules and Regulations
RULES and REGULATIONS, FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION
June 18, 1985

[271] FCC Creates "Wi-Fi Band" 5/85
https://www.youtube.com/watch?v=Z0xhFrCl1HQ&ab_channel=mjmarcus

[272] Licenced or unlicenced
Michael Marcus
Celebrating WaveLAN Precursor of Wi-Fi 1987 IEEE MILESTONE, SYMPOSIUM Wi-Fi Past, Present & Future, NIEUWEGEIN 29 OCTOBER 2019

[273] Momentos destacados en la historia de Microsoft
https://news.microsoft.com/es-es/2015/04/06/historia-microsoft-40-aniversario/

[274] History of the Atlantic Cable & Undersea Communications
https://atlantic-cable.com//Cables/1982-SL-SeaTrials/index.htm

[275] IBM AS/400
https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/rochester/rochester_4010.html

[276] Information Management: A Proposal
Tim Barners-Lee
CERN, March 1989

[277] WorldWideWeb: Proposal for a HyperText project
Tim Barners-Lee, R Cailliau
CERN, March 1990

[278] Complex information processing: a file structure for the complex, the changing and the indeterminate
TH Nelson
Proceedings of the 1965 20th national conference, 1965 (pp. 84-100).

[279] Tim Barners-Lee
http://www.w3.org/People/Berners-Lee/

[280] The Basic Guide to Frame Relay Networking
Todd Bahner et. al.
Frame Relay Forum, 1998

[281] An overview of frame relay technology
D.B. Grossman
Tenth Annual International Phoenix Conference on Computers and Communications, 1991

[282] Diario El Pais, Madrid, 1/7/2011

[283] The Evolution of Optical Systems: Optics Everywhere
Rod C. Alferness, Herwig Kogelnik, and Thomas H. Wood
Bell Labs Technical Journal, January–March 2000, pp188

[284] Optical Multiplexing and Demultiplexing
Denton, R. T., and T. S. Kinsel
Proc. IEEE, Vol. 56, 1958, p. 146.

[285] A High Capacity Non coherent FSK Lightwave Field Experiment Using Er3+-Doped Fiber Optical Amplifiers
D. A. Fishman et. al.
IEEE Photon. Technol. Lett., Vol. 2, No. 9, 1990, pp. 662–664.

[286] Optical Amplifier System Design and Field Trial
J. A. Nagel et. al.
Optical Amplifiers and Their Applications Topical Meet. Tech. Dig., Santa Fe, N.M., Optical Soc. of America, 1992, pp. 76–82.

[287] DWDM Fundamentals, Components, and Applications
Jean-Pierre Laude
Artech House, 2002

[288] Recommendation H.323: “Packet-based multimedia communications systems”, ITU-T (December 2009)

[289] Early WaveLAN Products
Bruce Tuch
Symposium Wi-Fi Past, Present & Future, NIEUWEGEIN, 29 OCTOBER 2019

[290] Evolving Wireless LAN Industry – Productos and Standards
Kaveh Pahlavan, Ali Zahedi, Prashant Krishnamurthy
Wireless Communications, 1997

[291] IEEE 802.11-1997 - IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications
IEEE, 1997

[292] Bluetooth Protocol and Security Architecture Review
http://www.cs.utk.edu/~dasgupta/bluetooth/

[293] Bluetooth: Vision, Goals, and Architecture
Jaap Haartsen et. al.
ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Volume 1, Number 2, 1998

[294] Bluetooth First person story
https://sudonull.com/post/13234-Bluetooth-First-person-story

[295] Third Generation Partnership Project Agreement
https://www.3gpp.org/ftp/Inbox/2008_web_files/3gppagre.pdf
December 1998

[296] 3G Release 99
https://www.3gpp.org/specifications/releases/77-release-1999

[297] SIP: Session Initiation Protocol
M. Handley et. al.
Request for Comments 2543, March 1999

[298] Los felices 90
Joseph E. Stiglitz, 2003
ISBN:950-511-903-8

[299] WiFi Alliance History
https://www1.wi-fidev.org/who-we-are/history

[300] BlackBerry: A product history
https://edition.cnn.com/2013/07/09/business/gallery/ym-blackberry-through-the-ages/index.html

[301] How BlackBerry went from controlling the smartphone market to a phone of the past
https://www.businessinsider.com/blackberry-smartphone-rise-fall-mobile-failure-innovate-2019-11

[302] Global ICT developments
ITU – ICT world telecommunications/ICT Indicators Database
http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/ict/index.html

[303] 3GPP Release 5
https://www.3gpp.org/specifications/releases/75-release-5

[304] The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS)
Gonzalo Camarillo, Miguel A. García-Martín

Foreword by Stephen Hayes
Wiley, 2008

[305] Ericsson proporcionará IMS a Telefónica
https://www.networkworld.es/actualidad/ericsson-proporcionara-ims-a-telefonica
Abril 2005

[306] Ericsson Provides Telefonica with IMS for IP Telephony and IP Centrex Services
https://www.tmcnet.com/usubmit/2005/Apr/1132114.htm
TMCNET NEWS, April 2005

[307] The history of Android: The evolution of the biggest mobile OS in the world
https://www.androidauthority.com/history-android-os-name-789433/

[308] Google Buys Android for Its Mobile Arsenal
https://tech-insider.org/mobile/research/2005/0817.html

[309] Smartphone Market Share
IDC
https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os

[310] ITU-T Recommendation Y.2001
General overview of NGN
Diciembre 2004

[311] "New ITU Standard Delivers 10x ADSL Speeds"
ITU Prese Release
27 de mayo de 2005
http://www.itu.int/newsarchive/press_releases/2005/06.html

[312] "OLPC XO-1"
http://en.wikipedia.org/wiki/OLPC_XO-1

[313] "Nicholas Negroponte"
http://web.media.mit.edu/~nicholas/

[314] Plan Ceibal
http://www.ceibal.edu.uy

[315] "El Plan Ceibal cerró el año con la mitad del vaso lleno"
El País Digital
http://www.elpais.com.uy/081204/pnacio-385262/nacional/el-plan-ceibal-cerro-el-ano-con-la-mitad-del-vaso-lleno

[316] Steve Jobs Introducing The iPhone At MacWorld 2007
https://www.youtube.com/watch?v=7l-Pa0uCod0&ab_channel=AppleEventsVideos

[317] "TIA/EIA-568-B.2-10 - Transmission Performance Specifications for 4-Pair 100 Ohm Augmented Category 6 Cabling-Addendum 10 to TIA-568-B.2"
28 de marzo de 2008

[318] "Notebook Shipments Surpass Desktops in the U.S. Market for the First Time, According to IDC"
28 de octubre de 2008

http://www.businesswire.com/portal/site/home/permalink/?ndmViewId=news_view&newsId=20081028005575&newsLang=en

[319] "IEEE Ratifies 802.11n, Wireless LAN Specification to Provide Significantly Improved Data Throughput and Range"
11 de setiembre de 2009
http://www.ieee.org/about/news/2009/11september.html

[320] "Wi-Fi Alliance® releases new Wi-Fi CERTIFIED™ n product data"
30 de setiembre de 2010
http://www.wi-fi.org/news_articles.php?f=media_news&news_id=1008

[321] "TeliaSonera launches first commercial LTE services"
ComputerWorld
14 de diciembre de 2010
http://www.computerworld.com/s/article/9142222/TeliaSonera_launches_first_commercial_LTE_services

[322] LTE - Global LTE network deployments: 537 commercially launched in 170 countries
GSA, 2016
https://gsacom.com/paper/global-lte-network-deployments-537-commercially-launched-170-countries/

[323] 100 Estoninan Brands
Skype
https://www.estonianbrands.com/skype

[324] EBay Buys Skype for $2.6 Billion
By John Blau
PCWorld, September 12, 2005
https://www.pcworld.com/article/122516/article.html

[325] "Microsoft to Acquire Skype"
10 de mayo de 2011
http://www.microsoft.com/presspass/press/2011/may11/05-10corpnewspr.mspx

[326] "Facebook Closes $19 Billion WhatsApp Deal"
Formes, 6 de octubre de 2014
http://www.forbes.com/sites/parmyolson/2014/10/06/facebook-closes-19-billion-whatsapp-deal/#78783086179e

[327] "NEW IEEE 802.11ac™ SPECIFICATION DRIVEN BY EVOLVING MARKET NEED FOR HIGHER, MULTI-USER THROUGHPUT IN WIRELESS LANS"
7 de enero de 2014
http://standards.ieee.org/news/2014/ieee_802_11ac_ballot.html

[328] That "Internet of Things" thing
Kevin Ashton
RFID Journal, June 22, 2009

[329] LoRaWAN R1.0 Open Standard Released for the IoT
BusinessWire, June 16, 2015
https://www.businesswire.com/news/home/20150616006550/en/LoRaWAN-R1.0-Open-Standard-Released-for-the-IoT

[330] Standardization of NB-IOT completed
3GPP, June 22, 2016
https://www.3gpp.org/news-events/1785-nb_iot_complete

[331] Global Narrowband IoT – LTE-M networks
Narrow Band IoT & M2M - Global Narrowband IoT – LTE-M networks – March 2019
https://gsacom.com/paper/global-narrowband-iot-lte-m-networks-march-2019/

[332] S.Korea first to roll out 5G services, beating U.S. and China
Reuters, April 3, 2019
https://www.reuters.com/ArticlePage?id=USL3N21K114

[333] ANTEL and Nokia make the first 5G call on a commercial network in Latin America
Nokia, 10 april 2019
https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2019/04/10/antel-and-nokia-make-the-first-5g-call-on-a-commercial-network-in-latin-america/