

DR. INGENIERO LEOPOLDO MUZZIOLI ADANI

Premio Científico "Atenea" 1950

El profesor Leopoldo Muzzioli Adani, nació en Módena (Italia) en el año 1902.

Recibió su doctorado en la Universidad de Bolonia (Italia) en el año 1925.

A pesar de que empezó su carrera universitaria en Italia (primero como Jefe de Trabajos en la Universidad de Módena, después como profesor de física experimental y director del Instituto de Física en la Universidad de Siena y, al final, como profesor de física superior en la Universidad de Módena) desarrolló su actividad, docente y científica, sobre todo en Chile, donde fundó el Instituto de Física de la Universidad de Concepción.

Fue agraciado con tres premios nacionales de Física en Italia: a) Premio "Toso" de la Universidad de Bolonia, en el año 1926; b) Premio "Toso" de la Universidad de Bolonia, en el año 1927; c) Premio "Visconti Tenconi" del Instituto Lombardo de Ciencias y Letras de Milán, en el año 1931.

Fue agraciado con el Premio Científico "Atenea" de la Universidad de Concepción, en el año 1950, por su obra "**La Atropía**".

Participó, con trabajos de investigación, en varios congresos nacionales e internacionales, en Italia y en Chile.

Es "Socio Honorario" de la Sociedad Chilena de Física (SOCHIFI).

Es "Miembro Académico" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción.

Es "Profesor Emérito" del Instituto de Física de la Universidad de Concepción.

Tiene unas 60 publicaciones: a) de investigación científica; b) de carácter docente; c) de divulgación de temas de física moderna.

la obra científico-técnica de guillermo marconi^(*)

Por el Dr. Leopoldo Muzzioli A.
Profesor Emérito del Instituto de
Física de la Universidad de Concepción.

Creo que la mejor forma para conmemorar el centenario del nacimiento de Guillermo Marconi (1874-1974), es la de exponer su obra científico-técnica, también por el hecho que creo que se puede afirmar que la obra científico-técnica de Guillermo Marconi es poco conocida.

Esta afirmación inicial parecerá a todos bastante rara, en cuanto tal vez de ningún otro hombre de ciencia y de técnica se ha hablado y escrito (también en los diarios para el gran público) tanto como de Guillermo Marconi. Sin embargo, por las consideraciones que iré exponiendo, creo que podrá demostrar que esta afirmación inicial corresponde a la realidad de los hechos.

Fue en el año 1895 cuando Guillermo Marconi en la villa paterna de Pontecchio cerca de Bolonia, hizo las experiencias que constituyeron la primera, absolutamente la primera realización práctica para la utilización de las ondas electromagnéticas para transmitir señales a distancia.

Ahora bien, cuando se expone este hecho de trascendental importancia científico-técnica, se dice generalmente con sencillez, con demasiada sencillez me parece que Marconi, para lograr su intento aprovechó en la transmisión, las ondas electromagnéticas, que, previstas por Maxwell, habían ya sido descubiertas experimentalmente por Hertz en el año 1885 y habían sido también estudiadas sucesivamente, mediante investigaciones experimentales plenamente satisfactorias, por Righi, que estudió la óptica de estas ondas, verificando en ellas las leyes y los fenómenos de la reflexión, refracción, interferencia, difracción y polarización, reconociéndolas de la misma naturaleza de la luz.

Esto para la transmisión.

En lo que se refiere a la recepción, se dice, aún más sencillamente, que Marconi se aprovechó de un revelador ya inventado, para otros fines, por Calzecchi Onesti, el cual había demostrado, en una serie de interesantes experimentos, que las limaduras metálicas no conductoras contenidas en un tubito de vidrio, se vuelven conductoras bajo la influencia de extracorrientes, vibraciones sonoras, etc.

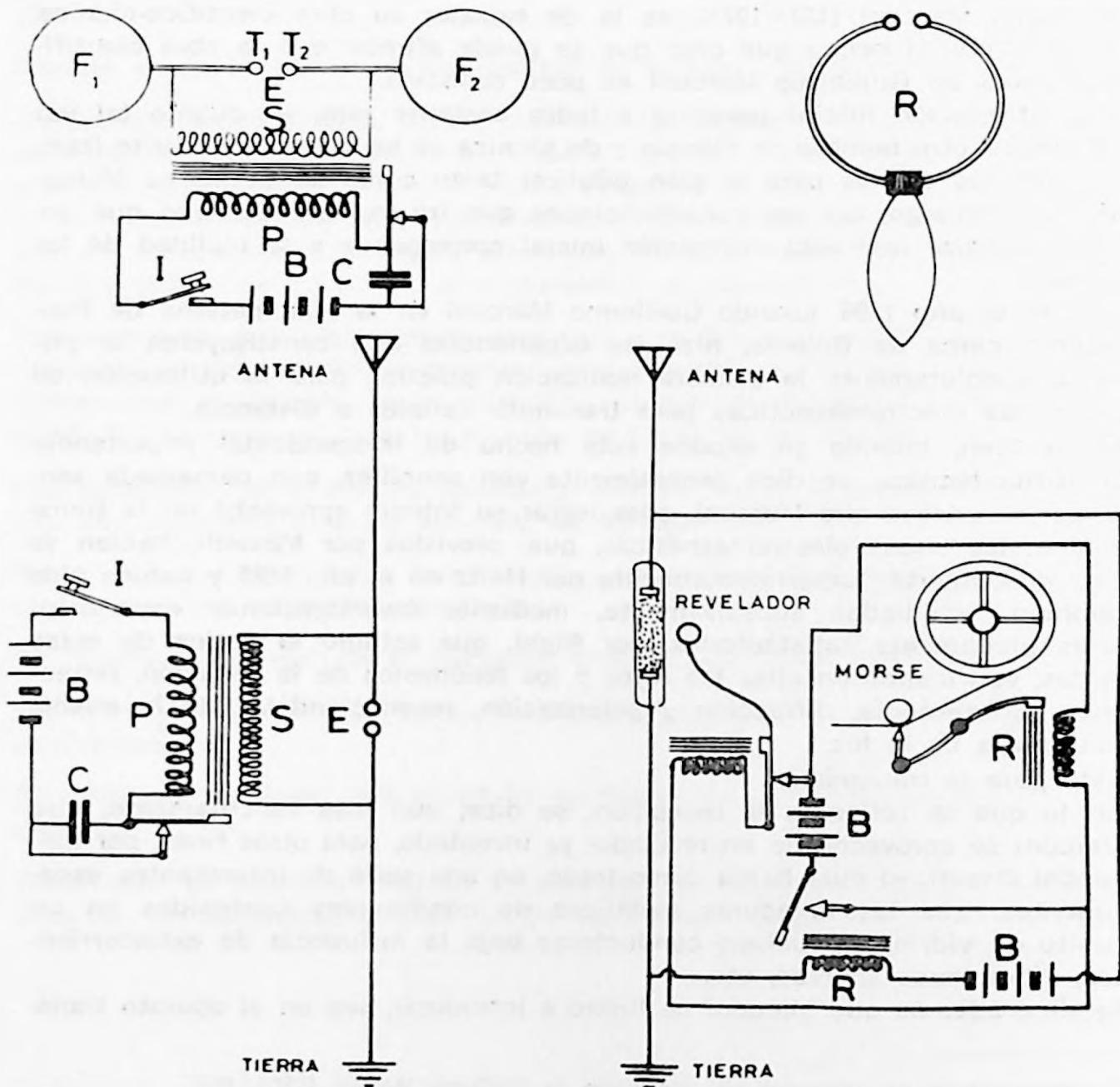
Se dice además que Marconi se limitó a introducir, sea en el aparato trans-

* Conmemoración del centenario del nacimiento de Guillermo Marconi (1874-1974).

misor como en el aparato receptor, un nuevo dispositivo, la antena y la tierra, sin aclarar explícitamente la fundamental importancia de esta innovación, exclusiva y absolutamente marconiana, sin la cual no se habrían aprovechado nunca prácticamente las ondas hertzianas ni tenido la posibilidad de la transmisión de las ondas electromagnéticas a grandes distancias. Para aclarar mejor la importancia del descubrimiento de Guillermo Marconi, creo oportuno exponer los dispositivos de Hertz y de Marconi para hacer resaltar sus diferencias substanciales, tanto desde el punto de vista estructural como desde el punto de vista conceptual (fig. 1).

En su estructura formal, el dispositivo de Hertz consiste en dos pequeñas esferas metálicas T_1 , T_2 unida cada una con dos esferas metálicas más grandes F_1 , F_2 . Entre las dos pequeñas esferas que constituyen el llamado

Fig. 1



espinterómetro E, estallan chispas por efecto de una elevada diferencia de potencial producida a los extremos del secundario S de un carrete de Ruhmkorff.

Con este oscilador, Hertz pudo producir oscilaciones eléctricas de frecuencia elevada que causan perturbaciones electromagnéticas ondulatorias en el espacio circundante al oscilador y que se propagan en todas las direcciones, hasta la distancia de pocos metros.

Hertz pudo verificar este hecho con un revelador R, que consiste simplemente en un círculo metálico interrumpido, para dejar un pequeño espacio de aire, donde estallan pequeñas chispas cada vez que se excita el oscilador cerrando el interruptor.

En cambio en el dispositivo de Marconi (la fig. 1 representa el esquema de la primera estación radiotransmisora y radiorreceptora construida por Marconi para las primeras experiencias del año 1895 en Pontecchio) se encuentra una marcada diferencia respecto al dispositivo de Hertz, tanto en el aparato transmisor como en el aparato receptor.

En el transmisor, en lugar del oscilador simétrico aislado usado por Hertz, Marconi usó el oscilador asimétrico no aislado antena-tierra que está formado por un hilo vertical, que constituye la antena, unida inferiormente a uno de los electrodos del espinterómetro E, cuyo otro electrodo está unido al suelo mediante una lámina o toma de tierra.

Así Marconi vino a modificar radicalmente las propiedades de irradiación del oscilador, ya que (entre otros) en las oscilaciones por él efectuadas, tomaba parte importante la tierra.

La importancia del factor tierra en la propagación de las ondas electromagnéticas fue una intuición genial, pues todos los físicos y matemáticos que se ocuparon del estudio de las ondas electromagnéticas en aquel tiempo no previeron o negaron dicha influencia.

En lo que se refiere a la recepción, en lugar del simple revelador de Hertz a círculo metálico, encontramos nuevamente el dispositivo antena-tierra unido con el revelador ideado para otras investigaciones por Calzecchi Onesti y modificado por Marconi, quien lo construyó con electrodos de plata y polvo de níquel y plata en un tubito de vidrio donde hizo el vacío con considerable aumento de la sensibilidad y seguridad de funcionamiento.

Como se ve en la fig. 1, los aparatos transmisor y receptor contienen además particularidades ingeniosas, que hacen de esta primera estación radio-telegráfica creada por el entonces joven de 21 años Guillermo Marconi un conjunto maravilloso en sus detalles.

Dada la importancia de este primer experimento marconiano realizado, como he dicho, en el año 1895 y que fue también el primer intento hecho en el mundo de una transmisión a distancia sin hilos, con ondas electromagnéticas, creo oportuno exponer algunos detalles, diría históricos, sobre el acontecimiento. Marconi se dio cuenta claramente que si las ondas electromagnéticas que él querría utilizar no podían superar eventuales obstáculos interpuestos, como montañas, casas u otros, su realización habría tenido los mismos defectos que los sistemas de comunicación ópticos, ya utilizado en muchas aplicaciones civiles y militares.

Por esta razón, para realizar su experimento se puso con su transmisor (el

representado en fig. 1) detrás de un cerro que se encontraba cerca de la Villa de Pontecchio, y entregó el receptor (el representado también en fig. 1) a un campesino que estaba en la Villa, dándole la orden de disparar un golpe con un fusil de caza en el caso que hubiese recibido las señales por él transmitidas.

El campesino recibió las señales transmitidas por Marconi y disparó el fusil.

Este disparo, hecho por un anónimo campesino de Bolonia, representa, en la historia de la ciencia, el inicio de una nueva era para la humanidad, la era de las radiocomunicaciones.

Quiero ahora poner en evidencia, en forma bien clara y explícita, que estas primeras experiencias y, sobre todo las sucesivas experiencias transoceánicas realizadas por Marconi en el año 1901, no son una simple consecuencia (desde el punto de vista científico) de las investigaciones hechas por Hertz, ya que son completamente distintas y tienen una orientación completamente diferente.

Las experiencias de Hertz, aunque muy geniales en su sencillez, eran experiencias exclusivamente de laboratorio, que tenían el fin puramente científico de materializar la maravillosa profecía matemática de Maxwell, quien, mediante una genial y asombrosa generalización o, mejor dicho, idealización de los fenómenos del electromagnetismo de Ampere y de la inducción electromagnética de Faraday pudo establecer, en forma magistral, una serie de ecuaciones que expresan las relaciones entre el campo eléctrico y el campo magnético cuando varían con el tiempo y prevén entonces la existencia de las ondas electromagnéticas; por el contrario, las primeras experiencias y sobre todo las sucesivas experiencias transoceánicas hechas por Marconi en el año 1901, que pueden considerarse como las más grandiosas investigaciones científicas realizadas hasta entonces, han tenido por laboratorio, no una sala de un Instituto de Física, sino que el globo terrestre entero (el laboratorio de Marconi fue, en efecto, o el Océano Atlántico, o el Océano Pacífico, o el Mar Mediterráneo), y además han tenido como fin la creación de un nuevo método de envío de señales a distancia, sin hilos conductores, decisivamente original y sin precedentes antes de Marconi.

Por otra parte, la intuición de Marconi acompañada por una seguridad de sus previsiones, por una fe y perseverancia sin iguales, se debe apreciar aún más, por efecto de dos circunstancias que habrían desanimado a cualquiera que no hubiese sido dotado de las elevadas cualidades del genio.

La primera circunstancia es que el mismo Hertz, que fue sin duda uno de los más grandes físicos experimentales del tiempo, preguntado sobre la posibilidad de que las ondas electromagnéticas de las cuales había demostrado experimentalmente su existencia, pudieran tener aplicaciones prácticas en las comunicaciones telegráficas y telefónicas, contestó negativamente.

La segunda circunstancia es que en la época de las primeras transmisiones marconianas, los mejores matemáticos y físicos del tiempo negaron la posibilidad de transmitir señales sin hilos conductores a distancias muy grandes y, de todas maneras, nunca superiores a aquellas correspondientes al obstáculo debido a la curvatura terrestre.

Pero Marconi tenía tal fe en su intuición sobre el hecho físico de la pro-

pagación de las ondas electromagnéticas irradiadas por su dispositivo antena-tierra que continuó de 1895 a 1901 sus investigaciones, y en este lapso de intenso trabajo alcanzó a perfeccionar su estación transmisora y receptora aumentando la potencia y la sensibilidad en los diversos dispositivos, hasta obtener un aparato que daba la posibilidad de aquellas maravillosas experiencias transoceánicas ejecutadas en la noche del 11 al 12 de diciembre de 1901.

Y no está mal agregar que también los resultados de estas experiencias dieron lugar a violentas discusiones científicas, y que se llegó hasta negarlas, fundándose sobre una teoría matemática elaborada un año después por uno de los más grandes matemáticos del tiempo, Poincaré, y publicada en el año 1902 en el "Annuaire pour l'an 1902 du Bureau des Longitudes", París, 1902, en una memoria intitulada "Notice sur la Télégraphie sans fil", según la cual se demostraba como imposible la transmisión de señales radio-telegráficas a distancias superiores a los 300 kilómetros, sea por la débil acción inductiva como por el obstáculo debido a la curvatura terrestre.

En la experiencia de radiotransmisión ejecutada por Marconi en 1901 entre la estación transmisora de Poldhu (Inglaterra) y la estación receptora de San Juan de Terranova (Canadá), la distancia no era de 300 kilómetros sino de 3.500 kilómetros y el obstáculo debido a la curvatura terrestre es comparable (como se puede verificar con un simple cálculo) a una montaña de una altura de 400 kilómetros, más o menos.

Creo oportuno analizar las causas del grave error cometido por todos los más grandes físicos y matemáticos del tiempo, para poner también aquí en evidencia la genialidad de Marconi, que fue el único que interpretó justamente el fenómeno de la irradiación y de la propagación de las ondas electromagnéticas.

En el hecho físico de la irradiación y de la propagación de las ondas electromagnéticas, se consideraba solamente la acción inductiva y se negaba que la tierra participara en el fenómeno.

En cambio, como ahora se sabe, y como se dedujo de las mismas ecuaciones de Maxwell, en la irradiación y propagación de las ondas electromagnéticas se deben considerar dos campos, el campo llamado de inducción y el campo llamado de irradiación.

Pero, el campo de inducción disminuye en razón del cuadrado de la distancia, o sea queda inutilizable después de una distancia relativamente pequeña, en cambio, el campo de irradiación disminuye simplemente en razón de la distancia, o sea permanece utilizable aún a grandes distancias, además, el campo de inducción es independiente de la frecuencia, mientras que el campo de irradiación es proporcional a la frecuencia de la corriente que lo engendra, y es entonces muy elevado en el caso de las corrientes oscilantes de alta radiofrecuencia.

En consecuencia, es el campo de irradiación y no el campo de inducción el que participa en las radiocomunicaciones.

Ahora bien, Marconi, con una intuición que asombra, fue el único que además de haber inventado (desde el punto de vista técnico) los dispositivos radiotransmisores y radiorreceptores más eficaces, tuvo la visión clara (desde el punto de vista científico) del fenómeno, intuyendo que en la propa-

gación de las ondas electromagnéticas entraba en juego no el campo de inducción sino el campo de irradiación, es decir, intuyendo que era el campo de irradiación, y no el campo de inducción, el que permitía realizar las radiocomunicaciones, e intuyendo además la importante acción que tenía la tierra en la propagación misma, acción que las ecuaciones de Maxwell no prevén ni pueden prever.

Además, la intuición con la cual Marconi previó lo esencial del fenómeno de la propagación de las ondas electromagnéticas irradiadas por su dispositivo, antena-tierra, es todavía más asombrosa por el hecho de que Marconi, como también todos los científicos de aquel entonces, no conocía la existencia de la llamada "ionósfera" que, como se sabe, es de importancia fundamental en la propagación de las ondas electromagnéticas para grandes distancias.

Sin embargo, séame permitido ahora exponer otras consideraciones que creo podrán demostrar aún más, y en forma decisiva, la importancia también científica, además de técnica, de la obra marconiana.

Hay pocas cosas en la física que alcancen la belleza estética, la armonía y perfección de las ecuaciones maxwellianas, su elegancia verdaderamente clásica, su profundidad, en cuanto un mundo está encerrado en dos líneas, pero parece a veces que las fórmulas saben más y conducen más lejos de cuanto sospechamos y a veces la matemática aparece más sabia que sus cultores.

En efecto, las ecuaciones de Maxwell, ejemplo estupendo y casi pavoroso de lo que puede el ingenio humano, tanto que Boltzmann se preguntó, frente a las ecuaciones maxwellianas, si aquellos signos eran escritos por un dios, dicen más, mucho más, de lo que pudo prever Maxwell mismo.

Además Hertz, que como he dicho materializó, con admirable genialidad el fenómeno electromagnético, adivinado por Maxwell, en su demostración experimental, no puso en evidencia las propiedades del campo de irradiación con respecto a las del campo de inducción, y fue seguramente por esto que él, como también todos los otros físicos y matemáticos de aquel tiempo, afirmaron erróneamente, en forma tan decisiva y explícita, no sólo la imposibilidad de poder utilizar las ondas electromagnéticas como medio de comunicación a grandes distancias, sino también rechazaron violentamente las ideas de Marconi, hasta negar (como ya he dicho) los resultados de su histórica experiencia transoceánica realizada en el año 1901.

Por esto, me parece que se puede afirmar que Marconi con sus primeras experiencias y sobre todo con las sucesivas experiencias transoceánicas, además de haber resuelto prácticamente uno de los más arduos y, al mismo tiempo, maravillosos problemas técnicos (su objeto fundamental en verdad) desde el punto de vista científico, no sólo demostró experimentalmente las propiedades del campo de irradiación con respecto a las del campo de inducción, completando así la demostración experimental de las ecuaciones de Maxwell, sino que descubrió y puso en evidencia también la importante acción que, como dije, tenía la tierra en la propagación de las ondas electromagnéticas, acción que, como también dije, las ecuaciones de Maxwell no prevén ni pueden prever.

Ahora bien, todo esto, corresponde, a mi juicio, a uno de los aspectos más

importantes de la obra marconiana; aspecto que no es técnico sino que es exclusivamente científico y que nunca se pone en evidencia en forma explícita como se debería.

Me parece, entonces, haber puesto en evidencia la importancia y la genialidad del dispositivo marconiano antena-tierra y el valor de la intuición marconiana de la propagación de las ondas electromagnéticas. Me parece haber demostrado, además, que a Marconi se le debe el mérito de haber dado a las ondas electromagnéticas la maravillosa posibilidad de las comunicaciones entre los hombres, ya que sin su obra las ondas electromagnéticas habrían quedado por mucho tiempo simplemente como objeto de estudio en los laboratorios de física.

Y a aquellos que han escrito y escriben, que han dicho y dicen que Marconi no ha hecho otra cosa que poner el oscilador de Hertz en posición vertical, se deberá contestar que no es verdad; de todas maneras, también en base a estas opiniones podría decirse que para llegar a América saliendo de Europa, basta navegar hacia occidente; muy simple... después que Cristóbal Colón enseñó el camino.

Las ondas hertzianas, que como he dicho, fueron sacadas por Marconi de los laboratorios y lanzada por los espacios al servicio inmediato de la civilización, dieron lugar a una nueva rama de la técnica: la radiotecnia.

Y Marconi no solamente fue el creador de esta nueva rama de la técnica, sino que fue el hombre que más que todos contribuyó a su prodigioso y rapidísimo desarrollo.

Para poner mejor en evidencia las innumerables dificultades, tanto desde el punto de vista científico como desde el punto de vista técnico, que tuvo Marconi para mejorar y perfeccionar su primitivo aparato, estimo necesario aclarar que Marconi no pudo aprovechar las leyes válidas para los fenómenos y, por consiguiente, para los aparatos utilizados por la electrotecnia, porque estas leyes son solamente aproximadas y no son válidas para los fenómenos y, por consiguiente, para los aparatos utilizados por la radiotecnia.

El tuvo que intuir, descubrir, estudiar, verificar nuevas leyes, porque sin esta labor nunca habría podido efectuar sus maravillosas realizaciones.

En efecto, la electrotecnia que estudia las corrientes continuas o alternas a baja frecuencia industrial, puede obtener resultados correspondientes a la realidad, aún admitiendo que las acciones de los campos eléctricos y magnéticos se transmiten a distancia en forma instantánea, mientras en la radiotecnia que estudia las corrientes oscilantes a alta frecuencia no se puede hacer más esta hipótesis simplificativa, equivocada, ya que se obtendrían resultados no correspondientes a la realidad.

Todo esto, porque el tiempo necesario para propagar la acción eléctrica y magnética ya no es más despreciable respecto al período, tiempo pequeño en el caso de las corrientes oscilantes a alta frecuencia.

Se puede entonces decir que hay una diferencia sustancial entre la electrotecnia y la radiotecnia; la misma, se podría decir, que hay entre la mecánica clásica y la mecánica relativística; creo justo, entonces, afirmar que Marconi es el creador de la Electrotecnia Relativística.

Además, Marconi, (como trataré de demostrar en el desarrollo de esta con-

memoración) caso tal vez único en la historia de la ciencia, no se satisfizo de haber tenido la primera idea genial y de haberla sostenido con perseverancia única contra la incomprendión y adversión general, sino que quiso continuar contribuyendo a esta nueva rama de la técnica por él creada, y se puede afirmar que siempre fue el primero en introducir las innovaciones que el avance de la ciencia permitía; fue en definitiva el que contribuyó más que todos al desarrollo vertiginoso de esta nueva rama de la técnica. En efecto, en los primeros aparatos usados por Marconi se verificaban numerosos inconvenientes, entre los cuales uno de los más graves era el que el sonido que ellas producían en el teléfono del receptor no era musical sino ruidoso y se confundía fácilmente con los ruidos producidos por los disturbios atmosféricos.

Marconi orientó entonces, inmediatamente sus investigaciones al estudio y a la construcción de aparatos con descargas a frecuencias más elevadas, en otros términos, a chispa musical.

Pero en este caso el uso del espinterómetro a dos electrodos fijos daba fácilmente origen al arqueamiento de la chispa; él pudo evitar este dañoso inconveniente, empleando el espinterómetro a disco rotante Marconi, que como se ve en la fig. 2, consiste en un disco aislador D que puede girar rápidamente alrededor del propio eje y que lleva puntas metálicas fijas radialmente sobre la periferia, constituida por una corona metálica conductora.

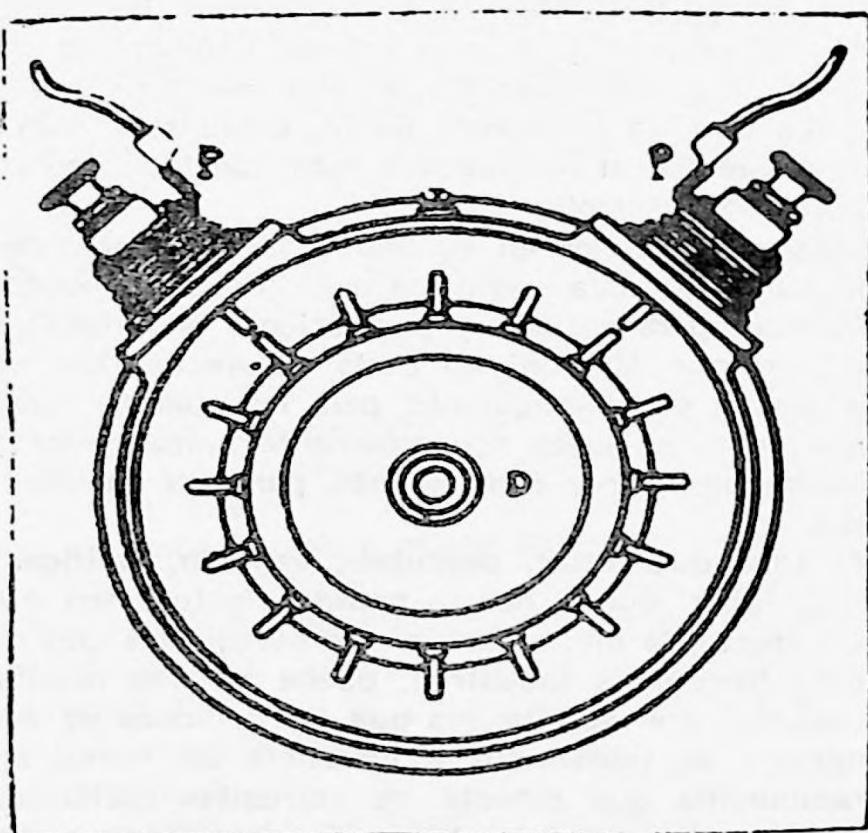
En la rotación, las puntas del disco pasan frente y muy cerca de las dos puntas fijas P P, que constituyen los electrodos fijos del espinterómetro.

Cada vez que dos puntas móviles vienen a encontrarse en correspondencia de las puntas fijas se forman dos chispas.

La fuerte ventilación debida a la rápida rotación del disco y el hecho de que las puntas vienen rápidamente alejadas las unas de las otras, dan la posibilidad de que las chispas sean apagadas rápidamente y que sea impedido así el arqueamiento, también cuando se producen chispas a frecuencia musical.

Este sistema tuvo además la ventaja de producir las chispas a intervalos per-

Fig. 2



fectamente regulares y, en consecuencia, de dar entonces al teléfono del aparato receptor un sonido muy puro.

Además, Marconi desde sus primeros experimentos notó que el revelador a polvo metálico de Calzecchi Onesti, aunque por él modificado y perfeccionado, presentaba siempre un funcionamiento poco seguro y se podría decir caprichoso.

El, que fue el primero en mejorar la estación radiotransmisora con el sistema de chispa musical mediante su espinterómetro rotante, fue el primero también en realizar una notable mejora en la estación radiorreceptora con la invención de su genial revelador de ondas, de funcionamiento por demás regular, el detector magnético Marconi.

No creo oportuno explicar las bases físicas y el principio del funcionamiento del detector magnético Marconi que en su conjunto se ve en la fig. 3; es suficiente afirmar que por su sensibilidad y seguridad de funcionamiento fue preferido a todos los reveladores ideados sucesivamente, hasta los reveladores a válvula termoiónica descubiertos mucho más tarde.

La excitación directa de la antena transmisora daba lugar a un fuerte descenso de las ondas irradiadas y no dejaba la posibilidad de aumentar más allá de un cierto límite la potencia oscilante de emisión.

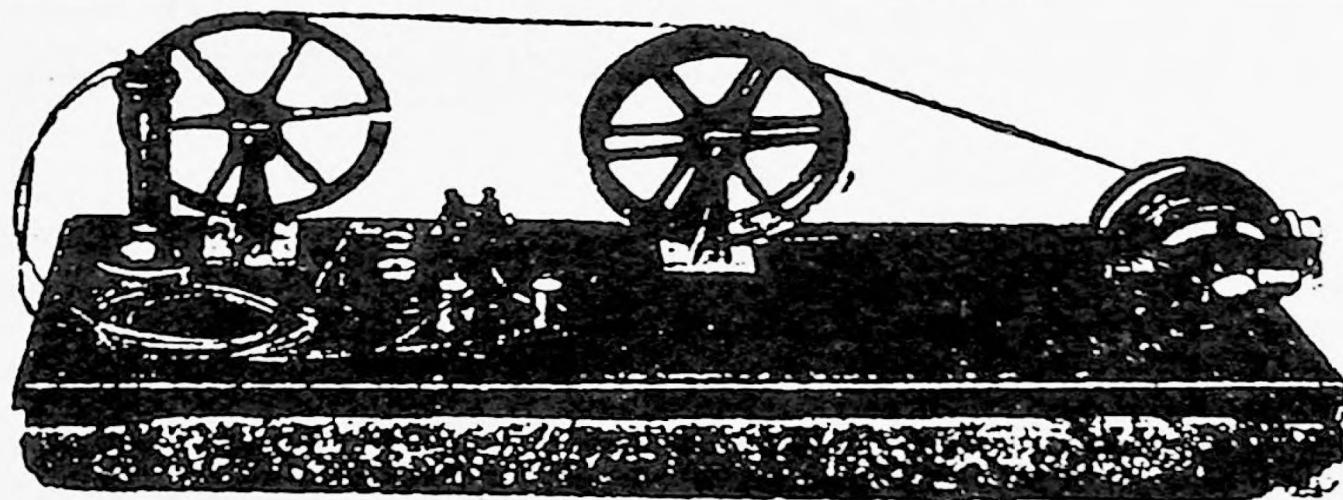


Fig. 3

Marconi desde sus primeras experiencias verificó estos dos graves inconvenientes y antes de la histórica experiencia transoceánica pudo eliminar estas desventajas a su estación transmisora.

El descubrió, en efecto, en el año 1900, el método de la excitación indirecta que está descrito en su patente N.º 7.777 (la famosa patente de los cuatro sietes), redactada con una sutileza y una precisión tales que contra ella chocaron sin resultado varias firmas de distintos países, que querían, con pequeñas formales transformaciones, aprovecharse del descubrimiento de Marconi.

La fig. 4 representa el esquema de una estación radiotransmisora Marconi a excitación indirecta. Naturalmente, se trata de un croquis sobremanera esquemático, porque para mayor sencillez de comprensión no se han representado los innumerables e ingeniosos detalles de la estación.

El método de excitación indirecta Marconi consiste esencialmente en te-

ANTENA

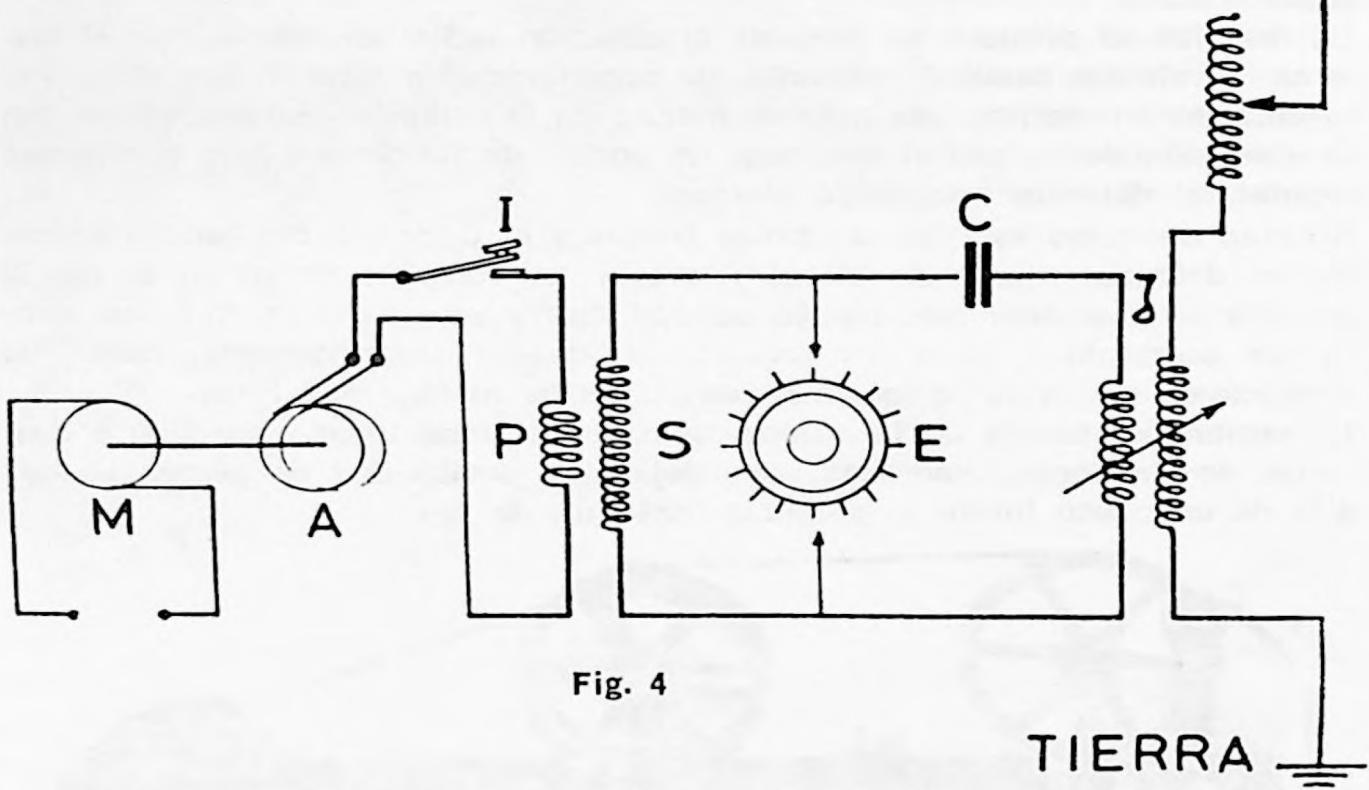


Fig. 4

TIERRA

ner separadas las funciones del oscilador de aquéllas del radiador, produciendo la descarga oscilante, no en el circuito abierto antena-tierra, sino en un circuito oscilante cerrado y aislado con constantes características determinadas.

Ahora bien, este circuito oscilante cerrado y aislado oscila bien si se regulan oportunamente sus constantes características, pero irradia poco; sin embargo es posible transferir (y es precisamente lo que hace) buena parte de su energía al radiador, o sea al circuito abierto antena-tierra.

Y para transferir esta energía en las condiciones de máxima eficiencia, es decir con el máximo rendimiento, Marconi puso en sintonía el circuito abierto antena-tierra, con el circuito oscilante cerrado y aislado, igualando las frecuencias de oscilación de los dos circuitos.

Y también esta notable innovación, como se comprende bien claramente, no puede considerarse simplemente un nuevo dispositivo, sino un cambio substancial y conceptual del método.

El empleo de las ondas amortiguadas ha precedido, como es conocido, el de las ondas llamadas continuas o persistentes, ya que solamente con la aplicación de la válvula termoiónica, descubierta más tarde, se han podido generar tales ondas con extrema sencillez mediante los clásicos circuitos fundamentales de acoplamiento por autoinducción, de Hartely, de acoplamiento capacitivo, de Colpitt y de acoplamiento por mutua inducción, de Meissner y sus derivados.

Pero Marconi desde sus primeras experiencias verificó que el empleo de las ondas amortiguadas, producidas por una descarga oscilante en un circuito compuesto de una inductancia, y de una capacidad a través de aptos espacios espinterométricos, no permitía realizar resonancias agudas en los receptores, y por esto no daba la posibilidad de aumentar más allá de ciertos límites el número de estaciones radiotransmisoras, que en una determinada zona pudiesen funcionar sin molestar.

Fue el primero en tratar de resolver el importantísimo problema técnico de la producción de ondas persistentes, y logró éxito con el genial empleo de los espinterómetros múltiples Marconi, hechos girar con igual velocidad y con fase distinta, de modo de sostener la amplitud de las oscilaciones, aproximándose notablemente a las persistentes.

La fig. 5 representa precisamente el esquema de la estación radiotransmisora Marconi a espinterómetros múltiples, que corresponde al primer aparato de ondas continuas aplicado al servicio radiotelegráfico transoceánico y constituye verdaderamente una genial etapa de transición entre los aparatos a chispa y los aparatos a ondas persistentes propiamente dichos.

No es el caso de exponer los detalles de esta estación, basta decir que los dos espinterómetros D_1 y D_2 funcionan alternativamente, y para determinar el instante del estallido de la chispa, sobre el mismo eje de los dos discos principales está ligado un tercer disco D_3 que tiene un número doble de puntas de pequeñísimas dimensiones.

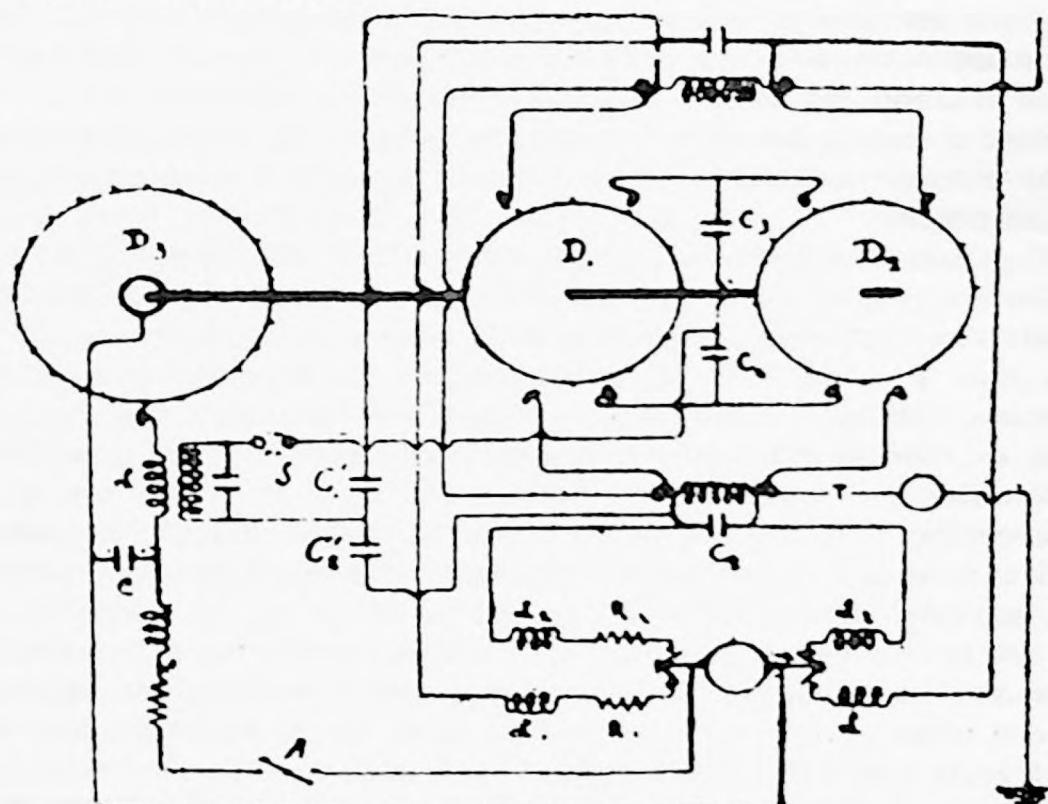


Fig. 5



La fig. 6 representa esquemáticamente el comportamiento de las oscilaciones en los varios circuitos. La curva a muestra las oscilaciones en el circuito auxiliar producidas por el espinterómetro D_3 ; las curvas b y c las oscilaciones que actúan alternativamente sobre la antena, la curva d el comportamiento de la corriente de antena.

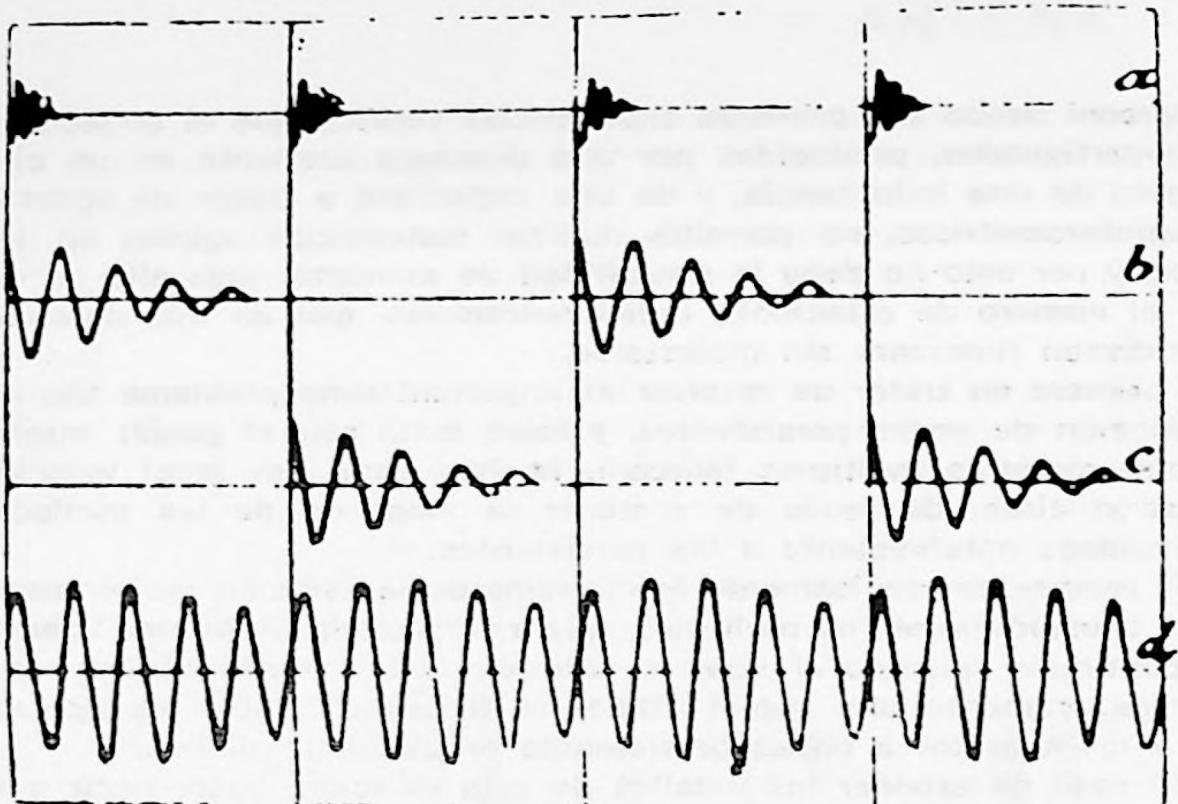


Fig. 6

Como se ve, las oscilaciones de la corriente de antena son casi continuas. El conjunto de los resultados científicos técnicos obtenidos por Marconi, y ahora esquemáticamente expuestos, corresponden, a mi juicio, a lo que se puede considerar la primera parte de su gran obra, obra fundamental que ha trazado las bases de las radiocomunicaciones.

Pero a esta gran obra le sigue otra verdaderamente poderosa, que se refiere al estudio experimental y técnico de las tres ramas fundamentales de la radiotecnia.

Y precisamente; primero, el estudio del comportamiento en la propagación de las ondas electromagnéticas de diferente longitud, de las ondas largas, a las ondas medias, a las ondas cortas, a las ondas ultracortas, y a las microondas u ondas casi ópticas, adoptando Marconi para estas investigaciones como laboratorio experimental o el Océano Atlántico, o el Océano Pacífico, o el Mar Mediterráneo; segundo, el estudio y la creación de los sistemas irradiantes convenientes para cada tipo de onda; tercero, el estudio y la creación de los diferentes transmisores y receptores utilizados, aptos para las diversas ondas en las más variadas aplicaciones, civiles, militares, aeronáuticas, marítimas.

En todos estos estudios no faltan ciertamente importantísimas contribuciones de sabios y técnicos de todo el mundo, que se dedicaron con enorme intensidad a esta sugestiva rama de la técnica, pero la personalidad de Marconi domina sobre todos.

Guillermo Marconi, después de numerosas, sistemáticas y exhaustivas experiencias transoceánicas realizadas utilizando diferentes longitudes de onda, en forma gradual, desde las más largas, hasta las más cortas, fue el primero en descubrir que la potencia que se necesita para obtener las radiocomunicaciones a grandes distancias con ondas cortas es notablemente inferior a aquélla necesaria para las ondas largas.

Ahora se sabe que la razón esencial de este comportamiento en la propagación de las ondas cortas, se debe a la acción que tiene la llamada "ionósfera".

Con estas experiencias que, como las del año 1901, pueden considerarse las más grandiosas experiencias científicas hechas hasta entonces, Marconi pudo verificar el ventajoso comportamiento en la propagación a grandes distancias, de las ondas cortas, y se puso en seguida a estudiar estas ondas, en todos sus aspectos, de modo que se puede afirmar que con un trabajo experimental poderoso, iniciado en el año 1916, logró resolver los más importantes problemas técnicos relativos a estas ondas.

Y también aquí, para aclarar las enormes e innumerables dificultades que Marconi tuvo que superar, es necesario afirmar que las ondas cortas, menores de 100 metros, se diferencian totalmente de las ondas más largas por fenómenos especiales que derivan de la altísima frecuencia de las oscilaciones.

Estos fenómenos, que eran completamente desconocidos cuando Marconi inició sus investigaciones sobre las ondas cortas, necesitan en la construcción de los aparatos normas muy diversas de las que se aplican para las ondas largas.

En efecto, con el aumento de la frecuencia, las corrientes alternas tienden a circular en la periferia de los conductores, en lugar de hacerlo por el centro. De aquí un aumento notable en la resistencia óhmica de los conductores y una consiguiente pérdida de energía por efecto térmico.

Análogamente, las pérdidas por efectos de inducción en los cuerpos circundantes crecen notablemente con la frecuencia.

Además, el aumento de la frecuencia, como saben muy bien los electrotécnicos y los radiotécnicos de hoy día, hace aumentar la reactancia de inductancia, y hace disminuir la reactancia de capacidad, con la consecuencia que las corrientes oscilantes de altísima frecuencia son fácilmente desviadas por los conductores cercanos, por efecto de capacidad, y tienden a saltar las bobinas, cuando éstas tienen además de inductancia, también una pequeña capacidad propia.

Esta pequeña capacidad propia puede proporcionar en realidad un pasaje de menor obstáculo que el que ofrece la inductancia de las espiras de las bobinas.

Cuando esto sucede, la bobina no se comporta naturalmente más como una simple inductancia sino más bien como una capacidad.

En fin, otra consecuencia de la altísima frecuencia es la facilidad con la cual los circuitos se inducen mutuamente, lo que significa que conductores también relativamente alejados, pueden recibir fuerzas electromotrices inducidas bastante notables.

La técnica de las ondas cortas, que es caracterizada por el modo especial de propagación de las ondas y por las particulares propiedades de las elevadísimas frecuencias, de las cuales he hablado, y que dio lugar a una de las ramas considerada una de las más difíciles de la radiotecnia, ha sido plenamente dominada, desde su iniciación en adelante, por la obra marconiana.

Guillermo Marconi es el creador del sistema a haz de ondas cortas que per-

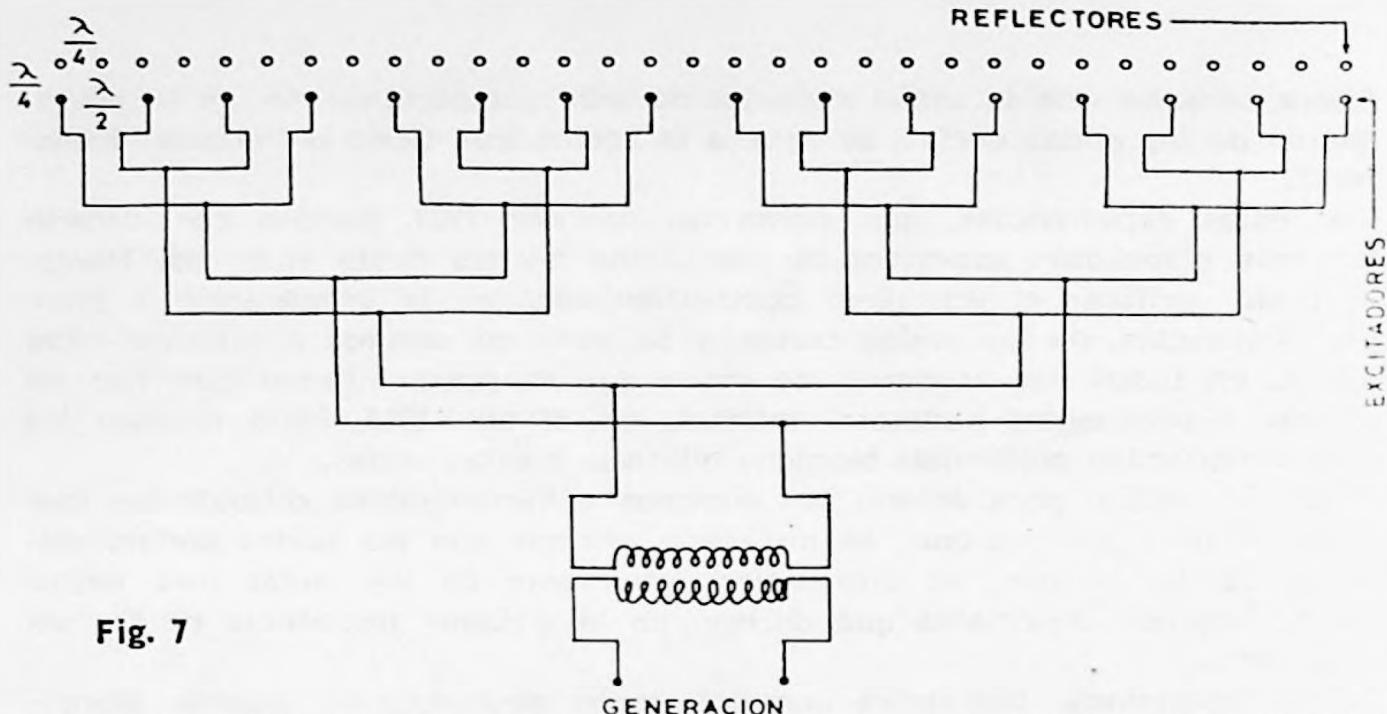


Fig. 7

mite comunicar con los antipolos, necesitando una cantidad de energía enormemente reducida.

La antena directiva a haz Marconi (fig. 7) comprende un alineamiento de 16 antenas dispuestas una al lado de la otra con un intervalo, más o menos, de media onda y que tienen una altura que comprende dos o tres medias ondas.

Alrededor de un cuarto de onda atrás de este sistema, está el reflector constituido por un alineamiento de antenas iguales y paralelas a las precedentes, pero aisladas y en número doble.

No creo necesario, ni oportuno, explicar en detalle el funcionamiento de esta antena directiva a haz Marconi ni exponer los dispositivos que la componen; baste decir que con esta antena Marconi pudo obtener haces irradiantes con un abertura de apenas once grados, lo que correspondía a una concentración enorme de energía.

En efecto, con una alimentación de solamente 20 kilowatt, Marconi pudo realizar comunicaciones radiotelegráficas y radiotelefónicas entre los puntos más lejanos de la superficie terrestre.

Esto para las ondas cortas. En lo que se refiere a las ondas cortísimas o microondas u ondas casi ópticas de longitud inferior a un metro, y correspondientes a frecuencias de las corrientes oscilantes superiores a trescientos millones de períodos por segundo, Marconi, desde 1930 hasta 1932, se puede decir que abordó todos los problemas técnicos relativos a las radio-comunicaciones con tales ondas, y los resolvió de un modo concluyente, superando todas las dificultades que en este caso eran todavía mayores que aquellas relativas a las ondas cortas y de las cuales he hablado.

Los resultados de estas investigaciones fueron expuestos por Marconi en una magnífica memoria leída en la reunión del 2 de diciembre de 1932 de la "Royal Institution of Great Britain".

Creo conveniente referir integralmente el breve resumen que precede la memoria, por cuanto en él aparece, aunque con sencillez, la poderosa obra desarrollada también en este campo:

"Recordando las tentativas ejecutadas en el pasado para la utilización de

las ondas extremadamente cortas (microondas) de longitud del orden de algunas decenas de centímetros se describen los aparatos ideados y sucesivamente perfeccionados por el autor en los dos últimos años, ilustrando los elementos constitutivos, los esquemas de inserción y las características de funcionamiento, tanto en transmisión como en recepción, y así en telegrafía como en telefonía. Mediante oportunas uniones entre más unidades irradiantes convenientemente dispuestas respecto a un sistema de más reflectores, ha sido posible construir transmisores de microondas que irradian potencias hasta ahora nunca alcanzadas (del orden de decenas de watt) en un haz fuertemente concentrado.

Están descritas las experiencias ejecutadas, primero entre puntos de la costa genovesa, después entre el Vaticano y Castel Gandolfo (unidos ahora por una planta permanente a microondas, que ya está en efectivo servicio) y en fin entre Rocca di Papa y el Yacht Electra y entre Rocca di Papa y la Cerdeña.

Son puestos en evidencia los resultados alcanzados, de tal manera que con ondas de 57 centímetros se ha podido comunicar a una distancia de 259 kilómetros, distancia nunca alcanzada hasta ahora con el uso de ondas por debajo del metro y se ha descubierto, además, que estas ondas pueden superar no sólo obstáculos entre la estación transmisora y la estación receptora, sino que, también en parte, la curvatura de la tierra. Son preconizados, por fin, los ulteriores desarrollos de la técnica de las microondas."

Se ve claramente, por el examen de este resumen que he expuesto íntegramente, que, en otros términos, Marconi no sólo ha estudiado, experimentado y construido los aparatos transmisores y receptores aptos para las microondas, no sólo ha realizado las antenas y los reflectores más convenientes para estas ondas, sino que también ha estudiado el comportamiento de las ondas casi ópticas en la propagación, descubriendo que, contrariamente a las previsiones según las cuales estas ondas se deberían comportar como la luz, pueden por el contrario superar obstáculos materiales y en parte la curvatura de la tierra. Se puede, entonces, afirmar en definitiva, que también en el campo de las microondas fue Marconi el primero en resolver todos los problemas técnicos y científicos relativos.

Sin embargo, la casi increíble actividad y producción científico-técnica de Guillermo Marconi no se limitó a todas estas realizaciones.

En efecto, Marconi es el inventor de los radiofaros para la orientación y guía en la ruta de naves y aeroplanos.

Existen diversos tipos de radiofaros Marconi, según los fines para los cuales están destinados.

No es posible, en el breve tiempo concedido en una conferencia conmemorativa, hablar de todos estos numerosos tipos de radiofaros Marconi. Me limitaré, por consiguiente a la exposición de solamente algunas de estas realizaciones marconianas en este campo, y trataré de hacerlo en la forma más esquemática posible.

En los radiofaros Marconi para la guía de los aeroplanos, la estación transmisora de tierra comprende un complejo transmisor, que funciona alternativamente con dos antenas a cuadros dispuestas en ángulo recto y que tiene una idéntica longitud de onda (fig. 8). Dada la forma a ocho de la cur-

va de irradiación de los dos cuadros sucede que por un cierto ángulo (zona achurada) las dos transmisiones se sobreponen, formando cuatro haces de dos en dos diametralmente opuestos.

Si uno de los cuadros emite siempre la letra a (—) y el otro la letra n (—.) (1) y se hace de modo que la transmisión de uno se cruce con la del otro, se tendrá que en los cuatro haces de emisión sobrepuesta se oirán en un aparato receptor a bordo del avión, no ya las letras a y n distintas, sino un trazo continuo derivante de la fusión de las dos señales.

Por consiguiente, si un aeroplano sigue uno de los haces se sentirá en el teléfono del receptor puesto en él una serie continua de trazos largos; mientras si se desvía hacia un lado se oirá más fuerte la letra a y más débil la n; si al otro, más fuerte la n y más débil la a,

El piloto tendrá así la indicación si está o no en la ruta justa.

Si dos radiofaros análogos se instalan en los dos extremos de una ruta (fig. 9) con haces vueltos el uno hacia el otro, el avión será guiado por todo el viaje con absoluta seguridad también en caso de fuerte neblina, como si se encontrase sobre dos rieles.

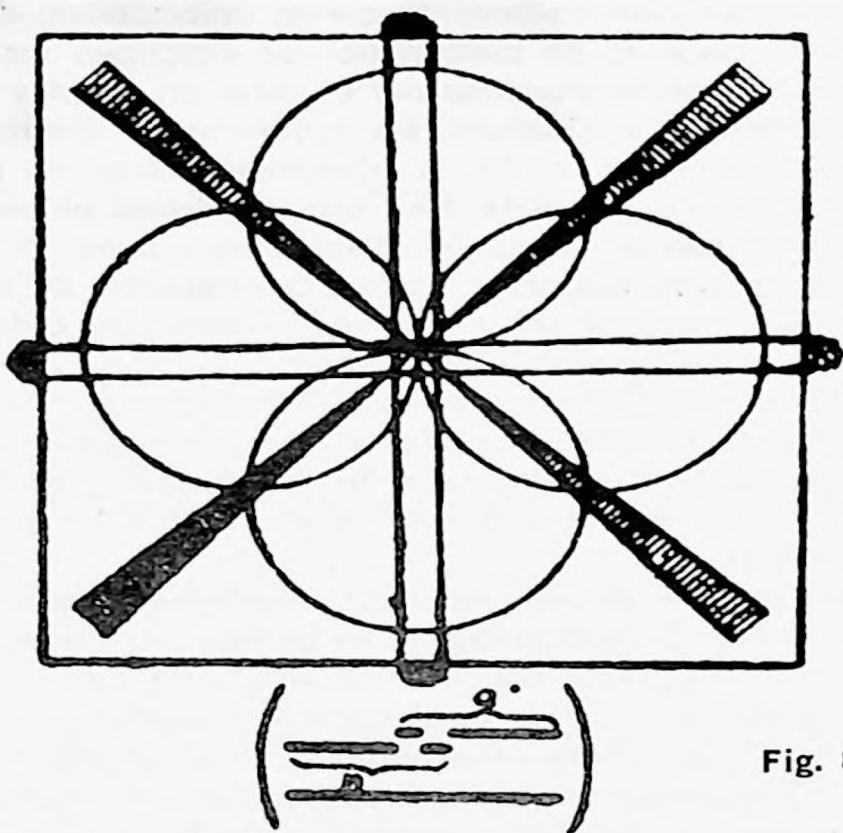


Fig. 8

ANTENAS

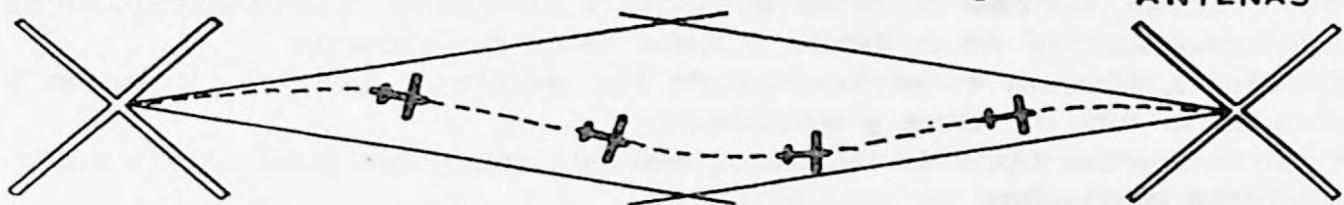


Fig. 9

ANTENAS

Para evitar el continuo uso del teléfono por parte del piloto, Marconi ideó también un nuevo tipo de receptor a visión, en lugar del acústico.

La fig. 10 representa precisamente un receptor Marconi a onda corta, radioguía a visión estudiado por Marconi de manera de poder ser utilizado para cualquier tipo de avión.

También muy interesante es otro tipo de radiofaros; el radiofaros giratorio Marconi, apto para la guía e indicación del "puntonave" de un buque no

(1) Nota Ed.: El signo ".—" equivale a la letra "a" del Código Morse de Telegrafía Internacional.

Fig. 10



provisto de una planta radiogonamétrica siempre bastante costosa y voluminosa.

Por las razones antes mencionadas no me es posible exponer el funcionamiento, en verdad bastante complicado, de este radiofaró que en su conjunto se ve en la fig. 11. Me limitaré a decir que utilizando un radiorreceptor especial, dotado de un cronógrafo de precisión, puesto a bordo de la nave, el oficial de ruta puede obtener la posición del radiofaró y, por consiguiente, la posición de la nave con respecto a él.

Pero, uno de los aparatos más geniales debido a la incansable actividad y producción científico-técnica de Guillermo Marconi, es seguramente el que después de varios años de estudio, especialmente sobre el comportamiento de las microondas u ondas casi ópticas, logró realizar y experimentar con pleno éxito en Sestri Levante, cerca de Génova, el 30 de julio de 1934. Me refiero al especial radiofaró Marconi que sirve para hacer entrar, con extrema precisión, una nave en puerto, también en caso de visibilidad nula. Marconi sintió la necesidad de tratar de resolver este arduo problema porque fue hombre de mar y sabía muy bien que las naves muchas veces después de haber vencido tempestades peligrosas en alta mar arriesgaban su seguridad, en caso de neblina muy densa, precisamente cuando se encontraban cerca de los puertos.

Creo oportuno explicar, si bien en forma muy esquemática, el funcionamiento de este radiofaró especial porque, a pesar de que ésta es una de las realizaciones marconianas más importantes e interesantes, es, en cambio, muy poco conocida.

El especial radiofaró Marconi para la entrada de una nave en puerto en caso de visibilidad muy escasa o nula consiste esencialmente de dos pequeñas antenas con reflectores puestas en ángulo recto sobre una plataforma móvil ubicada en el puerto (fig. 12).

Puesto que las antenas están en ángulo recto y tienen un fuerte poder directivo, en la dirección a 45° se tiene una zona de silencio. Esta zona de silencio corresponde a la dirección de embocadura del puerto.

Pero en esta línea la recepción es nula y llevaría entonces a la incertidumbre; para evitar esto el dispositivo de las dos antenas perpendiculares oscila continuamente en un pequeño ángulo de 6° . Cuando el radiofaró oscila hacia la izquierda, transmite una nota aguda, cuando oscila hacia la derecha una nota baja, y el cambio de nota tiene lugar precisamente cuando la zona de silencio coincide con la línea de embocadura del puerto.

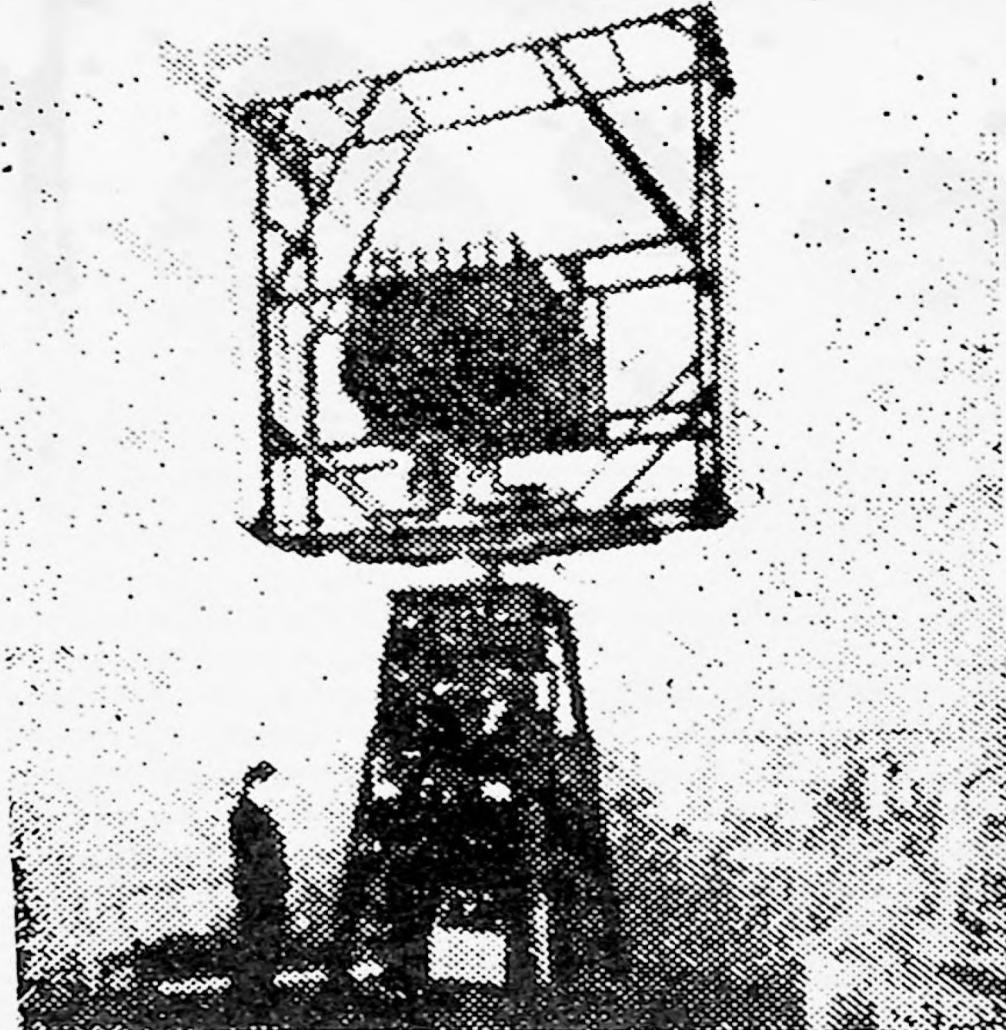


Fig. 11

Cuando la nave se encuentra sobre la línea requerida, el cambio de tono sucede con regularidad, si al contrario, está fuera de la ruta verdadera, una nota se hace más fuerte que la otra.

Mientras una nave está entrando en un puerto con el auxilio del radiofaro Marconi, las señales de éste se oyen en el camarote de comando por medio de un altorlante, y son indicadas por una aguja que oscila sobre una pantalla puesta delante del oficial de ruta; la aguja oscilando más hacia una parte que hacia otra, indica el error de ruta.

Pero este genial aparato no limita a esto su tarea. Mediante otro ingenioso dispositivo el oficial de ruta puede determinar en cada instante la distancia entre la nave y el puerto.

En efecto, donde está puesto el radiofaro se encuentra también un aparato especial que a intervalos regulares emite un sonido.

En el mismo instante en el cual el sonido viene emitido, el radiofaro emite también una señal radiotelegráfica convencional. Por el tiempo que pasa entre la recepción de la señal radio y la recepción de la señal sonora, ambas obtenidas con aparatos especiales, el oficial de ruta podría con un simple cálculo determinar la distancia de la nave desde el puerto.

Pero este cálculo no es necesario, por cuanto los dispositivos están estudiados por Marconi de un modo tal que todo se establece automáticamente y la distancia se puede leer directamente en el cronómetro aplicado al aparato receptor.

No es posible exponer, en fin, la obra desarrollada por el prodigioso genio inventivo de Marconi también en el campo de la telefotografía y televisión, dado que la descripción de los aparatos por él realizados, necesitaría demasiado tiempo. Pero séame permitido afirmar que aunque Guillermo Marco-

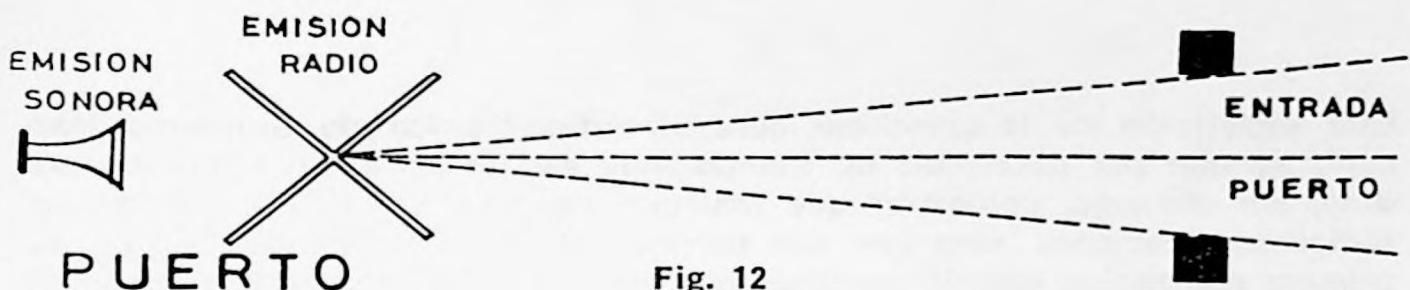


Fig. 12

ni no haya sido el inventor de la telefotografía y televisión, él alcanzó a realizar también, en estos campos, lo que al estado de la técnica de aquel entonces se consideró lo más perfecto. En efecto, la telefotografía encontró una solución técnica por demás perfeccionada en el aparato telefotográfico Marconi; baste decir que ya desde su aparición ha servido y creo que sirve todavía óptimamente en un servicio regular de transmisión de fotografías, artículos de diarios, mensajes, etc., con ondas cortas direccionales entre Londres y Nueva York.

En lo que se refiere a la televisión, el aparto televisivo Marconi correspondió a la mejor solución al estado de la técnica de aquel entonces, donde se utilizaban los ya históricos sistemas mecánicos.

En efecto, baste decir que el Parlamento Inglés, habiendo encargado a una comisión técnica estudiar el desarrollo alcanzado por la televisión y escoger el aparato o los aparatos que fueran más perfeccionados, esta comisión, el 31 de enero de 1915, presentó su relación con la cual aconsejaba implantar en Londres una estación transmisora de televisión con aparatos Baird y Marconi para hacerlos funcionar alternativamente. En base a los resultados obtenidos en el período de prueba, el Gobierno adoptó exclusivamente el aparato televisivo Marconi.

Séame permitido ahora, antes de terminar, exponer algunas otras notas para poner de relieve un aspecto de la obra marconiana, que puede considerarse de trascendental importancia; me refiero al aspecto, diría humanitario, de las radiocomunicaciones.

Guillermo Marconi, después del éxito obtenido en su primera transmisión transoceánica de 1901, perfeccionó notablemente, como hemos visto, sus primeros aparatos y desde el año 1906 organizó y dirigió personalmente un servicio especial de radiocomunicaciones con aparatos, transmisores y receptores instalados en muchos barcos de todo el mundo, con el objeto (entre otros) de poder pedir y recibir ayuda en caso de peligro.

Fue gracias a este servicio que, en el año 1909, fue posible salvar a todos los tripulantes de los buques *Republic* y *Florida*, que chocaron y se hundieron en pleno Atlántico.

En todo el mundo, la impresión por este acontecimiento, que en aquel tiempo apareció como milagroso, fue enorme y, desde entonces, todos los barcos de cierta importancia instalaron los equipos radiotransmisores y radiorreceptores de la organización marconiana.

Como se sabe, después de este primer salvamento se efectuaron muchos otros más; y estos salvamentos se efectuaron no sólo para el caso de barcos en peligro, aislados en pleno océano, sino también se efectuaron para tantos otros casos donde, sin la milagrosa comunicación radio sin hilos, el aislamiento de hombres en peligro, sin posibilidad alguna de pedir ayuda en otra forma, resultaría inexorablemente mortal.

Esta exposición de la grandiosa obra científico-técnica de Guillermo Marconi, aunque por necesidad de tiempo muy esquemática, creo que ha podido, sin embargo, demostrar que Marconi, no sólo fue el creador de las radiocomunicaciones sino que fue también el hombre que después de su primera realización juvenil continuó por toda su activísima vida, entregando la contribución de su genio al progreso de la ciencia y de la técnica radial. Fue el hombre que con perseverancia única alcanzó a resolver los más difíciles problemas relativos a las radiocomunicaciones, superando enormes dificultades desde el punto de vista científico y técnico, ya que no pudo aprovechar las leyes válidas para los fenómenos y los aparatos utilizados por la electrotecnia, las únicas entonces conocidas y debió, por el contrario, intuir y verificar nuevas leyes válidas para la radiotecnia o electrotecnia relativística, por él creada, y, sobre todo, por él desarrollada en todas sus ramas, desde la técnica de las ondas largas hasta la de las ondas cortas, ultracortas y microondas.

Debido a toda esta genial, y, al mismo tiempo sorprendente y asombrosa producción científico-técnica, en el año 1909, Guillermo Marconi recibió, con todo merecimiento, el "Premio Nobel" para la Física.

Es sabido que Guillermo Marconi tenía una habilidad experimental excepcional, que, unida con una manera toda suya de interpretar los fenómenos físicos más extraños e inesperados que se manifestaban durante el desarrollo de sus realizaciones, le daba la posibilidad de superar las enormes dificultades que se le presentaban, logrando obtener resultados que, en algunos casos, podían considerarse verdaderamente milagrosos.

Guillermo Marconi tenía una fuerza espiritual enorme y tenía, además, una fe y una seguridad tan grandes en sus previsiones, que quizás sea también este aspecto característico de su genio, una de las razones que pueden explicar el secreto de la realización de su gran obra.

¿Cómo podría explicarse de otra manera, por ejemplo, el hecho de que la Compañía Marconi, recién constituida, se aventurara en emplear todas sus fuerzas económicas en la construcción de la gran estación radiotransmisora transoceánica de Poldhu en el año 1901, y la reconstruyera nuevamente en el mismo año, después que un huracán la destruyó completamente, y esto para realizar lo que era juzgado por todos (especialmente por los componentes de la ciencia oficial de aquel entonces) una mera utopía, esto es, la de lanzar el primer mensaje a través del espacio entre el viejo y el nuevo mundo?

Guillermo Marconi nunca hizo tentativas para transformar sus inventos en aparatos mortales.

Se dijo, y se publicó también en los diarios de todo el mundo, que Marconi había inventado radiaciones especiales que la imaginación popular llamó "rayos de la muerte".

Sin embargo, el desarrollo histórico de la obra marconiana, demuestra, en forma irrefutable, el absurdo de dichas afirmaciones; por el contrario, a las ondas electromagnéticas en las realizaciones de Guillermo Marconi, que las puso al servicio de la humanidad para las comunicaciones entre los hombres, y que han salvado, salvan, y salvarán innumerables vidas, corresponde solamente el nombre de "rayos de la vida".