

**HISTORIA DE LA**  
**RADIODIFUSION DESDE SUS**  
**ORÍGENES HASTA 1925**

**Ingeniero Hugo Enrique Lorente**  
**Académico Titular**

**Academia de la Ingeniería**  
**de la Provincia de Buenos Aires**

**Agosto de 2010**

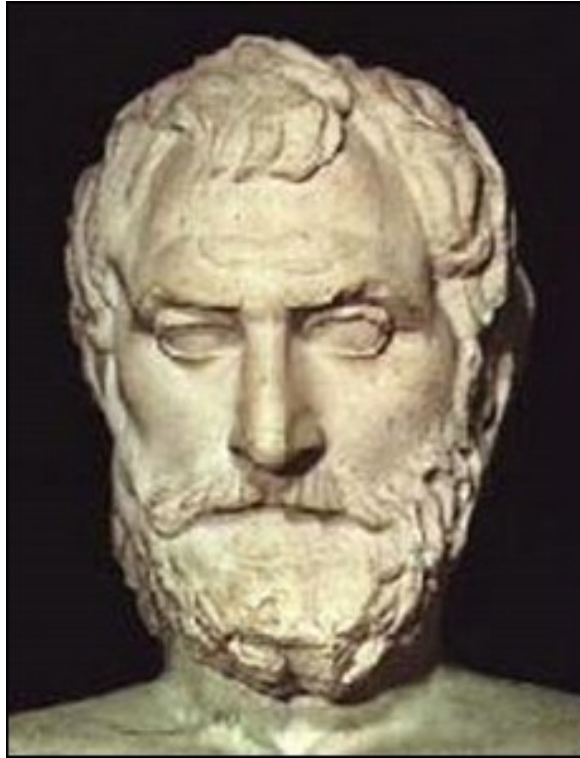
# **HISTORIA DE LA RADIODIFUSION DESDE SUS**

## **ORÍGENES HASTA 1925**

Nuestro objetivo es mostrar el desarrollo de la radio desde sus orígenes hasta su completo desarrollo, y, aprovechando la ocasión mostrar como se lograron resultados muy importantes empleando instrumentos primitivos o inadecuados. Tenemos también la intención declarada de rescatar del olvido a algunos personajes vitales de esta historia y que por diversas razones son completamente ignorados en la actualidad.



Como todas las historias interesantes esta comienza con los griegos hace muchos siglos, tantos que no se sabe cuantos. Los griegos descubrieron que frotando el ámbar, este atraía pequeños trozos de pelo o de paja. El ámbar es una resina fosilizada que en griego se llama *elektron*. Históricamente Tales de Mileto deja constancia de este fenómeno, que hoy llamamos electricidad estática, hacia el año 600 antes de Cristo. Tales reconoce que el fenómeno debía conocerse desde tiempos inmemoriales y que seguramente debía haber llamado la atención del hombre primitivo.



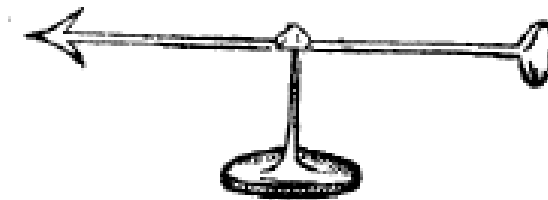
Tales de Mileto  
Grecia-639BC/546BC

Durante siglos estas propiedades del ámbar siguieron asombrando a quienes las verificaran pero no se hallaron aplicaciones ni explicaciones a este hecho. Recién hacia el siglo XVII los estudiosos comienzan a descubrir nuevos fenómenos relacionados y a tratar de explicarlos, aunque muchas de estas descripciones no serían aceptadas en nuestros días. ( recordar que el electrón recién es descubierto en 1897 por Sir Joseph Thompson.)

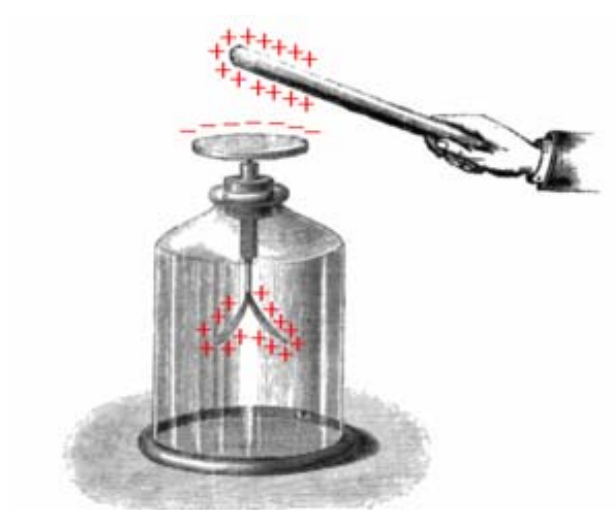
En el año 1600 William Gilbert, médico de la reina Elizabeth, inventa el **electroscopio**, dispositivo primitivo para medir la electricidad estática, (hoy diríamos “la cantidad de carga eléctrica”). Tal vez más trascendente, acuña el término “elétrico” que hasta ahora no se había usado. Publica en 1600 su famoso tratado en 6 tomos sobre el magnetismo “De Magnete”.



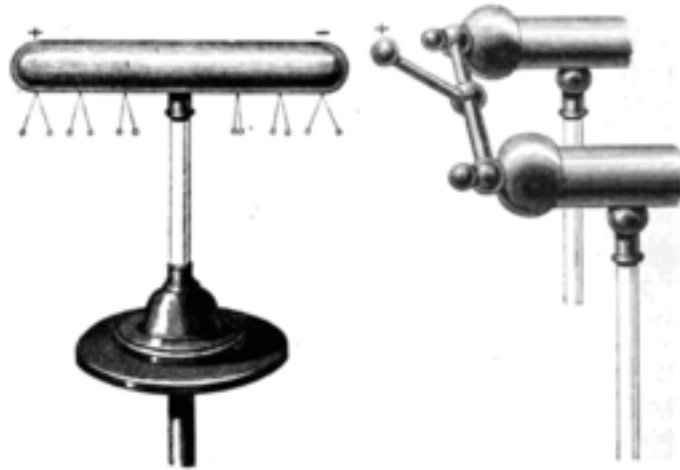
William Gilbert  
Inglaterra-1544/1603



Electroscopio de Gilbert

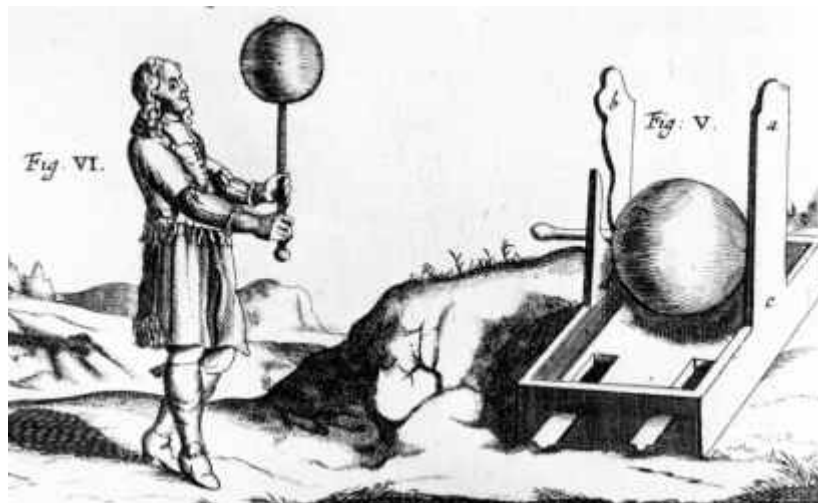


Electroscopio de hojas



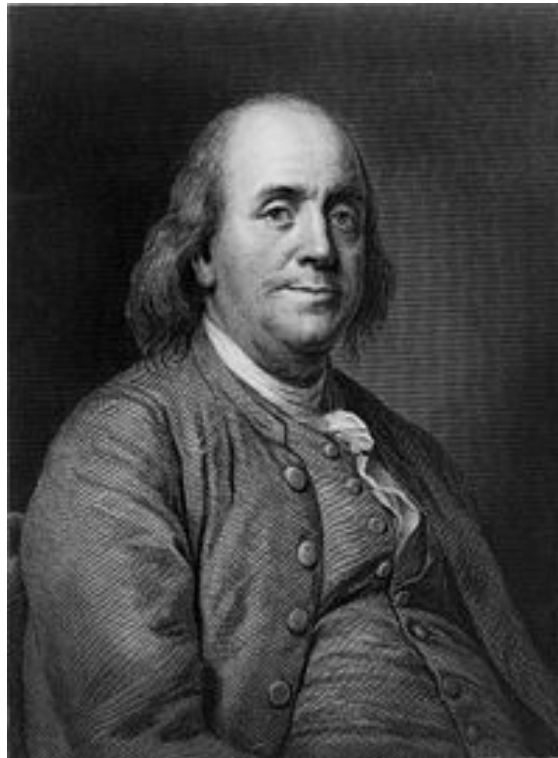
Electroscopio de bolas

El desarrollo de la electricidad seguía siendo muy lento y mayormente consistía en mecanizar el frotamiento del ámbar o cualquier otra sustancia electrificable con el objetivo de obtener mayores cantidades de carga eléctrica. Hacia 1672 Otto von Guericke , a quién seguramente recordarán por su experimento de los hemisferios de Magdenburgo, montó una gran esfera de azufre de aproximadamente 1 metro de diámetro, sobre un eje accionado por una manivela.



La esfera se electrificaba simplemente apoyando la mano sobre ella mientras esta giraba. Sus observaciones incluyen la emisión electrónica de los cuerpos calientes, aunque por supuesto no la pudo explicar en estos términos. La observación de las

chispas eléctricas producidas por su máquina lo llevó a asociar el fenómeno eléctrico con los rayos. Sería Benjamín Franklin quien lo verificara hacia 1772.



Benjamin Franklin  
EEUU-1706/1790

Hacia 1729 Stephen Gray, un tintorero inglés que vivió entre 1666 y 1736, comienza a distinguir entre aisladores y conductores y construye una línea de transmisión eléctrica de 120 metros de longitud por la cual logra transmitir impulsos eléctricos (tal vez la primera línea de transmisión eléctrica). También descubre que una esfera de metal caliente se descarga rápidamente (emisión electrónica).

Hasta acá el desarrollo de la electricidad involucraba exclusivamente electricidad estática. Las corrientes eléctricas involucradas en los experimentos eran extremadamente pequeñas, aunque los voltajes eran muy altos. Desde luego todavía no se hablaba en estos términos.

En 1780 Luigi Galvani, un biólogo italiano tocó accidentalmente su bisturí de acero con la grampa de bronce con la que sostenía una rana que estaba disecando, al hacerlo notó que la rana sufría espasmos similares a los producidos por una descarga eléctrica. Galvani de acuerdo a las ideas de la época pensó que la electricidad era producida en el animal y se refirió al fenómeno como “electricidad animal”.



Luigi Galvani  
Italia-1737/1798

En 1800 Alessandro Volta, un físico italiano, repite los experimentos de Galvani pero no queda satisfecho con la “electricidad animal”.



Alessandro Volta  
Italia-1745/1827



Luego de algunos experimentos deduce acertadamente que la rana era simplemente el electrolito de un sistema electroquímico. De hecho Alessandro Volta es considerado un precursor de la electroquímica. Como resultado de sus hallazgos Volta inventa la pila electroquímica, poniendo a disposición de los investigadores que lo siguieron, grandes cantidades de corriente eléctrica.

Evidentemente Volta no es un héroe olvidado en esta historia. Frecuentemente nos referimos a los 220 voltios de la red de distribución de energía eléctrica, a los 1.5 voltios de una pila, a los 12 voltios de la batería de un automóvil, etc.. Estos comentarios son hechos correctamente por legos y expertos por igual y en mi opinión el trabajo y la inspiración de Volta lo merecen. Sin ninguna duda la invención de la pila eléctrica y la consiguiente disponibilidad de cantidades importantes de corriente eléctrica trajo como consecuencia el desarrollo acelerado de la electricidad y desde 1800 y en poco más de 100 años, todo el electromagnetismo había sido desarrollado. Sin ninguna duda Volta tiene mucho que ver con estos logros.

Como ya lo anticipáramos, el siglo 19 es pródigo en descubrimientos sobre la electricidad y nombrar a todos los estudiosos de este tema es una tarea imposible.



Pila de Volta



Surgen algunos nombres destacados como el de George Simon Ohm (alemán 1789-1854) su ley sobre resistencias eléctricas y los nombres de Hans Christian Oersted (dinamarqués 1777-1851) y André-Marie Ampère (francés 1775- 1836), quienes relacionan la electricidad con el magnetismo. Otros nombres importantes son los de Charles-Agustin de Coulomb (francés-1736/1806) y el de Carl Friedrich Gauß (alemán-1777/1855). Sin duda alguna es imposible mencionar a todos los investigadores de la época que se dedicaron al tema.

Un nombre que resalta es el de Michael Faraday (inglés 1791-1867). Hijo de un humilde herrero, a los 13 años (1804) se hace aprendiz de encuadernador.

Aprovechando su profesión lee todo lo que pasa por sus manos y repite los experimentos que están a su alcance. En 1812 conoce al célebre químico Humphry Davy y le solicita un puesto de ayudante en su laboratorio. Davy impresionado por los conocimientos de Faraday se convierte en su mentor y lo defiende de los ataques por los experimentos supuestamente inútiles que realizaba.



Michael Faraday  
Inglaterra-1791/1867

Hacia 1831 realiza sus experimentos sobre inducción electromagnética. En sus escritos llega a suponer que la luz es un fenómeno electromagnético. Resulta interesante

saber que no conocía el cálculo diferencial y sus resultados experimentales debieron esperar al genio de James Clerk Maxwell quién desarrollaría su famosa teoría reuniendo todos los hallazgos experimentales de Faraday y sus predecesores.

En el ínterin las comunicaciones eléctricas se desarrollan con el desarrollo del telégrafo eléctrico por Samuel Morse entre 1833 y 1844 en EEUU.



Samuel Morse

EEUU-1791/1872

James Clerk Maxwell (nacido James Clerk) fue el encargado de reunir todos los hechos experimentales realizados en los siglos anteriores. Nacido en Escocia en 1831 en el seno de una familia acomodada, recibió una excelente educación que culminaría en el Trinity College de Cambridge. En 1871 es nombrado director del laboratorio Cavendish en Cambridge y en 1873 publica “Un Tratado de Electricidad y Magnetismo” donde aparecen por primera vez la ahora famosas “ecuaciones de Maxwell” que originalmente eran 20. Maxwell mismo las redujo a 13. La forma actual de 4 ecuaciones fueron desarrolladas por Heaviside y Hertz .



James Clerk Maxwell

Escocia -1831/1879

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Ecuaciones de Maxwell

Las ecuaciones de Maxwell predicen la existencia de ondas electromagnéticas que se propagan con la velocidad:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu \cdot \epsilon}}$$

Con los datos de la época esta velocidad estaba asombrosamente cercana a la velocidad de la luz que ya se conocía bastante bien. La conclusión fue inmediata. La luz es un fenómeno electromagnético como ya lo había sospechado Faraday. De hecho era el único fenómeno electromagnético conocido por Maxwell y sus contemporáneos. Maxwell predijo correctamente que deberían existir otros tipos de ondas electromagnéticas, pero muere en 1879 sin llegar a conocerlas.

Por esa época era bien conocido que los campos de inducción se atenúan por lo menos con el cuadrado de la inversa de la distancia. La teoría de Maxwell predice la existencia de campos de radiación que se atenúan sólo con la inversa de la distancia. Esto hace que un campo de radiación pueda ser detectado a mucho mayores distancias y abre el camino a las comunicaciones inalámbricas.

En 1874 Carl Ferdinand Braun, un físico alemán, descubre las propiedades rectificadoras de ciertos minerales como la piritita de hierro y el sulfuro de plomo (Galena). Braun es uno de los protagonistas olvidados de esta saga, el rectificador no es el único de sus logros relacionados con la radotelegrafía.

Las comunicaciones eléctricas continúan desarrollándose con la instalación del primer cable telegráfico entre Irlanda y Terranova en el año 1866.

En 1876 Alexander Gram. Bell patenta su teléfono.

En 1883 Heinrich Rudolf Hertz buscaba un tema de trabajo luego de su doctorado cuando tropezó con los trabajos de Maxwell. Decidido a demostrar la existencia de ondas electromagnéticas distintas a las de la luz, diseña algunos experimentos en frecuencias bajas pasando posteriormente a una frecuencia cercana a los 400 Mhz. Hacia 1887 había demostrado que estas ondas se comportaban de igual manera que la luz pero con una longitud de onda mucho mayor.



Heinrich Rudolf Hertz

Alemania-1857/1894

En particular demostró que estas ondas podían ser:

Reflejadas

Refractadas

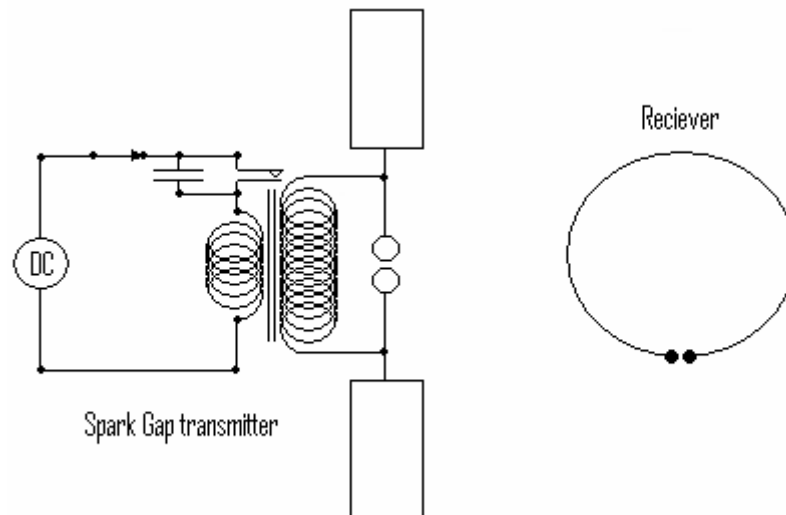
Polarizadas

Interferidas

Difractadas

Es decir se comportaban exactamente como uno esperaría que se comportara la luz.

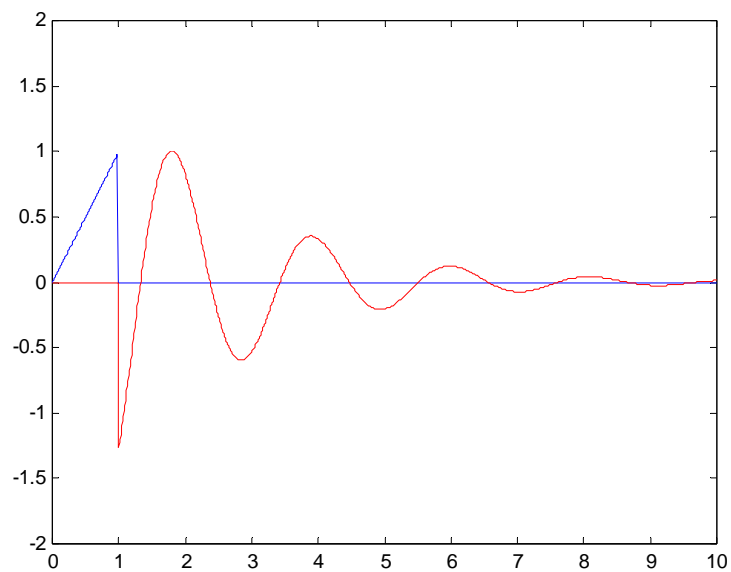
Es interesante revisar como Hertz generaba y detectaba las ondas electromagnéticas. Para la generación empleaba chispas eléctricas que excitaban un resonador que producía ondas amortiguadas. Para la recepción empleaba un dipolo de media onda doblado de manera de formar un aro (el Aro de Hertz). La disposición era la siguiente:



Transmisor y Receptor de Hertz

La antena del transmisor es eléctricamente corta para la frecuencia de resonancia por lo que la resistencia de radiación es baja y en consecuencia el  $Q$  del circuito resonante es alto ( $Q > 100$ ).

Cuando se conecta la batería la corriente en el primario del transformador comienza a crecer. Llega un momento en que la magnetización del núcleo del transformador es tan grande que atrae el interruptor abriendo el circuito primario. Al abrirse el circuito, la corriente en el primario no puede hacerse instantáneamente cero y circula por el capacitor incrementando su tensión.

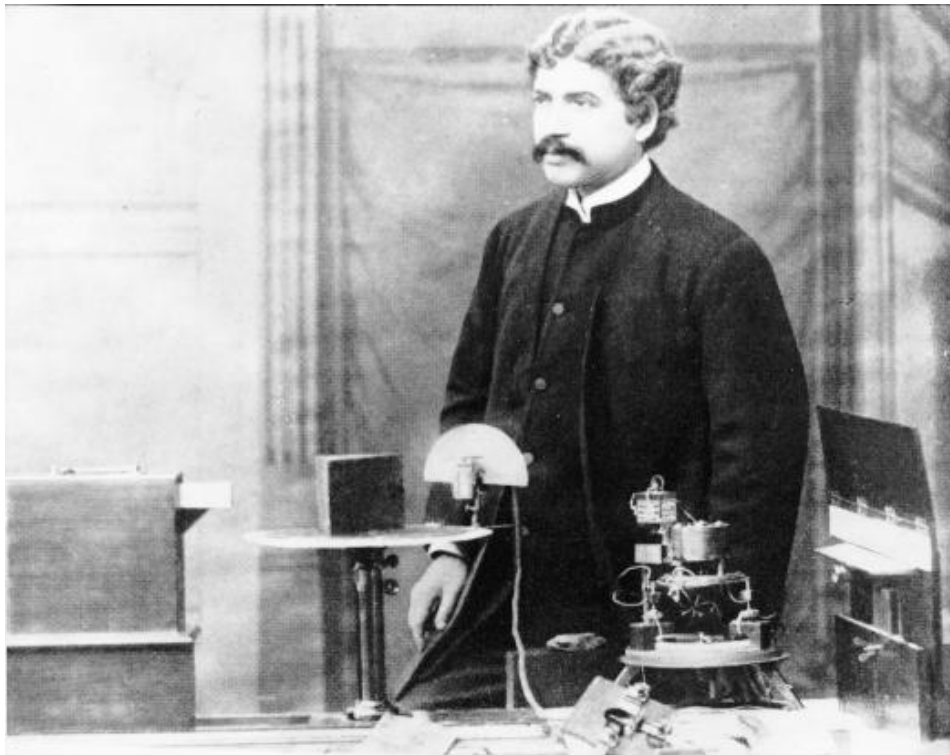


Generación de Ondas Amortiguadas

Esta tensión aparece aumentada por la relación de vueltas en el secundario del transformador. Si la tensión en el secundario es suficientemente elevada, se alcanza la tensión de ruptura en el explosor y salta una chispa. Cuando esto sucede la tensión sobre el explosor se hace cero casi instantáneamente excitando oscilaciones amortiguadas en el resonador constituido por la antena. El proceso se repite mientras esté conectada la batería generando un tren de ondas amortiguadas.

En el dipolo receptor la tensión es máxima en los extremos del mismo. Como está doblado de manera que quede un pequeño espacio entre sus extremos, es posible que salte una chispa cuando se recibe una señal suficientemente intensa. Con estos sencillos dispositivos Hertz llevó a cabo sus muy importantes investigaciones. Hertz también demostró que el calor también se propaga en forma de ondas electromagnéticas.

Casi simultáneamente con Hertz, Jagadish Chandra Bose repite en la India las experiencias de Hertz. Lo interesante de estas experiencias es que Bose las realiza en una frecuencia cercana a los 60GHz!.



Sir Jagadish Chandra Bose

India-1857/1937



Bose es otro de los protagonistas olvidados de esta historia, quien además desarrolla el detector de galena y en 1901 aplica por una patente para un "Detector de Ondas de Radio".

El siglo XIX es el siglo de los telégrafos. Alejandro Dumas describe detalladamente en El Conde de Montecristo como funcionaba el telégrafo óptico diseñado por Claude Chappe con estaciones relevadoras cada 10 Km.



Telégrafo óptico

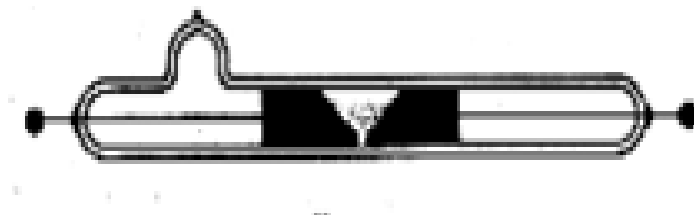
Como se ha comentado a partir de alrededor de 1850 se disponía del telégrafo eléctrico. Este último cubría mayores distancias que el óptico, pero requería de mayor infraestructura y era más vulnerable a los ataques. En este contexto un medio de comunicación inalámbrico, aunque cubriera distancias moderadas era interesante. Además existían circunstancias en las cuales las instalaciones no podían ser erigidas como el caso de las comunicaciones marítimas.

Durante el año 1895, un joven físico italiano, Guglielmo Marconi, logra establecer comunicaciones inalámbricas sobre distancia de 2km. Como detector (ultrasensible para la época) Marconi emplea el "cohesor" desarrollado por el francés Edouard Branly. El cohesor era un simple tubo de vidrio con terminales eléctricos en sus extremos, parcialmente lleno de limaduras metálicas. Este dispositivo presenta una

muy elevada resistencia de bajas tensiones hasta que se llega a una tensión umbral donde la resistencia se reduce a valores muy bajos.



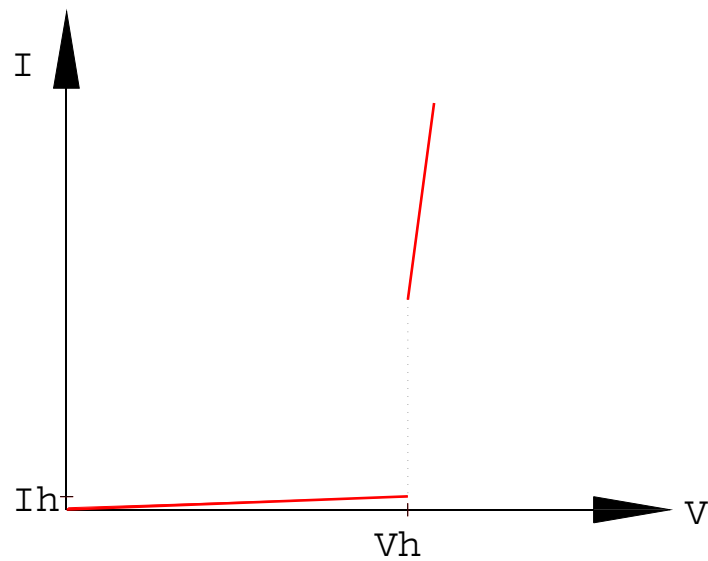
Guglielmo Marconi  
Italia -1874/1937



Cohesor

La tensión umbral es del orden de 10 voltios con una corriente de umbral de algunos microamperes. Afortunadamente la energía necesaria para la conmutación es muy pequeña. De todas maneras las intensidades de señal recibida para accionar el cohesor eran muchos órdenes de magnitud mayores que los niveles teóricamente

detectables.



Relación Tensión-Corriente en el Cohesor

También es necesario tener en cuenta que no existía ningún tipo de amplificador. De tal manera que lo que se detectaba era en el mejor de los casos, lo que se escuchaba. Un teléfono auricular de la época tal vez permitía escuchar una señal de  $10^{-8}$  [w] mientras que un receptor moderno permite, en las mismas condiciones

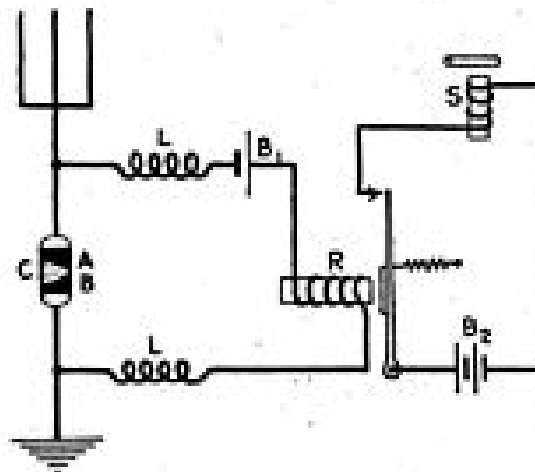


Fig. 101. Marconi 1896 Receiver.

detectar señales del orden de  $10^{-14}$  [vatios]. El transmisor de Marconi era y lo fue por varios años el transmisor de Hertz, salvo por el cambio de escala.

En 1896 Marconi, cuya madre era irlandesa, se traslada a Inglaterra donde rápidamente es capaz de transmitir señales a una distancia de 19 km. Ese mismo año y todavía muy joven funda su compañía comercial que todavía existe. En 1899 consigue transmitir señales a un barco en navegación a una distancia de 120 kilómetros.

Sus esfuerzos por lograr una comunicación trasatlántica culminan con éxito el 12 de Diciembre de 1901 con su famosa transmisión de la letra “S” en código Morse entre Terranova y el sudeste del Reino Unido cubriendo una distancia de 3360 kilómetros.

Inmediatamente surge la famosa controversia entre Marconi y Henry Poincaré, por entonces Presidente de la Academia Francesa de Ciencias, acerca de la imposibilidad de haber realizado tal comunicación. Resulta que las ondas de radio se propagan en línea recta por lo que no pueden seguir la curvatura de la tierra. Algunos hechos tales como la estructura de la atmósfera tienden a curvar las ondas de radio hacia la tierra de manera de incrementar el alcance de las mismas. Con los datos de la época, Poincaré estimaba que la distancia máxima podía ser de unos 300 Km. Hoy sabemos que estos cálculos son optimistas. Lo que no sabían ni Marconi ni Poincaré era la existencia de la ionosfera que es capaz de reflejar las ondas de radio hacia la tierra. Un año más tarde, Kennelly y Heaviside proponen la existencia de la ionósfera.

Posteriormente, y cuando las transmisiones de radio estaban firmemente establecidas, se ha llegado a sospechar que aunque Marconi empleaba una potencia de 50 kw en su transmisor la comunicación transatlántica nunca pudo haberse realizado. Y es que el cohesor que Marconi dice haber usado como detector es sumamente ineficiente. De todas maneras y, aunque Marconi era muy autoritario y poco dispuesto a dar explicaciones, es casi seguro que la comunicación existió. Posiblemente usó el detector a galena o alguno similar, pero por problema de patentes no lo pudo dar a conocer.

Marconi sostuvo una larga disputa por la patente del detector a galena con Bose que llegaría finalmente a un acuerdo privado. También reconoció tíbiamente haberse aprovechado de las patentes de Braun.

En 1909 Marconi fue reconocido con el premio Nobel de física por sus descubrimientos en radiocomunicaciones, premio que compartió con Braun. Podría pensarse que Braun obtuvo el premio por su trabajo pionero en los diodos detectores, pero no fue así. Braun, además de descubrir las propiedades rectificativas de ciertos materiales, inventó la sintonía. Hoy todos recordamos a Marconi, pero a Braun y a Bose muy pocos.

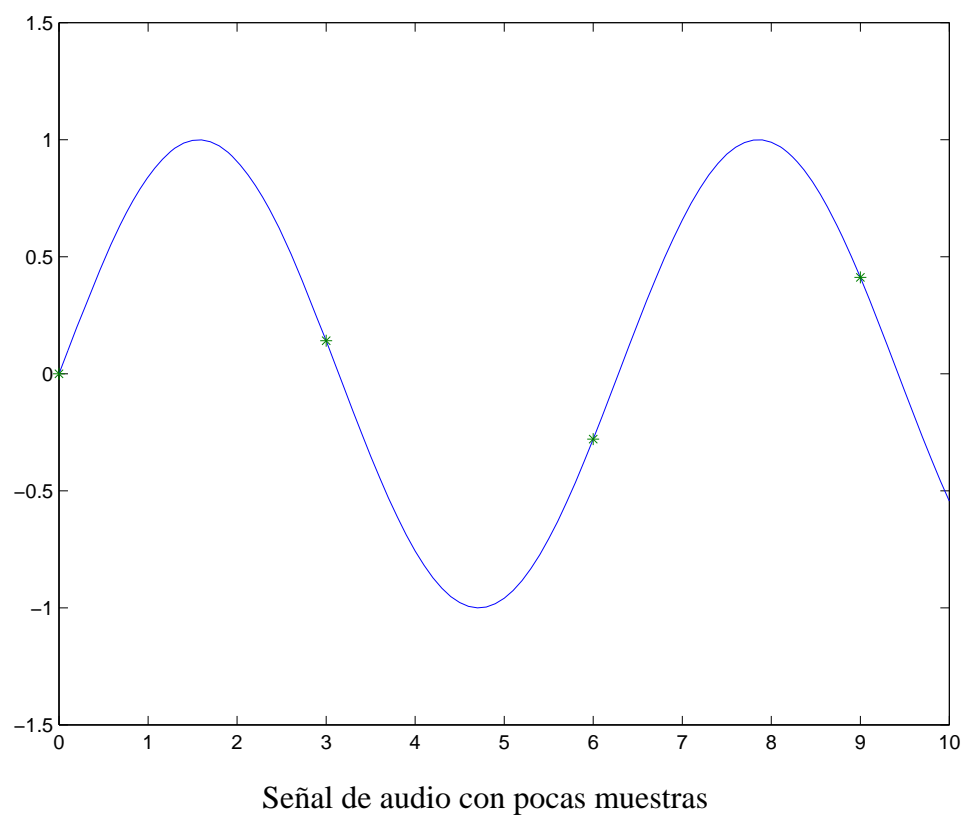
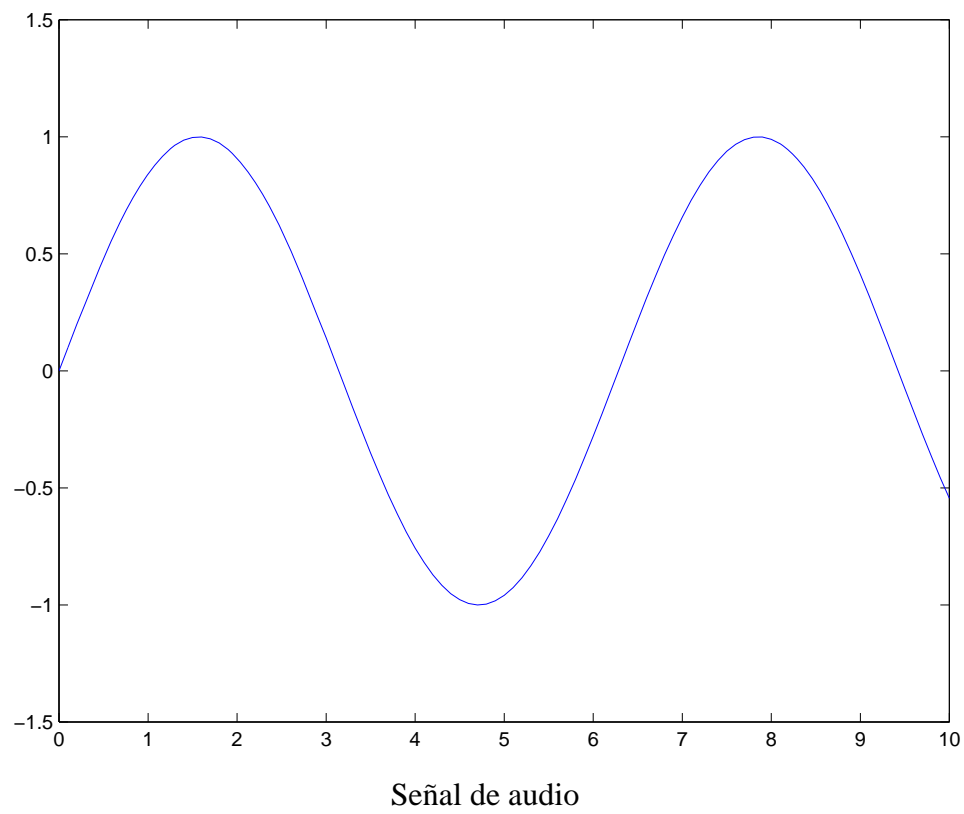
Las transmisiones de Marconi eran telegráficas pero el interés en las comunicaciones de sonido apareció inmediatamente después. Fessenden, un ingeniero canadiense, se dio cuenta rápidamente de la frecuencia de repetición de las chispas, que por ese entonces era de unas 100 chispas por segundo, debía ser mucho mayor si se querían transmitir sonidos audibles. Una señal de audio, tal como la que sale de un micrófono, es analógica. Esto es, consta de infinitos puntos. Si cada chispa representa un punto de la señal de audio, deberíamos tener infinitas de ellas por unidad de tiempo lo cual no es posible. Hoy sabemos que se puede representar una señal de ancho de banda limitada con un número finito de puntos de la señal por unidad de tiempo. Pero Fessenden, que no disponía de Teorema del muestreo, decidió muy acertadamente que 10.000 chispas por segundo serían suficientes, logrando transmitir sonido en 1902 sobre una distancia de 1200 metros.

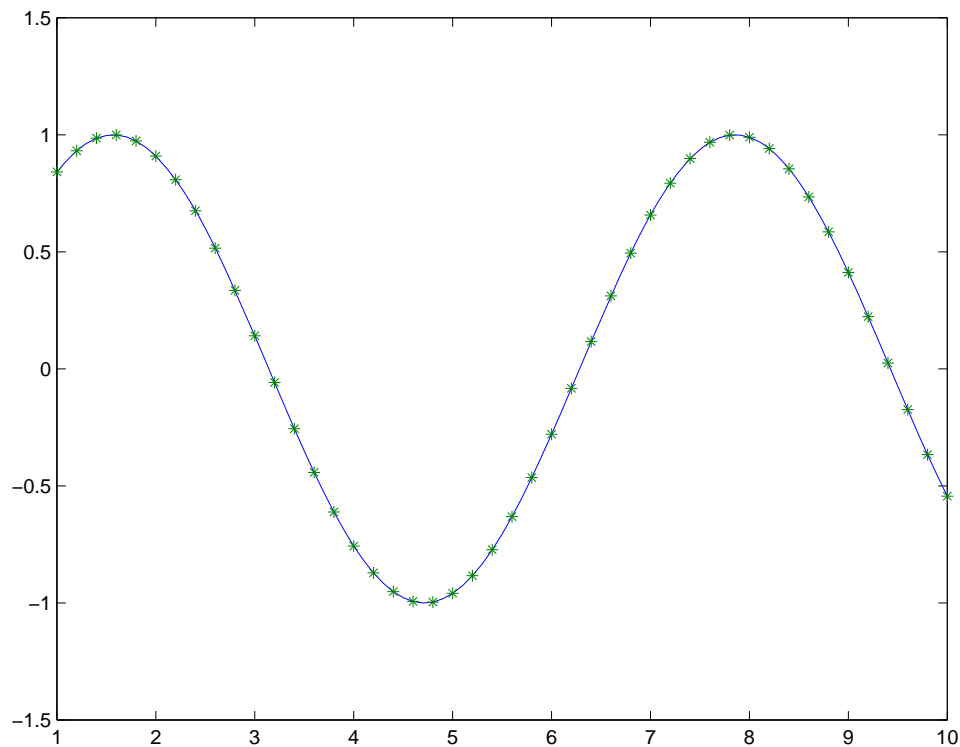


Reginald Fessenden

Canadá-1866/1932

La noche de Navidad de 1906 empleando un alternador como generador de ondas realizó la primera transmisión de radio de la historia destinada al público en





Señal de audio sobremuestreada

general. La transmisión empleó la frecuencia de 42 kilohertz y tenía una potencia de 1 kilovatio. Constó de una introducción realizada, por el mismo Fessenden, seguida por villancicos cantados por una soprano. Finalmente el inventor interpretó al violín Oh Holy Night para finalizar leyendo algunos pasajes de la Biblia y solicitando reportes de la transmisión. El programa de radio navideño fue escuchado por muchos barcos que ya tenían estaciones radiotelegráficas y cuyos operadores no podían dar crédito a lo que escuchaban y llamaban a sus capitanes a constatar lo que oían.

Fessenden y otros investigadores estaban convencidos de la necesidad de emplear ondas continuas en lugar de ondas amortiguadas. Simultáneamente muchos teóricos señalaban la ineficiencia de las ondas amortiguadas. Pero Marconi con su habitual tozudez, insistía que las chispas eran necesarias para “romper el éter y penetrarlo”(sic). En esa época se pensaba que las ondas de radio se propagaban en un medio inmaterial llamado “éter”.

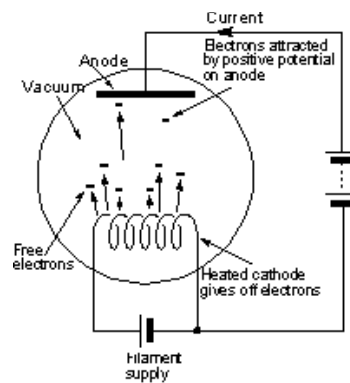
Inmediatamente después de la primera comunicación transatlántica comenzó la búsqueda de un mejor detector que el cohesor. En 1883, Thomas Alba Edison que estaba desarrollando su lámpara incandescente, notó que si agregaba un electrodo a la misma, circulaba corriente cuando el electrodo se polarizaba positivamente con respecto al filamento y la corriente cesaba totalmente si se invertía la polaridad. No se halló



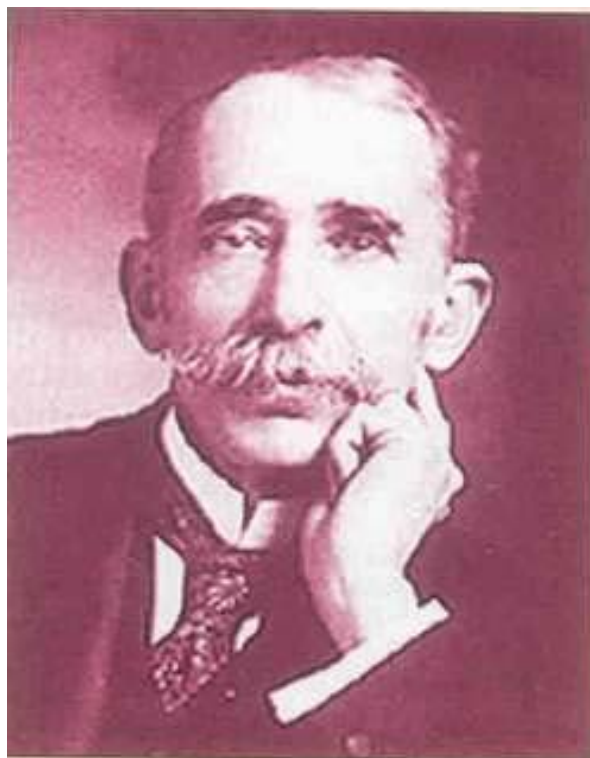
ninguna explicación al fenómeno y sorprendentemente Edison tampoco le halló ninguna utilidad. De todas maneras esto llamó la atención y el fenómeno fue mostrado a muchos científicos entre otros a Ambrose Fleming del University College de Londres.

En 1897 Sir Joseph Thompson descubre el electrón y el “efecto Edison” comienza a ser explicado.

Alrededor de 1901 Fleming es contratado por Marconi como asesor con el encargo de mejorar su sistema de comunicación.



Diodo de Fleming

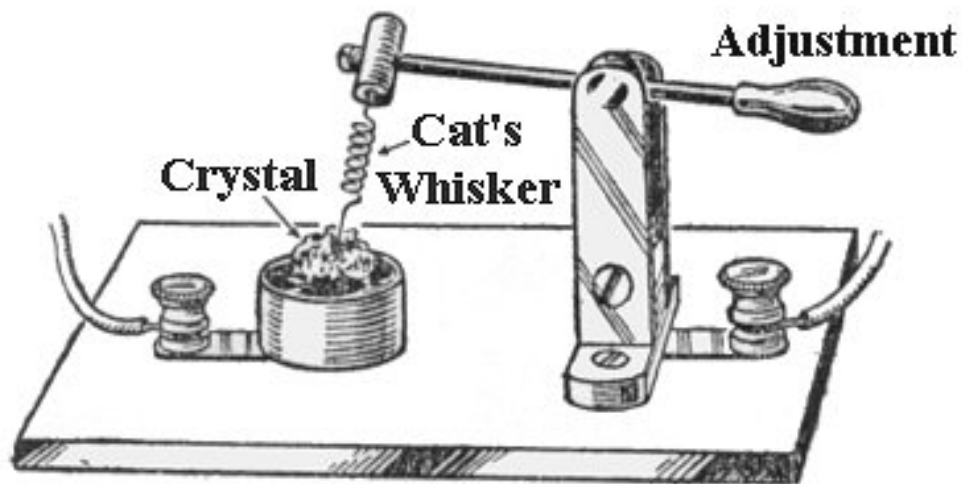


Sir John Ambrose Fleming

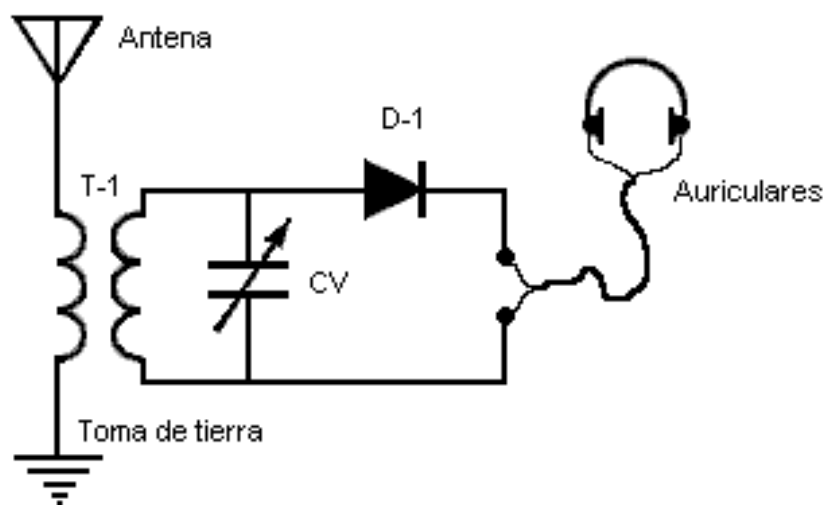
Inglaterra-1849/1945

Rápidamente se da cuenta que el mayor problema era el sistema de detección y se pregunta si el efecto Edison no sería de ayuda. Hacia 1904 había perfeccionado su diodo termoiónico, al que llamó “válvula oscilatoria”, demostrando que podía ser usado como detector de ondas de radio.

Para esa época también se estaban perfeccionando otros detectores como el de galena o el de carburo de silicio sobre los cuales el diodo de vacío no mostraba ventajas. Además este era caro, frágil, de corta vida útil y necesitaba una batería para alimentar el filamento. No es raro que el detector de galena haya continuado siendo usado hasta mediados de los años veinte.

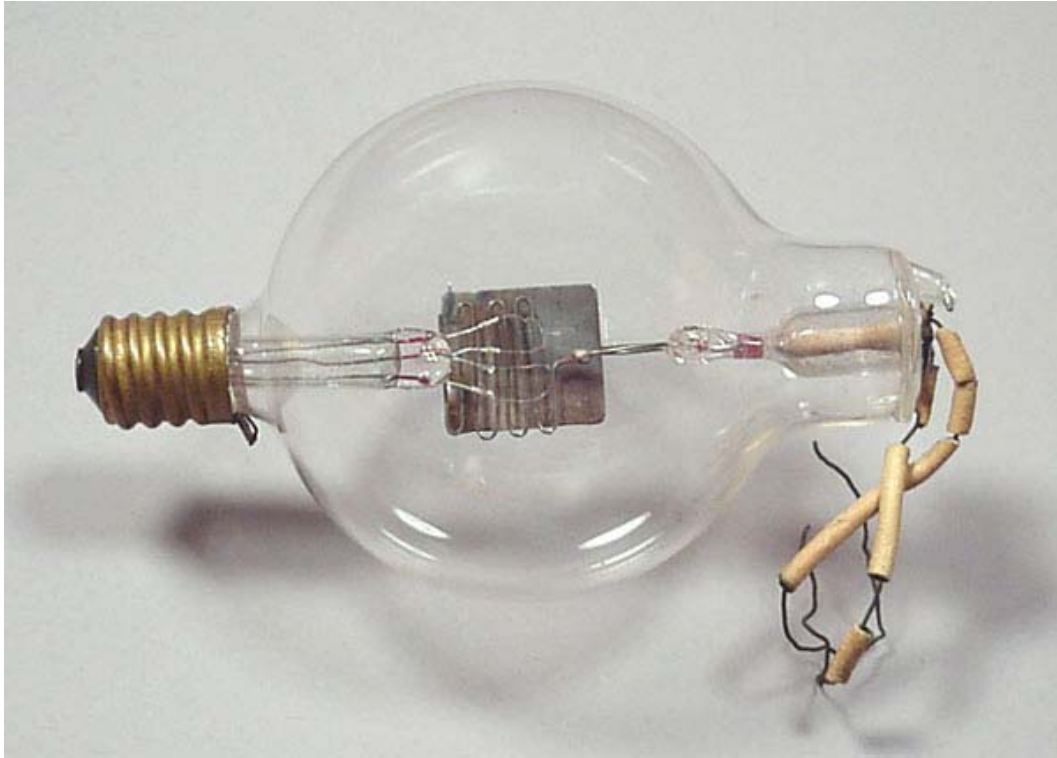


Detector a galena



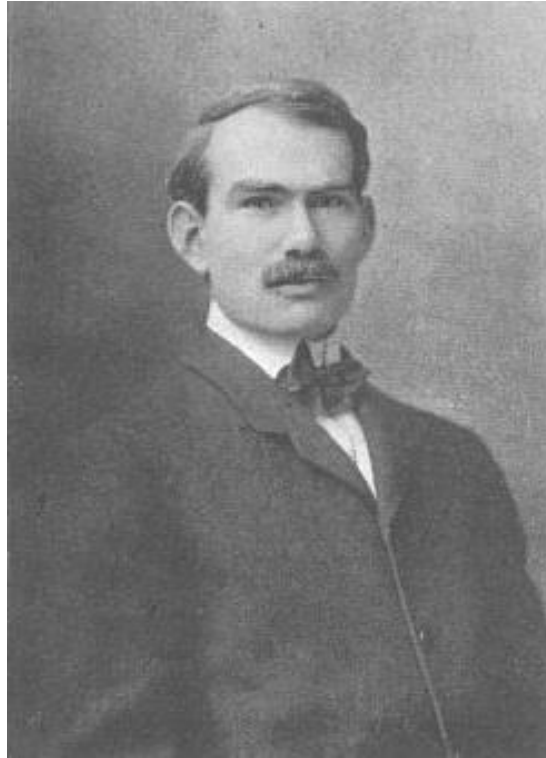
Receptor a galena

El desarrollo de la válvula de vacío continuó y, tratando de evitar las patentes de Fleming, Lee de Forest patenta en 1907 una válvula de vacío con tres electrodos a la que llama audión.



Audión de Forest-1906

Hoy sabemos que esta válvula puede ser usada como amplificador, pero el objetivo de de Forest era emplearla como detector de ondas de radio y, según se dice, nunca llegó a comprender completamente su funcionamiento. Recién en 1911 se le encontró uso como amplificador. Pero esos triodos primitivos eran sumamente ineficientes. Se creía además que era necesario dejar algo de aire en el interior del tubo para mejorar el funcionamiento lo cual hacía que fueran notablemente ruidosos. No es de extrañar que estos dispositivos fueran ignorados durante largo tiempo.

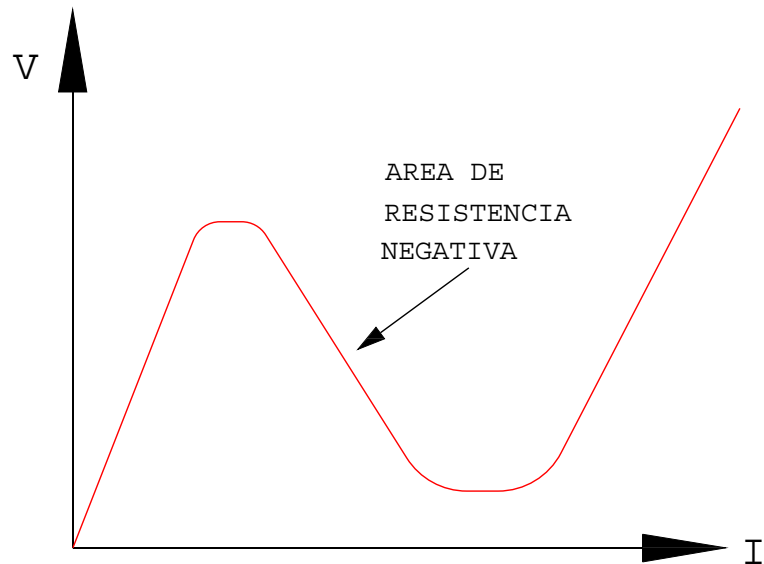


Lee de Forest  
EEUU-1873/1961



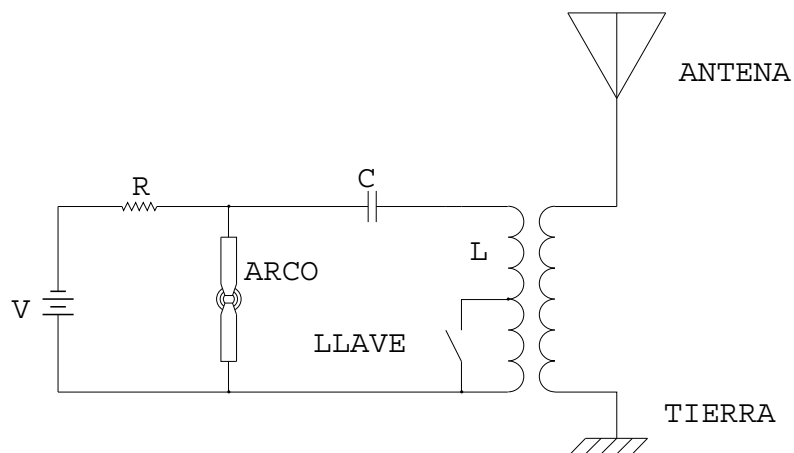
Valdemar Poulsen  
Dinamarca-1869/1942

Como ya lo hemos mencionado, otra manera de mejorar las transmisiones de radio consistía en generar ondas continuas. Dos métodos aparecen: el de Valdemar Poulsen en Dinamarca y el de Fessenden en EEUU. Poulsen conocía el hecho de que el arco eléctrico presenta resistencia dinámica negativa.



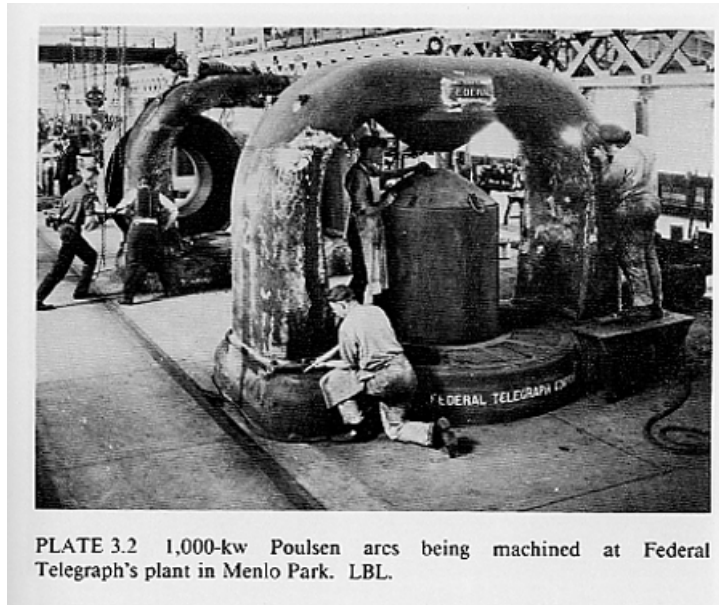
Relación Corriente-Voltaje en el Arco Eléctrico

En 1906 comienza a usar el arco eléctrico para generar oscilaciones de alta frecuencia y en el mismo año se construyen transmisores de arco. Como el arco no puede encenderse y apagarse rápidamente como la chispa, los transmisores de arco eran del tipo de manipulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)



Transmisor de Arco

Los transmisores de arco rápidamente muestran su superioridad con respecto a los de chispa y son adoptados inmediatamente. Para fines de la primera guerra mundial el 80% de los transmisores instalados era de arco. Las potencias instaladas eran enormes aún en los estándares actuales, en Bordeaux, Francia se instaló en 1921 un transmisor de arco de 1 MW.



El transmisor de arco más grande fue una construido por Holanda para sus territorios de ultramar con una potencia de 3.6MW.

Cuando en 1932 el Doctor Ernest Lawrence de la Universidad de California en Berkeley estaba buscando la manera de construir un cyclotron de gran tamaño, encontró que las fuerzas armadas disponían de algunos transmisores de arco sobrantes de 1MW de potencia sobrantes de la Gran Guerra. Estos transmisores proporcionaron los grandes electroimanes y la fuente de radiofrecuencia necesarios y permanecieron en funcionamiento hasta 1954..

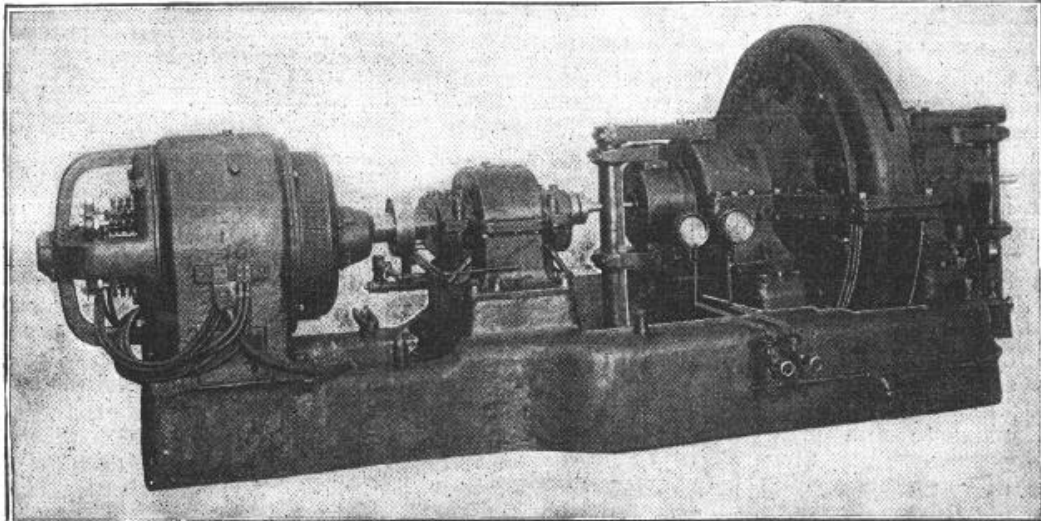
Fessenden tomó un enfoque más directo , por esa época la manera bien conocida de generar señal sinusoidal pura era el alternador por lo que encargó a Ernest Alexanderson de General Electric un alternador de alta frecuencia. En el alternador la frecuencia de la onda generada está dada por:

$$f = \frac{RPM \cdot (NUMERO \ DE \ PARES \ DE \ POLOS)}{60}$$

Aún con 600 pares de polos y 20.000 revoluciones por minuto, la frecuencia generada era de sólo:

$$f = \frac{20.000 \cdot 600}{60} = 200[kHz]$$

Frecuencias mayores podían obtenerse usando multiplicadores de frecuencia con inductores con núcleo de hierro.



**Latest Radio Frequency Alternator. Electrically Driven at a Speed of 3600 R. P. M., It Produces 100 Kilowatts at a Frequency of 50,000 Cycles Per Second. It is of the G. E.-Alexanderson Type.**

#### Alternador Fessenden/Alexanderson

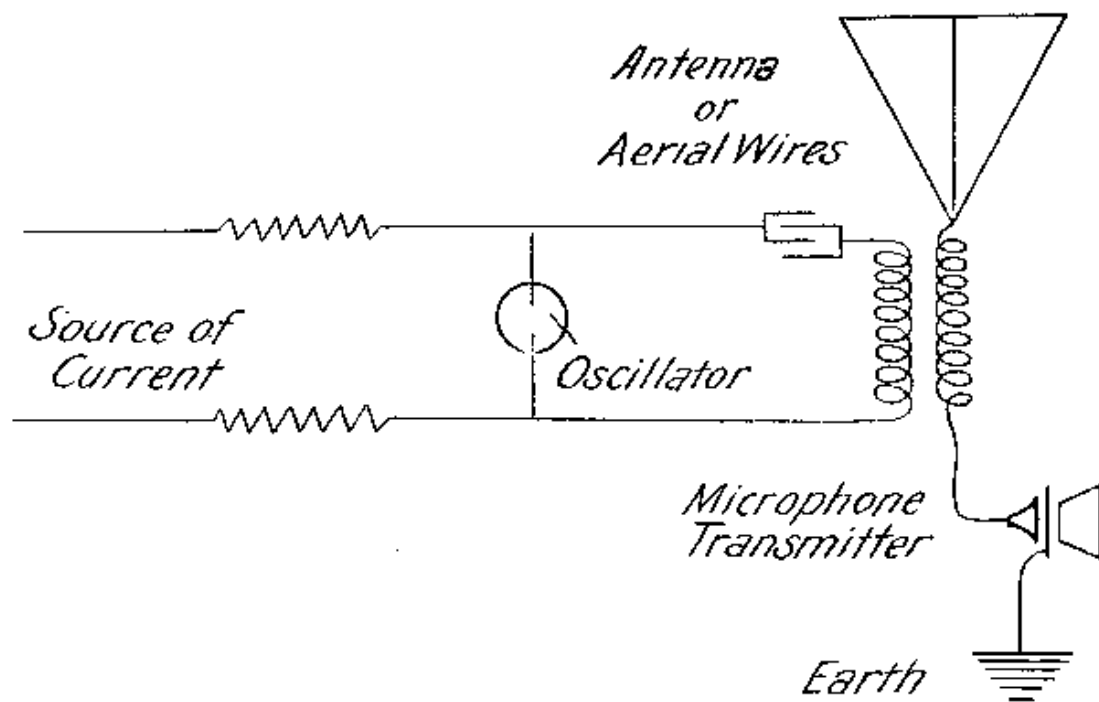
El alternador puede modularse en amplitud con sólo variar la corriente de campo. A este fin la compañía General Electric adquieren las patentes de Lee de Forest, según dicen por mucho menos de su valor real, y se proponen mejorarlos empleando técnicas de ingeniería. Cuando los tríodos mejorados estuvieron disponibles se dieron cuenta que estos podían ser empleados para generar ondas de radio aunque las potencias obtenidas eran pequeñas.

Hacia 1915 podían obtenerse unos 15 vatios por tubo de vacío y hasta 500 de estos se ponían en paralelo para obtener algunos kilovatios. A la larga los tubos de vacío desplazaron a todos los demás métodos de generación de ondas de radio.

La generación de señales de modulación de amplitud era sumamente cruda. La amplitud de la oscilación se conseguía empleando un micrófono de carbón. Un micrófono de este tipo está constituido por una cápsula rellena de granos de carbón y cerrada por un diafragma. Cuando la presión sonora incide sobre el diafragma, este aumenta o reduce la presión ejercida sobre los granos de carbón reduciendo o



aumentando la resistencia eléctrica del micrófono. Como el micrófono está en serie con la antena modifica la corriente que circula por la misma de acuerdo con el sonido que recibe. Desde luego, si el transmisor genera una potencia considerable, también será elevada la potencia disipada en el micrófono. Para este fin se fabricaban micrófonos especiales con refrigeración a agua. De todas maneras era frecuente que los micrófonos generaran humo o aún se prendieran fuego. Los micrófonos se colocaban algunas veces detrás de una malla metálica para la protección de los locutores.



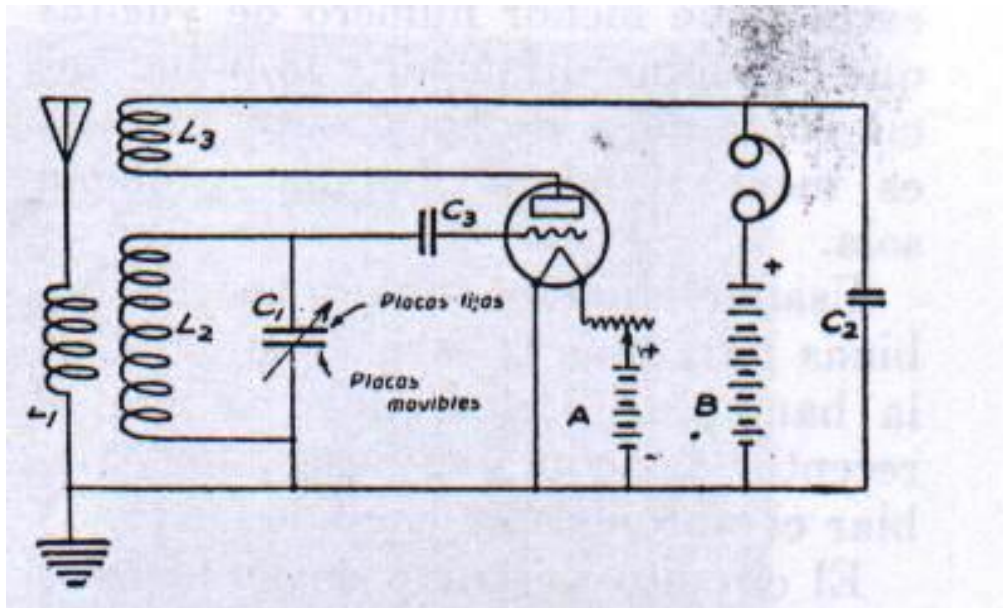
#### Modulación por absorción

Entre los diseñadores más importantes de equipamiento de radio se encuentra Edwin H. Armstrong.

Hemos dicho que el tríodo, en sus orígenes, era sumamente ineficiente. Armstrong pensó que la señal ligeramente amplificada por el tríodo podía ser realimentada nuevamente a la entrada del mismo para ser amplificada nuevamente. Crea así el receptor regenerativo patentado en 1914.



EDWIN H. ARMSTRONG  
1890 - 1954



Receptor Regenerativo

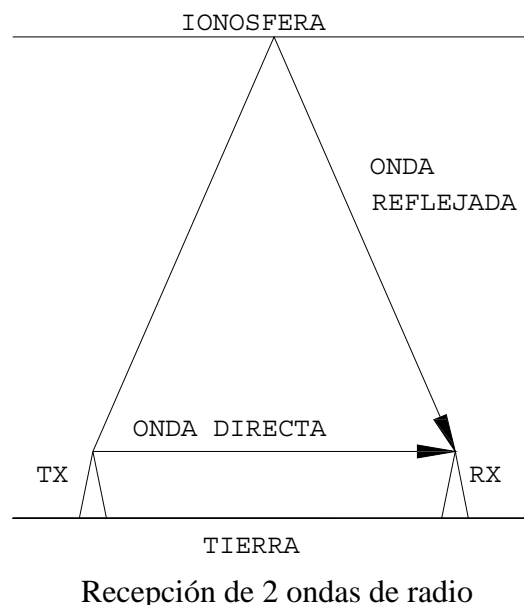
El amplificador debe ser cuidadosamente ajustado para evitar que entre en oscilación. Posteriormente descubre que podía permitir que el amplificador oscilara siempre y cuando la oscilación se interrumpiera periódicamente, creando el receptor *súper regenerativo* que es sumamente eficiente. Este receptor ha sido redescubierto

recientemente ya que permite construir un receptor ultrasensible con un sólo transistor. Cada vez que se acciona el control de alarma de un automotor, seguramente se usa un receptor súperregenerativo.

Durante la Primera Guerra Mundial, Armstrong fue destacado a un laboratorio de investigación en París. Por ese entonces corría el rumor que los alemanes empleaban el increíble (para la época) de frecuencias de 500 a 3000KHz en sus comunicaciones en el campo de batalla. Ningún receptor de los aliados era capaz de recibir tales frecuencias. Encargado Armstrong de resolver el problema, diseña el receptor superheterodino demostrando que los rumores eran falsos. Su trabajo le valió la Legion d'Honneur y la primera Medal of Honor del Institute of Radio Engineers. En la actualidad este sistema se emplea en la mayoría de los equipos de comunicación tales como receptores de radio de AM y FM, televisores, teléfonos celulares, radio móvil, etc, etc, etc.

También se recuerda a Armstrong por ser el inventor de la radio de frecuencia modulada.

Luego de la Primera Guerra Mundial el uso de la radio creció rápidamente. La calidad de las transmisiones de audio era, en general, muy buena pero en algunas situaciones y, sin que hubiera ninguna explicación, era simplemente muy mala.



Los primeros estudios del problema mostraron que este tenía que ver con la distancia entre el transmisor y el receptor lo que llevó rápidamente a la sospecha de que al receptor llegaban dos ondas de radio, una directa y la otra reflejada por la ionosfera.

Por entonces el transmisor generalmente constaba de un solo tubo de vacío y su frecuencia estaba controlada por un resonador LC. Esta frecuencia variaba fuertemente con la modulación y, como el retardo de la onda ionosférica puede ser del orden de 1 milisegundo, al receptor llegaban dos ondas de frecuencia distinta lo que resultaba en el problema observado. La solución era controlar estrictamente la frecuencia del transmisor.

En esa época el Doctor Walter Cady de la Universidad Wesleyan en Connecticut había desarrollado el oscilador controlado por un cristal de cuarzo y mostrado que tenía una estabilidad extraordinaria, tan alta que era una curiosidad de laboratorio sin otra utilidad que proporcionar estándares de frecuencia.



Mineral de Cuarzo

Como suele suceder, la solución encontró su problema. A partir de entonces y aún en nuestros días, el oscilador controlado con cristal de cuarzo es empleado en casi la totalidad de los transmisores de radio para establecer su frecuencia.

Tal vez, y esta es mi opinión personal, este fue el último de los desarrollos importantes en la historia de la radio difusión sonora.

### **La radio como entretenimiento**

Desde los comienzos hubo interés en utilizar las comunicaciones eléctricas para transmitir entretenimiento. Así, y casi desde la invención del teléfono, este podía usarse para recibir música desde las salas de concierto.

En 1906 cuando Fessenden realiza su histórica transmisión de sonido por radio incluye música en su transmisión.

A partir de entonces la mayoría de las transmisiones experimentales de radio generalmente incluían música.

A partir de 1907, Lee de Forest, comienza sus transmisiones de radio que con cierta regularidad durarían hasta la entrada de los EEUU en la Primera Guerra Mundial. Sus transmisiones normalmente incluyen música con registros grabados e interpretaciones en vivo. En 1908 y recién casado, viaja a París para realizar demostraciones desde la Torre Eiffel transmitiendo registros musicales.

Lee de Forest reclama haber realizado el primer anuncio publicitario de la historia en 1909, desde luego el artículo publicitado era su Audión.

En Enero de 1910 realiza sus primeras transmisiones desde el Metropolitan Opera House de Nueva York. Con un transmisor de 500 vatios y dos micrófonos transmite Tosca el 12 de Enero y Cavalleria Rusticana el 13 del mismo mes. Se discute si Enrico Caruso intervino en esas óperas. Estas transmisiones continúan hasta 1917.

Si bien las transmisiones de Lee de Forest contaron con cierta notoriedad en las cercanías de Nueva York, incontables transmisiones similares se realizaban en todo el mundo.

En 1915, David Sarnoff un personaje que sería clave en el desarrollo de la radio y la televisión, escribe su ahora famoso memorandum a su jefe en la American Marconi. En este memorandum Sarnoff propone el desarrollo de un sistema de radiodifusión con todo detalle. Llega incluso a imaginar como sería el receptor hogareño no muy diferente de un receptor actual (los de mayor tamaño) y su costo (U\$75.-- de 1915). La idea no atrae la atención y la guerra en Europa genera otras preocupaciones en la empresa. Después de la Guerra, Sarnoff funda la National Broadcasting Company (NBC) y la

Radio Corporation of America (RCA) donde puede poner en marcha sus ideas. Sarnoff es un personaje central en el desarrollo de la radio y de la televisión.

Finalizada la Gran Guerra, en todas partes se espera ansiosamente el levantamiento de la prohibición de realizar transmisiones. El 24 de Septiembre de 1919 la emisora XWA de Montreal, Canadá, es autorizada a comenzar sus transmisiones regulares de radio destinadas al público en general. La emisora que pertenecía al grupo Marconi reclama el título de Primera Emisora de Radio del Mundo.

A partir de ese momento en todo el mundo se desata un aluvión de individuos y empresas que tratan de obtener la autorización para instalar emisoras de radiodifusión.

En nuestro país, el 27 de Agosto de 1920, Enrique Susini, Miguel Mugica, César Guerrico y Luis Romero instalan en el Teatro Coliseo un transmisor de radio y transmiten la Opera Parsifal.

Susini, que era médico, había sido destacado en Europa durante la Guerra para observar los efectos de los gases tóxicos empleados en la misma. Retorna al país trayendo algunos transmisores y válvulas de rezago y con el resto del grupo al que se denomina "los locos de la azotea" construyen equipos de radio.



Enrique Telémaco Susini

Argentina-1892/1972

Sus experimentos culminan con la transmisión del 27 de Agosto que fue recibida con mucho entusiasmo por unos cincuenta receptores en la Ciudad de Buenos Aires.

Poco después estas transmisiones se hacen regulares y la emisora se autodenomina Radio Argentina.

Hacia finales de 1922 había cuatro emisoras transmitiendo regularmente en la Ciudad de Buenos Aires:

Radio Argentina

Radio Cultura

Radio Sud América

Radio Brusa (más tarde Excelsior y actualmente La Red)

En 1923 se agrega la emisora Grand Splendid Theatre y, en La Plata, comienza la experimentación de la que luego sería Radio Universidad Nacional de La Plata.

Hasta entonces la emisoras funcionaban sin ningún tipo de autorización. En Noviembre de 1923 el entonces Ministerio de Marina decide que las emisoras deben estar debidamente autorizadas y les otorga una señal distintiva de tres letras:

LOR Radio Argentina

LOV Radio Brusa

LOW Grand Splendid

LOX Radio Cultura

LOZ Radio Sud América

En 1924 se agrega LOY-Radio Nacional que luego sería Radio Belgrano. El 24 de Abril de 1924 aparece LOP-Radio Universidad Nacional de La Plata, más tarde LT2 y finalmente LR11. La emisora funcionaba en el Colegio Nacional y la planta transmisora en los jardines del mismo bajo la dirección del Profesor de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Doctor Enrique Fassbender.

En 1925 desaparece Radio Sud América que pasa a ser Radio La Nación, la actual Radio Mitre. Aparecen LOO-Radio Prieto y LOT-Radio Broadcasting

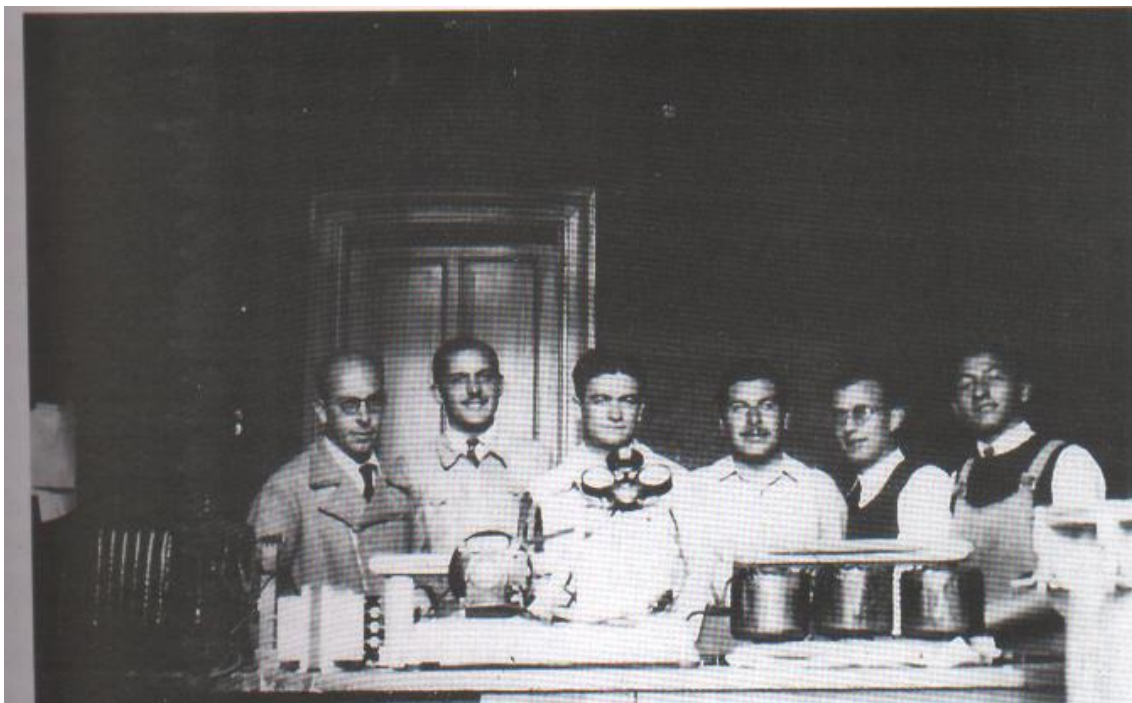
LOO Radio Prieto

LOP Radio Universidad Nacional de La Plata



LOR Radio Argentina  
LOT Radio Broadcasting  
LOV Radio Brusa  
LOW Grand Splendid  
LOX Radio Cultura  
LOZ Radio La Nación

Lamentablemente muchas de las fechas y los nombres de los protagonistas se han olvidado, pero la Universidad Nacional de La Plata puede mostrar orgullosa su liderazgo en la Radiotelefonía Argentina.



Técnicos de la UNLP realizando pruebas con el equipo transmisor de Radio Universidad  
Del libro "Radio Universidad Nacional de La Plata 85 Aniversario: 1925-2009: toda una vida!"  
Sergio Antonucci y colaboradores. Editorial de la UNLP, 2009



Uno de los primeros equipos experimentales de radiodifusión

Del mismo libro