

HISTORIA DE LA TELEGRAFÍA SIN HILOS

INCLUYENDO ALGUNAS PROPUESTAS SIN HILOS PARA TELÉGRAFOS
SUBMARINOS

Por
J.J. FAHIE

Miembro de la Institución de Ingenieros Eléctricos, Londres, y de la Sociedad
Internacional de Electricistas, París.
Autor de Historia de la Telegrafía Eléctrica hasta el año 1837; etc.

CON FRONTISPICIO E ILUSTRACIONES
SEGUNDA EDICIÓN REVISADA

Nueva York
DODD, MEAD Y Co.

EDIMBURGO Y LONDRES
WILLIAM BLACKWOOD E HIJOS

MCM I

Reservados todos los derechos

Obra traducida por José Carlos Gambau, EA2BRN



THE ARCH BUILDERS OF WIRELESS TELEGRAPHY.

DEDICADO A

SIR WILLIAM H. PREECE, K.C.B., F.R.S.,

Anterior Presidente de la Institución de Ingenieros Eléctricos;
Presidente de la Institución de Ingenieros Civiles, &c., &c.,
El primer constructor de un Telégrafo sin hilos práctico.

COMO PEQUEÑO SÍMBOLO DE ESTIMA Y AMISTAD, Y EN
RECONOCIMIENTO POR LAS MUCHAS AMABILIDADES QUE SE
EXTIENDEN DURANTE MUCHOS AÑOS

PREFACIO A LA SEGUNDA EDICIÓN

Partiendo del hecho de la impresión que ha causado este trabajo que se ha vendido en tan sólo quince meses y que ha obligado a esta segunda edición, el autor ha de agradecer, por lo que ha leído y juzgado satisfactoriamente por las noticias de la prensa.

Junto a los numerosos agradecimientos, con una excepción, aunque favorable a este libro, el autor desea hablar de dos objeciones que han indicado más de un crítico.

Primero, que se puede pensar que es prematuro (1901) dar una historia de la radiotelegrafía, ya que el tema todavía se encuentra en estado embrionario, o al menos en una etapa infantil, y todavía no es el momento de escribir esta historia. Pero los inicios comenzaron hace algún tiempo, y está bien que sea ahora o más tarde, y es por esta razón: Aunque (como se dice en el prefacio de la primera edición) esta obra está pensada como una narración popular del origen y progreso del tema, el autor cree que también será útil a los estudiantes e inventores, ya que les mostrará como ha sido, lo que se ha hecho o intentado, para que no malgasten su ingenio en caminos y modos que ya se han explorado.

Segundo, como ya se ha objetado en esta obra –en especial en el primer periodo- se podía haber omitido, o más bien condensado. Pero nuevamente el autor tiene en mente las necesidades del lector inventivo, para el que las decepciones y fracasos de los experimentadores previos son tan instructivos como sus éxitos.

En esta nueva edición se han hecho algunas alteraciones y adiciones (principalmente en las páginas que tratan del sistema Marconi), con vistas (1) corregir en algunos puntos algunas expresiones inexactas, y aclarar el significado en otros; (2) sacar a la luz algunos puntos de la teoría y práctica de las ondas hertzianas –ondas telegráficas, y (3) actualizar los récords de Marconi en las demostraciones públicas.

Se ha añadido un índice nuevo, en que todos los temas están unidos al nombre de los autores. Esto facilitará al lector la búsqueda de cualquier punto que le interese.

El modo en que se publicó la primera edición de las aplicaciones prácticas de la telegrafía sin hilos en Octubre de 1899, el sistema de Sir William Preece ha encontrado una nueva utilidad, como se menciona en la pág. 160. Considerando las ondas hertzianas, hay muchos experimentadores nuevos en este campo, cuyas “invenciones”, aunque generalmente son diferentes al sistema Marconi, parecen que se diferencian principalmente en detalles constructivos, muchas demostraciones nuevas de Marconi y sus imitadores sobre el valor de sus sistemas, que, con sus límites, nadie discute, muchos párrafos en los periódicos narran lo que están haciendo, pero en las condiciones actuales de cortar y probar en que se trabaja hoy día, se ha de confesar que el progreso ha sido lento –desanimando a la gente, Sir William Preece, por ejemplo, dice “estar cansado de la telegrafía sin

hilos”, pregunta “¿dónde hay actualmente un circuito que trabaje comercialmente con un sistema práctico de telegrafía sin hilos?”

Bien, la situación no es tan mala como se podría inferir de las palabras de Sir William, los gobiernos no discuten su valor para uso naval o militar, o su valor comercial para las islas, faros, buques fano y la marina mercante. El haber convencido al público en general, en el corto periodo de cuatro años, de la solidez de sus bases científicas y su utilidad práctica no es algo ligero, y todavía se encuentra en vías de progresar. De hecho, el sistema Marconi, o alguna modificación de él, se ha adoptado en las flotas de todas las Grandes Potencias, y en algunos buques mercantes de Alemania y Bélgica. Si todavía no se ha empleado en los barcos mercantes británicos no ha sido por culpa de Marconi, sino parece deberse más bien a obstáculos oficiales.

Además, en Mayo del año pasado, se instaló el sistema Marconi en Borkum, Alemania, en base semi comercial (“Electrician” de Julio, pág 20 n. 488), y hacia el mismo tiempo se introdujo en Hawai como medio permanente de intercomunicación entre las cinco islas del grupo (“Electrician”, 2 de Marzo, pág. 680) Más recientemente se ha establecido una estación Marconi en La Panne (Bélgica), entre Ostend y Dunkirk, a unas 61 millas de Dover, se ha equipado al Princess Clementine, uno de los barcos correo de Bélgica que navega entre Ostend y Dover, y se mantiene en comunicación con La Panne en sus viajes diarios a través del Canal. No tan sólo esto, se han intercambiado mensajes sin hilos entre este barco en Dover y la estación Marconi en DoverCourt, cerca de Harwich, a una distancia de 80 millas por mar y tierra (diarios de Londres, 5 a 10 de Noviembre) Por tanto el progreso ha sido, tal vez lento, pero sólido u. considerando todo, satisfactorio. Veremos incluso otras aplicaciones, y los interesados obtendrán algunas indicaciones en las declaraciones de la Compañía Marconi que aparecen en “Electrician” del 2 de Marzo, 3 de Agosto y 21 de Diciembre del año pasado.

Enero de 1901.

PREFACIO A LA PRIMERA EDICIÓN

A principios de 1897 hubo un gran alboroto en el palomar de la telegrafía, y los accionistas de las muchas empresas telegráficas, y las industrias afines, se alarmaron por sus inversiones. Misteriosos artículos sobre el nuevo sin hilos, o telegrafía espacial, como se le conocía, comenzaron a aparecer en los periódicos; y la profesión eléctrica –algunos miembros importantes de ella- parecían dispuestos a aceptar implícitamente la nueva maravilla, sin las dudas normales y adecuadas en estas ocasiones.

En una lectura sobre telegrafía submarina en el Instituto Imperial (5 de Febrero de 1897) el profesor Ayrton dijo: “Hemos hablado sobre el pasado y el presente. ¿Cuál es el futuro? Bien, no hay duda que ese día ha llegado, tal vez nos olvidemos de los hilos de cobre, cubiertos de gutapercha, y forrados de hierro para relegarlos al museo de las antigüedades. Cuando alguien tenga que telegrafiar a un amigo, que no sepa dónde se encuentra, le llamará con una voz electromagnética, que escuchará fuerte si tiene una oreja electromagnética, pero que será inaudible a todos los demás. Le preguntará “¿Dónde estás?” y le responderá “En el fondo de una mina de carbón”, o “Cruzando los Andes”, o “En medio del Pacífico”; y si finalmente no le llega ninguna respuesta, pensará que el amigo ha fallecido.”

Poco después, en el transcurso de un debate en la Cámara de los Comunes (2 de Abril de 1897) sobre el monopolio telefónico, uno de los oradores dijo: “Se desaconseja que la Oficina Postal emprenda cualquier tendido de líneas telefónicas a gran escala hasta averiguar los resultados del telégrafo de Röntgen, que si tiene éxito, revolucionará nuestros sistemas telegráficos y telefónicos.”

Cuando habla un cauto hombre de ciencia, o no podemos decir que sueña, y cuando sobrios senadores aceptan este sueño como una realidad y proceden a legislar en razón a él, podemos imaginar las ideas que pasan por la mente de los hombres públicos y qué piensan sobre el tema. Bien, han pasado dos años o algo más, y el potencial ilimitado de esta nueva telegrafía ha sido rebajado por medio de experimentos poco prácticos aunque de proporciones muy importantes, y los que se interesan en que el antiguo orden pueda descansar en paz, podemos decir que hace tiempo que ha ocurrido.

Durante muchos años de investigación en electricidad se ha reunido una gran cantidad de material en este tema –ya que la idea de esta nueva telegrafía no es nueva- y habiendo sido un observador cercano sobre los nuevos y sorprendentes avances, he pensado que tal vez interese una narración popular de sus orígenes y desarrollo. Esto es lo que he intentado en las siguientes páginas.

En las primeras etapas de la evolución de nuestro tema, hubo objeciones al nombre de Telegrafía sin Hilos como nombre que se presta a confusión (“Builder”, 17 de Marzo de 1855, pág. 132), y en tiempos recientes se ha repetido esta objeción. Se ha sugerido Telegrafía de Inducción, Espacial o Etérea, pero aunque en cierto

modo sea exacto, no son muy comprensibles. Algo mejor sería Telegrafía sin Hilos de Conexión, como se ha sugerido, pero es muy incómodo –un trabalenguas. Por tanto hasta descubrir uno mejor, he respetado la designación original, Telegrafía sin Hilos, que actualmente es el más popular, y que además, ha sido sancionado por el Procurador General de Su Majestad.

En el transcurso de una discusión sobre el papel del Sr. (ahora Sir Wm.) Preece sobre Señales Eléctricas sin Hilos (“Journal Society of Arts”, 23 de Febrero de 1894), Sir Richard Webster sentó la ley sobre esto: “Creo que la objeción al título de este papel es hipercrítica, ya que la gente normal siempre sabrán que telegrafía por hilo significa *a través* de hilo, entre una estación y otra, y estos hilos paralelos no conectados, siempre se verán como parte de los instrumentos emisor y receptor. Espero, pro tanto, que se empleará el mismo nombre a cualquier futuro avance sobre el tema.” Si se permitió este nombre en el caso de Preece donde por ejemplo, para enlazar una milla, los dos hilos en paralelo debían tener cada uno de ellos en teoría una longitud de milla, o el doble de la cantidad necesaria en la telegrafía antigua, y no podemos presentar ninguna objeción a ninguna otra propuesta que se describirán en estas páginas, la verdad no en el sistema Marconi, en el cual unas pocas yardas de hilo son suficientes para enlazar un espacio de una milla, o, para decirlo más exacto, la altura de los hilos verticales (en yardas) varía con la raíz cuadrada de la distancia (en millas) que debe enlazarse.

Desde el comienzo me encontré con la dificultad de preparar los materiales –si en simple orden cronológico, o clasificado bajo nombres, como Conducción, Inducción, Ondas y Otros, o Resumen de Métodos. Todos tienen sus ventajas y desventajas, pero después de considerarlo decidí seguir el orden cronológico como el mejor de ambos para una historia que pretende ser una recopilación de lo que se ha hecho o intentado en los últimos sesenta años por muchos experimentadores que han atacado el problema o han contribuido de alguna forma a su solución.

Después de haber decidido este punto, la siguiente cuestión de la subdivisión, y los materiales no se podían dividir en capítulos, por lo que decidí dividirlo en periodos. El primero le he llamado El Periodo de lo Posible, que tratara de primeras sugerencias y métodos experimentales empíricos, y que por razones de necesidad o sensibilidad de los instrumentos disponibles, podríamos compararlo en cierto modo con el Paleolítico. El segundo es El Periodo de lo Practicable (o Neolítico), cuando comenzó a comprenderse mejor las condiciones del problema, y se disponía de instrumentos más sensibles. El tercero –El Periodo Práctico- habla de este tema hasta la actualidad, y trata de las propuestas de Preece (electromagnética), de Willoughby Smith (conducción) y Marconi (hertziana), que están en funcionamiento hoy en día.

Se finaliza con cinco Apéndices, que contienen toda la información necesaria y no han encontrado el sitio adecuado en los capítulos de la obra. El Apéndice A trata de los puntos de vista filosóficos de la relación entra la electricidad y la luz antes y

después de Hertz, que, por primera vez, demostró ser idénticos, y se diferencian sólo en su longitud de onda. El Apéndice B es una forma popular de narrar el punto de vista moderno de la corriente eléctrica que surgen de los descubrimientos de Clerk-Maxwell, Hertz y sus discípulos. El Apéndice C reproduce gran parte del papel clásico del profesor Branly sobre el descubrimiento del principio del Cohesor, que es uno de los pilares fundamentales del sistema Marconi. El Apéndice D contiene una correspondencia muy interesante entre yo mismo y el profesor Hughes, F R S, que llegó demasiado tarde para ser incluido en el cuerpo de la obra, y es muy importante para ser omitido desde el punto de vista histórico.

En el Apéndice E se reproduce la patente del Sr. Marconi, que puede interesar históricamente al ser la primera patente de un telégrafo de ondas hertzianas, y es una completa maravilla. Los aparatos que se describen allí, todavía se siguen empleando tras pasar tres años de rigurosa experimentación, las únicas alteraciones se encuentran en pequeños detalles –un ajuste más fino para sus finalidades. Esto dice mucho sobre el genio constructivo de este joven inventor, y que augura la supervivencia de su sistema en la lucha por la supervivencia.

En la presentación de mis materiales me he permitido, en la medida de lo posible, que hablen los autores con sus propias palabras, únicamente condensando y trasladando las palabras y frases obsoletas al lenguaje técnico moderno. Prefiero esto en un trabajo histórico a convertirme en un intérprete. Por razones de tiempo doy referencias en el texto o en notas al pie, para que el lector pueda consultar fácilmente las fuentes originales.

Me parece escuchar exclamar al crítico inoportuno, “Esto es emplear tijeras y pega”. Pues que sea así, señor, las historias verdaderas surgen cuando se eliminan las ficciones con que muchos historiadores embellecen los hechos. Para qué decir que no se encuentra alterado con la presencia o ausencia de citas. Sin embargo, lo único que acredito es el haber recogido, condensado y presentado mis hechos de una forma legible –no luminosa- y si mis críticos me conceden esto estaré satisfecho.

Después de haber escrito estas páginas me han llegado dos excelentes contribuciones del profesor Oliver Lodge y del Sr. Sydney Evershed en forma de papeles leídos ante la Institución de Ingenieros Eléctricos el 8 y el 22 de Diciembre de 1898. Se encuentran en el “Journal” N° 137, junto con las discusiones que siguieron, y deben estudiar todos los que se interesen en este tema fascinante. El Sr. Marconi leyó un papel sobre su propio método tras estos papeles en la Institución el 2 de Marzo pasado, y repitió por petición general el 16. No dice más que lo que indico en el texto, pero vale la pena leerlo –sólo se trata de un resumen de su precioso sistema.

En el Frontispicio incluyo un grupo de doce retratos de hombres eminentes que pueden llamarse los constructores de la telegrafía sin hilos. El primero es Oesterd (Dinamarca), que demostró por primera vez la unión entre la electricidad y el

magnetismo. Después le siguen por orden cronológico Ampère (Francia), Faraday (Inglaterra) y Henry (América), que explicaron y ampliaron los principios de la nueva ciencia del electromagnetismo. Después le siguen Clerk-Maxwell (Inglaterra) y Hertz (Alemania), que demostraron la relación entre la electricidad y la luz, uno teóricamente, y el otro con una demostración actual. Les sigue Branly (Francia), Lodge (Inglaterra) y Righi (Italia), cuyos descubrimientos han permitido la invención de Marconi. Los últimos tres retratos son de Preece y Willoughby Smith (Inglaterra) y Marconi (Italia), que se dividen entre ellos el honor de establecer las primeras líneas prácticas de telegrafía sin hilos –cada uno con un sistema diferente.

St. Heliers Jersey
Septiembre 1899

PRIMER PERIODO – LO POSIBLE

Abtéganse de despreciar en ningún momento los esfuerzos del hombre en su crecimiento natural, que en temprana edad puede mostrar madurez, sino la perfección

Abstégase de ni desprecie un rato los esfuerzos del hombre en un crecimiento natural, que en una cierta edad distante puede esperar encontrar madurez, si no perfección.

PROFESOR O. A. STEINHEIL – 1838

Tan sólo mencionamos de pasada la aguja simpatética y los telégrafos simpatéticos del siglo dieciséis y diecisiete, cuya narración la encontraremos en mi “Historia de la Telegrafía Eléctrica hasta 1837, (Cap. I)”¹ para llegar en 1795 a la primera mención de telegrafiar sin hilos. Salvá, que era un eminente médico español, e inventor del primer telégrafo electroquímico, escribió este sorprendente pasaje en sus papeles “Sobre la aplicación de la electricidad a la Telegrafía”, leído ante la Academia de Ciencias de Barcelona el 16 de Diciembre de 1795.

Después de demostrar cómo pueden tenderse hilos aislados bajo los mares, y usar el agua como hilo de retorno, acabó diciendo: “si un terremoto está causado por la electricidad que pasa de un punto cargado positivamente a otro punto cargado negativamente, como ha indicado Bertolon en su “Electricidad de los Meteoros” (Vol. I, pág. 273), no se necesita ningún cable tendido bajo el mar para enviar una señal convenida de antemano. Se podría, por ejemplo, preparar un área en Mallorca cargada con electricidad, y en Alicante otra área similar cargada con electricidad opuesta, conectar un hilo a ella y sumergirlo en el mar. Al llevar otro hilo desde el mar en la costa de Mallorca hasta el punto electrificado, se cerrará la comunicación entre las dos superficies cargadas, el fluido eléctrico atravesará el mar, que es un excelente conductor, y una chispa indicará la señal deseada.”²

Otro primitivo inventor telegráfico y medico inminente, Sömmerring de Munich, hizo un experimento que, bajo condiciones de observación más favorables, podría haber dado las primeras indicaciones en tan temprano momento del envío de señales sólo por el agua. El Dr. Hamel³ nos cuenta que Sömmerring, el 5 de Junio de 1811, y a sugerencias de su amigo, el Barón Schilling, probó la acción de su telégrafo mientras los dos hilos conductores estaban interrumpidos por agua en el interior de tubos de madera. Las señales continuaron siendo tan claras como si no se hubiera interpuesto el agua, pero cesaban tan pronto se conectaba con un hilo el agua el los tubos, la corriente seguía el cortocircuito.

Ahora disponemos de todas las condiciones necesarias para un experimento de este tipo, y hubiera sido posible si Sömmerring hubiera empleado un indicador más

sensible que su aparato de descomposición del agua, y le hubiera indicado que, a pesar del cortocircuito, todavía seguía pasando una pequeña parte de la corriente, y este hecho podría haber sugerido a una mente observadora que, como acabo de decir, la posibilidad de la telegrafía sin hilos.

Dejamos la curiosa sugerencia de Salvá, que aunque sería, no podemos considerar más que como *un pensamiento* –una feliz inspiración de un genio- y de lo que podría haber pasado con el experimento de Sömmerring, para llegar al año 1838, cuando Steinheil, uno de los grandes pioneros de la telegrafía eléctrica en el Continente, hace en Munich la primera sugerencia inteligente de un telégrafo sin hilos.

En cierto modo le fue forzada la posibilidad de enviar señales sin hilos. Cuando estaba dedicado en el establecimiento de su bello sistema de telegrafía en Bavaria, Gauss, el celebrado filósofo alemán, y también inventor de un telégrafo, sugirió que se podían emplear los dos raíles del ferrocarril como conductores telegráficos. En Julio de 1838 Steinheil experimentó en el ferrocarril de Nürnberg – Fürth, pero no pudo obtener un aislamiento suficientemente bueno de los raíles para enviar señales de una estación a otra. La gran conductibilidad que encontró en la tierra le llevó a presumir que sería posible emplearla como hilo de retorno. Hizo una serie de experimentos para probar esta suposición y obtuvo un completo éxito, que se introdujo en la telegrafía eléctrica como uno de los perfeccionamientos más grandes –el circuito de retorno por tierra.⁴

Steinheil llegó a decir: “La investigación de las leyes de la dispersión, según las cuales la tierra, cuya masa es ilimitada, que controla el paso de la corriente galvánica, parece ser de gran interés. No puede confinarse la excitación galvánica a las porciones de tierra situadas entre los dos extremos del hilo; por el contrario, sólo puede extenderse indefinidamente, y por tanto, de esta ley se obtiene que la excitación de la tierra, y la distancia de las terminaciones de excitación del hilo, *independientemente que haya o no comunicación metálica para llevar la inter-comunicación telegráfica.*

“Puede construirse un aparato en que el inductor, sin ninguna conexión metálica con el multiplicador que la excitación transmitida por tierra, deberá producir corrientes galvánicas en el multiplicador lo suficientes para causar una deflexión visible. Hasta ahora no se ha observado, y podría clasificarse entre los fenómenos más extraordinarios que la ciencia nos ha revelado. Sólo es útil para pequeñas distancias; y queda para el futuro decidir si se puede telegrafiar a grandes distancias con ninguna comunicación metálica. Mis experimentos prueban que esto es posible a distancias de hasta 50 pies. Para distancias superiores sólo veo factible aumentar la potencia de la inducción galvánica, o con multiplicadores apropiados contruidos para este uso, o, finalmente, aumentar la superficie de contacto presentada en los extremos de los multiplicadores. De cualquier caso, el fenómeno

merece la atención, y no puede pasarse por alto su influencia desde el punto de vista teórico del galvanismo.”⁵

En otro momento, al discutir sobre el mismo tema, Steinheil dice: “No podemos conjurar los gnomos que llevan nuestros pensamientos por tierra. La Naturaleza prohíbe esto. La dispersión del efecto galvánico es proporcional, no a la distancia del punto de excitación, sino al cuadrado de la distancia, es decir, a una distancia de 50 pies, sólo se pueden obtener efectos extremadamente pequeños producidos por los efectos eléctricos más potentes en el punto de excitación. Podemos decir en relación con la electricidad que el ojo tiende a la luz, nada impide que telegrafemos por tierra sin hilos conductores; pero no es probable que lo consigamos.”⁶

Steinheil propuso otro medio de enviar señales sin hilos, que curiosamente usó el profesor Graham Bell en su fotófono. En su papel clásico sobre “Comunicación Telegráfica, especialmente por medios del Galvanismo”, dice: “Otro posible método de causar movimientos a grandes distancias, sin que intervenga ningún conductor artificial, le proporciona el calor radiante, al dirigirlo por medios de espejos cóncavos a una pila termoeléctrica. Entra en juego una corriente galvánica, que a su vez se emplea para obtener desviaciones en una aguja magnética. Las dificultades que surgen en la construcción de este instrumento, aunque son considerables, no son insuperables. Este telégrafo sólo tendría ventaja sobre los semáforos basados en principios ópticos –es decir, que no exigen la atención constante del observador pero, al igual que los ópticos, deja de funcionar en tiempo de niebla, y por tanto presenta los defectos intrínsecos de todos los métodos semafóricos.”⁷

Siguiendo esta sugerencia, en Junio de 1880 el escritor, mientras estaba estacionado en Teheran (Persia), e ignorando el método del profesor Bell, trabajó en un fotófono, o mejor dicho, un telefotófono, que se encontrará descrito en “Electrician” del 26 de Febrero de 1881. A mi regreso temporal a Inglaterra en 1882, descubrí que en 1878 el Sr. A. C. Brown de la Easter Telegraph Co., estaba trabajando en el fotófono. En Septiembre de este año envié mis planes al profesor Bell, que posteriormente dijo sobre él: “Se debe indudablemente al Sr. Brown el honor de haber formulado de forma clara e independiente la concepción de usar un rayo ondulatorio de luz, en contradicción a uno meramente intermitente, unido con una célula de selenio y un teléfono, y haber diseñado los aparatos, aunque de naturaleza primitiva, para llevarlo a su ejecución” (Journal Inst. Elec. Engs., Vol. IX, pág. 404) Además el fotófono es tanto invención del Sr. Brown como del profesor Bell, que, sin embargo tiene toda la estimación popular.

¹ E. & F.N.Spon, Londres, 1884.

² Más tarde veremos que las ideas de Salvá no son tan extravagantes como parecen. Actualmente sabemos que se pueden electrificar grandes áreas de la tierra, dando lugar al fenómeno conocido como “mala tierra” por los técnicos telegrafistas.

³ “Narración histórica de la Introducción del Telégrafo Galvánico y Electromagnético en Inglaterra” Reimpreso por Cookes, pág. 17.

⁴ Para usar el circuito de tierra antes del descubrimiento *accidental* de Steinheil ver mi “Historia de la Telegrafía Eléctrica” pág. 343 – 345.

⁵ Anales de Electricidad de Sturgeon, Vol. III, pág. 450.

⁶ “Die Anwendung des Electromagnetismus”, 1873, pág. 172. Ahora disponemos del “ojo eléctrico” de Hertz. Ver pág. 180, 270 *infra*.

⁷ “Anales de Electricidad” de Sturgeon, Marzo de 1839.

Mientras preparaba, en 1883, el Edward Davy MSS, actualmente en la biblioteca de la Institución de Ingenieros Eléctricos, este escritor descubrió dos pasajes que al principio tomó como referencia a algún tipo de relé telefónico, pero estudiándolo en detalle parece indicar que Davy había hecho alguna contribución basada en el uso conjunto del sonido y la electricidad, del mismo modo que sugería Steinheil el uso conjunto de la electricidad y el calor. Estos son los pasajes a los que me refiero: –

Tras un largo examen crítico de la primera patente del 12 de Junio de 1837 de Cooke y Wheatstone, dice: “finalmente he descubierto un modo peculiar de propagar señales entre los puntos más distantes por medios autónomos, y sin el uso de ningún hilo conductor. Se hace parcialmente por medio de la electricidad, pero combinada con otro principio, cuya exactitud no ofrece duda alguna. Pero hasta que no conozca los ánimos de otra persona⁸ con la que me he de reunir no haré nada de esto, ya que podría encontrarme con otros rivales. Para dar una idea general de ello, puede accionarse una campana en la primera estación, y después al instante hacer sonar un timbre en la siguiente estación a una milla de distancia, y así en una serie ilimitada, ¡aunque no haya entre ellas nada más que aire! Al final de la serie, pueden convertirse las señales en letras, como en los inventos actuales.” De nuevo, en un papel de un resumen numerada con el N° 20 se puede leer lo siguiente: “20. El plan propuesto (101) de propagar las comunicaciones por la ayuda conjunta del sonido y la electricidad –el sonido original produce vibraciones en un aparato resonante lejano, y esta última vibración hace que un hilo sumergido⁹ y un imán de hierro dulce repita el sonido, y así en una sucesión ilimitada.”

No es fácil decir a partir de estos pasajes (que es todo lo que hemos encontrado sobre el tema) que el plan de Davy levante expectación. Al principio habla de campanas, que puede ser una gran trompeta, y con un reflector cóncavo enfocar el sonido en el otro extremo; sobre algún invento similar al teléfono de aire comprimido propuesto por el capitán Taylor, R.N. en 1844; o una moderna sirena; o en suma, con cualquier método capaz de producir fuertes conmociones en el aire, como se dice hoy día. Supongamos el uso de cualquiera de estos métodos para proyectar estas ondas, después, en el foco de un reflector distante podíamos situar un “hilo de renovación”, dispuesto tan delicadamente que responda a la vibración, y cierre un circuito distante que contenga el aparato electromagnético para recoger el sonido, o renovarlo si es necesario.

En el segundo párrafo habla de algo sobre el principio del diapasón. Ahora, bien diapasones combinados con reflectores son prácticos a distancias cortas, pero es difícil ver cómo usar estas vibraciones a una distancia de una milla, para “accionar a un hilo de renovación sumergido”.

Pero podría ser, al menos la idea de Davy merece ser incluida en la historia de las primeras pruebas de telegrafía sin hilos, porque aunque difícilmente se puede realizar con los aparatos que se disponía, es factible en la actualidad con los megáfonos y micrófonos. Sobre su utilidad práctica, esta es una cuestión para el futuro y no queremos hacer profecías.¹⁰

La idea de Davy se trata probablemente de un uso incauto del Auticatelephor de Edward, que había causado una gran conmoción unos años antes, y que a primera vista, se podía tomar como un telégrafo sin ningún medio *aparente* de conexión. Sacamos en siguiente anuncio del “Kaleidoscole” del 30 de Junio de 1829 (pág. 430): –

EL AUTICATELEPHOR.

“Hemos recibido varios papeles que describen un nuevo y curioso ingenio, con el nombre anterior, inventado por el Sr. T.W.C. Edwards, conferenciante de Filosofía Experimental y Química, diseñado para el envío instantáneo de inteligencia a cualquier distancia. Después de estudiar algunas de las grandes invenciones de los tiempos anteriores, el Sr. Edwards abordó la demostración clara y breve para la prensa de los trabajos que ha hecho¹¹ sobre la facilidad y forma práctica de transmitir *instantáneamente* desde Londres a un agente en Edimburgo, Dublin, París, Viena, St. Petersburgo, Constantinopla, el Cabo de Buena Esperanza, Madras, Calcuta, etc. Cualquier cuestión o mensaje, y recibir claramente la el acuse de llegada en Londres en el pequeño espacio de un minuto, y tras unos pocos minutos claramente la respuesta. En principio este ingenio es completamente diferente a cualquier tipo de telégrafo o semáforo, y no exige ninguna estación intermedia o repetidor. En su acción no emplea ni la electricidad, ni el magnetismo ni el galvanismo ni nada parecido; y aunque la comunicación de un lugar a otro es instantánea y capaz de hacer sonar una campana, disparar un arma o elevar una bandera si es necesario, no se emplea nada de esto en la transmisión; ni la operación es audible o visible, excepto para las personas que se comunican. Puede decirse que se prepara previamente un canal, clavando en tierra una serie de varillas de una descripción peculiar, o sumergiéndolas en el mar; pero esto, tras la primera inversión, continuarán para las siguientes generaciones, si se han clavado un número sustancial.”¹²

A partir de estas palabras puede parecer que el Auticatelephor es simplemente una aplicación a la telegrafía de una presión neumática o hidráulica en tubos – nombradas cautelarmente como “varillas de una descripción peculiar”. Puede inferirse esta suposición del último párrafo: “Si se hace bien, puede habilitarse previamente un canal o camino, depositando una serie continua de varillas huecas o tubos bajo tierra o a lo largo del fondo marino.” Si nuestra suposición es correcta, y si Edwards contemplaba el uso de aire comprimido, su propuesta era

realmente nueva; pero si diseñó el uso de agua comprimida, la idea no era nueva. Sin nombrar el antiguo plan romano de Eneas Tecticus, lo ha revivido Brent y otros a finales del siglo pasado, y todavía existe en la práctica la invención de Josep Bramah en 1796 o de Vallance en 1825, y de Jobard en 1827.

⁸ Es decir, su telégrafo registrador químico. Ver mi “Historia de la Telegrafía Eléctrica”, pág. 379.

⁹ *Le.*, hace que un relé cierre un circuito local que contiene un electroimán. Davy siempre habla de un relé como “renovador” o “hilo de renovación” y por sumergirlo se refiere a sumergirlo en mercurio, o como decimos actualmente, cerrar el circuito.

¹⁰ En 1881 el Signor Senliq d’Andres (“Telegraphic Journal” Vol. IX pág. 126) sugirió un plan como el de Davy que, sin embargo, propuso usar, en vez de un hilo renovador o relé, la boquilla de un micrófono, haciéndolo más sensible para accionar una palanca de contacto con brazos desiguales. El Sr. A.R. Sennett también ha trabajado en la idea en los últimos años. Su método está descrito claramente en el “Jour. Inst. Elec. Engs.” N° 137, pág. 908.

¹¹ En 1883 buscamos en vano este libro. Bajo el nombre de T.W.C. Edwards encontramos en el catálogo del Museo Británico no menos de veinte entradas de autores de traducciones del griego, y de gramáticas de griego y latín, etc. pero nada que nos muestre que el escritor era filósofo natural o químico.

¹² Ver también “Mechanics Magazine” Vol. XIII, Primera Serie, pág. 182.

La siguiente idea de una telegrafía sin hilos parece pertenecer al profesor Morse. En una carta al Secretario del Tesoro, que fue presentada en la Cámara de Representantes el 23 de Diciembre de 1844 dice: –

“En otoño de 1842, a solicitud del Instituto Americano, hice públicas algunas demostraciones de mi telégrafo, conectando Governor Island con Castle Garden, a una distancia de una milla; y para este caso tendí mis hilos adecuadamente aislados bajo el agua. Apenas había comenzado a funcionar, y había recibido dos o tres letras, cuando se frustraron mis intenciones por la destrucción accidental de parte de mis conductores debido a un barco, que había arrastrado su ancla y los cortó. En esos momentos de mortificación diseñé inmediatamente un plan para impedir estos accidentes en el futuro, disponiendo mis hilos a lo largo de las orillas del río y hacer que el agua condujera la electricidad. El experimento se demoró hasta mi llegada a Washington, y el 6 de Diciembre de 1842, probé este sistema en el canal con completo éxito. Después se descubrió que se podía hacer cruzar la electricidad el río sin más conductores que la propia agua, pero hasta el pasado otoño no pude realizar una serie de experimentos que mostraron las leyes de este paso. El siguiente diagrama servirá para explicar el experimento: –

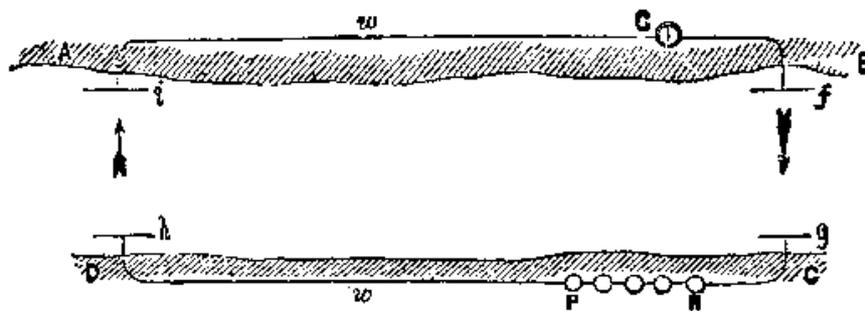


Fig. 1.

“A, B, C, D, son las orillas del río, N, P, es la batería, G es el galvanómetro; w w, son los hilos a lo largo de las orillas, conectados con placas de cobre, f, g, h, i, que se encuentran en el agua. Cuando se cierra este circuito, la electricidad, generada por la batería, pasa del polo positivo, P, a la placa h, atraviesa el río por el agua hasta la placa i, y a través de la bobina del galvanómetro llega a la placa f, atraviesa nuevamente el río hasta la placa g, y regresa al otro polo de la batería, N.

“La distancia en el canal es de 80 pies, el 24 de Agosto se obtuvieron los siguientes resultados en los experimentos: –

Nº del experimento	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Nº de celdas en la batería	14	14	14	7	7	7
Longitud de los conductores, w, w	400	400	400	400	300	200
Grados de desviación del galvanómetro	32 - 24	13½ - 4½	1 - 1	24 - 13	29 - 21	21½ - 15
Tamaño de las placas de cobre, f, h, g, i	5 x 2½ pies	16 x 13"	6 x 5"	5 x 2"	5 x 2"½	5 x 2"½

“Esto demuestra que la electricidad cruza el río, en *una cantidad proporcional al tamaño de las placas en el agua*. La distancia de las placas en la misma orilla del río también afecta al resultado. Después de haber averiguado este hecho general, quería descubrir la mejor distancia práctica a la que situar las placas de cobre, y al no poder hacerlo por mí mismo, le pedí a mi amigo el profesor Gale que hiciera los experimentos. Adjunto su carta y los resultados.¹³

Nueva York, 5 de Diciembre de 1844.

“Querido sr., -Le envió una copia de la serie de resultados que he obtenido con cuatro tamaños diferentes de placas, que se usan como conductores para atravesar los ríos. Se usó una batería de seis celdas del tamaño más pequeño, y se usó el mismo líquido. Hice otra serie de experimentos, pero estos son los más fiables por su uniformidad y precisión. Al inspeccionar la tabla, podrá ver que la distancia a lo largo de las orillas debe ser *tres veces superior* a la de orilla a orilla a través del estrecho; al menos, que cuatro veces esta distancia no da ninguna mejora. Pretendo repetir estos experimentos en circunstancias más favorables, le comunicaré los resultados. -Atentamente,
 Profesor S.F.B. Morse,
Superintendente de Telégrafos.

L.D. Gale

“El resultado de estos experimentos, que parecen ser situaciones en que la disposición que he hecho para que la electricidad cruce los ríos podría ser útil, aunque sólo la experiencia puede determinar si los postes elevados, donde pueden suspenderse los hilos, levantados en los ríos, puede ser lo más práctico. Los experimentos se han hecho a corta distancia, que han demostrado ser correcto el principio. Se ha hecho bajo la dirección de mis hábiles ayudantes, Sres. Vail y Rogers, a través del río Susquehanna, en Havre de Grace, con completo éxito a una milla.”¹⁴

¹³ Omitimos la tabla de resultados, ya que no tiene valor en la actualidad. Puede verse en la obra de Vail.

¹⁴ “Telégrafo Electromagnético Americano de Vail” Filadelfia 1845.

JAMES BOWMAN LONDSAY – 1843.

El siguiente en perseguir este tema fue J.B. Lindsay, de Dundee, cuyos extensos trabajos en este tema, así como en el departamento de alumbrado eléctrico, no han recibido el aprecio adecuado en el mundo científico. Gracias a la amable ayuda del Dr. Robert Sinclair de Dundee, he reunido una serie de hechos relacionados con este extraordinario hombre, y creo que serán nuevos para la mayoría de mis lectores, así que hablaré extensamente de ello.¹⁵

James Bowman Lindsay nació en Carmyllie, cerca de Arbroath, el 8 de Septiembre de 1799, y si no hubiera sido por su débil constitución hubiera sido un granjero. A temprana edad mostró un gran interés por la lectura, y en todo momento que podía dejar de trabajar como tejedor se dedicaba a sus libros favoritos. Con frecuencia se le podía ver en el camino de Arbroath con una tela atada a sus espaldas y un libro abierto en sus manos; y después de entregar la tela y obtener nuevos materiales para tejer, regresaba a Carmyllie del mismo modo. Animados por estos hábitos estudiosos, los padres de Lindsay dispusieron que acudiera a la Universidad de St. Andrews. Comenzó allí sus estudios en 1821, y aunque hasta entonces había sido autodidacta, pronto se hizo un sitio distinguido entre sus compañeros, en particular en matemáticas y ciencias físicas, en cuyos departamentos se convirtió en el número uno. Después de terminar el curso normal de cuatro años, Lindsay entró como estudiante de teología, y terminó sus estudios en el Divinity Hall; pero nunca solicitó la licencia, sus pensamientos se inclinaban más a lo científico que a lo teológico. En las largas vacaciones de verano regresaba normalmente a su ocupación de tejedor, aunque comenzó a enseñar, y esto le animó a proseguir sus propios estudios.

Al llegar a Dundee en 1829, fue nombrado Conferenciante de Ciencia y Matemáticas en la Institución Watt, que dirigía el Sr. M'Intosh. Poco después, Alexander Maxwell, el historiador de Dundee, se convirtió en un pupilo, esta es la descripción que nos hace de Lindsay-

“Cuando estaba con M'Intosh, asistí a las clases que daba el Sr. Lindsay, un hombre de un profundo saber e incansable ansias científicas, que, de haber sido más práctico, menos tímido, y con un mayor sentido común, se hubiera hecho un sitio entre los hombres más distinguidos. De la forma que era, era poco más que una abstracción, una mera enciclopedia sobresaliente, y toda su vida fue un pobre y modesto maestro de escuela.

“En el periodo en que le conocí dedicaba una gran atención a la electricidad, a la celeridad con que se transmitía a cualquier distancia, y a la presteza con qué podían trasladarse sus efectos alternantes- no tengo duda alguna que tenía en sus manos el moderno sistema de telegrafía, pero necesitaba un consejero que lo llevara a la práctica. También obtuvo luz a partir de células galvánicas que ardían durante un largo periodo.

“Sus conocimientos con las lenguas eran extraordinarios, y casi se igualaban al de su famoso contemporáneo, el Cardenal Mezzofanti. En 1828 comenzó a compilar un diccionario en cincuenta lenguajes, cuyo objeto era descubrir, si era posible, el momento y lugar donde el hombre originó el lenguaje. Este estupendo conocimiento, que ocupó la mayor parte del trabajo de su vida, se convirtió en un manuscrito indigesto de gran masa, que consistía en disertaciones sobre lenguajes y cavilaciones en ciencia social –un monumento a una industria nada práctica y no concluyente. En 1845 publicó “Un Paternoster Pentecontaglossal” ideado para que sirviera de espécimen de su diccionario de cincuenta lenguas.

“En 1858 publicó “El Crono Astrolabio” para determinar la cronología antigua .un trabajo que le había ocupado muchos años, y en 1861 “Un Tratado de Bautismo”, que es un curioso registro de sus conocimientos filosóficos.

En 1832 consiguió el cargo de tutor de viajes, que le llevó algún tiempo al extranjero. Le queríamos como un chico quiere a su maestro, y le regalamos una cajita de rapé de plata con una pequeña inscripción nuestra.

“Lamento que la situación del tutor de viajes no le fuera muy bien, ya que a los dos años regresó a Dundee y reanudó sus clases como maestro, siguiendo arduosamente sus estudios favoritos.”

El alcance de sus enseñanzas aparece en el “Dundee Advertiser” del 11 de Abril de 1834–

“J.B. Lindsay reanudará el 14 de Abril de 1834 las clases para cultivar las porciones históricas e intelectuales del conocimiento en South Tay Street, Dundee.

En pocas semanas se creará un curso de conferencias sobre galvanismo friccional y electricidad voltaica, magnetismo y electromagnetismo. La batería, que ya era potente, sufrirá un aumento diario. La luz que se obtendrá será intensamente brillante, y puede aumentarse sin límite el número de luces.

“Pueden hacerse girar un gran número de ruedas [por medio de la electricidad], y levantar pequeños pesos por medio de poleas.

“En poco tiempo se alumbrarán las casas y las poblaciones por medio de la electricidad en vez del gas, el calor sin usar carbón, y se hará funcionar la maquinaria sin vapor –todo ello con un gasto mínimo.

“Se pueden ver en miniatura todos estos efectos, junto a un número de experimentos subordinados, incluyendo los descubrimientos de Sir Humphry Davy.”

En Marzo de 1841, se nombró a Lindsay profesor de la prisión de Dundee con un salario de 50 libras anuales, un puesto que conservó durante dieciséis años, hasta Octubre de 1858. Se dice que poco después de hacerse cargo de esta oficina podía haber obtenido un nombramiento en el Museo Británico, una situación que hubiera sido más acorde con sus gustos, y que realmente hubiera sido un reconocimiento a sus grandes habilidades, pero, al no querer dejar sola a su anciana madre, rechazó la oferta– un raro ejemplo de devoción y autonegación.

Lindsay fue un soltero, vivió sólo, podría decirse enterrado en sus libros, colecciones de historia y filosofía, ciencia y lenguajes, que se acumulaban en todas las esquinas de su morada –una pequeña casa de tres habitaciones (11 de Union Street). La cocina estaba repleta de aparatos eléctricos, la mayor parte hechos por sus propias manos, y su pequeño salón estaba tan atestado de libros, aparatos filosóficos y otros instrumentos de sus trabajos que era difícil moverse por él. Para obtener todas esas cosas, renunció toda su vida a las comodidades ordinarias, –pan y café, y otros sencillos artículos, formaban la principal parte de su dieta. Su casa se convirtió en una curiosidad de Dundee, y los hombres de saber de diferentes lugares, no sólo del Reino Unido sino de todo el mundo, llegaba a pagar por visitarle.

En Julio de 1858, a recomendación de Lord Derby, el Primer Ministro, su Majestad concedió a Lindsay una pensión anual de 100 libras anuales, “en reconocimiento a su gran sabiduría y logros extraordinarios.” Esta generosidad bien merecida le alivió de las miserias de ser maestro de prisión, y desde ese momento hasta el final de sus días se dedicó por entero a sus ocupaciones literarias y científicas.

Aunque no era robusto, Lindsay tuvo una buena salud durante toda su vida, pero al final surgió un problema. El 24 de Junio de 1862, le atacó el cólera, del que falleció el 29 de Junio de 1862, a los sesenta y tres años.¹⁶

Aunque los lenguajes y la cronología le ocuparon mucho tiempo (me inclino a pensar que demasiado), la electricidad y sus primeras aplicaciones fueron su estudio favorito. Entre las notas y memorias, depositadas en el Albert Institute de Dundee, dice: –

“Antes del descubrimiento de Oesterd, había hecho muchos experimentos sobre magnetismo, con el propósito de obtener fuerza motriz. No tardé mucho en darme cuenta de la desviación de una aguja y la multiplicación de la potencia por medio de bobinas de hilo, y comencé una serie de experimentos en 1832. Se obtuvo fácilmente una fuerza a pequeña escala, y durante esos experimentos ví claramente la aplicación de la electricidad a la comunicación telegráfica. La luz también atrajo mi atención, y me encontré en un trilema sobre si fijar mi atención en la energía, la luz o el telégrafo. Después de reflexionar me fijé en la luz como la primera investigación, y conseguí muchos dispositivos para aumentar su fuerza. Pasaron varios años en experimentos, y el 25 de Julio de 1835 obtuve un flujo constante de luz. Una vez que estuve satisfecho sobre este tema, regresé a algunas investigaciones lingüísticas que al ser interminables, me entretuvieron hasta 1843. En ese año propuse un telégrafo submarino entre el Atlántico, después de haber demostrado esta posibilidad con una serie de experimentos. Las investigaciones sobre otros temas han distraído mi atención, pero deseo ardientemente regresar a la electricidad.”

El primer anuncio público del éxito de Lindsay sobre luz eléctrica apareció el 31 de Julio de 1835 en un pequeño párrafo del “Dundee Advertiser”, y el 30 de Octubre el mismo periódico publicó una carta de Lindsay sobre el tema: –

LUZ ELÉCTRICA

“Sr. Al haber circulado extensamente la noticia de mi luz eléctrica, algunas personas podrían desear saber su estado actual y mis puntos de vista respecto a ello.

“El aparato que tengo actualmente es un modelo a pequeña escala. Ha exigido grandes trabajos, y todavía exigirá mucho más antes que mi habitación esté suficientemente iluminada. Si las circunstancias lo permiten, lo podría perfeccionar en dos años más o menos, como son mis planes. Estoy escribiendo esta carta separado por 6 u 8 pulgadas, y en el momento actual, puedo leer un libro a una distancia de un pie y medio. Con el mismo aparato puedo encender dos o tres luces, cada una de ella adecuada para leer. Puedo hacerlas arder al aire libre, o en un tubo de vidrio al vacío, y ni el viento ni el agua es capaz de apagarla. No inflama al papel ni a ningún otro combustible. Estos son los hechos.

“Mi intención es dar una conferencia sobre el tema, mis puntos de vista sobre el progreso se desarrollarán en ella. Sin embargo mencionaré algunos ahora.

“Se obtendrá una iluminación brillante con una luz sin combustión, y con su introducción en los molinos dejará de oírse de conflagraciones. Se recomendará su belleza a la moda, y los aparatos de producción, pueden dar una idea decir que podrán ponerse encima del piano en el salón. No se necesita de aire para su combustión, no emite olores ofensivos, no deteriora la atmósfera en una habitación congestionada. Expuesta al día, resplandecerá con un lustre sin reducirse en medio de las tempestades de viento o lluvia, y será capaz de sobrepasar a todos los alumbrados en esplendor, se usará en los faros y en los telégrafos. La generación actual podría disponer de ella alumbrando sus casas y sus calles. No son predicciones de una exuberante fantasía o imaginación desbordada. Son los resultados anticipados de una laboriosa investigación e incontables experimentos. Además, la electricidad, está destinada a hechos más importantes que la iluminación universal.

J. B. Lindsay

Dundee, 28 *Oct.* 1835.

La conexión de Lindsay con la telegrafía eléctrica forma un episodio muy interesante. Hemos visto que hacia el año 1830 estaba familiarizado con los proyectos telegráficos, e ilustraba con ellos sus clases. En esa fecha los telégrafos eléctricos estaban en el aire, como el rayo, apenas habían pasado del laboratorio.¹⁷ No parece que Lindsay hiciera mucho más durante varios años, no fue hasta 1843 que concibió la idea de un telégrafo submarino hasta América por medio de un hilo

desnudo y una batería de tierra, “después de haber demostrado la posibilidad con una serie de experimentos.”

Es cierto que en ese tiempo se conocía la batería de tierra. Fue propuesta por primera vez por Kemp, de Edimburgo, en 1828, el profesor Gauss sugirió en 1838 su uso para telegrafiar, y Steinheil, a sugerencia suya, la usó con cierto éxito en el ferrocarril Munich – Nanhofen, de veintidós millas de largo; Bain en Octubre de 1842 la empleó para hacer funcionar relojes. Del mismo modo, la idea de hacer señales con hilos no aislados y sin ningún hilo no era nueva, ya que, como hemos visto, la posibilidad de hacerlo estaba en cierto modo forzado por la noticia de Steinheil en 1838 y por Morse en 1842, pero Lindsay fue el primero en combinar los dos principios en su sorprendente propuesta del telégrafo Atlántico, y esto, como recordaremos, en un momento que la telegrafía era una industria joven, y cuando la telegrafía submarina era todavía un sueño.

El 19 de Junio de 1845, apareció una pequeña noticia en el “Northern Warder” de Dundee, referida a un proyecto de Nueva York de comunicación entre Inglaterra y América por medio de un hilo de cobre sumergido “cubierto adecuadamente y del tamaño necesario”. Esto hizo aparecer la siguiente carta de Lindsay, que fue publicada en el mismo periódico el 26 de Junio: –

TELÉGRAFO ELÉCTRICO HASTA AMÉRICA.

“Sr. Estas pocas líneas que le envío han sido ocasionadas por una noticia en su periódico en referencia a un telégrafo eléctrico hasta América. Para llevar a cabo este plan hay que conseguir esto: el hilo debe ser de cobre puro, ya que de otra forma se verá dañado por la acción electroquímica del agua. El hilo no debe estar compuesto de ninguna parte unida o soldada, debe estar fundido por entero, esta fusión puede conseguirse por medio de la electricidad. Para impedir la acción del agua sobre el hilo, debe soldarse a él un botón de un metal más oxidable a distancias pequeñas, el mejor metal para ello sería el plomo. Si se suelda el hilo, debe soldarse sólo con plomo. No debe emplearse un tercer metal. Si se suelda, debe hacerse con la electricidad. De este modo el hilo durará durante mucho tiempo en el fondo del mar. Un extremo del hilo debe soldarse o fundirse a una placa de cinc sumergida en el océano en la costa de Bretaña, y el otro extremo soldado o unido de la misma forma a una placa de cobre depositada en el mismo océano en la costa de América. En referencia a los gastos, se supone que el hilo deberá tener una novena o décima de pulgada de diámetro, así una longitud de 100 pulgadas tendrá una pulgada cúbica de cobre, y tres millas de hilo contendrán un pie cúbico, que pesará 9000 onzas, con un valor de 36 libras esterlinas. Debido a las desigualdades del fondo del océano, la distancia hasta América serían unas 3000 millas, y el gasto 36.000 libras esterlinas –una minucia comparada con los beneficios resultantes. El único daño que sufriría el hilo serían las erupciones

submarinas. Podrían romperlo. Los dos extremos, al ser accesibles, permitirían subir al hilo, y soldar la cantidad de hilo necesaria. Se recuerda que esta soldadura debe hacerse con electricidad. Hasta Calcuta, por el Cabo de Buena Esperanza, el gasto sería de 200.000 libras. El hilo de Calcuta a Canton costaría unas 70.000 libras, hasta Nueva Zelanda 120.000 libras, hasta Tahití cerca de 200.000 libras. Podría tenderse un hilo alrededor de las costas de Bretaña, y otro alrededor de las costas de América. Podría haber estaciones en las diferentes poblaciones y sincronizar los diferentes relojes al segundo. Cada población tendría un momento específico a su disposición. Supongamos que Dundee lo tiene de las nueve a las diez. A partir de las nueve hasta las nueve y diez minutos se enviarían y recibirían los mensajes entre Dundee y Nueva York. Desde el minuto diez hasta el minuto veintinueve se establecería la comunicación entre Dundee y Quebec. El resto de la hora sería para las interconexiones entre Dundee y otras poblaciones. Esto mismo se podría hacer con Edimburgo, Glasgow, Liverpool, etc., cada población tendría su propia hora.– L

“Dundee, 21 de Junio de 1845.”

En esta carta se ve claro que Lindsay contemplaba un hilo sin aislar a través del Atlántico en unión con lo que se conoce como baterías de tierra y estaciones a lo largo de la costa. Su plan de proteger en hilo de la acción corrosiva del agua marina estaba tomado evidentemente de una propuesta de Sir Humprhy Davy en 1824 para la protección de la cubierta de cobre de los barcos por medio de tiras de cinc, mientras que la siguiente sugerencia, en la que insiste tanto, la soldadura de los diversos trozos de hilo por medio de la electricidad, si no es original de él, en todo caso es la primera vez que se reconoce un proceso que ha surgido hace pocos años, y que actualmente se emplea mucho.¹⁸

Entre 1845 y 1853 no parece que Lindsay haga nada sobre su proyecto Atlántico, absorbido probablemente en sus estudios lingüísticos y cronológicos. De cualquier caso, no hemos oído nada de él hasta el 11 de Marzo de 1853, en que aparece una noticia en el “Dundee Advertiser” de una conferencia que propone para el jueves en el Thistle Hall.

En el mismo periódico una semana más tarde aparece un artículo de la conferencia:

—

COMUNICACIÓN TELEGRÁFICA

“El jueves por la mañana nos enteramos que nuestro ingenioso conciudadano, el Sr. J.B. Lindsay, pronunciaba una conferencia sobre el tema citado, uno que no hay relacionado ningún otro hombre en el reino. Sería imposible que, en el limitado espacio a nuestra disposición, dar una idea de la conferencia.; tan sólo podemos bosquejar un reciente descubrimiento del Sr. Lindsay, que involucra un principio

que, si es capaz de actuar sin tener en cuenta la distancia (y no vemos razón para dudar de esto), revolucionaría todas nuestras ideas de tiempo y espacio. El Sr. Lindsay afirma que el principio de los hilos sumergidos, como los que se usarán para la conexión telegráfica entre este país, Irlanda y Francia, no serán necesarios. Con un montaje peculiar de los hilos a ambos lados de los ríos o mares, puede hacerse que pase la influencia eléctrica a través de la propia agua. Esta proposición es sorprendente, pero la ilustra a pequeña escala por medio de un paso por agua, y respecto al experimento, apoyó por completo al principio. Después de terminar el experimento, el Sr. Lindsay, procedió a indicar que este tipo de líneas parecen ser las más adecuadas para la transmisión telegráfica por todo el mundo, y después de haberlo hecho, prosiguió con una perorata de gran belleza, sobre que las maravillas que se conseguirían por medio de la electricidad. Es algo bello ver que este sabio filósofo prosigue los estudios de ciencia y literatura, no por el mero aplauso, sino por el puro placer que siente. Al mismo tiempo, es gratificante saber que hay mucha gente capaz de apreciar el carácter modesto y retirado del Sr. Lindsay, –un hecho que evidenciaron claramente la mañana del jueves los numerosos y más respetables asistentes que se reunieron para escuchar esta conferencia científica.”

En Agosto Lindsay pronunció otra conferencia (probablemente la misma) en Glasgow, y en aquel momento fue tan sanguíneo con las posibilidades prácticas de su método que lo patentó el 5 de Junio de 1854. La siguiente narración, que he resumido de la patente, explica el *modus operandi*, y muestra también lo que conocía de este problema: –

“Mi invención consiste en un modo de transmitir mensajes telegráficos por medio de la electricidad o magnetismo a través del agua sin hilos sumergidos, el agua es el medio capaz de conectar y conducir y se hace del siguiente modo: –

“Por otra parte, en el lado desde donde se ha de enviar el mensaje, coloco una batería y un instrumento teleográfico, al que se han conectado dos hilos que terminan en esferas metálicas, tubos o placas situadas en el agua o enterradas en un terreno húmedo cercano al agua, separados por cierta distancia, que depende de la distancia de agua que debe atravesarse (la distancia entre las dos esferas, placas o tubos debe ser superior al agua que ha de atravesarse si se puede hacer de forma práctica). En la tierra situada en la parte opuesta del agua, y hacia donde se envía el mensaje, sitúo dos esferas metálicas, placas o tubos similares, sumergidas como se ha dicho antes, a las que se han conectado los hilos y se encuentran conectados con otra batería y un indicador de aguja, o el instrumento teleográfico adecuado. En el diagrama (Fig. 2), A, A, muestra la posición de la batería e instrumentos en un lado del agua, Z, B, B, la batería e instrumentos en el lado opuesto; C, D, E, F, terminadores metálicos o de carbón vegetal; G, H, I, K, hilos aislados de la forma usual, y conectando los terminadores, baterías e instrumentos como se indica.

“Consideramos que la energía o agente principal, puede ser una batería voltaica, galvánica o electricidad magnética, y los aparatos son similares a los que se emplean en la telegrafía.

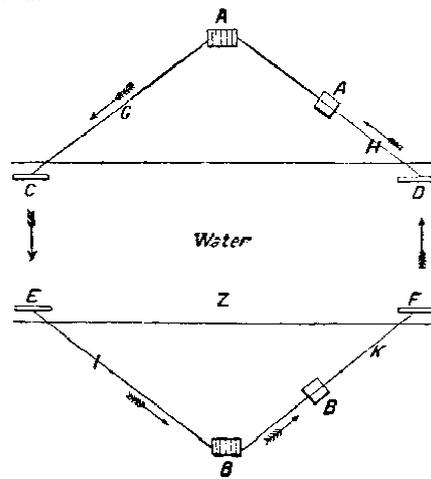


Fig. 2.

“Considerando el aparato indicador, propongo usar cualquier instrumento conocido que sea lo más eficaz para este uso, observo que la aguja indicadora puede situarse en posición vertical u horizontal, y la bobina de hilo que acciona la aguja puede aumentarse o reducirse según las circunstancias.

“Supongamos que se tiene que transmitir un mensaje desde A, el operador cierra el circuito de la corriente eléctrica como se hace en la práctica. Es evidente que la corriente tendrá dos caminos, uno directamente a través del agua de C a D, y el otro a través del agua de C a E, los hilos I, K, a través del instrumento B y regresar de F a D. He observado que si cada una de las dos distancias C D y E F es mayor que C E y D F, las resistencias a través de C E y D F será inferior que la de l agua entre C y D, y la mayor parte de la corriente atravesará el agua, a través de los hilos opuestos, y recruzará en F, después tomará la dirección correcta C D; o hablando más correctamente, la corriente se dividirá entre los dos caminos en relación inversa a sus resistencias. Como podría suceder, debido a causas locales, no se puede hacer que la distancia entre las placas sumergidas sea mayor que la distancia a través del agua, propongo aumentar la fuerza de las baterías e incrementar el tamaño de las placas para hacer que pase la suficiente corriente. Aunque yo prefiero, desde luego, cuando las circunstancias lo permitan, el primer método.”

Las primeras pruebas públicas de Lindsay fueron a través del Earl Grey Docks en Dundee, y luego en Tay, Glencarse, donde el río tiene casi tres cuartos de milla de ancho. De los pocos amigos que asistieron a estos experimentos se encontraba el Sr. London, de Dundee, creo que es el único que viajó. Nos dice que la estación de

Lindsay estaba en un lado del Tay, disfrutando mientras miraba el galvanómetro y observaba cómo se movía la aguja. Después insertó sus placas en el agua en este lado del río, y tras cruzar al lado opuesto, terminó con su montaje. Empleando una batería Bunsen de veinticuatro células pudo conseguir unos pocos contactos momentáneos, invirtiendo las conexiones algunas veces podía desviar la aguja del galvanómetro a izquierda o derecha. Después volvía y comparaba las desviaciones de la aguja que había observado con la forma de conectar la batería, y al encontrar que se correspondía, se mostraba sumamente feliz.¹⁹

En 1854 estaba en Londres, e informó de sus planes a la Electric Telegraph Co. Es curioso indicar que Sir W.H. Preece, al que veremos más tarde, convertido años más tarde en un eminente inventor de la telegrafía sin hilos, fue el técnico que se envió para ayudarlo e informar sobre su método. Sir William nos narra que estos fueron prácticamente los primeros experimentos de cierta importancia en que tomó parte, y en una carta al escritor, con fecha 15 de Octubre de 1898, añade: “Recuerdo muy bien a Lindsay. Llegó a Londres con su “gran invención” y le ayudé a hacer sus experimentos en nuestro tanque de pruebas de gutapercha en Percy Warf en el Támesis. Usamos una vieja batería de arena y galvanómetros –en aquel momento no se habían inventado los ohmios ni los voltios– y demostró que al variar la distancia de separación de sus placas en cada lado del tanque variaba la fuerza de las señales. No tengo ningún registro de los resultados, pero mostraban la posibilidad del plan. Descorazoné a Lindsay al decirle que esto no era nada nuevo. Morse en 1842 había hecho lo mismo, y Alexander Bell había intentado algo parecido en un experimento similar en Serpentine, pero no encontré ninguna publicación de ello.”²⁰

En Agosto de 1854 Lindsay hizo una serie de experimentos en Portsmouth, en que, según un artículo aparecido en el “Morning Post” (28 de Agosto) consiguió transmitir señales con éxito a través de una presa, con una anchura de 500 yardas.²¹ Lindsay repitió estos experimentos a intervalos y en varios lugares, además, en todas las veces que tuvo suerte, su mayor logro fue atravesar el Tay, entre Dundee y Woodhaven, donde el río tiene una anchura de casi dos millas. En una de estas ocasiones, cuando comenzaba a debatirse seriamente en telégrafo Atlántico, se discutían las dificultades de conseguir un vapor lo suficiente grande para transportar el cable, cuando Lindsay observó tranquilamente, “Si fuera posible disponer de estaciones a no más de veinte millas de distancia a lo largo de todo el Atlántico, podría solucionar el problema de tender ningún cable.”

En Septiembre de 1859 Lindsay leyó un papel ante la Asociación Británica de Aberdeen “Sobre la Telegrafía sin Hilos”, que estaba dirigido a Lord Rosse, el presidente de la sección, con una recomendación especial del profesor Faraday y (Sir) G.B. Airy, Astrónomo Real, también añadió su aprobación el profesor Thomson (actualmente Lord Kelvin) que estaba presente, y, como es bien conocido, estaba muy unido a los proyectos del cable Atlántico. La historia no dice

lo que pensó del pobre conferenciante de Dundee, pero puede adivinarse fácilmente con la experiencia de cuarenta años.

En el Informe Anual de la Asociación de 1859 se publicó un extracto del papel, pero en el “Dundee Advertiser” se publicó una narración completa, de la que entresaco los siguiente detalles interesantes: –

El autor ha estado ocupado experimentando sobre este tema, y en una conferencia en Dundee (Glasgow), y otros lugares desde 1831. Recientemente ha hecho otros experimentos adicionales, y ha conseguido atravesar el Tay en un lugar que presenta una anchura de tres cuartos de milla. Su método siempre ha sido sumergir dos placas de metal en un lado, y conectarlas por medio de un hilo que pasa por una bobina para mover una aguja, en el otro lado tiene dos placas conectadas de la misma forma, y situadas frente a las anteriores. Los experimentos han demostrado que sólo cruza una fracción de la electricidad generada, y puede aumentarse esta cantidad de cuatro formas (1) aumentando la potencia de la batería, (2) aumentando la superficie de las placas sumergidas, (3) aumentando la bobina que mueve la aguja receptora, y (4) aumentando la distancia lateral de las placas. En los casos donde se puede aumentar la distancia lateral hasta la recomendada, es suficiente con una batería pequeña. Para telegrafiar con este método con Irlanda o Francia puede disponerse de la suficiente distancia lateral, pero para América la distancia lateral en Bretaña es mucho menor que la distancia que se ha de atravesar. En la mayor parte de los experimentos la distancia en los lados es el doble de la distancia a lo ancho, pero en Tay la distancia lateral era mucho más pequeña, sólo de media milla. Mientras que la distancia a lo ancho era de tres cuartos de milla.

De los cuatro elementos antes citados, creo que si se emplea cualquiera que doble la fracción de electricidad que cruce, y si se doblan también todos los elementos se podrá transmitir a una distancia ocho veces superior. En los experimentos a través del Tay la batería eran cuatro pies cuadrados de cinc, las placas sumergidas contenían 90 pies cuadrados de metal, el peso de la bobina de cobre era de 6 libras, y la distancia lateral fue, como he dicho, menor que la transversal, pero si hubiera sido de una milla, y la distancia a lo ancho también de una milla, no hay duda que las señales también hubieran sido claras. De ser correcta esta ley, se podría dar la siguiente tabla: –

Cinc en la batería (en pies ²)	Hojas sumergidas (en pies ²)	Peso de la bobina (en libras)	Distancia atravesada (millas)
4	90	6	1
8	180	12	8
16	360	24	64
32	720	48	512
64	1440	96	4.096
128	2880	192	32.768

“Pero si suponemos que la distancia lateral es sólo la mitad de la transversal, la distancia atravesada podría ser de 16.000 millas, y si sólo fuera un cuarto, sería de 8.000 millas –una distancia muy superior a la anchura del Atlántico. Aunque son necesarios posteriores experimentos para determinar esta ley, pero, según estos cálculos, creo que una batería de 130 pies cuadrados, placas sumergidas de 3.000 pies cuadrados, y una bobina de 200 libras,²² sería suficiente para cruzar el Atlántico con la distancia lateral que se dispone en Gran Bretaña.”

Después de la lectura de este papel Lindsay hizo algunos experimentos con éxito a través del río Dee, en presencia de Lord Rose, del profesor Jacobi de St. Petersburgo y otros miembros de la Asociación. En Febrero de 1860 hizo de Liverpool el escenario de sus operaciones, pero, aunque parezca extraño, no tuvo el éxito que había tenido hasta entonces. Los experimentos fracasaron, fueron “atacados por alguna influencia desconocida que no había visto hasta entonces.” Aunque, en Julio volvió a tener éxito en Dundee con sus experimentos a través del Tay, más abajo del Earn, donde el río tiene más de una milla de anchura, y se movió claramente la aguja, pero como no disponía de nadie capaz de enviar o recibir ningún mensaje no se intentó [el tráfico telegráfico regular].” Esta fue la única conexión pública de Lindsay con el telégrafo, pero hacia el final de su vida (29 de Junio de 1862) estaba completamente convencido de la validez de sus puntos de vista sobre su último éxito.²³

¹⁵ Extractos de varios artículos del autor en “Electrical Engineer”, Vol. XXIII, pág. 21, 51

¹⁶ “Celebridades de Dundee en el siglo XIX”, Dundee 1873.

¹⁷ La exhibición pública del instrumento de aguja del Barón Schilling en Alemania en 1835-36 señala el inicio de la telegrafía eléctrica. Ver mi “Historia de la Telegrafía Eléctrica”, cap. IX.

¹⁸ La soldadura eléctrica fue propuesta por Joule en 1856, por Wilde en 1865, y por el profesor Elihu Thomson (América) y el Dr. Bernardoe (Rusia) en 1887.

¹⁹ Kerr, “Telegrafía sin Hilos”, 1898, pág. 40.

²⁰ Sobre esto, creo que le traicionó su memoria. Los experimentos de Bain se habían hecho con un hilo aislado y baterías de tierra. Ver “The Artisan” del 30 de Junio de 1843, pág. 147.

²¹ Estos experimentos también salieron en el “Chambers Journal” de Septiembre de 1854 de la siguiente forma: “Nuevamente se ha intentado enviar una señal a través del agua sin hilos –esta vez en Portsmouth, donde se consiguió parcialmente el éxito. Esto se ha probado frecuentemente: hace unos pocos años, un par de *sabios* podían haber enviado señales a través de los lagos menores conocidos como Londoners y Hampstead Ponds” ¿Puede decirme algún lector quiénes eran esos *sabios*?

En ese tiempo es evidente que eran populares estos experimentos sobre telegrafía sin hilos. Van Reese en Portsmouth, Gintl, el primer inventor de un telégrafo dúplex, en Austria, Bonelli en Italia, y Bouchotte y Douat en Francia (y otros más sin duda), todos se dedicaron a este problema, pero desconozco sus resultados, ya que no he visto ninguna narración detallada de sus experimentos.

²² Mis lectores se reirán con esta sugerencia sobre las bobinas de los galvanómetros, pero deben recordar que hace cuarenta años los temas eléctricos estaban ordenados principalmente por la regla del pulgar. El primer electroimán usado por Morse en la línea Washington – Baltimore (1844) y exhibido en Europa, pesaba 185 libras. Las armaduras tenían una longitud de 3 ½ pulgadas y un diámetro de 18 pulgadas, el hilo (cobre) se conocía como N° 16 –del mismo tamaño que el hilo de la línea, ya que se suponía que el hilo de las bobinas y el de la línea debía ser de la misma sección. En 1860 ningún telegrafista práctico apoyaba esto. Ver el artículo de D.G. Fitzgerald en el “Electrical Review” del 9 de Agosto de 1895, pág. 157.

²³ En las vísperas del centenario del nacimiento de Lindsay el “Dundee Advertiser” (7 de Septiembre de 1899) publicó un perfil muy apreciado del “famoso inventor escocés”, que se basaba en su mayor parte en mis artículos citados en la pág. 14. El resultado es que agradecí saber que “se depositó un busto de James Bowman Lindsay, pionero de la telegrafía sin hilos por el método conductivo, en el Victoria Arts Galleries de Dundee. El busto es de mármol blanco de Carrara, y es un obsequio de Lord Provost M’Grady, el escultor fue el Sr. Webster de Edimburgo. Se ha propuesto levantar un monumento a Lindsay por suscripción pública.” – “Electrician”, Vol. XLIII, pág. 795.

En el “Electrical Engineer” de Nueva York del 29 de Mayo de 1895, se afirma que el profesor Trowbridge (del que hablaremos más tarde) fue el primero en telegrafiar sin hilos en 1880.

El artículo donde se afirma esto, sin fundamento, como ya hemos visto, aparte de llamar la atención sobre los experimentos del profesor Trowbridge, tiene el mérito de incluir un interesante comunicado de nuestro Sr. J.W. Wilkins, uno de los pocos oficiales telegráficos de los días de Cooke y Wheatstone que todavía sigue con nosotros, y cuyos recuerdos interesantes vamos a ver.²⁴

Escrito en “The Electrician” del 19 de Julio de 1895, el Sr. Wilkins dice: –
“Hace casi cincuenta años, y treinta años antes que el profesor Trowbridge “hiciera sus originales investigaciones entre el Observatorio en Cambridge y Boston”, el escritor de estas líneas había investigado también sobre este mismo tema, y publicado los resultados de sus investigaciones un año o dos más tarde en un periódico inglés –el “Mining Journal” del 31 de Marzo de 1849– bajo el encabezado de “Comunicación telegráfica entre Inglaterra y Francia”. En esta carta, después de hablar mucho sobre el tema con el profesor americano en 1880, se encontrará mi explicación –que tampoco difiere mucho de la del profesor– y cómo se llevó a cabo todo ello; excepto que, en mi caso, propuse una nueva forma de galvanómetro o instrumento teleográfico más sensible para este caso, sin embargo él usó el conocido teléfono. Sugerí levantar líneas telegráficas en las costas de Inglaterra y Francia, con sus terminales enterrados en tierra o sumergidos en el mar, y lo más paralelas posible entre sí; y sugerí una forma de instrumento teleográfico que consistía en “bobinas del hilo más fino, y con la mejor conductividad”, con imanes que se moverían al paso de una corriente a través de ellas, que esperaba que tuviera lugar a la descarga de electricidad en el agua a través del circuito del otro lado, anticipando, por supuesto, la fracción de corriente que fluiría del par de placas de tierra –terminales de un circuito– al otro par de terminales en la costa opuesta.

“Puede interesar el relato de cómo llegué a pensar en la posibilidad de la telegrafía sin hilos, y del valor que suponía, en un momento en que todavía no se imaginaba a la gutapercha como aislador, o existía el fantasma de la proposición de un cable submarino. En aquel tiempo era extremadamente difícil mantener un buen aislamiento en los hilos elevados si aquel día había humedad en la atmósfera.

“Fue en 1845, y mientras estaba trabajando en la única línea telegráfica larga que existía en Inglaterra –Londres – Gosport– que mis observaciones me llevaron a pensar en la teoría aceptada sobre las corrientes de electricidad, descargada en la tierra en cada extremo de la línea telegráfica, corría directamente –diríamos

instintivamente– a través de la masa terrestre para unirse a la corriente o encontrar la placa de tierra correspondiente en el otro extremo para *cerrar el circuito*. Esto sólo me hizo pensar que la tierra actuaba como un depósito o condensador –de hecho, recibe y distribuye la electricidad casi superficialmente a una distancia cierta o incierta alrededor del terminal de tierra, y esto depende de las circunstancias. Un año más tarde, mientras estaba ocupado en la instalación de telégrafos para los Sres. Cooke y Wheatstone (poco después Electric Telegraph Co.), se me ofreció una buena oportunidad de probar este punto en líneas levantadas a ambos lados de la vía de ferrocarril. Para tener éxito en mi experimento, y poder detectar la pequeña cantidad de electricidad en cada caso, era evidente que necesitaba un galvanómetro muy sensible, mucho más que el par de agujas estáticas y bobinas del telégrafo Cooke Wheatstone, que entonces era el detector universal. Imaginé la influencia del magnetismo sobre un hilo que transporta una corriente eléctrica, y construí un instrumento más sensible basado en este principio, con el que conseguí detectar señales entre trozos de hilos elevados y separados por 120 pies. En aquel momento esto no me sugirió más que la descarga de corriente a través de las placas de tierra de una línea podían pasar a las placas de tierra de otro circuito cercano. Más tarde, tuve otras oportunidades de verificar este punto con distancias superiores entre las líneas de hilo, y finalmente en un caso que los hilos se encontraban separados por *una distancia considerable*, y sin estar paralelos entre ellos. Esto se me quedó en la cabeza como *la posibilidad* de telegrafiar sin hilos.”

Ahora podemos reproducir el siguiente extracto de la carta en el “Mining Journal” referida anteriormente. He alterado ligeramente la fraseología para aclarar el significado y sus relaciones: –²⁵

“Permítanme, gracias a su importante periódico, llamar la atención sobre un principio en que se podría conseguir la comunicación telegráfica entre Francia e Inglaterra sin hilos. Tengo por cierto (los experimentos me lo han indicado) que cuando los polos de una batería se conectan a cualquier medio conductor, la electricidad se difunde entre los polos en líneas radiales. La mayor parte pasa en línea recta, ya que le presenta la menor resistencia, los rayos forman una serie de curvas, de tamaño creciente, hasta que por razón de la distancia mayor, la electricidad que sigue las curvas exteriores es tan infinitesimal que no es perceptible.

“Estos rayos de electricidad pueden recogerse a cierta distancia –como si estuvieran enfocados– gracias a la interposición de un medio metálico que le deberá ofrecer una resistencia inferior al agua o la tierra, y, obviamente, cuanto más cerca esté la batería, mayor es la posibilidad de captarlos. No parece ser que una distancia de veinte millas sea demasiado lejos para recoger la suficiente cantidad de electricidad que sea útil para telegrafiar. Si es posible, como así lo

creo, recoger en Francia alguna parte de la electricidad que se ha descargado en Inglaterra, todo lo que hace falta es saber cómo indicar su presencia.

“El aparato más sensible actual en la telegrafía, el detector, no es adecuado en absoluto para este trabajo, propongo el siguiente montaje. En una costa propongo que se disponga de una batería que descargará su electricidad en la tierra o en el mar, con una distancia entre sus polos de cinco, diez o veinte millas, según sea necesario. Se ha de levantar en la costa opuesta una cantidad de hilo similar, lo más paralelo posible, con sus extremos también introducidos en la tierra o en el mar. En este circuito situar un instrumento que consista en diez, veinte o más vueltas de bobina cuadrada del hilo más fino y la mejor conductividad, suspendida en puntas o similar, y frente a ella, los polos de un imán, permanente o electroimán. Cualquier corriente que pase por la bobina será indicada por su movimiento o desviación con referencia a los polos del imán. Esto podría ser un aparato receptor de la mayor sensibilidad, ya que su eficacia no tan sólo depende de la fuerza de la corriente que pasa sino de la fuerza del imán, que puede elevarse a voluntad.

“Espero que alguno tome cuenta de esta sugerencia y la lleve a la práctica a mayor escala que mis limitados experimentos. Estoy convencido de que a largas distancias funcionará igual de bien que a cortas distancias, y sólo la falta de medios y oportunidades me impiden llevarlo a cabo.”

En una carta reciente que ha remitido al autor a propósito de su primera propuesta, el Sr. Wilkins dice: –

“Debo decir que en mis primeros experimentos estaba ausente de mis pensamientos la idea de la inducción. Modifiqué mis puntos de vista en este respecto un año o dos más tarde, pero no le concedí demasiada importancia hasta después de mi comunicado al “Mining Journal”, en especial a partir del momento en que se tendió un cable entre el Canal, que no tenía ninguna duda que sería un éxito, y duraría mucho tiempo. Más bien no quise acordarme de la propuesta. Fuera cual fuera mi opinión en aquel tiempo sobre la fuente de electricidad que descubrí al desconectar un circuito lejano, el resultado fue el mismo, y los medios que empleé para obtenerlo fue el mismo, en principio, que los que se emplean hoy día, es decir, hilos largos elevados, y la descarga de electricidad en uno para su detección con receptores sensibles en el otro circuito.

“Al considerar los aparatos receptores que sugerí para indicar las señales, dije entonces, y lo digo ahora, le di una gran importancia a esta feliz idea. Ha resultado ser el galvanómetro más sensible, y su principio de trabajo es idéntico al aparato de Lord Kelvin que se usa para trabajar en los cables largos, junto a su patente del Grabador de Sifón, que se dice que es tan sensible como su Galvanómetro de Espejo.”

Este principio, como conoce el lector práctico, se ha usado mucho tiempo en la telegrafía. Aparte de la aplicación de Lord Kelvin, tenemos el relé Brown y Allan, el Relé Weston, y el Voltímetro, y otros dispositivos de similar naturaleza;²⁶ pero el Sr. Wilkins fue el primer en llevarlo a la práctica, y en las siguientes circunstancias: En 1851 se trasladó a América a ayudar a Henry O'Reilly de Nueva York, un conocido periodista, que tenía una concesión de las patentes del sistema Morse para la construcción de líneas telegráficas, a una tasa por milla. No tardaron en surgir disputas, y el Sindicato Morse prohibió a O'Reilly que usara su relé, sin el cual los instrumentos de Morse eran inútiles para larga distancia. Debido a esta dificultad O'Reilly adoptó el aparato electroquímico de Bain, y lo empleó durante un tiempo en el Telégrafo del Pueblo entre Nueva York y Boston, vía Albany. Pero después de observar que era imposible usar este instrumento con estaciones intermedias, O'Reilly se encontró nuevamente en dificultades, cuando llegó el Sr. Wilkins a su rescate diciendo que podía diseñar un relé que no empleaba una armadura de hierro, o electroimán, y por tanto sería independiente de la patente de Morse. Rápidamente se construyeron en el taller de John Gavitt, amigo de O'Reilly, más tarde grabador famoso, relés de bobinas móviles, suspendidas entre los polos de un imán. Se conectó este instrumento en el circuito del Telégrafo del Pueblo, y O'Reilly se salvó –pero sólo durante un tiempo, ya que al final fue batido por sus poderosos oponentes. Se retiró el relé Wilkins y poco después se prohibió, pero cuarenta y tres años más tarde fue presentado nuevamente por el Sr. Weston como una invención original.²⁷

²⁴ El Sr. Wilkins es el autor de dos patentes inglesas (1) Mejoras en telégrafos eléctricos, 13 de Enero de 1853; y (2) Mejoras para obtener energía por electromagnetismo. 28 de Octubre de 1853.

²⁵ El Sr. Charles Bright ha reimpreso esta carta en el “Jour. Inst. Elec. Engs.” Vol. XXVII, pág. 958, como “la primera sugerencia práctica de un relé para la telegrafía de inducción”, pero como hemos visto, no era la primera sugerencia, y la verdad no era inductiva.

²⁶ El germen de todos estos instrumentos, así como de los Imanes Axiales del profesor Page y Royal E. House, lo mostró Edward Davy en Inglaterra en 1837. Ver mi “Historia de la Telegrafía Eléctrica”, pág. 356, 357.

²⁷ Ver el “Electrical Engineer” de Nueva York, 21 de Febrero de 1894.

Dr. O,SAUGHNESSY (DESPUÉS SIR WILLIAM O'SHAUGHNESSY BROOKE)
1849

Una de las primeras dificultades que se encontraron en los primeros días del telégrafo de la India fue cómo cruzar los grandes ríos que abundan en este país, y esta dificultad llamó la atención del Dr. O'Shaughnessy, el introductor de este sistema en la India, el tema de la telegrafía subacuática.

En 1849 tendió una barra de hierro desnudo bajo las aguas del río Hildee, de una anchura de 4.200 pies, con baterías y un instrumento de aguja sensible conectado con cada orilla. Las señales pasaban, pero “se observó que los instrumentos exigían la atención constante de operadores diestros, y en la práctica estos trastornos causaban frecuentes interrupciones.”

Después experimentó sin ningún conductor metálico, usaba tan solo el agua como vehículo de los impulsos eléctricos, pero, aunque consiguió hacer pasar señales inteligibles, descubrió que en la práctica la energía de la batería debía ser enorme (usó 250 células de ácido nítrico y planito), y por tanto excesivamente caro.

Aunque no tardó en abandonar la idea de enviar señales a través de los ríos con hilos desnudos, y sin hilos, O'Shaughnessy siguió interesado en el tema durante muchos años. A finales de 1858 le encontramos haciendo algunos delicados experimentos en el lago de Ootacamund, y en su Informe Administrativo del Departamento Telegráfico de ese mismo año dice: “Tengo por cierto que dos hilos desnudos, mantenidos a una distancia moderada –de 50 a 100 yardas– transmitirán corrientes eléctricas a distancias considerables (dos o tres millas) y con la suficiente energía para mover la aguja de los instrumentos.”

Los hermanos Edward y Harry Highton, inventores muy conocidos en los primeros años de la telegrafía eléctrica, tomaron el problema de la comunicación subacuática en 1852. En el excelente libro de Edward Highton, “La telegrafía eléctrica: su historia y progreso”, publicado este año, dice: “El autor y su hermano hicieron muchos experimentos sobre este tema. Se sumergieron hilos desnudos en canales para averiguar la ley matemática que gobierna la pérdida de energía cuando no se emplea ningún aislador. Se consiguió comunicar fácilmente a una distancia de un cuarto de milla. Sin embargo el resultado fue que no se podía telegrafiar a ninguna distancia considerable sin emplear hilos aislados.”

Pro otra parte, Henry Highton continuó creyendo durante mucho tiempo en que era práctico, e hizo numerosos experimentos con este fin. Estos se resumieron en un papel que se leyó ante la Sociedad de las Artes el 1 de Mayo de 1872 (Telegrafía sin Aislamiento), del cual condense la siguiente narración: –

“Durante muchos años he estado convencido de la posibilidad de telegrafiar a largas distancias sin aislamiento, o con hilos mal aislados, pero hasta hace poco tiempo no he tenido el placer o la oportunidad de hacer los suficientes experimentos sobre este tema. No tengo que decir que esta idea se ha tenido en todas las partes como visionaria o imposible, y me han tachado de loco si invertía cualquier suma en un tema donde han fracasado todos. Pero estaba completamente convencido de la certeza de mis puntos de vista, y la certeza de poder conseguir una distancia considerable sin ningún aislador, y cualquier distancia con aislamiento imperfecto, y comencé, hace tres o cuatro meses, una serie sistemática de experimentos destinados a probar en la práctica mis ideas.

“Comencé probando con diferentes longitudes de hilo, sumergidos con botes en el Támesis, y descubrí que podía, sin ninguna dificultad, superar los límites admitidos hasta entonces como practicables. Aunque este método se obtuvo con muchas dificultades e inconvenientes, debido a la rapidez de las mareas y el movimiento de los botes. Después intenté tender hilos a través del Támesis, pero se rompieron cinco o seis veces debido a la fuerza de la corriente y a las barcas de transporte que arrastraban sus anclas.

“Después situé el instrumento en mi propia habitación, en las orillas del río, y envié a un bote que remaba corriente abajo con un carrete de hilo y una batería a diferentes distancias. El éxito fue muy superior a lo que esperaba, lo siguiente que probé fue tender los hilos en el Lago Wimbledon. El resultado de todos estos experimentos es que observé que el agua es un aislador perfecto para la electricidad de baja tensión, y los hilos cargados mantenían su carga con obstinación, y cuando debido al efecto de la polarización (llamada así), o al menos me inclino a suponerlo, debido a la electrificación de los diferentes estratos de agua

que rodeaba al hilo, un hilo largo, mantenido en un estado de baja tensión, retenía esa tensión por varios minutos, o incluso horas. A pesar de descargar el hilo cada cinco segundos, observé que una superficie de cobre de 10 a 12 pies cuadrados en agua dulce mantenía una carga apreciable durante un cuarto de hora, e incluso cuando trataba de descargarlo continuamente por medio de una resistencia de treinta unidades (ohmios), mantenía una carga que se descargaba durante cinco o seis minutos.²⁸

“Al disponer en aquellos momentos de una línea artificial, que consistía en bobinas de resistencia, condensadores y placas de cobre en líquidos, actuando como fallos y condensadores, pude aprender lo más posible del principio del no-aislamiento que estaba haciendo, y habiéndome quedado satisfecho, creo que todas las dificultades en longitudes muy largas completamente sin aislar, es muy factible telegrafiar, e incluso cruzar el Atlántico, con un aislamiento de una unidad en vez de 170.000 unidades (absolutas) de los cables actuales.

“El instrumento que propongo usar es el de panes de oro, construido por mí para uso telegráfico hace veintiséis años,²⁹ que actúa con un potente electroimán, y su movimiento está amplificado ópticamente. El uso en exclusiva de este instrumento en Inglaterra está en manos de Electric & International Telegraph Co., pero nunca se ha usado en la práctica, excepto en Baden, donde una comisión del Gobierno lo recomendó como el mejor. Uno de sus principales méritos es su extrema ligereza y sensibilidad. Juzgado por la resistencia que presenta a la corriente eléctrica, puede parecer que el trozo de pan de oro en el instrumento no pesa más de 1/2000 parte de un grano, pero supongamos que pesa cuatro veces más, o 1/500 parte de un grano. Para hacer visible una señal sólo es necesario mover una pequeña fracción de grano una fracción muy pequeña de una pulgada. Pueden juzgar su sensibilidad cuando les diga que el calor de la mano, o incluso una mirada, el calor de la cara ante una termopila, puede transmitir una seña apreciable a través de una resistencia similar a la del cable Atlántico (experimento efectuado) Otro gran mérito del instrumento es su fácil adaptabilidad a las circunstancias en que se sitúa, y que es muy fácil aumentar la longitud, o anchura, o tensión del pan de oro. Así, aumentando o disminuyendo la anchura aumenta la resistencia, pero también aumenta la sensibilidad, y también, al participar en parte del carácter del péndulo y en parte de una cuerda resonante, puede aumentarse la velocidad de vibración variando la tensión (creo que al hacer esto disminuye su sensibilidad) y se puede ajustar a las peculiaridades de cualquier circuito. También, se observa que no hay ningún movimiento, que si se emplea una aguja, siempre tiende a confundir las señales. La gran ventaja de todo esto es que podemos aumentar la sensibilidad sin aumentar la resistencia, aumentando sencillamente el electroimán.

“Después de haber empleado la construcción del instrumento, e indicado sus méritos, procedí a experimentar con tenacidad cuanto tiempo mantiene su tensión eléctrica un trozo de cobre en el agua. Aquí hay un cobo de agua dulce, con placas

de cobre que presentaban una superficie de 14 pies cuadrados. Cargo estas placas con una pila Daniell, y pueden ver cuanto tiempo retienen la carga, de hecho tardan varios minutos en descargarse gradualmente a través de la pequeña resistencia del instrumento de pan de oro. Ahora hago lo mismo con un cubo de agua salada, y el resultado es el mismo, aunque menos marcado. De hecho, estas placas, con el agua entre ellas, representan las dos superficies de una botella de Leyden, y el agua mantiene la electricidad de esta pequeña tensión con una obstinación mucho mayor que el vidrio de una botella de Leyden mantiene una elevada tensión.³⁰

“Además está el hecho de mayor importancia en la telegrafía, que cuando hay un fallo, la electricidad de alta tensión, por ejemplo veinte o treinta células Daniell, se escapará rápidamente, sin dejar nada para el instrumento, mientras que una tensión pequeña, de una única célula con gran superficie, pasará por el instrumento con una pérdida de energía muy pequeña. Esta sorpresa se puede comprobar con un galvanómetro tangencial normal. No lo puedo mostrar a una gran audiencia como el experimento actual, por tanto sólo les informaré que si tenemos dos corrientes, cada una que marque 30° en el galvanómetro, una de alta tensión procedente de treinta células Daniell, y la otra de baja tensión de una única célula de pequeña resistencia interna, un fallo equivalente a una milla de hilo del N° 16 en agua marina acabará con cualquier efecto apreciable en el galvanómetro empleando una corriente de alta tensión, mientras que una corriente de baja tensión continuará mostrando 20°. Pueden ver la importancia del uso de corrientes de baja tensión con baterías de gran superficie, y cómo se puede trabajar con un cable mal aislado que es completamente inútil con corrientes de alta tensión.

“Hay tres modos de enviar señales sin aislamiento; uno, sólo factible a distancias cortas; segundo, que creo que será el más práctico; y un tercero, que pienso que en el trabajo en la práctica a largas distancias presenta numerosas dificultades (aunque creo que no son insuperables).

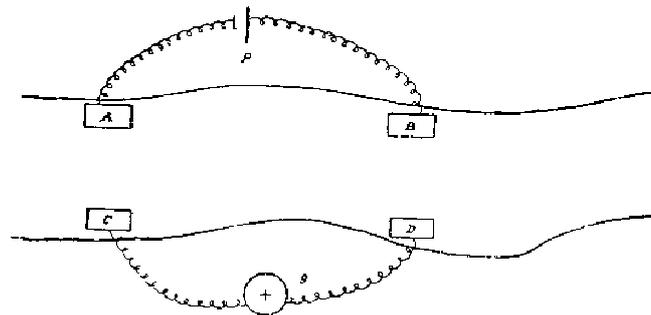


Fig. 3.

“Para explicar el primer plan, tomaremos el ejemplo de un río, y en el agua cercano a la orilla se sitúan dos placas de cobre A, B, y se conecta a ellas un hilo, que contiene la batería B. Cerca de la orilla opuesta se sumergen dos placas similares, C, D, conectadas por un hilo al circuito donde situamos el galvanómetro g. La corriente puede pasar entre A y B en una cantidad inversamente proporcional a su resistencia, parte pasará directamente de A a B y parte por A, C, D, B, y por A, C, g, D, B. Si aumentamos la distancia entre las placas, y A C y B D se acercan entre ellas, pasará una corriente apreciable de A a C a través de g, y regresará por D a B, pero si las placas son pequeñas, la batería de poca fuerza, y la distancia de A a B y de C a D relativamente corta, no pasará una corriente apreciable por el galvanómetro. No dudo en afirmar que, levantando una línea de hilo muy recio desde las Hébridas hasta Cornualles, usando unas placas enormes en cada extremo, y una batería de una extraordinaria potencia –que podemos considerar como *cantidad*– podamos transmitir una corriente que se perciba en una línea similar de hilo muy grueso, con placas muy grandes, en el otro extremo del Atlántico. Pero el problema es la inversión, que probablemente será mucho mayor que el tendido de una línea a través del océano.

“El segundo sistema y más factible –es decir, el tendido de dos hilos a través del mar sin contacto metálico entre ellos, y trabajar con la parte de corriente que prefiera pasar directamente este circuito metálico en vez de pasar a través del líquido conductor, usando corrientes de baja tensión y baterías de gran superficie.

“El tercer método es tender un único hilo mal aislado, y situar en el extremo opuesto el instrumento con una placa de tierra muy grande. Cualquier tensión eléctrica que pase por este hilo se transmitirá en mayor o menor medida al extremo opuesto, y la indicará cualquier instrumento de poca resistencia y suficiente sensibilidad.³¹ Hay algunas dificultades para trabajar con este sistema, como los efectos de las corrientes de tierra y las corrientes de polarización que mantienen la aguja o pan de oro desviado de cero de forma permanente, exigiendo contramedidas especiales. No tengo duda, por mis experimentos, que se pueden vencer estas dificultades, pero aún así creo que el más simple y factible, y menos caro, será trabajar con dos hilos desnudos separados de cualquier contacto metálico, usando una tensión eléctrica muy baja.”

Poco después el Sr. Highton se desdijo de todo ello, y regresó a los hilos aislados *perfectamente*, pero a un coste *ridículamente* pequeño. El 20 de Abril de 1873 envió al “Times” la siguiente carta; –

“TELEGRAFÍA ECONÓMICA”

“Sr. – Hace algunos meses leí un papel ante la Sociedad de las Artes sobre la posibilidad de telegrafiar a grandes distancias sin aislamiento, y que tuvo el mérito

suficiente para concederme una medalla. Pero ahora observo, que con el descubrimiento de un nuevo material aislante, se puede obtener un aislamiento perfecto a un coste ridículamente pequeño.

Observo que se añade a este material, que es simplemente alquitrán modificado químicamente, un 200.000 por ciento de polvo aislante con una fina capa de gutapercha. Espero que el resultado abaratará enormemente la telegrafía.

Su seguro servidor.

H HIGHTON”

El nuevo material al que se refiere era una preparación de alquitrán vegetal y óxido de plomo, que se solidifica casi instantáneamente. En algunos experimentos en los Talleres Silvertown, se observó que el hilo N° 18 de cobre, cubierto con gutapercha pesaba tan sólo 21 libras por milla, y su aislamiento se elevaba casi en un 200.000 por ciento, resultando un aislamiento por milla de casi ¡tres billones de ohmios!, como indica innecesariamente el inventor, suficiente para cualquier longitud en la superficie de la Tierra.³²

²⁸ No parece que nuestro autor se diera cuenta que estos efectos eran contrarios a la aplicación práctica del método.

²⁹ Una versión especial de este instrumento, adaptado para los hilos largos y desnudos (o mal aislados), fue patentada el 13 de Febrero de 1873. Para ver informes de su gran sensibilidad, consultar el “Telegraphic Journal” del 15 de Febrero de 1874.

³⁰ Estos experimentos no están descritos claramente en el informe que cita. Entendemos más bien acertadamente que es un efecto electrolítico que un efecto de Leyden. De todos modos, presumimos que los cubos estaban bastante bien aislados, no tenían fugas.

³¹ Se menciona el siguiente corte del “Once a Week” del 26 de Febrero de 1876 con la esperanza que algún lector americano sea tan amable de proporcionar los detalles, si los puede encontrar: “El “New York Tribune” da una narración de lo que parece ser un importante descubrimiento en la ciencia eléctrica y la telegrafía. Se afirma que se ha obtenido un nuevo tipo de electricidad, que difiere de la antigua en varias particularidades, y que *no es necesario que los hilos estén aislados para la transmisión.*”

³² Para más información sobre este cable ver “Telegraphic Journal” Vol. II, pág. 104, 129. Los Highton recibieron varias medallas de la Sociedad de las Artes por

sus excelentes avances telegráficos que se emplearon mucho hace cincuenta años. Además una compañía, British Electric Telegraph Co., se creó expresamente en 1850 para trabajar con sus instrumentos, y poco después se fusionó con la British & Irish Magnetic Telegraph Co. Unos pocos años antes de su fallecimiento (Diciembre de 1874) Henry Highton inventó una piedra artificial, que creo que se emplea mucho en la construcción y pavimentado.

El Sr. George Dering, de Lockleys (Herts) se hizo cargo del problema de la telegrafía sin hilos, que fue, al igual que su antiguo tutor de Rugby, Henry Highton, un prolífico inventor de aparatos eléctricos y telegráficos, por los que solicitó un total de once patentes en varias ocasiones entre 1850 y 1858, y muchas de ellas entraron en uso comercial a principios de los cincuenta. Su telégrafo de agujas, patentado el 27 de Diciembre de 1850, estuvo en funcionamiento en el Banco de Inglaterra a principios de 1852, conectando el despacho del director con las oficinas del jefe contable, jefe cajero, secretario, ingeniero y otros directivos. Hacia el mismo tiempo se usó parcialmente en el Great Northern Railway, y exclusivamente en el primer cable Dover – Calais (1851), donde prestó un excelente servicio, trabajando directamente entre Londres y París durante largo tiempo (incluyendo el periodo convulso de la guerra de Crimea), hasta que le sustituyó el registrador de Morse.

En la misma especificación 1850, Dering patentó tres métodos para eliminar la electricidad atmosférica de los hilos de las líneas (a) “Dos superficies metálicas rugosas o grabadas separadas por una fina separación, una de las cuales está incluida en el circuito de la línea, y la otra en comunicación con la tierra.” Más tarde fue re-patentado (en 1854) por (Sir) William Siemens, y actualmente se conoce como “Guarda rayos de placa serrada Siemens. (b) “La atracción o repulsión que tiene lugar entre cuerpos eléctricos de diferente o de la misma carga eléctrica. En él se suspenden de la línea bolas metálicas por medio de hilos finos, que se separan bajo la influencia de la descarga de los rayos y hacen contacto con placas conectadas con tierra, o la separación puede abrir sencillamente la conexión entre la línea y los instrumentos.” (c) “Introducir una tira de una hoja metálica en el circuito, esta se fundirá con el paso de una descarga de electricidad atmosférica.” Este método efectivo ha sido introducido en los últimos años, como una novedad, por diversos ingenieros telegráficos.

Los aparatos telegráficos de Dering fueron presentados en la Gran Exhibición de 1851, al lado de los colosales imanes de Henley, y recibieron una “mención honorable”. Se volvieron a ver en la Exhibición Internacional de París en 1855, donde se les otorgó una medalla por su excelencia.

Las propuestas de Dering para un transmisor telegráfico se incluyen en su patente del 15 de Agosto de 1853, de la que condensamos la siguiente narración: –

“La presente invención es aplicable a los telégrafos submarinos, y también a los medios de comunicación con hilos subterráneos o aéreos. Hasta ahora, en la construcción de los telégrafos eléctricos lo normal es que todo el circuito sea metálico, y también se emplee el retorno por tierra como parte del circuito, y se ha considerado absolutamente necesario que los hilos estén completamente aislados, cuya consecuencia ha sido una gran inversión en los circuitos eléctricos, en

particular en los que cruzan el mar o las aguas, donde los hilos no tan solo han de ser aislados, sino también cubiertos para proteger el aislante de daños por medio de cuerdas, u otros medios de protección.

“Actualmente he descubierto que un circuito metálico formado por hilos, bien sean sin aislar, o parcialmente aislados, pueden formar parte de un telégrafo eléctrico, siempre que las dos partes del circuito estén a una distancia suficiente para que la corriente eléctrica no pase directamente de un hilo a otro por medio del agua o la tierra, sino que siga una parte hasta el extremo distante.

“Para llevar a cabo mi invención, sitúo dos hilos sin aislar, o parcialmente aislado en agua o en la tierra, separados por una distancia proporcional a la longitud total del circuito, dichos hilos bien aislados se acercarán para conectarlos a los instrumentos, esto para evitar que pase la corriente a través del agua o tierra en el espacio reducido entre ellos. Las baterías (o cualquier otra fuente de electricidad adecuada) se construirán en proporción a las conocidas leyes que regulan la transmisión de la corriente eléctrica a través de un circuito múltiple –es decir, posee la propiedad conocida generalmente como *cantidad* en un grado considerablemente mayor que la normal en la telegrafía a través de hilos aislados, que puede hacerse (en el caso de baterías galvánicas) usando placas de mayores dimensiones, o por cualquier alteración en las placas o líquidos excitadores. La distancia adecuada a la que se han de situar los conductores entre sí está determinada por la misma ley, que conocen perfectamente las personas entendidas con los principios de la ciencia eléctrica. En la práctica he observado que es suficiente con una distancia de un veinteavo a una décima de la longitud de la línea.

“otro método de mi invención consiste en establecer circuitos compuestos parcialmente de hilos sin aislar o parcialmente aislados, y en parte de la propiedad conductora del mar, a través del cual se puede establecer la comunicación, o la tierra o la humedad contenida en ella en caso de las líneas telegráficas terrestres. Para este caso se efectúan las conexiones a una distancia lateral tal que pase una parte suficiente de la corriente a través de las aguas o del espacio en tierra y entre en el hilo correspondiente en el otro extremo. Los hilos de conexión en el término deben estar aislados como en el primer método.

“El tercer método consiste en situar en el mar o en tierra dos hilos de diferentes metales que tengan la propiedad de generar electricidad por la acción del agua o la humedad. Si en un extremo se conectan los hilos respectivamente a los dos extremos de la bobina de un electroimán o cualquier otro aparato telegráfico, se observará que el instrumento se accionará con la corriente generada por los hilos. Si en el otro extremo se conectan los hilos, una parte de la corriente pasará por este circuito en vez de pasar por el electroimán, en consecuencia su efecto se reducirá, y si se tienen los medios para indicar la mayor o menor fuerza, pueden hacerse señales en un extremo abriendo o cerrando el contacto en el otro. Si es necesario,

se puede derivar la corriente de baterías galvánicas, o cualquier otra fuente, como auxiliar a la generada en los hilos tendidos.

“En los diferentes medios de comunicación que he descrito, se requieren buenos conductores, como en las líneas submarinas, se puede emplear alambre, bien sea sólo o con cadenas para aumentar su protección, o pueden añadirse hilos conductores a cuerdas de cáñamo, o envolverlos con ella. El metal compuesto de los hilos podría ser hierro o cobre o cualquier otro tipo adecuado, y si puede cubrirse con barniz, se reducirá la superficie expuesta y evitará la corrosión del metal.

“Supongo que se podría aplicar este principio que acabo de describir al caso de una línea hecha siguiendo, por ejemplo de Holyhead a Dublin, con una distancia de sesenta millas. Sería necesario, primero, elegir dos puntos en cada costa separados por dos o tres millas, y conectar estos puntos con hilos aislados. Después, los dos puntos al norte deberían conectarse con un conductor submarino no aislado, y los dos puntos al sur con un conductor similar, a menos que se emplee el agua como sustituto de la manera que he descrito antes. De esta forma se crea un paralelogramo de conductores continuos, que tienen los lados largos con conductores no aislados, y los lados cortos con hilos aislados a lo largo de la costa. Si se cortan estos hilos en cualquier parte, y se conectan los instrumentos y baterías, pueden transmitirse señales con cualquier medio empleado normalmente en los hilos aislados.

“O, tomando el caso de una línea larga, por ejemplo de Inglaterra a América, podría seleccionar dos puntos, como Land End en Cornualles y Giant Causeway en Irlanda o algún otro punto adecuado en la costa oeste de Escocia, y sus puntos correspondientes en la costa americana. Después, debería unir los dos puntos en cada país por medio de hilos aislados, y finalmente sumergir dos conductores no aislados a través del Atlántico, o uno si se emplea el agua para cerrar el circuito. Después se introducirán, como antes, los instrumentos telegráficos y las baterías para establecer la comunicación.

“Con la descripción anterior podemos ver que el costo de tender los telégrafos eléctricos, bien sean submarinos o no, con esta invención si se emplea la distancia entre los conductores como medio aislante, se reduce a poco más que el coste de los hilos, junto con el coste del hilo aislado en cada extremo, además se evitan las numerosas dificultades de aislamiento de las líneas largas, y también las interrupciones por accidentes en el aislamiento.”

En la época de esta patente, y durante muchos años, las dificultades a las que se refiere eran muy reales: Muchos de los cables tendidos entre 1850 y 1860 fallaron después de un tiempo más o menos corto, y principalmente debido a defectos de aislamiento. Por tanto no hay duda alguna que la persistencia en los ingenieros

telegráficos con una telegrafía sin aislamiento, y sin hilos, era un modo económico de resolver el gran problema de la comunicación transmarina.

Los experimentos de Dering se hicieron entre el río Mimram en Lockleys (Herts), con hilos paralelos de hierro galvanizado del N° 8 desnudo, tendidas a una distancia de unos 30 pies, o una décima del espacio a atravesar. Con una pequeña batería de sólo dos o tres células de Smee se podían recibir fácilmente las señales.

En uno de estas pruebas, el 12 de Agosto de 1853, el presidente y directores de la Electric Telegraph Co. de Irlanda (una de las múltiples compañías que aparecieron como los hongos cuando comenzó la telegrafía) estaban presentes, y se impresionaron con los resultados obtenidos que decidieron adoptar el sistema para sus líneas que tenían pensadas entre Portpatrick y Donaghadee. Este hecho es poco conocido en la historia de los primeros telégrafos submarinos, y todavía se sabe menos, ya no hay ningún registro, es que el proyecto se intentó realmente. En una carta reciente el Sr. Dering, que me agrada decir, todavía está entre nosotros, me dio algunos detalles interesantes del intento y que ahora publico, sabiendo que es una novedad para el lector.

El 23 de Septiembre de 1853, se embarcó en Belfast el hilo necesario, que, “por mor de la ultra economía”, consistía en un único alambre de hierro del N° 1 galvanizado e vez del hilo trenzado como había recomendado Dering. Al examinar el hilo se observó que no sería adecuado, con numerosos puntos débiles y quebradizos –debidos en gran parte a soldaduras de la factoría– que Dering urgió retrasarlo y sustituirlo por hilo trenzado. “Lo más juicioso,” escribe el Sr. Dering, “es que hubiéramos abandonado el intento con este material tan poco adecuado, pero se resolvió seguir y arriesgarse –probamos el alambre de antemano lo más que pudimos y sacamos las partes débiles. Envié una carta formal a la junta de directores en Londres, indicando que el alambre era tan poco fiable que declinaba toda responsabilidad durante su tendido, pero que haría todo lo que pudiera.”

“Después de probar con cuidado las diversas longitudes, sacar todos los puntos más débiles y malas soldaduras que pudimos encontrar, y untarlo con alquitrán en su longitud, se subió el hilo al Albert. El 21 de Noviembre se dio la salida, se tendió un cable costero desde Milisle, se introdujo en el mar, y se ató a una boya. La mañana siguiente el Albert,³³ pilotado por H.M.S. Asp (teniente Aldridge), recogió la boya, conecto el cable al alambre de a bordo, y navegó tranquilamente unas 3 ½ millas, cuando se rompió por una soldadura de la fábrica, y el buque regresó a Donaghadee “en medio de una ventisca.”

“Los días siguientes nos ocupamos en modificar algunas cosas de la maquinaria de tender, encontrando por experiencia lo más deseable, y se volvió a salir otra vez el 26. Se empalmó a bordo el alambre con el cable de la boya a cuatro millas de la costa, el tendido procedió perfectamente hasta mitad del canal (unas 12 millas) cuando se volvió a romper el alambre, otra vez por una soldadura de fábrica, y se

perdió el extremo a 82 brazas de profundidad. Regresó el barco a la boya e intentó recuperar el alambre, pero se volvió a romper otra vez, y se abandonaron finalmente los intentos.

Antes de esto se habían hecho dos pruebas sin éxito de conectar Gran Bretaña e Irlanda por medio de cables similares a las líneas de Dover Calais de 1851 –uno, emprendido por los Sres. Newall & Co. entre Holyhead y Howt, el 1 de Junio de 1852, falló tres días más tarde, y el otro, un pesado cable de seis hilos, emprendido por la misma firma, entre Portpatrick y Donaghadee, el 9 de Octubre de 1852, se rompió por una tormenta cuando se habían tendido dieciséis millas.

En Junio de 1854 los Sres. Newall recuperaron las dieciséis millas de cable y completaron el tendido hasta Portpatrick, esto hizo que tender el alambra no fuera necesario, aunque se seguía pensando que era adecuado.

El Sr. Dering sigue confiando impertérritamente en sus ideas, y dice: “En vez de un único hilo, como en 1853, ahora apoyo el uso de una trenza de hilos para cada conductor. Y añado, considerando el anhelo actual por telégrafos sin hilos, que aunque no me parece improbable sino poco ambicioso (en todo caso para largas distancias) mucho más factible el plan de emplear hilos desnudos.” Y en estos días de maravillas eléctricas, ¿quién se atreverá a negarlo? Yo, por mi parte, no, ya que he visto pasar cosas más improbables. El sueño de hoy día, “sin valor y ridículo” como lo verán muchos, se ha realizado con frecuencia en el día de mañana, para que el cauto historiador de ciencia no vea finalmente ninguna de sus aplicaciones.¹⁴

³³ Con el Dr. Hamel a bordo, el famoso científico ruso de celebridad alpina, como representante de su gobierno.

³⁴ Para aplicaciones recientes del principio del hilo desnudo, ver Meihuish.

El 27 de Marzo de 1862, el Sr. Haworth patentó “un método perfeccionado par enviar señales eléctricas sin la intervención de ningún conductor continuo artificial,” en referencia a lo que un conferenciante del periodo dijo:³⁵ “No he conocido a ningún caballero relacionado con la ciencia de la telegrafía que todavía entienda este proceso, o su probabilidad de éxito. Le solicito alguna información, pero no estoy dispuesto a comunicar nada en particular hasta que los experimentos demuestren suficientemente que sea práctico este plan.”

En la discusión que siguió, el Sr. Cromwell Varley, electricista de la antigua Electric & International Telegraph, y la antigua Atlantic Telegraph Co. dijo: “Habiendo sido informado que Sir Fitzroy Kelly y el culto presidente (Sr. Grove) han visto el sistema de Haworth en funcionamiento, y que este último caballero cree en él, he intentado experimentar a muy pequeña escala en mi propio jardín, con aparatos contruidos siguiendo las instrucciones del Sr. Haworth. Sus dos estaciones están separadas tan sólo por 8 yardas, aunque usa un sensible galvanómetro de espejo, y veinte células de una batería Grove de ácido nítrico, y no ha podido captar seña alguna, aunque los experimentos se han modificado de todos los modos concebibles.”

Bajo estas circunstancias no es sorprendente, después de un detallado estudio de la especificación, y con la luz hecha sobre ello por una patente posterior del 30 de Octubre de 1863, que no se haya comprendido el método del autor. Además, creo estar en las mismas condiciones mentales que los expertos de Tristram Shandy, que, con una gran fricción, incumbición y asimilación eléctrica, han tenido la felicidad, a la larga, de poseer todas las virtudes, imaginación, untuosidad y confusión.” Aunque no deseo trasladar la terrible fraseología de la patente a inglés llano; y si luego mis lectores no pueden adivinar el modo de acción no acusaré a nadie -¡ni deseo que me acusen a mí! Mi descripción del aparato se basa en la especificación completa y dibujos de la segunda patente, que se presentó en la Oficina de Patentes el 30 de Abril de 1864, y que se supone que contiene la última palabra del inventor sobre este tema.

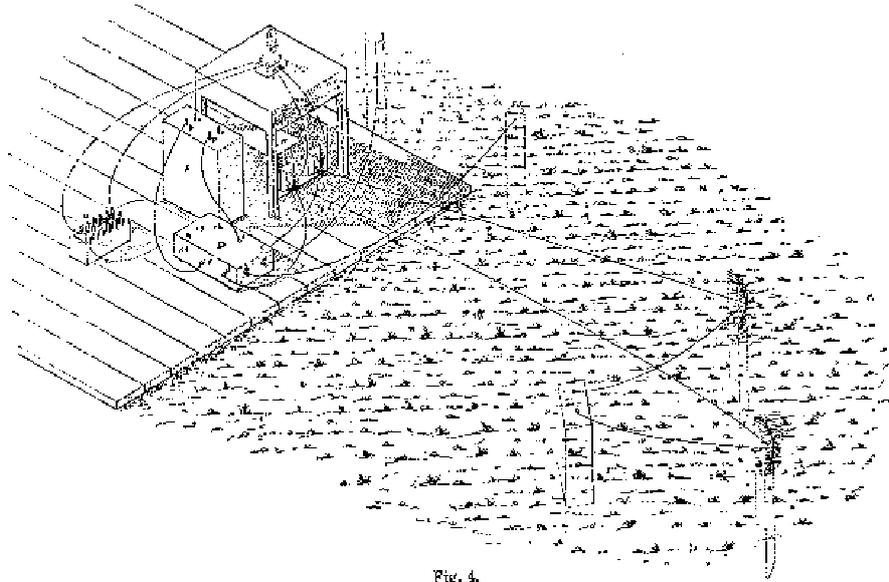


Fig. 4.

A, Z (Fig. 4) son respectivamente placas de cobre y cinc, curvadas como se muestra, y enterradas en el suelo separadas a unos tres pies. La superficie varía según la distancia u otras circunstancias, para distancias hasta 75 millas es suficiente con placas de una superficie de 1 pie cuadrado; de 75 hasta 440 millas, se necesitan placas de 24 x 16 pulgadas. G, F son cilindros de cobre, de 24 x 4 pulgadas, clavados en el suelo, que ha de estar siempre húmedo. En un punto distante 3 pies de los centros de A y Z se entierra una caja de madera, que contiene una bobina de hilo de cobre aislado de galga N° 16, bobinada sobre un carrete de madera. Los extremos de la bobina están unidos a unos tornillos terminales que se pueden ver en la parte superior de la caja. B es una caja de madera que contiene un carrete de madera dividido en tres compartimentos, x, y, z, (Fig. 5). X está rodeado de hilo de cobre fino aislado, cuyos extremos se reúnen y se aseguran en la parte exterior del carrete. Y está rodeado de hilo de cobre aislado grueso, bobinado en la misma dirección que x y los extremos se llevan individualmente a los tornillos de conexión, que se pueden ver en el exterior. Z está rodeado la mitad con hilo de hierro aislado, bobinado en la misma dirección que x e y, los extremos se sujetan en la parte exterior del carrete como la bobina x. El resto se completa con más hilo de hierro similar bobinado doble, y en dirección opuesta a la bobina de debajo. Estos hilos dobles no están retorcidos, ni atados, no deben cruzarse entre sí, sino que han de estar bobinados en capas lisas una al lado de otra; y los extremos de cada bobina se llevan al exterior del carrete como la bobina interior, y adyacente. Normalmente la bobina x es de hilo de galga N° 32; y, del N° 16; y z, del N° 20,

pero los tamaños y cantidad necesaria pueden variar según la distancia y otras circunstancias.

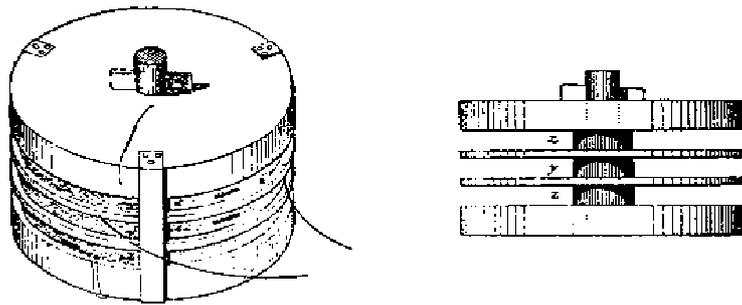


Fig. 5.

C es cualquier instrumento telegráfico adecuado con aguja.

D es un condensador del tipo que el Dominie Sampson eléctrico podría llamar ¡prodigioso! La caja de madera A está dividida longitudinalmente en dos compartimentos cubiertos con goma laca. En cada compartimento se coloca a cada lado una gruesa hoja de oro bien aislada, y conectada respectivamente a los tornillos de conexión *a, g, y b, h*, (Fig. 6) Cada compartimento está relleno de sesenta placas rectangulares de gutapercha, sobre la que se bobina hilo aislado de cobre de galga N° 32 de forma continua desde la primera placa hasta la final, y los extremos se llevan a otros tornillos de conexión *e, d, e, f, k, y l* en las posiciones como se pueden ver, y conectados con hilo sobre las placas a su paso por la caja. Luego lo paso de extremo a extremo de cada compartimento sobre las placas, y situado sobre ellas, pero bien aislada, otra banda de una gruesa hoja de oro, y cada extremo conectado respectivamente a los tornillos *a, g, y b, h*.”

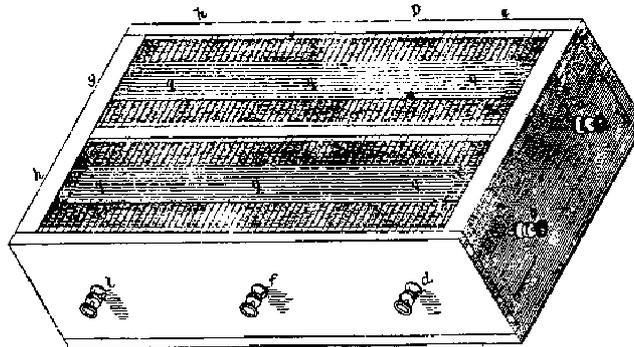


Fig. 6.

E es otra caja de madera, que contiene un carrete similar a B, pero dividido en sólo dos compartimentos, cada uno de ellos rodeado de dos hilos de cobre, uno cubierto y el otro descubierto, bobinado conjuntamente, y todos los cuatro de diferente galgaje desde el N° 18 al N° 30. Los extremos de una de las bobinas cubiertas se llevan a los tornillos *p, p*, mostrados en la parte superior de la caja y los extremos de la otra bobina cubierta se llevan al exterior del otro carrete; y los extremos de las dos bobinas no cubiertas se llevan igualmente a la parte exterior del carrete, “pero en tal posición que nunca puedan entrar en contacto con ninguna otra parte desnuda del hilo cubierto. Entre cada capa de hilo deposito una banda de papel no metálico para aislada de la capa superior e inferior, y cuando al bobinarla llevo a la circunferencia del carrete empleo una tela de gutapercha además del papel no metálico.”

H es una batería Smee, cuyo tamaño y potencia depende de las circunstancias, tal como la distancia a la que se pretende enviar el mensaje; la fuerza y dirección de las corrientes de tierra, e incluso el estado del tiempo –se necesita más potencia en tiempo seco que en tiempo lluvioso. “Para una distancia de diez millas, desde Notting Hill a Croydon, he observado que con cuatro baterías Smee de dos células cada una, con placas de 3 x 5 pulgadas, es suficiente. Para cincuenta millas, desde Notting Hill hasta Brighton, he usado con éxito una batería de tres células en cada extremo, y desde Notting Hill a Bangor, en Gales, he necesitado seis células en cada extremo. Generalizando, he observado que se necesita menos potencia para enviar un mensaje de norte a sur y de sur a norte que de este a oeste, o de oeste a este.”

Las conexiones de los diversos instrumentos se indican por medio de líneas, y debe situarse un equipo de instrumentos exactamente igual en el lugar donde se desea recibir el mensaje.

Este es el *modus operandi*: cuando la manecilla del instrumento de aguja, C, se sitúa en el modo de hacer señales, ¿qué sucede? Aquí aparece el problema. El inventor, lamento decirlo, guarda silencio sobre lo que ocurre, y no quiero hacer ninguna suposición, pero sugiero ¡un premio al que solucione el rompecabezas como en la columna de Preguntas y Respuestas de cualquier diario técnico! En serio, creo que el resultado, si se obtiene alguno, es un perfecto caos de corrientes de la batería, de la batería de tierra, corrientes de inducción y corrientes de polarización –todas ellas luchando por un pequeño dominio; y aun hay algunos hombres, aparte del inventor, que todavía creen ¡que estos efectos son señales inteligibles!

Los comentarios del Sr. Varley, incluidos al principio, indican que este caballero entró en una agria disputa en las páginas del viejo diario “Electrical”, de las cuales extraigo únicamente la carta del Sr. Varley y la respuesta del Sr. Haworth. En el número del 27 de Febrero de 1863 el Sr. Varley escribe: –

“Yo sigo una regla que es no prestar nunca atención a los corresponsales anónimos. Como el Sr. Haworth ha comentado sobre los comentarios que hice hace poco tiempo a la Sociedad de las Artes, permítanme llamar la atención a que, habiéndose prolongado la discusión más allá del tiempo permitido, no se pudo entrar al detalle en los experimentos.

“El Sr. Haworth me debe una visita hace tiempo, cuando le pregunté si tenía alguna objeción a que se probara su invención con un experimento: dijo que no tenía ninguna, y me indicó como debía disponer las diversas partes de los aparatos. En aquel momento tenía un dibujo a lápiz a mano que indicaba cómo hacerlo y aprobado por él. Se siguió estrictamente este dibujo durante los experimentos.

“Los aparatos que se usaron se construyeron especialmente para este caso. Las bobinas primarias estaban *completamente* aisladas con gutapercha, las bobinas secundarias por medio de un compuesto de resina y goma arábiga. Las placas de cobre y cinc de cada estación estaban a una pulgada y media de separación, con una superficie de 6 pulgada cuadradas cada una. Las dos estaciones estaban separadas tan sólo por 8 yardas.

“El aparato en cada estación consistía en una placa de cobre y otra de cinc, conectadas a una bobina secundaria que contenía una milla de hilo de cobre del N° 35. La bobina secundaria estaba situada inmediatamente detrás de las placas, y detrás de ella se situó la bobina primaria.

“En la estación transmisora se conectó la bobina primaria con una batería Grove de seis células, y con un contacto intermitente. En la estación receptora se conectó la bobina primaria con un galvanómetro de reflexión Thomson, de baja resistencia, no se empleó más que esto como instrumento telegráfico.

“Con este montaje no se obtuvo *ninguna corriente*.

“Cruzar un río sin hilos es un viejo experimento. En Marzo de 1847 hice unos experimentos en mi propio jardín, y también crucé el Canal Regent, con una única batería Grove. Se enviaron corrientes débiles, pero detectables, a través del canal de una anchura de 50 pies. La corriente recibida era una pequeña fracción de la que proporcionaba la batería. En este caso la distancia a través del canal era de una cuarta parte de la que separaba las placas en cada orilla. Incluso aunque se acercaran las placas hasta casi tocarse, como especificaba Hatworth, no se pudo obtener ninguna señal visible.

“Este experimento se ha repetido numerosas veces en diversas partes del mundo, y con los mismos resultados conocidos. Cuando se me ocurrió la idea en 1847, no sabía que esta idea ya se le había ocurrido al profesor Morse, ni a ningún otro.

“Según afirma el Sr. Haworth ha trabajado entre Irlanda y Londres, y entre otros lugares distantes, yo solo puedo suponer que se confundió con alguna irregularidad en las corrientes generadas por las placas de cobre y cinc y las tomo por señales.³⁶

“Si *puede* telegrafiar sin hilos, ¿por qué ni conecta Inglaterra con América, pudiendo tener unos beneficios de 1000 libras, y entregar al mundo una gran bendición?

“Antes de hablar con la Sociedad de las Artes, llamé a casa del Sr. Haworth durante varias veces, y siempre le encontré fuera. Le escribí inmediatamente diciéndole los resultados negativos de mis experimentos, etc. Sin embargo no atendió mis comunicados.

“No he podido contactar con ninguna persona que ha visto al Sr. Haworth transmitir ningún mensaje, y todos los que han informado haberlo visto, cuando entré en contacto con ellos, lo negaron al ser preguntados.

“No tengo ninguna duda al afirmar – 1º, la especificación del Sr. Haworth es ininteligible: es un lío de placas de inducción, bobinas de inducción, y bobinas de hilo conectadas de tal forma que no tienen ningún significado.

“2º Que no puede enviar ninguna señal eléctrica sin hilos a ninguna distancia útil.

“3º Con mi conocimiento de las leyes de la electricidad, no creo que sea posible comunicar en modo alguno entre estaciones distantes como indica su patente N° 843.1862.

“4º Supongamos por un momento que puede trabajar, como afirma, cualquier persona del mundo con un aparato similar en su vecindad podría recibir los comunicados, y no habría privacidad.”

En el número siguiente (6 de Marzo de 1863) el Sr. Haworth dice:

“¿Tendría la bondad de concederme un espacio para dar unas líneas de respuesta al Sr. Varley? Nunca recibí su carta del 27 de Enero, y lamento cualquier aparente descortesía por mi parte. Temo que las demás cartas han tenido la misma fatalidad.

“Según la narración del Sr. Varley y sus experimentos encuentro varias razones por las que hay una gran confusión por su parte, pero no puedo perder el tiempo –ni puedo pedirle más espacio– para mas explicaciones. La verdad es que es algo nuevo en la electricidad, las corrientes de tierra sólo pueden registrar palabras y sentencias en el dial. Espero convencer en poco tiempo a los más escépticos con una demostración ocular. Por el presente me contento con esperar, estoy mas ansioso por perfeccionar mi descubrimiento antes que presentarlo.”

Después de esto no hemos oído nada más del Sr. Haworth, pero no hay duda que la publicación y discusión de sus puntos de vista mantuvieron vivo el tema durante un tiempo.³⁷

³⁵ T.A. Masey, Sociedad de las Artes, 28 de Enero de 1863.

³⁶ He visto trabajar repetidamente a los aparatos del Sr. Haworth, y he leído yo mismo en el indicador que ha llegado un mensaje; estas “corrientes irregulares confundidas por señales” han consistido de palabras y sentencias transmitidas tan correctamente como si fuera un telégrafo eléctrico. En mi casa había una estación, y en Brighton, o Kingstown (Irlanda) la otra” – J.M. Holt “Electrician” 6 de Marzo de 1863.

³⁷ Ver, por ejemplo, “The Electrician” del 23 de Enero de 1863. También “Meteorología Simplificada” de Beron, París 1863, pág. 936, 937, donde hace una nebulosa descripción de un telégrafo sin hilos, aparentemente del mismo tipo que el de Haworth.

En la siguiente propuesta que vamos a tratar en estas páginas, he encontrado entre mis notas tan sólo un recorte del “Round Table” de Nueva York de (Agosto o Septiembre) de 1868. Lo doy *por entero*, ya que vale la pena, y espero que algún lector americano pueda proporcionarme más detalles de posteriores desarrollos, si es que hubo: –

“El Sr. Mower ha conseguido un descubrimiento que, si es correcta la descripción que sale en el “New York Herald”, revolucionará la telegrafía transoceánica, y en general toda la subacuática. Durante algunos años ha estado enfrascado en experimentos eléctricos, cuando el cable Atlántico daba un sentido especial en sus investigaciones sobre la generación y conducción de sustancias, la descomposición del agua, el desarrollo de máquinas eléctricas, etc. etc. Durante este verano se ha perfeccionado su aparato de tal modo que, hace unas pocas semanas, pudo demostrarse a sí mismo y a su ayudante la posibilidad de su proyecto, a una escala aproximada a la que se supone que tendrá.

“Seleccionó la mayor distancia en línea este oeste en el Lago Ontario –entre un punto cercano a Toronto (Canadá) y otro en la costa de Oswego County (Nueva York) – para sus primeras pruebas de transmitir un mensaje, sin hilos, desde la máquina sumergida en un extremo de la ruta a la otra. Los mensajes y las respuestas continuaron durante dos horas, el tiempo medio de transmisión para las 138 millas fue poco más de tres octavos de segundo.

“La conclusión de este descubrimiento –cuyo principio todavía no ha descubierto el Sr. Mower –es que pueden transmitirse las corrientes eléctricas a través del agua, salada o dulce, sin desviación vertical, o de paralelo o latitud. La dificultad del diferente nivel de las mareas en los dos hemisferios puede obviarse, como se afirma, sumergiendo los aparatos a la suficiente profundidad. Se dice que el inventor está preparando su viaje a Europa para asegurarse los derechos de patente para lo cual ha rellenado los impresos. A un costo inconsiderable de 10.000 dólares espera establecer en tres meses la comunicación telegráfica entre Montauk Point, en el extremo este de Long Island, y España, el extremo oeste de la línea que bordea la costa de Portugal en un punto cercano a Oporto.

“Afirma que el descubrimiento es tan grande como para dejar sin aliento, pero, con la historia de la telegrafía ante nosotros, no nos atrevemos a negar esta posibilidad.”

Durante el sitio de París por las fuerzas alemanas en invierno de 1870 – 71, se hicieron muchas sugerencias para reestablecer la comunicación telegráfica entre París y las provincias. Se probaron métodos acústicos, basados en la transmisión del sonido por tierra o agua. El Sr. Granier propuso una forma de línea aérea que se pensaba que podría conseguir el distinguido aeronauta, Gaston Tissandier. El hilo (que se descolgaría desde globos) estaría forrado por un tubo de gutapercha, inflado con gas hidrógeno para que flotara a 1.000 o 1.500 metros sobre tierra.³⁸

Otra sugerencia fue hecha por el Sr. Bourbouze, un conocido electricista francés, que sólo tratamos en estas páginas. Su propuesta era enviar fuertes corrientes al río Sena con una batería lo más cercana a las líneas alemanas, y recibir en París, por medio de un sensible galvanómetro, la parte de esta corriente que pudiera captar una placa metálica sumergida en el río. Después de algunos experimentos preliminares entre el Hotel de la Villa y la fábrica del Sr. Claparède en San Denis, se decidió llevar a la práctica el plan. Según él, el 17 de Diciembre de 1872, el Sr. d'Almeida salió de la ciudad sitiada por medio de un globo, descendió después de muchos peligros en Champagne detrás de las líneas enemigas, y se dirigió por vía Lyon y Burdeos a Havre. Desde allí se solicitaron a Inglaterra los aparatos necesarios y se enviaron a Poissy, donde el Sr. d'Almeida alcanzó la orilla del Sena el 14 de Enero de 1871. El río estaba completamente helado, y se retasó el intento de comunicar con París hasta el 24 de Enero. Mientras se proclamó el armisticio, y se abandonó el proyecto.³⁹

Pero el Sr. Bourbouze no abandonó su idea, y creyendo que había encontrado en el telégrafo fónico de La Cours un medio mejor para indicar las señales que el galvanómetro, volvió al problema. Entre 1876 y 1878 apareció una noticia ocasional de sus experimentos en los periódicos técnicos, pero hay un silencio provocador sobre el punto de sus resultados a distancias considerables.⁴⁰

³⁸ Un plan similar fue patentado en Inglaterra veinte años antes. Ver Patente N° 2907, del 19 de Noviembre de 1857.

³⁹ El 27 de Marzo de 1876, Bourbouze solicitó a la Academia de Ciencias que se abriera un paquete sellado que había depositado el 28 de Noviembre de 1870. En él se encontró una nota titulada “Sur les Communications a distance par les cours d'eau.” Hasta donde he averiguado, no se ha publicado el contenido del documento.

⁴⁰ Ver el “English Mechanic” del 8 de Septiembre de 1876; “Engineering” del 13 de Abril de 1878, y el diario francés “La Nature” del 8 de Julio de 1876. Para los primeros experimentos de Bourbouze ver “La Lumière Electrique” del 19 de Agosto de 1879.

MAHLON LOOMIS – 1872.

En 1872 el Sr. Mahlon Loomis, un dentista americano, propuso utilizar la electricidad de la atmósfera superior para telegrafiar y de un modo que en aquel tiempo causó una gran excitación en América.

Hace tiempo que se sabe que la atmósfera siempre está cargada con electricidad, y que esta carga aumenta con la altura, si la superficie de la tierra representa un estado o carga eléctrica de 1, a una elevación de 100 pies se puede representar como 2; a 200 pies como 3, y así sucesivamente en una serie ascendente de estratos imaginarios. Hasta ahora se ha considerado como un modo popular de enseñar un hecho eléctrico, de la misma forma que se podría decir que la atmósfera, a modo de ilustración, está dividida en estratos de 100 pies, o cualquier otro tamaño, y su densidad decrece a medida que ascendemos a cada estrato. Pero el Sr. Loomis parece haber hecho el descubrimiento de que estas cargas eléctricas son de alguna forma independientes entre sí, y puede extraerse electricidad de cualquier estrato sin necesidad de equilibrarlo con una redistribución general de la electricidad del estrato adyacente. Basándose en esta suposición, que es muy grande, pensaba que sería fácil alcanzar la electricidad de cualquier punto de un estrato, preferiblemente en uno elevado donde la atmósfera está relativamente tranquila, y este toque se manifestaría en cualquier punto distante del mismo estrato con una variación de su densidad eléctrica, y por tanto argumentaba que se podría construir un telégrafo aéreo.

Esto es un resumen de su patente (americana) del 30 de Julio de 1872: –

“La naturaleza de mi descubrimiento consiste en utilizar la electricidad natural, y establecer una corriente eléctrica o circuito para usos telegráficos (o cualquier otro) sin la ayuda de hilos, baterías artificiales o cables, y ser capaz de comunicarse de un continente a otro del globo.

“De la misma forma que es posible ahorrarse el doble hilo (que se usó al principio en la telegrafía), empleando uno sólo, y que la tierra sustituya al hilo de retorno del circuito; ahora puedo ahorrar ambos hilos, usando la tierra como la mitad del circuito y el elemento eléctrico continuo sobre la superficie de la tierra como la otra mitad. También ahorro todas las baterías artificiales, sino que empleo la electricidad libre de la atmósfera, cooperando con la tierra, para proporcionar la corriente para telegrafiar y otros usos, como alumbrado, calor y fuerza motriz.

“Al ser más abundante la electricidad atmosférica cuando hay humedad, nubes, corrientes de aire caliente, y las demás influencias disipadoras se encuentran por debajo y logar alcanzar grandes alturas, mi plan es buscar elevaciones lo más altas posible en las cimas de las altas montañas, y establecer conexión eléctrica con el estrato atmosférico por encima de los disturbios locales. En estas montañas elevar

torres adecuadas y disponer aparatos para atraer la electricidad, o, en otras palabras, alterar el equilibrio eléctrico, y obtener de esta forma una corriente de electricidad, o pulsaciones, que atravesarán o alterarán el cuerpo eléctrico positivo de la atmósfera entre dos puntos dados conectándolos al cuerpo eléctrico negativo de la tierra.”

Para probar esta idea, he seleccionado dos picos elevados en las montañas de West Virginia, de la misma altitud, y separados por diez millas. En ellos elevar dos cometas, sujetas con cuerdas con hilos finos de cobre en su interior. El extremo del hilo que se conecta a tierra en un pico conectarlo a un detector eléctrico – presumiblemente a un electrómetro– y el otro pico a un manipulador para conectar la cometa a tierra cuando sea necesario. Podemos anunciar que con estos aparatos se pueden enviar y recibir mensajes abriendo y cerrando la conexión a tierra, “el único motor eléctrico es la corriente atmosférica entre las cometas, y que siempre está disponible excepto cuando el tiempo está muy revuelto.”

Podemos ver de que forma se apoderó esta idea en los EE.UU. en el “Journal of Commerce” de Nueva York del 5 de Febrero de 1873 que el Congreso aprobó una partida para crear una compañía. El artículo dice lo siguiente: –

“No tenemos ningún dato como poco creyentes en la Telegrafía Aérea, pero esperamos dócilmente ver al Dr. Que ha tenido esta brillante idea que la Cámara del Congreso ha aprobado la creación de una compañía para él. Los Congresistas, al menos, no piensas como visionarios, y se dice que el Presidente la firmará; todo esto evidencia que la telegrafía aérea es otra cosa diferente y poco ridícula. La compañía no recibirá dinero del Gobierno, y no ha preguntado nada. Todo lo que sabemos del plan de Loomis es algo sobre sus efectos –y se avisa a los lectores que no se rían a mandíbula batiente de ello como algo increíble y sin demostrar. El inventor propone construir una torre muy alta en el pico más elevado de las Montañas Rocosas. En esta torre habrá un mástil muy alto, y un aparato para “recoger la electricidad” en lo alto. En el pico más elevado de los Alpes se elevará otra torre muy alta y un mástil duplicado, con su aparato de electricidad coronal. En estas alturas rozando el cielo el Dr. Loomis pretende que alcanzará un estrato de aire cargado con electricidad, y no podemos decir nada en contra. Después, establecerá su hilo de tierra de la misma forma que en los telégrafos normales, y confía que pueda enviar mensajes entre los dos mástiles elevados, el estrato electrificado de aire cierra el circuito. El inventor afirma haber demostrado este esquema a pequeña escala. Nos han contado que desde los riscos de las Blue Ridge Mountains, separadas por veinte millas, elevó cometas, usó hilos finos de cobre en vez de los cables, y telegrafió entre los dos puntos.”

Con intervalos de unos pocos años aparecieron noticias del método de Loomis en los diarios americanos, y algunos de ellos se incluyeron en los diarios ingleses. El último que he visto está en el “Electrical Review” del 1 de Marzo de 1879, donde se afirma que “equipando con teléfonos este circuito aéreo él [Loomis] puede conversar a una distancia de veinte millas,” a lo que el editor añade significativamente una interrogación.

El hecho es que el Sr. Loomis y sus amigos de Wall Street creía que había muchos dólares en esta idea, pero la prensa técnica nunca se lo tomó en serio. Podemos ver esto en el siguiente recorte que hemos extraído del “Journal of the Telegraph” de Nueva York el 15 de Marzo de 1877: “La procesión sin fin de pretendidos inventores día a día atestan los pasillos y oficinas del departamento de Electricidad en el 195 de Broadway, llevandos misteriosos paquetes atados con periódicos, se vio alterado el otro día por la aparición de un verdadero lunático. Anunció que el gran descubrimiento del que se había hablado mucho hace unos años, la telegrafía aérea, estaba en funcionamiento en Nueva York. A.M. Palmer, del Union Square Theatre, junto con uno de sus asociados, ¡era el único que poseía el secreto! Desgraciadamente lo usaban para propósitos ilegítimos, por tanto tenía el deber solemne de revelarlo. Dijo que gracias a una batería de 60.000 dólares transmitían el sutil fluido al espacio aéreo, y podían descubrir los pensamientos secretos de la gente, dejarlos sin sentido en la calle; e incluso podían achicharrar a un hombre a su antojo, a millas y millas de distancia, y no sabía nada más que si le había caído un rayo, ¡se debía a ellos!⁴¹ El objeto de nuestro loco amigo al descubrirlo era únicamente averiguar como se podía proteger él mismo de las tormentas ilegítimas de Palmer. Aquí el legal caballero, giró sus ojos hacia “Curtis on Patents,” dijo: “Le diré lo que debe hacer. Emprenda un pelito contra Palmer por infringir la patente de Mahlon Loomis. Es esta (tomando un grueso volumen de la “Gaceta Oficial”), N° 129.971. Esto pondrá en apuros a Palmer.”

Para concluir este periodo de nuestra historia bastará decir que entre 1858 y 1874 se solicitaron muchas patentes fuera de Inglaterra para enviar señales eléctricas con el sistema de hilo desnudo de Highton y Dering, con o sin emplear la llamada “batería de tierra.” Todas ellas son muy parecidas, y todas sin fundamentar, por lo que he podido ver, por ninguna prueba experimental, sería aburrido reiterar una descripción, incluso de la forma más breve. Por tanto me contento con dar la siguiente lista, que podría ser útil para cualquier lector que desee consultar.

Nombre del inventor.	N° y fecha de la patente.
B. Nickels	2317 16 de Octubre de 1858.
A. V. Newton	2514 9 de Noviembre de 1858.
A. Barclay.	56 7 de Enero de 1859.

“	263	28 de Enero de 1859.
J. Molesworth.	687	18 de Marzo de 1859.
H. S. Rosser.	2433	25 de Octubre de 1859.
W. E. Newton.	1169	11 de Mayo de 1860.
H. Wilde.	2997	28 de Noviembre de 1861.
Lord A. S. Churchill.	458	20 de Febrero de 1862.
H. Wilde.	3006	1 de Diciembre de 1863.
“	2762	26 de Octubre de 1865.
T. Walker.	2870	6 de Noviembre de 1866.
“	293	23 de Enero de 1874.

⁴¹ Todavía siguen estos lunáticos, ya que ocasionalmente oímos las mismas cosas de las diabólicas prácticas de Tesla y Marconi.

SEGUNDO PERIODO – LO QUE PUEDE SER POSIBLE

NOTICIA PRELIMINAR DEL TELÉFONO RELACIONADO CON LA TELEGRAFÍA SIN HILOS.

“Dame la prueba ocular
Dame una hoja, o al menos una prueba,
Que en la prueba no haya ningún truco, ni bucle
Que haga dudar.”

Hemos llegado a un periodo en la historia de nuestro tema que los experimentos comenzaron a tomar un carácter más esperanzador o resultados prácticos. Todo lo que hemos visto antes era más o menos primitivo y empírico, y no cumplían las necesidades del caso. La introducción del teléfono en 1876 puso en manos de los electricistas a un dispositivo de una maravillosa sensibilidad, comparado con los aparatos más sensibles que se habían empleado hasta entonces como era el ojo ayudado de un microscopio. El profesor Pierce de Providence (Rhode Island) descubrió que el teléfono de Bell daba señales audibles con una fracción considerablemente inferior a una cien milésima parte de la corriente de una pila Leclanché. Probando resistencias con un puente de Wheatstone, el teléfono era mucho más sensible que el galvanómetro de espejo, para averiguar la continuidad de las bobinas de hilo fino daba las respuestas más rápidamente, y todas las formas de descargas atmosféricas –y son muchas– tienen su propio lenguaje, lo que abrió un nuevo campo de investigación en la meteorología.

El sonido que un rayo da en un teléfono, incluso aunque sea tan distante que sólo pueda verse el resplandor en el horizonte, y no se vea ninguna tormenta, es muy característico –algo parecido a la caída de una gota de metal fundido en agua, o al sonido de un cohete lejano, pero la feliz circunstancia en nuestra historia es que, este sonido siempre se escucho un poco *antes* que se vea el resplandor, demostrando que es un efecto inductivo de la electricidad *superior*, debido a la concentración *distante* precede a la descarga disruptiva. El 18 de Noviembre de 1877, se escucharon estos sonidos peculiares en Providence, y los periódicos hablaban de ellos al día siguiente informando de tormentas en Massachusetts. Casi siempre se escuchan sonidos como los producidos por los rayos, pero más débiles, muchas horas antes de estallar una tormenta.⁴²

SE experimento por primera vez con el teléfono de Bell en un hilo entre Nueva York y Boston el 2 de Abril de 1877, y poco después su extraordinaria sensibilidad permitió escuchar las corrientes inducidas, y corrientes por la tierra (fugas) de circuitos telegráficos distantes.⁴³ De esta forma, en Agosto de 1877, el Sr. Charles Rathbone de Albany (N.Y.) experimentó con un teléfono de Bell que conectó a una

línea telegráfica privada que conectaba su casa con el Observatorio. Una mañana escuchó unas canciones que creía que procedían del Observatorio, pero al preguntar por ello vio que no era el caso. Lo había escuchado tan claramente que a la mañana siguiente envió una nota a los periódicos explicando los hechos y dando los nombres de las canciones que había escuchado. La respuesta es que las canciones eran de un concierto experimental con el teléfono cantante de Edison que se había hecho entre Nueva York y Saratoga Springs. Se decidió estudiar este curioso descubrimiento, y, según ello, cuando el agente de Edison dio otro concierto en Troy se preparó el seguimiento de este efecto. SE conectó a tierra un hilo que iba de Albany a Troy junto al hilo de Edison, con un teléfono de Bell en cada extremo. Se escuchó el concierto como antes, la música era clara, y las canciones se podían distinguir sin la menor dificultad.

A finales de la tarde se conectaron los instrumentos en un hilo que iba de Albany a Nueva York. Nuevamente se volvió a escuchar la música, y mucho más fuerte, tanto que al dejar el teléfono en el centro de la habitación podían escucharlo perfectamente las personas sentadas alrededor.

Se repitieron estas observaciones en seis ocasiones entre el 28 de Agosto y el 11 de Septiembre, y extrañamente, otros dos observadores independientes en Providence, a 200 millas de distancia, observaron los mismos efectos en cinco de las seis fechas indicadas por el Sr. Rathbone.⁴⁴

El Dr. Channing, uno de los observadores en Providence, ha publicado una interesante narración⁴⁵ de estas observaciones, de las que incluyo estos extractos. Durante cinco mañanas a finales de Agosto y principios de Septiembre de 1877 se dieron algunos conciertos en la Oficina de la Western Union de Nueva York, para audiencias en Saratoga, Troy y Albany respectivamente. Los intérpretes tocaban o cantaban ante un teléfono musical de Edison, conectado a una poderosa batería, y conectada con uno y otro de los lugares antes citados por medio de una línea telegráfica normal, con retorno a tierra.

En Providence, la tarde del primer concierto, el Dr. Channing y un amigo estaban conversando a través del teléfono Bell sobre un hilo desviado, que se había hecho conectando a tierra uno de los hilos del American District Telegraph en dos lugares, separado por un cuarto de milla, y los teléfonos tenía una resistencia de varios cientos de ohmios. A las ocho y media les sorprendió escuchar unas canciones por la línea, al principio débiles, pero más tarde fuertes y claras. Poco después, durante esta y las tardes siguientes, se escucharon varios aires, cantar a un tenor o soprano, o el toque de una corneta. Al investigar, resultó que la música era la misma que los conciertos que daba Edison en Nueva York.

La cuestión es cómo pasó esta música de Nueva York y Albany a un hilo desviado en Providence y su importancia científica. El instrumento musical de Edison consiste en un instrumento que convierte los sonidos en ondas galvánicas en la estación transmisora, y otro aparato que reconvierte las ondas galvánicas en ondas

sonoras en la estación receptora. La batería que se usó en estos conciertos consistía en 125 células de carbón bicromato (Nº 1 ½) con una resistencia de 1.000 a 3.000 ohmios interpuesta entre la batería y la línea. El hilo de la línea se extendía desde la oficina de la Western Union, y por el Ferrocarril de Harlem llegaba hasta Albany. Sobre los mismos postes, durante dieciséis millas, había otros cuatro hilos, todos ellos hacia Providence, y también, durante ocho millas, un quinto hilo desde Boston, por New London, hasta Providence. Todas estas líneas, incluyendo el hilo de Albany, están conectadas a una tierra común en Nueva York, y están separadas por la distancia normal y con los aisladores normales.

En Providence los seis hilos de Nueva York y Boston corren hasta la oficina de la Western Union por los mismos postes y soportes y los últimos 975 pies con un hilo del American District. Este hilo pertenece a un circuito exclusivo de cuatro millas y media, que no tiene conexión a tierra. Este hilo se derivó y los teléfonos se situaron como se ha descrito previamente.

Puede verse que la música del hilo de Albany pasó primero al hilo en paralelo Nueva York – Providence, después, de él al hilo en paralelo del District en Providence, y tercero, a un desvío del hilo de District a los teléfonos.

Esta transferencia tuvo lugar por inducción, por fugas, o, en primer lugar, en la conexión común a tierra en Nueva York; pero en la transferencia en Providence de la línea Nueva York – Boston al hilo District no hay ninguna conexión en común, y es difícil suponer que hubiera semejante fuga en los tres soportes y los tres postes (comunes en los hilos de Nueva York y District) para dar cuenta de ello. Sin rechazar por completo los otros modos de transferencia, el Dr. Channing otorga a la inducción la principal parte de este efecto.

Ahora surge la siguiente cuestión, ¿qué proporción de la fuerza eléctrica enviada en Nueva York pudo haber llegado a los oyentes en la línea derivada en Providence? Bien sea la inducción o las fugas o la tierra, ¿podemos decir que los hilos Nueva York – Providence pudieran haber robado al hilo de Albany una décima, o una centésima de su fuerza eléctrica? Cuando esta alcanzó Providence, ¿entregaron los hilos de Nueva York al hilo de District en los 975 pies una décima o una centésima parte de su fuerza? Finalmente, cuando el circuito District tuvo esta diminuta fracción, derivada con una resistencia de 500 ohmios contra los pocos ohmios del cuarto de milla, ¿desviaron una centésima parte de esta mínima fracción del hilo de District? Sencillamente, la música que se reprodujo en el teléfono de Providence no era una diez milésima parte, ni una cien milésima parte de la música original del hilo de Albany.

En Diciembre de 1877 el profesor E. Sacher de Viena emprendió una detallada investigación con vistas a medir el efecto inductivo en los circuitos telefónicos. Observó que las señales de tres células Smee, enviadas por un hilo de 120 metros, se podían escuchar perfectamente en otro hilo paralelo a una distancia de 20 metros.⁴⁵

A principios de 1879 el Sr. Henry Dufour emprendió experimentos similares, y con los mismos resultados. Se tendieron en paralelo dos hilos aislados con una longitud de 15 metros, y a una distancia que podía variar de 15 a 45 cm. En uno de los hilos conectó una batería y un aparato Morse normal, se usaron las tuberías de gas para cerrar el circuito. Los extremos del otro hilo se conectaron a un teléfono para cerrar un circuito metálico completo. LA corriente que se empleó producía una desviación de 600 en el galvanómetro. Bajo estas condiciones se escuchaban claramente en el teléfono todos los movimientos del manipulador, y el autor se vio satisfecho cuando un telegrafista dijo que podía entender las señales con los hilos separados a 45 cm.⁴⁷

Si consideramos lo cortos que eran estos hilos, los efectos son sorprendentes, pero antes de esto, también se habían obtenido resultados igual de sorprendentes en las líneas telegráficas, donde sin haber ninguna batería, y cuando la infinitesimal corriente producida al hablar ante un teléfono Bell ordinario en un hilo era capaz de inducir suficiente corriente en otro hilo para dar palabras audibles en otro teléfono en su circuito. El Dr. Channing observó que esto es posible “bajo circunstancias muy favorables”.⁴⁸

Otra sorprendente ilustración viene dada por el profesor Blake, de la Universidad Brown (EE.UU.) que habló con un amigo separado a cierta distancia de un ferrocarril (usando dos líneas para el circuito telefónico), escuchando al mismo tiempo las señales de Morse que pasaban por los hilos telegráficos separados.⁴⁹

⁴² “Journal of the Telegraph”, N.Y. 1 de Diciembre de 1877. Ver también “Jour. Inst. Elec. Eng.” Vol. VI pág. 523, Vol. VII pág. 329, “The Electrician”, Vol. IX pág. 362.

⁴³ Los efectos perturbadores de l inducción en los hilos telegráficos en los mismos postes se habían observado desde hacía tiempo. Ver el papel de Culley y su discusión en el “Jour. Inst. Elec. Eng.” Vol. IV, pág. 54. Ver también la pág. 427 para unas interesantes observaciones de Winter en la India en 1873. En 1868 el profesor Hughes, a petición de la Administración Telegráfica Francesa, emprendió una serie de experimentos con vistas a encontrar un remedio. Los resultados aparecen en su papel leído ante el Instituto de Ingenieros Eléctricos el 12 de Marzo de 1879.

⁴⁴ “Journal of the Telegraph”, N.Y. 1 y 16 de Octubre, y 1 de Noviembre de 1877. Para otras observaciones anteriores del mismo tipo ver “The Telegraphic Journal”, 1 de Marzo de 1878, pág. 96, “Journal of the Telegraph”, 16 de Marzo de 1878, “The Electrician”, Vol. VI, pág. 207, 303.

⁴⁵ “Journal of the Telegrah”, 1 de Diciembre de 1877, y reproducido en el “Jour Inst. Elec. Eng.” Vol. VI pág. 545.

⁴⁶ “Electrician”, Vol. I pág. 194.

⁴⁷ Ibid Vol. II pág. 182.

⁴⁸ Para un curioso caso similar, el caso de una mala conexión en los hilos de la línea, ver el “Telegraphic Journal” Vol. IX pág. 68.

⁴⁹ La ausencia de aislamiento en estos experimentos recuerda el hecho que una línea telefónica que usa la tierra como circuito de retorno trabaja con frecuencia mejor cuando el aislamiento es defectuoso, como si le afectara menos las corrientes ajenas. De esta forma, en 1882, la Compañía Telefónica de Evansville (Indianápolis) trabajó con 400 millas de hilo sin aisladores de ningún tipo (los hilos sencillamente estaban atados a los postes, y en general se obtenían mejores resultados que cuando se empleaban aisladores (“Electrician” Vol. IX pág. 481).

Estos han sido unos primeros ejemplos de observaciones debidas a la extrema sensibilidad del teléfono, con cuya ayuda se atacó al problema de la telegrafía sin hilos con algo de éxito, y se avanzó hacia la solución práctica.

El Sr. Gott, entonces superintendente de la compañía Telegráfica anglo-Americana en St. Pierre, fue, creo, la primera persona en sugerir usar el teléfono para esto. En un breve comunicado, publicado en el “Jour. Inst. Elec. Engs.” (Vol. VI, pág. 523), dice: “La isla de St. Pierre está, tal vez, mejor aislada que en la mayoría de otros lugares. A cientos de yardas de la estación, si se conecta un hilo a tierra, se tiende cierta distancia, y se pone nuevamente a tierra, con un teléfono en el circuito pueden escucharse las señales que pasan por el cable.”

Hay dos oficinas en la isla. –una se emplea para repetir los mensajes del cable a los cables cortos entre Sydney (C.B.) y Placentia, (N.F.), que funciona con el sistema Morse, con una batería relativamente potente, la otra es la oficina donde termina el cable de Brest y Duxbury, y está equipada con instrumentos muy sensibles –el cable Brest, que tiene una longitud de 2500 millas, funciona con el galvanómetro de espejo Thomson extraordinariamente sensible, mientras que en el cable de Buxbury se usa el instrumento del mismo inventor, el registrador de sifón. Se vio seriamente afectado el instrumento de Brest por las corrientes de tierra que fluyen por el cable, interfiriendo seriamente con las corrientes de las señales, y dificultando que el operador pueda descifrar correctamente las señales. Este fenómeno no es nada extraño; y es la causa para que se emplee como *tierra* en la oficina un hilo de recambio aislado, tendido a lo largo de la isla, a una distancia de tres millas, conectado a una placa metálica sumergida en el mar y no la *tierra de la oficina*. Esto da buenos resultados, pero se ha observado que una parte de las supuestas corrientes de tierra son debidas a las señales que envían los instrumentos Morse por su hilo, ya que cuando se conecta el registrador en el circuito entre la tierra de la oficina y la tierra en el mar a una distancia de tres millas se ven claramente las señales del Morse, tan claramente que se registran automáticamente en la cinta.

Debe comprenderse claramente que no están conectadas de ningún modo las dos oficinas, están separadas por 200 yardas, y se reciben claramente en una oficina los mensajes de la otra, la única condición es que las dos estén conectadas a tierra, y es evidente que pueden recibirse simultáneamente en *muchas* oficinas cercanas. La explicación es bastante clara. El potencial de tierra en las dos oficinas sube o baja alternativamente dependiendo de la batería del instrumento de Morse. El potencial del mar permanece prácticamente constante, y se ve prácticamente sin afectar por ella, la isla actúa como una inmensa botella de Leyden, cargada continuamente por la batería Morse y descargada, en parte, por la línea corta aislada. Cada vez que el operador del Morse pulsa el manipulador no tan sólo envía una corriente a su

cable, sino que electrifica toda la isla, y esta electrificación se detecta e indica en el registrador.⁵⁰

Como resultado de estas experiencias, el Sr. Gott expresa la opinión que “es posible hablar por tierra a distancias considerables sin hilos con el teléfono de Bell, y con una batería de señales de Morse.”

El profesor John Trowbrige de la Universidad de Harvard (América) fue el primero en estudiar de forma sistemática el problema, y para revivir el osado proyecto de un telégrafo Atlántico sin hilos de conexión, y para el proyecto menos ambicioso, pero no menos útil, de intercomunicar los barcos en el mar.¹¹ De hecho, las investigaciones de Trowbrige pueden decirse que forman el punto de salida de la historia de nuestro tema, ya que veremos más tarde, que deben principalmente a él la inspiración los Sres. Preece, Bell y otros más en este campo.⁵² Por tanto presentaremos detalladamente sus investigaciones.

El Observatorio de Harvard transmitía señales horarias entre Cambridge y Boston, a una distancia de cuatro millas, y el batido regular del reloj constituía un buen medio para estudiar la dispersión de las corrientes eléctricas en el terminal de la batería que estaba conectada a tierra en el observatorio. En todos los circuitos telefónicos entre Boston y Cambridge, en las cercanías de la línea del observatorio, se podía escuchar el tic tac del reloj. Este tic tac se había atribuido a la inducción, pero, según el profesor Trowbrige, era una conclusión errónea, como indica el análisis matemático en el que no vamos a entrar. El resultado indicaba que con los teléfonos de la resistencia empleada, no se podía percibir ningún efecto inductivo con una decena de baterías Bunsen entre hilos corriendo en paralelo separados por una distancia de 30 o 40 pies.

Por esta y otras razones, dijo, era imposible escuchar mensajes telefónicos por inducción entre hilos a menos que corrieran muy cerca en paralelo durante un largo trecho. Esta distancia generalmente excede el límite en que los teléfonos Bell normales dejan de transmitir palabras. Los efectos que normalmente se han atribuido a la inducción realmente se deben, decía, a las conexiones a tierra y a malos aislamientos.

Después de haber determinado de esta forma que los ecos de las señales horarias que se observaban en las líneas telefónicas no se debían a la inducción, sino a las pérdidas en el circuito, el profesor Trowbrige procedió a estudiar la magnitud de las superficies electrificadas o del mismo potencial en la tierra cercana a la batería del reloj. Su método de exploración era llevar un hilo de una longitud de 500 o 600 pies a tierra en cada extremo, junto con un teléfono de una resistencia de 50 a 60 ohmios. Se evidenciaba la presencia de corriente con este circuito explorador por los sonidos del tic tac ocasionados al abrir y cerrar el circuito que se escuchaban en el teléfono, y se podían escuchar las claramente señales horarias a 200 yardas del punto donde se encontraba la toma de tierra del observatorio. A una distancia de una milla del observatorio, y no en línea recta entre este sitio y la oficina telefónica

de Boston, se escuchaban las señales horarias conectando un teléfono a las tuberías de gas de un edificio y a las tuberías de agua de otro separado por 50 pies. En otro experimento en el lago Fresh Pond en Cambridge, se enviaron señales desde Boston a Waltham (10 o 20 millas) y se escucharon sencillamente sumergiendo los hilos del teléfono en el lago, separados por cierta distancia, y alejados de la tierra de la batería (¿cuatro millas?)

El profesor Trowbrigde hizo un gran número de experimentos similares, de diversas formas, y todos demostraron (1) que el terminal de la batería de descarga a tierra es el centro de ondas de energía eléctrica, que cada vez se hacen más grandes, y decrecen en fuerza o potencias a medida que se hacen más grandes, y (2) que al conectar a tierra en dos puntos de diferente potencial (no muy distantes, si se está cerca de la fuente central, y más alejados si nos alejamos de la fuente) podemos obtener en el teléfono la evidencia de su existencia. Así que el profesor Trowbrigde afirmó: –

“En una discusión de la tierra como conductor, Steinheil dice: “No podemos conjurar a los gnomos que transportan nuestros pensamientos a través de la tierra. La Naturaleza prohíbe esto. La dispersión del efecto galvánico es proporcional... al cuadrado de la distancia, así que a una distancia de 50 pies, sólo podemos obtener unos efectos ínfimos... De tener los medios para poder mantener la misma relación a la electricidad que el ojo a la luz, nada impediría que pudiéramos telegrafiar a través de la tierra sin hilos conductores.”⁵³

“Creo que el teléfono del profesor Bell está lejos de cumplir plenamente las condiciones exigidas por Steinheil, a pesar de acercarnos mucho a este deseo.

“La posibilidad teórica de telegrafiar a través del Atlántico sin cables es evidente a partir de las conclusiones que he obtenido. La posibilidad práctica es otra cuestión. Se podrían situar en algún punto de Nueva Escocia poderosas máquinas dinamo eléctricas, con un extremo puesto a tierra cerca de ellas y el otro extremo puesto a tierra en Florida, el hilo de conexión debería ser de una gran conductividad y muy bien aislado durante todo su recorrido. Explorando la costa de Francia, se podrían encontrar dos puntos en la superficie con líneas de diferente potencias, y por medio de un teléfono de baja resistencia, se podrían escuchar en Francia las señales enviadas desde Nueva Escocia a Florida: Teóricamente es posible, pero en la práctica, con nuestros conocimientos actuales, el consumo de energía en las máquinas dinamo eléctricas, sería enorme.”⁵⁴

El profesor Trowbrigde ha sugerido que su método se puede aplicar para la intercomunicación de los barcos en el mar. Supongamos un vapor provisto de una potente dinamo. Conectando un terminal de la dinamo con el agua en la proa del vapor, y el otro a un hilo largo, aislado, excepto en su extremo, remolcado por la popa, y con una boya para que no se hunda. La corriente de la dinamo pasará al agua y se dispersará por una gran área, como se ha explicado, saturando el agua

con electricidad. Supongamos que se interrumpe la corriente por cualquier medio, por ejemplo cien veces por segundo. Supongamos a un vapor que se aproxime provisto con un hilo telefónico, con los extremos conectados en el agua a proa y popa respectivamente. Al entrar en el agua saturada el teléfono responderá a las interrupciones de la dinamo dando un zumbido continuo. Si insertamos en el circuito de la dinamo un manipulador para desconectar los impulsos eléctricos en periodos cortos y largos, correspondientes al alfabeto Morse, un barco podría conversar con otro. No es necesario decir que añadiendo una dinamo y un circuito telefónico a cada barco podrían mantener una correspondencia recíproca, sólo sería necesario al barco oyente parar y desconectar la dinamo. El éxito de este método de comunicación entre barcos en medio de la niebla depende de la distancia entre los extremos de la dinamo y la fuerza de la corriente, o impulsos eléctricos impartidos al agua.

Es probable que una dinamo capaz de mantener incandescentes a cien lámparas pueda establecer suficiente diferencia de potencial entre el agua de la proa y el extremo del hilo a remolque, de media milla de largo, para afectar a un teléfono de un barco que se acerque a una milla y media de distancia.

En una discusión sobre un papel del profesor Graham Bell, leído ante la Asociación Americana para el Avance de las Ciencias, en 1884, el profesor Trowbridge describe otro plan, aunque en vez de un circuito telefónico conecta un galvanómetro sensible a unos hilos cruzados, cuyo extremo se sumergen en el agua a cada extremo del barco. Cuando aparece un barco en el área saturada por otro, el galvanómetro mostrará la perturbación de las líneas equipotenciales, y si se traza detalladamente un mapa de estas líneas, podemos averiguar la posición del barco a medida que se aproxime. Además añade: “Este método también se podría aplicar para saturar el agua alrededor de una roca, y podríamos hacer un sondeo eléctrico y averiguar nuestra posición a partir de mapas eléctricos detallados.”

En otro papel publicado más tarde en el “Suplemento del Scientific American” el 21 de Febrero de 1891, el profesor Trowbridge discute el fenómeno de la inducción, electromagnética y estática, para distinguir la fuga o conducción por tierra, en referencia a su uso para la telegrafía sin hilos.

Espero, dice, que podamos transmitir mensajes por el aire con la electricidad sin usar hilos de conexión, y se conseguirá esta realización en un futuro día. Examinaremos lo cerca que estamos actualmente de realizar este sueño.

Supone que el uso principal de cualquier método que no necesite hilos de conexión será en el mar en medio de la niebla. Es difícil que en tierra se pueda diseñar algún método eléctrico que permita distancias considerables en que el aire o el éter del espacio puedan sustituir a un conductor metálico. Es probable que la curvatura de la tierra precise de un sistema de frecuentes repeticiones, que no es necesario con el hilo. Si, se puede hacer que funcione un sistema eléctrico o magnético por el aire incluso a una distancia de una milla, tendría una gran utilidad en el mar para

impedir colisiones, ya que cualquier sistema de señales que depende de bocinas o sirenas puede confundir por las reflexiones del sonido en las capas de aire o de diferente densidad la superficie del agua. La dificultad de determinar la dirección de una bocina en medio de niebla espesa es muy conocida. Las ondas de sonido, incluso aunque se orienten mediante una trompeta o reflectores parabólicos, se abre tan rápidamente que no proporciona ninguna diferencia en la intensidad entre estar en línea recta o a un lado u otro.

El método más obvio de hacer señales con por el aire es la inducción electromagnética. Supongamos que tenemos una bobina de hilo de cobre que consiste en muchas vueltas, los extremos de ella se conectan a un teléfono (Fig. 7) Si colocamos una bobina similar, y los extremos se conectan a una batería con un manipulador, a unos pies de la primera y en paralelo, cada vez que se abra la corriente en la bobina de la batería se generará instantáneamente una corriente en la otra bobina que se puede escuchar con los clics en el teléfono.

Para ilustrar la inducción a distancia, el profesor Joseph Henry situó una bobina de hilo de un diámetro de 5 ½ pies, contra una puerta, y a una distancia de 7 pies otra bobina de 4 pies de diámetro. Cuando abría y cerraba el contacto con una batería de ocho células en la primera bobina, podía sentir pequeñas descargas en los hilos terminales de la otra bobina puestos cerca en la lengua.

En todos los métodos los hilos o bobinas producen una alteración eléctrica en una bobina cercana, pero no a más de unos pocos pies. Supongamos que se alarga el hilo diez o veinte veces, adelante y atrás de unos brazos en los mástiles de un vapor, y conectamos los extremos a una potente batería, o a un teléfono, según se quieran hacer señales o escuchar. Supongamos que un vapor que se acerque tiene un montaje similar. Si se interrumpe un gran número de veces por segundo la corriente en un barco, se puede escuchar una nota musical en el teléfono del otro barco, y *viceversa*. El sonido será más fuerte cuando las bobinas estén en paralelo. Si se pueden girar las bobinas, el oyente puede averiguar rápidamente la posición del efecto más fuerte, y fijar la dirección en la que se acerca el vapor que hace las señales.

Incluso podría no ser necesario conectar el teléfono con la bobina, ya que se ha observado que si se acerca sencillamente un teléfono al oído y se dirige a una bobina en la que se interrumpe rápidamente una corriente eléctrica, se escuchan los sonidos, incluso aunque se haya sacado la bobina del teléfono, dejando únicamente el núcleo de hierro y el diafragma.⁵⁵

No puede haber nada más sencillo que esto, pero, desgraciadamente, los cálculos demuestran que, incluso en las mejores condiciones el tamaño de las bobinas sería enorme. El profesor Trowbridge ha calculado que para producir una nota audible en un teléfono a una distancia de media milla, haría falta una bobina de diez vueltas con un radio de 800 pies, pero es evidente que está fuera de cuestión una bobina de este tamaño. En cambio, si en vez de aumentar el tamaño de la bobina

más allá de los límites prácticos de los mástiles y trinquete, aumentamos la fuerza de la señal hasta hacerla sentir a una distancia de media milla, los cálculos muestran que esta intensidad de la corriente está fuera del límite práctico de toda dinamo construida, a menos que descubramos algún método de sintonía, es decir, que las oscilaciones eléctricas en una puedan establecer vibraciones por simpatía en la otra bobina.⁵⁶

Ya que, aparentemente, tenemos pocas esperanzas en la inducción electromagnética para hacer señales en medio de la niebla, ¿no podemos encontrar algo en la inducción estática? Podemos ilustrar esta forma de inducción con uno de los primeros experimentos del profesor Henry. Se coloca una máquina eléctrica normal en el tercer piso de esta casa, y se suspende una placa metálica de pies en el conductor principal. En el primer piso, a 30 pies por debajo en línea recta, colocamos una placa similar. Cuando se carga la primera placa con la máquina, la placa inferior muestra señales de electrificación, como evidencia un electroscopio de médula de saúco.⁵⁷

La distancia a la que se detecta esta influencia puede aumentarse dependiendo de la carga de la máquina y las dimensiones de la placa. Si pudiéramos levantar una enorme placa metálica en una colina, aislada y fuertemente cargada, es probable que su influencia eléctrica se pudiera sentir a la distancia del horizonte, pero, nuevamente, comienza a aparecer la cuestión de los límites prácticos, así que en el momento actual (Febrero de 1891) me parece tan poco práctico este método como los otros.

Después de seguirme en este estudio del profesor Trowbrige, el lector puede desesperarse, ya que aunque las investigaciones del profesor son extremadamente interesantes, sus conclusiones son muy descorazonadoras. Pero es la oscuridad justo antes del amanecer, y así fue el caso.

⁵⁰ Ver la curiosa anticipación de Salvá en 1795 sobre este fenómeno. La peculiaridad, debido a formaciones geológicas, no está confinada en St. Pierre; en la práctica se encuentra normalmente aunque en menor grado. Ver algunos otros casos interesantes anotados por C.K. Winter y James Graves, “Jour. Inst. Elec. Eng.” Vol. I pág. 88 y Vol. IV pág. 34.

⁵¹ El Sr. H.C. Strong de Chicago (Illinois) afirma haber sugerido en 1857, en el diario de Peonia (Illinois) la posibilidad de comunicarse entre barcos en el mar por medio de un telégrafo sin hilos inventado recientemente por su hermano Henry Nelson en Galesburg. Ver la carta del Sr. Strong en el “Journal of the Telegraph” de Nueva York, del 15 de Agosto de 1877.

⁵² Ver las investigaciones del profesor Trowbridge en el papel, “La Tierra como Conductor de Electricidad” leído ante la Academia Americana de las Artes y las Ciencias en 1880. Ver también el Diario Americano de Ciencia de Silliman” de Agosto de 1880, cuyo texto he seguido.

⁵³ Ver el prefacio a la primera edición

⁵⁴ Un escritor del “Electrician” (Vol. V pág. 212) comentando este pasaje dice: “El profesor Trowbridge parece olvidarse de las ventajas del empleo de grandes condensadores entre las dinamos y tierra. Prestarían un gran servicio al elevar los potenciales de tierra en el terminal de la estación.”

⁵⁵ El Sr. Willoughby Smith fue, creo, el primero en la época reciente el observar estos efectos. Ver su papel en “Inducción Electrovoltaica”, “Jour Int. Elec. Eng.” Vol. XII pág. 457. Pero Page describe en 1837 efectos exactamente iguales, a los que da el nombre de Música Galvánica, y que encontró que no se debían a que el núcleo de hierro diera un sonido al magnetizarse y desmagnetizarse. De la Rive explicó aproximadamente en 1843 este sonido debido a la elongación del hierro bajo la tensión magnética –un hecho que a su vez fue observado por Joule en 1842. Para el descubrimiento de Page ver “Magazine of Popular Science”, 1837, pág. 237.

⁵⁶ Actualmente se dedica a este problema el profesor Oliver Lodge. Ver “Jour Inst. Elec. Eng.” N° 137, pág. 799.

⁵⁷ Ver una narración excelente de Henry y sus trabajos en el “Electrical Engineering” de Nueva York del 13 de Enero de 1892, y números sucesivos, debido a la pluma de su hija, Mary A. Henry. En el “Electrician” Vol. XXVIII pág. 327, 348, 407, 661 se da un resumen de estos papeles.

PROFESOR GRAHAM BELL – 1882.

Siguiendo las líneas sugeridas por el profesor Trowbrigde, el profesor Bell hizo algunos experimentos con éxito, cuya narración se da en su papel que leyó ante la Institución Americana para el Avance de las Ciencias en 1884.

“Hace unos años,” dijo, “hice unas comunicaciones usando el teléfono para encontrar las líneas equipotenciales en la superficie. Expondré brevemente los puntos principales del experimento, que se basó en los experimentos hechos por el profesor Adams del King College de Londres. El profesor Adams usó un galvanómetro en vez de un teléfono.

“En una vasija de agua coloqué una hoja de papel. En dos puntos de este papel se sujetaron dos agujas de coser, que también estaban conectadas con un interruptor que abría el circuito un centenar de veces por segundo. También tenía dos agujas conectadas a un teléfono: una aguja sujeta al papel en el agua, y en el momento que tocaba con la otra aguja en el agua escuchaba un sonido musical en el teléfono. Moviendo esta aguja por el agua, podía encontrar un sitio donde se oía ningún sonido. Este era el punto donde la tensión eléctrica era la misma que la de la aguja, y experimentando en el agua podía trazar con facilidad la línea equipotencial alrededor de los polos en el agua.

“Después se me ocurrió que este método, que si es cierto a pequeña escala también es cierto a gran escala, y podía ser la solución para un método de comunicar señales eléctricas entre barcos en el mar.

“Hice algunos experimentos preliminares en Inglaterra, y conseguí enviar señales a través del río Támesis siguiendo este método. En una orilla se situaron dos placas metálicas a cierta distancia entre ellas, y en la otra orilla se conectaron dos terminales a un teléfono. Se establecía una corriente en el teléfono cada vez que se establecía una corriente por el circuito galvánico de la orilla opuesta, y si se interrumpía rápidamente esta corriente se podía escuchar un tono musical.

“El profesor Trowbrigde me urgió a hacer algunos experimentos con gran valor y muy sugestivos. El primero se hizo en el río Potomac.

“Disponía de dos botes. En un bote había una pila Leclanché de seis elementos y un interruptor para interrumpir muy rápidamente la corriente. En la proa del bote se conectó una placa metálica en contacto con el agua, y detrás del bote remolcamos un hilo aislado, que llevaba flotando en su extremo una placa metálica, estos dos terminales estaban separados por 100 pies. Cogí otro bote y me alejé remando. En este bote hicimos el mismo montaje, pero con un teléfono en el circuito. En el primer bote, que estaba amarrado, coloqué a un hombre que hiciera señales y cuando mi bote estaba cerca de él podía escuchar muy bien sus señales –un tono musical, algo parecido a tum, tum, tum. Después remé con mi bote río abajo, y a

una distancia de una milla y cuarto, que fue la distancia más larga todavía podía distinguir estas señales.

“Por tanto es perfectamente posible que los vapores con máquinas dinamo eléctricas puedan señalarse su presencia en medio de la niebla estando a un par de millas, o quizás a una distancia superior. Probé el experimento hace poco en agua salada con una profundidad de 20 brazas. Empleé dos botes navegando, y no conseguí una distancia tan grande como en el Potomac. La distancia, que estimamos a ojo, debía ser de media milla, pero en el Potomac medimos la distancia con precisión desde la costa.

Más tarde, urgiendo una prueba práctica de su método, el profesor Bell dijo: “La mayor parte de los vapores de pasajeros tienen máquinas dinamoeléctricas, y se alumbran eléctricamente. Supongamos, por ejemplo, que uno de ellos remolca un hilo de una longitud de una milla, o cualquier otra longitud, conectado con la dinamo y cargado eléctricamente. El hilo sería prácticamente una conexión a tierra a remolque en el agua. Supongamos que se conecta un teléfono en el extremo de a bordo. Si el extremo de la dinamo o el teléfono es positivo, el extremo del hilo a remolque deberá ser negativo. Toda el agua alrededor del barco será positiva en un círculo cuyo radio fuera la otra mitad del hilo. Si nuestro hilo tiene una longitud de una milla, hay una gran área de agua bajo el barco que está cargada positiva o negativamente gracias a la dinamo y el hilo cargado eléctricamente. Sería imposible que cualquier barco u objeto aproximándose en el agua se cargara en relación a nuestro barco sin que el teléfono dijera nada al oído oyente. Ahora bien, si el barco que se acerca a esta área tiene un aparato similar, los dos barcos pueden comunicarse entre ellos por sus teléfonos. Si están en medio de una espesa niebla, pueden mantenerse a distancia. El barco que tiene el teléfono puede detectar a otros barcos en su camino, y mantenerse alejado en medio de la niebla o tormenta. El tema es tan sencillo que espero que nuestros barcos experimenten con ello.”⁵⁸

⁵⁸ Opinión Pública, 31 de Enero de 1886.

El profesor Dolbear de la Universidad Tuft, también estuvo, alrededor de la misma época que Graham Bell, ocupado en el problema de un telégrafo sin hilos, y construyó un sencillo aparato que funcionaba, y que patentó en los EE.UU. (Marzo de 1882), y del que dio una descripción en una reunión de la Asociación Americana para el Avance de las Ciencias en Agosto. Saco la siguiente narración de su especificación como publicó el “Suplemento del Scientific American” el 11 de Diciembre de 1886: –

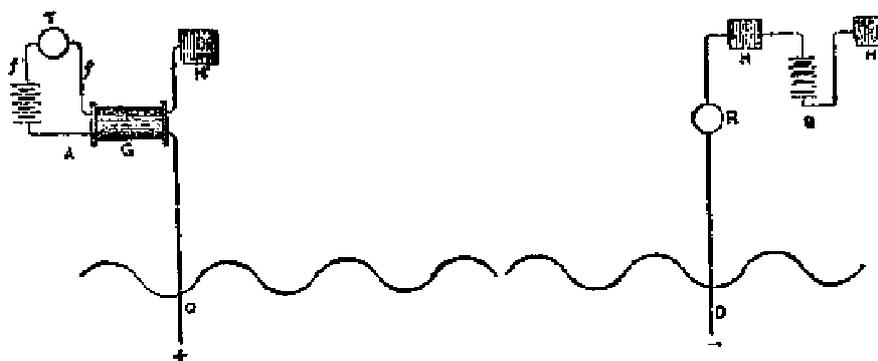


Fig. 8.

“En el diagrama, A representa un lugar (podemos decir la Universidad Tuft) y B un lugar distante (podemos decir mi residencia).

“C es un hilo que se lleva a tierra en A, y D es el hilo que se lleva a tierra en B.

“G es una bobina de inducción, que tiene en el circuito primario un transmisor microfónico T, y una batería f , que tiene un número de células suficiente para establecer en el hilo C, que está conectado con un terminal de la bobina secundaria, una bobina electromotriz de, por ejemplo 100 voltios. La batería está conectada de tal forma que no solo entrega la corriente para el circuito primario, sino que también carga o electrifica la bobina secundaria y sus terminales C y H’.⁵⁹

“Si se pronuncian palabras en la proximidad del transmisor T, la vibración de este diafragma alterará las condiciones eléctricas de la bobina G, y por tanto variará el potencial de tierra en A, y las variaciones de A causarán las correspondientes variaciones de potencial de la tierra en B, y el receptor R reproducirá las palabras pronunciadas en la proximidad del transmisor, como si los hilos C D estuvieran en contacto, o conectados a un tercer hilo.

“Existen varios métodos muy conocidos para electrificar el hilo C a un potencial positivo superior a 100 voltios, y el hilo D a un potencial negativo superior a 100 voltios.

“En el diagrama, H, H', H² representan condensadores, el condensador H' se carga a la tensión necesaria para producir el efecto deseado. Los condensadores H y H² no son esenciales, pero tienen algunas ventajas, ni es esencial el condensador H' cuando la bobina secundaria se carga de otra forma. Prefiero cargar todos estos condensadores, ya que su principal importancia es mantener las tierras de los hilos C y D electrificadas de forma opuesta, y aunque es obvio, esto se puede hacer con las baterías o con los condensadores, yo prefiero usar ambos.”

En el artículo de donde he extraído esto el autor da otras particularidades que vale la pena repetir. “Mis primeros resultados,” dice, “se consiguieron con una gran máquina magnetoeléctrica con un terminal a tierra por medio de un manipulador Morse, el otro terminal se mantiene aislado en el aire y sólo tiene una longitud de uno o dos pies, el receptor tiene un terminal a tierra, el otro terminal se tiene en la mano estando aislado el cuerpo, las distancias entre las tomas de tierra son de 60 pies. Poco después se consiguieron efectos mucho mejores y más fuertes usando una bobina de inducción con un interruptor automático y un manipulador Morse en el circuito primario, un terminal del secundario está conectado a tierra, el otro se mantiene aislado en el aire, o en un condensador de gran capacidad, con un descargador de aire de puntas finas en sus terminales opuestos. A veces he empleado una cometa dorada que eleva un hilo fino de la bobina secundaria. Las descargas son aparentemente casi tan fuertes como si fuera un circuito normal.

“La idea es causar una serie de descargas eléctricas a tierra en un lugar dado sin descargar a tierra el otro terminal de la batería o bobina de inducción –un hecho que se ha dicho tantas, tantas veces que es imposible, pero la verdad es que puede hacerse. ¡Una bobina de inducción no sigue siempre la ley de Ohm! Supongamos que en un lugar donde se encuentran los aparatos para descargar el polo *positivo* de la bobina de inducción a tierra, supongamos 100 veces por segundo, la tierra aumentará su potencial 100 veces por segundo. En otro punto colocamos un aparato similar que descarga el polo *negativo* 100 veces por segundo, de esta forma entre estos dos lugares habrá una gran diferencia de potencial que en las otras direcciones, y fluirán una serie de corrientes de tierra, 100 veces por segundo, de uno a otro. Cualquier dispositivo eléctrico, un galvanómetro o teléfono, se alterará en la última estación por estas corrientes, y cualquier intermitencia en ellas, que puede obtenerse con un manipulador Morse en el primer lugar, se podrá escuchar en el segundo lugar. Si se aumentan la intensidad de las descargas, se aumentarán las corrientes de tierra y un tejadillo aislado de hojalata es un terminal excelente para este caso. Generalmente he usado en mis experimentos mi teléfono receptor estático, aunque creo que uno magnético también responderá.

“Todavía estoy trabajando en este método de comunicación para perfeccionarlo. Podrían saberse mejor sus límites tanto en tierra como en agua que lo que se conoce ahora. Está adaptado para telegrafiar entre los barcos en el mar.

“Se han obtenido algunos resultados interesantes cuando se emplea el receptor estático con un terminal. Una persona situada a gran distancia del punto de tierra donde se produce la descarga no podrá oír nada, o muy poco, si está sobre piedras, bloques de granito o escalones; pero si se mantiene sobre alquitrán, los sonidos son lo bastante fuertes para oírse manteniendo el teléfono algo alejado del oído. Poniendo a tierra el terminal de la bobina de inducción a las tuberías de gas o agua, y el otro extremo libre, se pueden escuchar señales telegráficas en cualquier parte de un gran edificio o en sus cercanías sin *ninguna conexión de ningún tipo* suponiendo que la persona está bien aislada.”

Cuando llegemos a hablar del sistema Marconi, veremos lo cerca que estuvo Dolbear de descubrirlo, o quizás lo cerca que estuvo de anticiparse. Comparando los montajes, la Fig. 8 (en especial cuando, como indica Marconi, se usa un manipulador Morse y un interruptor en vez del transmisor microfónico) con el montaje de Marconi de la Fig. 40, veremos que en principio son prácticamente idénticos. Dolbear indica los efectos de elevación conseguidos proyectando al aire el terminal no puesto a tierra del aparato emisor y receptor de su propio descubrimiento, además usa condensadores (que corresponden a la capacidad aérea de Marconi) y el uso de cometas doradas para elevar un hilo fino es otro paso en la dirección correcta. Claro que no usó el cohesor de Branly ni el chispero de Righi indicado en la Fig. 40 (no se conocía en 1882), pero considerando que más tarde el propio Marconi lo ha descartado recientemente, y usa un chispero simple, que incluso no es completamente necesario para la producción de ondas, es suficiente con dejar la bobina secundaria “abierta”.⁶⁰

El profesor Dolbear habla de la acción de sus aparatos de una forma confusa, y no nos maravilla, ya que Hertz todavía no había aclarado lo que el profesor americano había entrevisto de una forma oscura. No hay duda de que estaba usando ondas eléctricas muy largas en 1882 (cinco o seis años antes de Hertz) y de una forma similar a como hace ahora Marconi. Cuando, por ejemplo, silbaba ante su transmisor microfónico, le hacía vibrar tal vez 4000 veces por segundo y en cierto modo, ¿no son ondas eléctricas (llamadas ahora hertzianas) de $186000/4000 = 46 \frac{1}{2}$ millas de longitud? Ahora podemos ver esto fácilmente, pero en 1882 los resultados no eran comprendidos y Dolbear estaba inclinado a atribuirlos a algún tipo de acción del éter, una caja negra que estaba comenzando a llamar la atención en el mundo eléctrico.⁶¹

Otros creen que los resultados son tan “sólo casos extraordinarios de inducción electrostática.” El profesor Houston, que vio algunos experimentos de Dolbear y los repitió, dice: “La explicación del fenómeno, tal como yo lo veo, podría ser esta –Una de las placas del receptor (el teléfono electrostático) al estar conectado a

través del cuerpo del experimentador a tierra, participa del potencial de tierra, mientras que el otro lado está realmente conectada al extremo libre del aparato emisor por una línea de partículas de aire polarizadas. El experimento es sencillamente una aplicación excepcional de los principios de la inducción electrostática, y no estoy completamente seguro de que se pueda aumentar mucho su sensibilidad, en cuyo caso tendría un enorme valor comercial.⁶²

Los amigos del profesor Dolbear afirman actualmente que el descubrimiento de la telegrafía sin hilos *a la Marconi* pertenece a él. Arguyen que el montaje de Marconi y la forma de trabajar sus circuitos aparecen sustancialmente en la patente de Dolbear de 1882, ya que los aparatos transmisores de Dolbear (bobina de inducción, batería y manipulador Morse), así como su antena y conexión de tierra en los aparatos emisor y receptor. Dolbear emitió ondas eléctricas de una longitud de muchas millas, y las recibió en su teléfono electrostático; Marconi, usando el mismo medio, emite ondas de una longitud de muchos pies, y las recibe con un cohesor de Branly. Y preguntan ¿dónde está la diferencia? Se admite que el receptor de Marconi aumentó enormemente el alcance de las señales, pero esto no afecta al principio del arte, sólo a su valor práctico, y recuerdan que el teléfono de Graham Bell, tal como se patentó en 1876, era *prácticamente inoperativo*, y sin embargo la patente le aseguró el honor y los beneficios de la invención, ya que mostró el principio que había, aunque de una forma poco perfecta. Todo esto es cierto, y espero que los primeros y extraordinarios experimentos de Dolbear en aquel tiempo se recordarán siempre, pero creo, que debe hacerse sin retirar el mérito debido a Marconi por su éxito, y creo, aplicación completamente independiente del mismo principio. Pero esto es más bien anónimo.

⁵⁹ El diagrama, que hemos copiado con detalle, no indica de ningún modo cómo se ha de hacer, pero el lector práctico puede deducir fácilmente las conexiones necesarias.

⁶⁰ Broca, “La Télégraphie sans Fil,” pág. 89.

⁶¹ Ver por ejemplo, “Telegraphic Journal”, del 15 de Febrero de 1876, pág. 61, “Sobre la Fuerza Etérica.”

⁶² “Suplemento del Scientific American” del 6 de Diciembre de 1884. Al principio Dolbear estimaba modestamente la distancia a la que podía trabajar su modelo —“al menos media milla”, pero afirma que ha hecho funcionar a su aparato a una distancia de trece millas.

La comunicación eléctrica con trenes en movimiento, como la comunicación entre los buques en el mar y con los faros, ha sido desde hace tiempo el problema favorito en los ingenieros eléctricos: además es el más viejo de los dos, y data de los primeros días de la telegrafía eléctrica.

En 1838 Edward Davy, el rival de Cooke y Wheatstone, propuso un sistema para ello. En una conferencia sobre “Telegrafía Eléctrica,” pronunciada en Londres durante el verano de 1838, dijo: –

“Tengo que decir unas palabras para otras aplicaciones de la electricidad –a saber, enviar respuestas desde un ferrocarril, dar noticias de trenes, o accidentes, o retrasos. Los numerosos accidentes que han ocurrido en los ferrocarriles parecen llamar por algún remedio de este tipo, y cuando los futuros perfeccionamientos hayan aumentado la velocidad de viajar hasta una velocidad que actualmente no se puede creer segura, así que la ciencia debe emprender todo lo necesario para promocionar este objetivo. Ahora hay un invento, protegido por patente, que, en todas las estaciones a lo largo del ferrocarril, puede verse fácilmente un dial que indica la situación exacta de las locomotoras que salen o se dirigen hacia la estación, y a que velocidad viajan. Cada vez que la máquina pasa por un mojón, el puntero del dial se mueve hacia la siguiente cifra, cada movimiento va acompañado de un sonido o alarma.

“No es sólo esto, si las dos locomotoras se acercan, por casualidad, en los mismos raíles, a una distancia de una milla o dos, puede hacerse una señal oportuna en cada locomotora haciendo sonar una alarma, y el ingeniero debe apresurarse a reducir la velocidad, o si el ingeniero está dormido o intoxicado, el vapor puede hacer la misma acción, de forma independiente de su atención, y esto evita un accidente.”⁶³

En 1842 William Fothergill Cooke publicó su “Ferrocarril telegráfico” que describe un primitivo sistema de señales para trenes, que se probó en 1843 en el túnel de Queen Street (Glasgow) y en el tunal Clay Cross (Derby), y a mayor escala, en 1844 en el Great Eastern Railway, entre Norwich y Yarmouth.

En 1845 Dujardin, en 1847 Brett y Little, en 1854 Edwin Clark, en 1855 Bonelli, y otros muchos, propusieron diversos sistemas de señales para trenes, pero al basarse en los principios normales del telégrafo y necesitar hilos de conexión, no les concedemos mucho espacio en esta historia.

El Sr. A.C. Brown, un oficial de la Eastern Telegraph Co., afirma haber sido el primero en sugerir, en 1881, el método de inducción para comunicarse con los trenes en movimiento. En una carta publicada en “Electrician” el 21 de Marzo de 1885, dice: –

“Mi principal objetivo era proporcionar un medio eficaz para hacer señales en medio de la niebla, permitiendo a los señaleros comunicarse directamente con los

conductores o guardias. Propuse tender un hilo a lo largo de forma permanente, paralelo a los raíles, y bobinar una bobina de hilo alrededor de la locomotora. O coche para comunicarse, de algún modo con el hilo largo paralelo, y lo más próximo a él, para estar bien expuesto a su acción inductiva. Propuse después colocar en la caja de señales una batería, un manipulador, y un interruptor vibratorio, o *zumbador*, y hacer señales al tren usando como receptor un teléfono en circuito con la bobina de tren. Usando un transmisor normal de carbón en el hilo, observé que se podía hablar verbalmente con el tren, ya que se podía escuchar claramente en el teléfono.

“Este diseño se anotó en un papel, en el año 1881, y depositado ante el director general de la United Telephone Co., pero la falta de tiempo y oportunidades impidió ponerlo en práctica. En ese tiempo intenté experimentalmente, usando bobinas de hilo, proporcionales a su longitud, resistencias, situadas aparte para imitar las condiciones que se tendrían en la práctica. Luego se simplificó y preparó para dar señales visibles y audibles en la locomotora o en el coche gracias a la inducción desde una línea de hilo de hierro del N° 8 a través de una distancia de 6 pulgadas, con una corriente de tan sólo un cuarto de amperio, que puede obtenerse fácilmente con las baterías Daniell empleadas normalmente en el ferrocarril.”⁶⁴

En 1883 el Sr. Willoughby Smith expuso una sugerencia similar hacia el final de su papel sobre “Inducción Electrovoltaica”, leído ante la Institución de Ingenieros Eléctricos el 8 de Noviembre de ese mismo año: –⁶⁵

“Los ingenieros telegráficos”, dice, “han trabajado mucho para conseguir el sistema que trabaja actualmente con éxito en nuestros ferrocarriles, pero todavía hay mucho espacio para perfeccionamientos. En medio de la niebla el sistema actualmente adoptado es relativamente inútil, y el recurso ha sido varias veces el método peligroso y descoordinado de hacer señales haciendo explotar cargas sobre los raíles.

“Actualmente, se me ha ocurrido que se podía emplear con ventaja la inducción electrovoltaica sobre los diversos sistemas para hacer señales. Por ejemplo, se pueden fijar una o más espiras entre los raíles y a la distancia adecuada de la estación de señales, de esta forma, cuando sea necesario, se pueden enviar por las espiras corrientes intermitentes, y se podía situar otra espiral debajo de la locomotora, o del furgón de guardia, y conectarla a una o más teléfonos situados a mano del guarda del tren. Después, al pasar el tren sobre las espirales fijas, el sonido transmitido se reproduciría fuertemente en los teléfonos e indicaría la señal transmitida.

“Uno de mis experimentos en esta dirección tal vez ilustrará mejor su significado. La espiral grande está conectada en circuito con doce células Leclanché y los dos transmisores intermitentes descritos anteriormente. Se conecta al transmisor que puede ponerse en circuito cuando sea necesario, y esto es lo que considero la estación de señales. La espiral pequeña está preparada para que pase por delante de

la grande a una distancia de 8 pulgadas, y a una velocidad de veintiocho millas por hora. Los terminales de la espira pequeña se conectan al teléfono situado en una habitación distante, el resultado será que el teléfono dará el sonido generado en cada transmisor y reconocible cada vez que la espiral pase de una a otra. Conociendo este hecho creo que se verá fácilmente lo económico y eficaz que será al sistema actual de señales de ferrocarril con este método que osado darles a conocer esta noche.”

En 1885 el Sr. T.A. Edison prestó su atención a este tema, y con su minuciosidad usual presentó un sistema completo, con la ayuda de los Sres. Gilliland, Phelps y W. Smith –el mencionado antes y a quien se le atribuye la idea.⁹⁶

El inevitable *antes de hora* apareció en los diarios técnicos de este periodo, y con la deliciosa característica del gran mago de Menlo Park, nos atrevemos a reproducirlo aquí: “La última invención del Sr. Edison, un telégrafo para trenes en movimiento, está descrito por un reciente visitante de su laboratorio. Por encima hay un tablero de ocho pulgadas de anchura, suspendido del techo por unas cuerdas en cada una de sus esquinas. Un lado está cubierto con hojalata, y se mantiene a una distancia de 20 pies. “Esto,” dijo el Sr. Edison, “es mi señal para ferrocarriles, hago saltar la electricidad a 35 pies, y lleva un mensaje. Esto es algo muy nuevo, nunca se ha empleado la inducción más allá de 3, 4 o 5 pies. Esta invención usa lo que se llama electricidad estática, y hace que los coches de un tren en movimiento puedan acceder a todas las estaciones telegráficas en el camino. Se pueden enviar los mensajes de y para los conductores, y de y para los pasajeros. No precisa ningún hilo extra, ni bajo los coches ni al lado de los coches, emplea el telégrafo normal situado a lo largo de la vía. Esta caja blanca es el receptor y transmisor. A lo largo de la parte superior de cada coche se sujetará un tablero igual, donde será visible de un modo que no será un borrón. Cuando se está telegrafando el tren, salta el mensaje del hilo a lo largo de la vía a este tablero, y se envía al aparato en el tren. Trabaja muy bien con los hilos que cuelgan a lo lejos. Es tan asombroso que nadie sabe lo que se puede hacer. Es muy económico, se pueden equipar más de 300 millas de vía por 1000 dólares.”

Esta invención fue patentada en Inglaterra el 22 de Julio de 1885, con los nombres conjuntamente de T.A. Edison y E.T. Gilliland, y descrito completamente en su especificación, N° 7583, de la que se da el siguiente resumen: –

El objeto de la invención en proporcionar aparatos para telegrafiar entre trenes en movimiento, o entre trenes y estaciones, por inducción y sin usar hilos de interconexión, El dibujo que acompaña (Fig. 9) representa una estación y partes de dos trenes con el aparato para hacer señales. El coche que se usa como oficina de señales tiene en su parte superior, o en el lado, o a cada lado, una superficie metálica condensadora que corre a lo largo de todo el coche. Esta superficie

consiste en una tira *a* de metal, de un pie de ancho, muy bien aislada mediante bloques de vidrio, o puede ser una hoja metálica, o papel de estaño sujeto por cáñamo, y aislado de igual forma del cuerpo del coche. Para aumentar la superficie condensadora total, es preferible que todos los coches del tren dispongan de estas tiras, que están conectadas eléctricamente mediante los acoplos *c* cuando se está montando el tren. Se conecta un hilo *I* con esta superficie condensadora, y se extiende desde el aparato hasta la vía que forma una conexión de tierra gracias a las ruedas y los raíles por donde viaja. El aparato que se acaba de mencionar consiste en una bobina de inducción *B*, cuyo secundario es de una resistencia extremadamente elevada, y está conectada al hilo *1* del circuito, al que también se conecta el teléfono *C* de alta resistencia. Es preferible esto a un teléfono electromotógrafo, el cilindro de tiza se mantiene en rotación constante con el motor adecuado, eléctrico o mecánico, pero se puede emplear un teléfono magnetoeléctrico o cualquier otro adecuado.

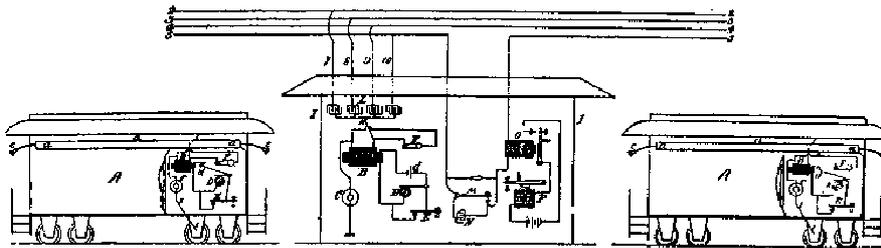


Fig. 9.

En el circuito primario de la bobina de inducción *B* hay una batería *d* y un interruptor vibrante rotativo *D*. Este consiste en una rueda que tiene en su superficie tiras de aislante, sobre la que se apoya un muelle, el circuito pasa del muelle al eje de la rueda. Esta rueda se mantiene en rápido movimiento mediante el motor adecuado, eléctrico o mecánico, las vibraciones de la corriente producidas por él, de un gran número por segundo, se escuchan en el receptor telefónico.

El vibrador tiene en paralelo un manipulador *E*, que, normalmente, le cortocircuita e impide que afecte a la bobina de inducción. Un interruptor *F* cortocircuita el hilo del secundario de la bobina de inducción mientras se recibe, y se abre para transmitir.

Los hilos telegráficos normales 2, 3, 4, 5, que están tendidos en postes a lo largo del camino, y con sus extremos conectados a tierra, se emplean para enviar las señales. Forman la otra superficie del condensador (las tiras de los coches forman la otra superficie), mientras el aire entre ellos forma el dieléctrico.

Para hacer las señales entre los trenes, las señales se transmiten accionando el manipulador *E* en la oficina del tren. Esto causa impulsos estáticos en la superficie

del condensador sobre los coches que afecta a los hilos telegráficos. Estos afectan a su vez a la superficie del condensador sobre los coches del otro tren, y causa impulsos que son audibles en el teléfono.

En cada estación de señales se levanta entre los hilos telegráficos una gran superficie metálica condensadora K (Fig. 10) Esta puede unirse a un marco sujeto en los postes telegráficos o separada de los postes. Un hilo 6 pasa desde este la superficie de este condensador a la estación, donde se conecta a tierra a través de los mismos aparatos transmisor y receptor descritos previamente para los coches.

En lugar de usar esta superficie condensadora en el exterior de la estación, se puede conectar un hilo separado (7, 8, 9, 10 en la Fig. 9) a cada hilo telegráfico (o a los que se quieran utilizar) y llevarlos a la estación, donde se conectarán al condensador L, de la forma normal. Los otro extremos de los diversos condensadores L se conectan todos juntos, y con un hilo común 11 se lleva a tierra a través de los aparatos transmisor y receptor.

Los hilos telegráficos se mantienen constantemente cerrados para transmitir los impulsos conectando en paralelo el manipulador Morse M al condensador N. Estos condensadores no interfieren con el tráfico telegráfico ordinario por los hilos, y al mismo tiempo forman caminos cerrados para los impulsos de inducción independientemente del trabajo de los manipuladores Morse normales. P y O son respectivamente el relé y resonador Morse normales.

Las estaciones para hacer señales al ferrocarril están conectadas inductivamente con los hilos de la misma forma que los trenes, las señales se reciben y transmiten en la estación igual que en el tren. Los trenes y las estaciones están conectados inductivamente con los hilos en arco múltiple, es decir, las señales se transmiten con manipuladores, interruptores y bobinas de inducción, y se reciben por teléfonos.

Las señales se hacen con los caracteres Morse, o con señales numéricas siguiendo algún código establecido.

Al hablar del potencial de su sistema, Edison, ya en 1886 dijo: "Pueden predecirse fácilmente las consecuencias. Puede haber corresponsales especiales, en el futuro, con sus despachos al lado de las oficinas de sus periódicos. El negocio del ferrocarril puede aumentarse en un grado impensable ahora, y el riesgo de accidentes descenderá notablemente al conocer la posición de los trenes y la causa de los retrasos o accidentes, si hay alguno, a lo largo de su ruta. Los barcos en el mar, separados por muchas millas, podrán comunicarse por medio de globos y cometas, elevándose a varios cientos de pies en sus muelles. Podrán pasarse mensajes de barco a barco, y los accidentes, como el de Oregon, se telegrafiarán a la tierra más próxima. En tiempos de guerra son obvias las aplicaciones del sistema del telégrafo aéreo. Regiones ahora alejadas de los telégrafos podrían estar en contacto con el mundo civilizado por medio de estaciones en montañas o bosques equipadas con los nuevos aparatos. Incluso los hombres de negocios en el futuro

podrían comunicarse con sus empleados durante los viajes y desde su oficina, y ahorrarán tiempo o ganarán dinero mientras están literalmente en las alas del viento. No es menos interesante el nuevo despegue de la telegrafía al pensar que, a su vez, podría ser el precursor de modificaciones más maravillosas del sistema rodeen la tierra en un tiempo inconcebiblemente corto comparado con el imaginado por el escritor que creó a Puck.”⁶⁷

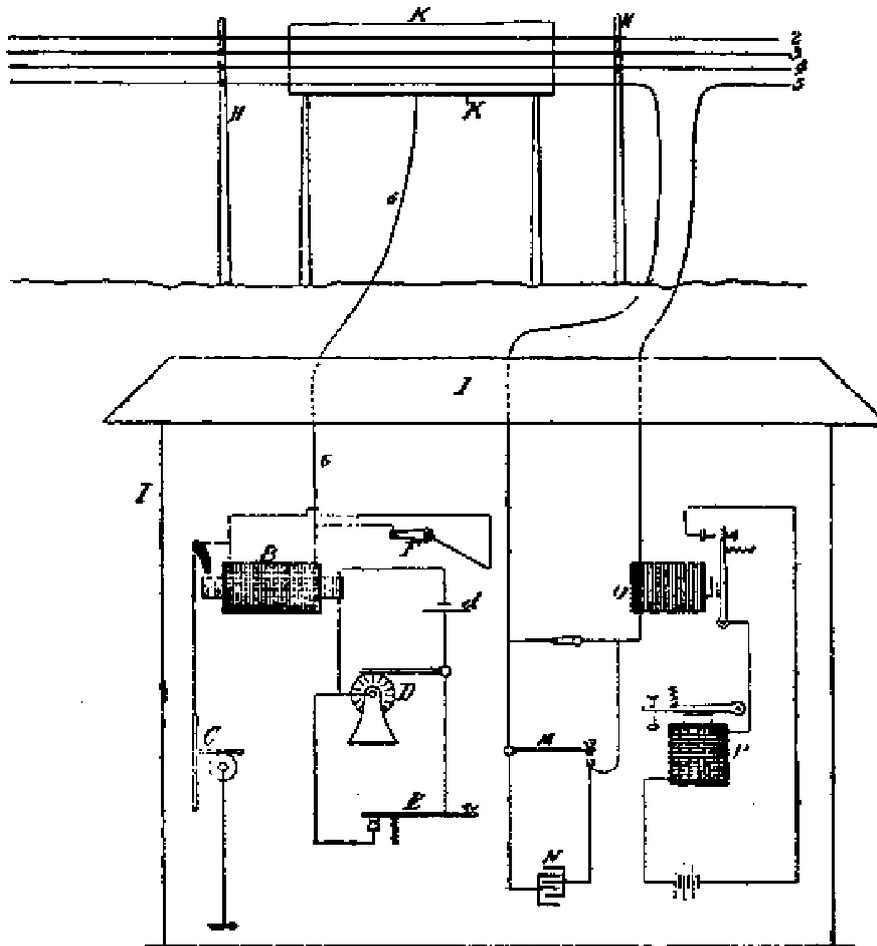


Fig. 10.

El sistema Edison para los trenes entró en funcionamiento en la Isla de los Estados; unos meses más tarde, en la línea Chicago, Milwaukee, y St. Paul; y en Octubre de 1887 se estableció a lo largo de Lehigh Valley Railroad, como indican los siguientes párrafos: –

“Ahora se ha asegurado el éxito de la llamada “telegrafía del ferrocarril”, y el 6 de Octubre de 1887, se marcará el día en la historia del telégrafo eléctrico. Ese día partirá de Jersey un tren especial con 230 miembros del Electric Club e invitados del Consolidated Railway Telegraph Company, para presenciar el funcionamiento de su sistema en el Lehigh Valley Railroad. El sistema es una combinación de los mejores detalles de las invenciones de Edison, Gilliland, Phelps y Smith, y aunque la velocidad llega a alcanzar en ocasiones las sesenta millas a la hora, los mensajes se enviarán y recibirán en el tren sin dificultad, aunque la corriente o la “inducción” tenga que saltar del tren a los hilos de la línea a una distancia de 25 pies. Se enviarán unos cuatrocientos mensajes a medida que el tren corra desde Perth Junction hasta Easton, el más largo será uno del Coronel Gouraud para el Sr. John Pender en Londres.”⁶⁸

“Uno de los triunfos más interesantes de la invención se ha conseguido en el Lehigh Valley Railroad durante las tormentas de nieve el pasado invierno en los EE.UU. Este ferrocarril ha estado usando en sus trenes el sistema de comunicación conocido como telegrafía de ferrocarril. El hilo, al ser de acero, y tendido entre postes de tan sólo 15 o 16 pies de altura, resistieron la furia de la tormenta. La consecuencia fue que todos los trenes con nieve en la Lehigh Valley Railroad se mantuvieron constantemente en comunicación con la estación término de la vía, y se podía definir exactamente su posición, y en definitiva, de todas las ventajas de una comunicación telegráfica perfecta.”⁶⁹

Poco después este sistema entró en desuso, y por una razón muy simple –nadie lo necesitaba. Puede ser que los “corresponsales especiales” y el “hombre de negocios” del futuro lo necesiten, pero aparentemente le gusta estar a salvo de cualquier tipo de telegrama mientras está “en las alas del viento”.

Unos años más tarde el Sr. Edison solicitó una nueva patente por la aplicación de su método a la comunicación a larga distancia por tierra o por mar. El “Illustrated London News” del 27 de Febrero de 1892 da un resumen de la patente ilustrada con unos dibujos.

El Sr. Edison dice que si se puede obtener la suficiente altura para sobrepasar la curvatura de la Tierra, y reducir al máximo la absorción de la tierra, se pueden hacer señales por inducción estática sin emplear hilos de conexión. Para hacer señales a través de los océanos puede ser útil este método, además el sistema puede ser útil para las comunicaciones entre los barcos en el mar, o entre los barcos en el mar y las estaciones en tierra. Tampoco hay obstáculo alguno para su uso entre puntos distantes en tierra, pero en este caso, dice “es necesario aumentar la altura

(usando postes muy altos o globos cautivos) desde los cuales se enviarán las señales, debido al efecto de absorción de las casas, árboles y colinas.” Estos postes, coronados con “superficies condensadoras”, son por cierto muy parecidos a los de Marconi –especialmente en sus primeros aparatos, donde se pueden ver “capacidades aéreas” en forma de hojas cuadradas o cilindros de cinc.

⁶³ Ver la “Historia de la Telegrafía Eléctrica” del autor, de 1884, pág. 407. El sistema de bloques más perfecto actualmente no es nada parecido a esto. ¡El plan de Davy fue patentado realmente por Henry Pinkus! Ver su solicitud de patente N° 8644, del 24 de Septiembre de 1840.

⁶⁴ Para otra propuesta del Sr. Brown ver el prólogo a la primera edición.

⁶⁵ Comparar también con sus notas, “Jour. Inst. Elec. Engs.” Del 23 de Marzo de 1882, Pág. 144.

⁶⁶ Aunque no he visto ningún reconocimiento de sus trabajos, el Sr. Edison y sus ayudantes difícilmente podían ignorar las propuestas del Sr. Willoughby Smith, y su contribución a la puesta en práctica. Una vez dada la idea, el resto está muy claro.

⁶⁷ “Weekly Irish Times”, del 10 de Abril de 1886.

⁶⁸ “Public Opinion” 4 de Noviembre de 1887.

⁶⁹ Id. 13 de Abril de 1888.

Hemos visto que se sentía la falta de algún sistema de telegrafía sin hilos desde temprano en la India, donde los ríos son muchos y muy anchos, y donde por diversas razones eran frecuentes las roturas de los cables, que causaban interrupciones que podían ser de larga duración, debido al gran caudal de las aguas y a las inundaciones en las orillas.

También hemos narrado algunos experimentos del Dr. O'Shaughnessy en esta dirección. Todo ello no es mucho, pero, desgraciadamente es todo lo que hemos podido reunir.

Hacia 1858 el Sr. Blissett, un superintendente en el Departamento Telegráfico de la India, resumió las investigaciones, y obtuvo algo de éxito empleando líneas terrestres de una longitud considerable a cada orilla del río. En 1876 el Sr. Schwendler, el electricista, hizo algunas pruebas en el Hooghly en Barrackpore, cerca de Calcuta, que continuó intermitentemente su sucesor, el Sr. W.P. Johnston.

El 9 de Septiembre de 1879, este caballero probó el siguiente montaje para hacer señales a través de un canal de agua. LA Fig. 11 indica las conexiones: –

E = 10 células Bunsen unidas en serie.

R es un instrumento de aguja con una resistencia de 1 ohmio; también hay un teléfono con una resistencia de 4,25 ohmios.

W = una resistencia de 1 ohmio

E = cuatro células Minotto conectadas en paralelo. (Este montaje compensa exactamente la corriente natural en el instrumento receptor.)

A, B, C, D son placas de cobre, de 8 pies y 8 pulgadas por 4 pies y 4 pulgadas y un grueso de $\frac{1}{16}$ de pulgada, enterradas en las orillas del canal. B está enterrada a una distancia de 15 yardas de A, y D a la misma distancia de C. Todas las placas están paralelas al canal. La resistencia entre A y B era de 7,5 ohmios, y entre C y D la misma. Bajo estas condiciones, tanto el instrumento de aguja como el teléfono daban señales claras y legibles.

Después de varios días de experimentos con otro método (Fig. 12) usando un hilo de hierro galvanizado desnudo de un peso de 600 libras por milla, se consiguieron los siguientes resultados: –

E = 15 células de Bunsen en serie.

R es un relé polarizado Siemens de una resistencia de 21 ohmios.

E = 4 pilas Minotto conectadas en paralelo

W = 10 ohmios (para compensar la corriente natural)

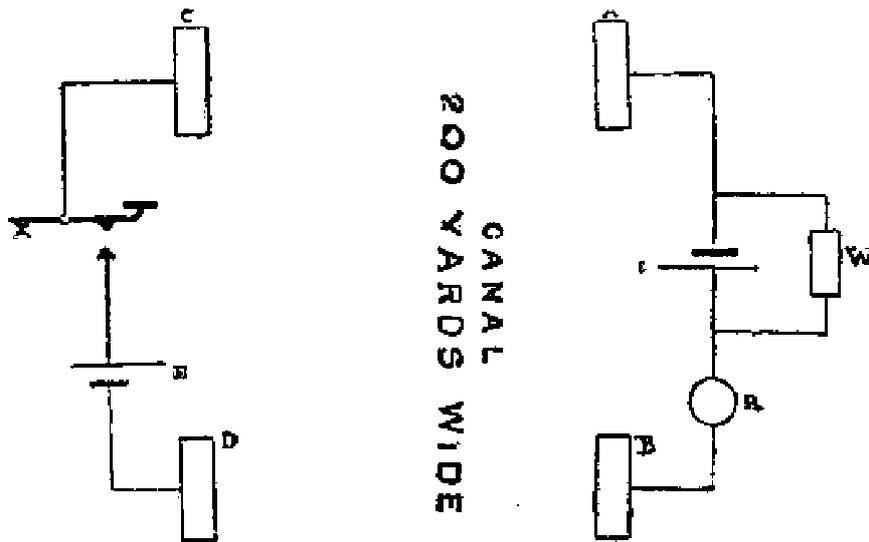


Fig. 11.

Las señales se recibían con regularidad y seguridad, la lengüeta de un relé accionaba a un resonador en un circuito local, y no había dificultad alguna para compensar la corriente natural a través del relé.

No tuvo éxito una prueba con hilo desnudo a una distancia de una milla y media. Además, parecía que para conseguir señales debía aumentarse la fuerza de la batería siguiendo el cuadrado de la distancia, rápidamente se alcanzó el límite de transmisión con el hilo desnudo bajo el agua.

Seguidamente se aislaron parcialmente tres millas del mismo hilo con una mezcla de pez y alquitrán, y el instrumento funcionó perfectamente durante una hora.

El Sr. Johnson hizo muchos experimentos en diversas veces durante 1888 en el canal y en el río Hooghly, y como resultado de estas y otras investigaciones se llegó a las siguientes conclusiones: –

1. Es muy fácil transmitir señales por un hilo desnudo sumergido en el agua a través de una milla y media.
2. Para distancias mayores, a juzgar por los experimentos, no es posible de forma práctica.

En Abril de 1889 falleció el Sr. Johnston, y su cargo de electricista se pasó al Sr. Melhuish, que se hizo cargo inmediatamente de las pruebas, y obtuvo algunos resultados muy notables, por lo que creo que el Gobierno de la India le concedió la bonita cantidad de 5.000 rupias.

Los resultados de sus investigaciones se incluyeron en un papel que se leyó ante la Institución de Ingenieros Eléctricos el 10 de Abril de 1890. “Después de estudiar”, dice, “los registros de los trabajos de mi predecesor, y saber que persiguió sin desmayo el conseguir transmitir señales a través de un hilo desnudo que cruzara un río de una anchura superior a milla y media, decidí cambiar el tipo de aparatos y continuar el experimento. Descarté el relé polarizado para corriente continua, y adopté el resonador vibrante de Cardew, con felices resultados. Comencé desde el principio, y probé enviar señales a través del agua sin conductores metálicos enterrando dos placas a cada orilla opuesta. Se intercambiaron señales legibles, se varió la distancia entre cada placa para averiguar la distancia mínima entre las placas, y todavía eran legibles las señales. Se intercambiaron señales con la separación entre las placas igual a la anchura del río, experimentando dificultades cada vez mayores a medida que se acercaban las placas entre sí, y las señales era más claras a medida que la separación entre ellas superaba la anchura del río. A partir de estos experimentos se obtuvo que para conseguir señales de la suficiente claridad para usos prácticos, era necesario construir una línea en cada orilla mucho mayor que la anchura del río, y como los ríos en la India son extremadamente anchos me impresionó el carácter impracticable de este método y decidí seguir una nueva línea.

“Esta nueva línea era tender dos hilos desnudos a través del agua, en paralelo entre ellos, y separados por cierta distancia, los extremos de las orillas se enlazarían por medio de un conductor aislado. Aunque gran parte del circuito discurriera bajo el agua, era un circuito metálico continuo. Comencé primero con un cuadrado completo, tendiendo los hilos a la misma distancia que la anchura del río, y las señales intercambiadas eran incomparablemente más fuertes que cuando se empleaban las placas enterradas en el mismo lugar. La longitud de cada uno de los dos hilos submarinos se aumentó gradualmente hasta 740 yardas, y la distancia de separación se redujo en 35 yardas, la fuerza de las señales disminuyó proporcionalmente, y cesaron de ser legibles cuando se acercaron más los hilos. A partir de estos experimentos se llegó a la conclusión que, para un enviar señales de forma práctica a través de un río amplio, sin emplear cables aislados, al menos era necesario un circuito metálico completo. Siguiendo esta conclusión, se pretendió llevarlo inmediatamente a la práctica, y se hizo el siguiente experimento. A una distancia de quince millas al oeste de Calcuta se tendió un cable a través del río Hooghly, que en este punto tiene una anchura de 900 yardas. Se empleó el hilo de hierro de protección de un cable como uno de los conductores metálicos, y a una distancia de 450 yardas río abajo se tendió un hilo, con un peso de 900 libras por milla, para formar el segundo conductor metálico, Se había tendido una línea terrestre aislada para conectar los dos conductores metálicos paralelos. El experimento tuvo bastante éxito, las señales se podían leer sin dificultad.

“Se hizo un experimento con un cable defectuoso a través del Canal Creek, y la desembocadura del río Hooghly. Se cruzó este riachuelo con dos cables tendidos en la misma zanja, con una longitud cada uno de 3.000 yardas, y uno de ellos completamente roto por el ancla de un vapor. Se hicieron varios intentos para enviar señales usando la protección de plomo de uno de los cables, y la protección de otro como hilo de retorno, pero los esfuerzos no tuvieron éxito debido a la gran proximidad de los cables. Para cada cruce debe haber una distancia mínima entre los cables tendidos, y si se supera este mínimo, que depende de la anchura del río, se establece un cortocircuito. Pero aunque no fuera posible enviar señales por medio de la protección de los cables, las señales más perfectas pasaron a través de los dos conductores cuando formaban un bucle, a pesar que los dos extremos del conductor roto estaba expuesto al mar a una distancia considerable. Se hizo un experimento para averiguar la posibilidad en el futuro de enviar señales a través de los dos conductores, en caso que ocurriera un accidente al cable bueno. Se desconectó el conductor del cable bueno en la caseta de los aparatos y se conectó a tierra, el volumen de las señales se redujo considerablemente, pero todavía continuaban siendo legibles. Por tanto se podía inferir razonablemente que si el cable bueno sufriera un accidente similar al cable defectuoso, todavía se podría comunicar con los resonadores de Cardew, enlazando los conductores rotos hasta que pudiera tenderse un cable nuevo o reparar el defectuoso.

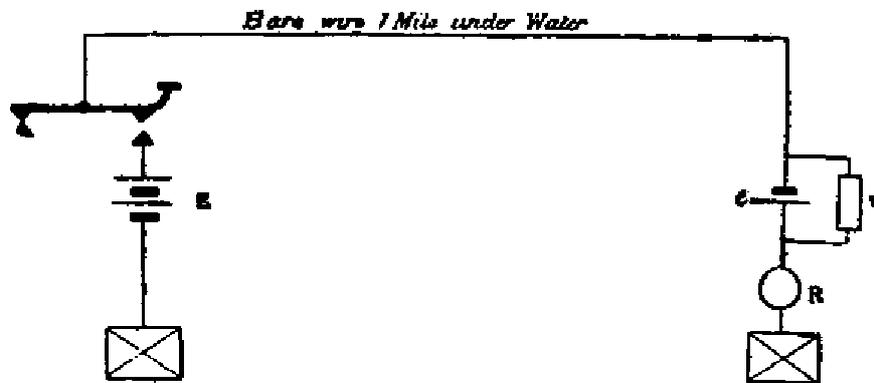


Fig. 12.

“Se podría decir que de los experimentos que tuvieron éxito se hicieron para probar la eficacia del resonador vibrante en caso que los conductores se rompieran al cruzar el río elegiría los tres siguientes, ya que presentan una evidencia progresiva del valor de este instrumento, y culminaron al establecer fuera de toda duda que puede confiarse en ellos para mantener las comunicaciones a través de los hilos de

protección de los cables mientras el conductor aislado forma parte de otros circuitos.

“*Experimento N° 1:* – La línea local desde la Oficina Central de Calcuta a Garden Reach tiene una longitud de 4 millas, y a mitad el hilo salta por un río pequeño. Se han conectado resonadores vibrantes en cada extremo de esta línea, el hilo que cruza el río se descendió y se tendió por el fondo del agua. Las señales siguieron siendo fuertes y claras en ambos extremos.

“Del éxito de este experimento puede deducirse que si en cualquier línea normal, debido a un accidente se rompiera el aislador y tocara a tierra por el soporte, o cayera a tierra o en un curso de agua, todavía podría mantenerse la comunicación por medio del vibrador resonante.

“*Experimento N° 2:* –La línea que conecta la población de Chundernagore con Barrackpore tiene una longitud de 10 millas y media, 900 yardas de la misma consisten en un cable tendido por el río Hooghly. Se han empleado resonadores vibrantes en las oficinas telegráficas en Barrackpore y Chandernagore, se ha desconectado el conductor aislado, y se ha conectado la línea a cada lado del río con los hilos de protección del cable. De esta forma media milla de las 10 millas y media del conductor está completamente bajo el agua, y aún así se encontró que era factible intercambiar mensajes entre las dos oficinas.

“Del éxito de este experimento puede razonarse que en caso que algún cable de los que cruza el río en los lugares donde no son muy anchos, bien porque el cable haga contacto a tierra, o se haya roto en parte el aislador, todavía puede mantenerse la comunicación entre las dos oficinas a ambos lados.

“*Experimento N° 3:* – Las terminales de Northern Bengal State Railway en Sara está separada de la Eastern Bengal State Railway en Damukdia por el río Ganges. Las orillas opuestas del río en este punto están conectadas por dos cables independientes. La longitud de uno de ellos es de una milla y 610 yardas, y el otro de cuatro millas. La distancia que separa las dos casetas del cable en Damukdia es de tres millas 1584 yardas, y en la orilla de Sara las casetas están separadas por sólo una milla y 211 yardas, dando una distancia lateral total de dos millas 880 yardas. Las dos casetas en cada orilla del río están conectadas por una línea terrestre aislada.

“Las líneas terrestres se han unido a los hilos de hierro de protección de los cables, se han conectado dos resonadores vibrantes, uno a cada lado del río, y se han transmitido señales que podían recibirse sin dificultad a una distancia de 6 pies del teléfono.

“Del notable éxito de estos experimentos puede deducirse que en todos los cables que cruzan el río en donde los cables están separados (y cuanto más separados mejor), en caso que se interrumpieran los cables, todavía se podría mantener la

comunicación usando resonadores vibrantes, evitando de esta forma el retraso, inconvenientes y coste de un servicio de botes.

“También se recordará que en el caso que cruce un cable paralelo, aparte de que los conductores de cobre estén en perfecto estado, también se dispone de un circuito local adicional por medio de los hilos de protección entre las casetas opuestas, y puede usarse este circuito por medio de resonadores vibrantes como un circuito auxiliar, en caso de necesidad, sin interrumpir el trabajo de los otros cables.

“Es deseable en similares circunstancias reducir toda la resistencia externa a las líneas al valor más pequeño posible, y por tanto, cuando se transmitan mensajes, debe retirarse el teléfono del circuito, y también el vibrador del extremo receptor. Para hacer esta acción doble es un requisito disponer de un manipulador. En la Fig. 13 se puede ver el funcionamiento de este manipulador, junto a las conexiones al completo para un cable paralelo.⁷⁰

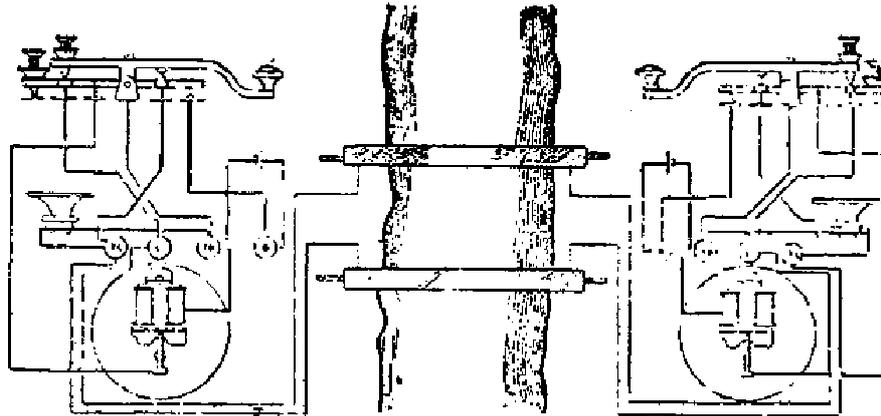


Fig. 13.

⁷⁰ El plan de Melhuish es la realización en la práctica de las primeras propuestas de Highton y Dering.

A principios de 1892 el Sr. Charles A. Stevenson de la Northern Lighthouse Board (Edimburgo) desechó la sugerencia de que se podría establecer comunicación telegráfica entre los barcos en el mar y entre los barcos y la costa por medio de bobinas.⁷¹ En el curso de ese año hizo muchos experimentos, cuyos resultados los presentó a la Royal Society de Edimburgo el 30 de Enero de 1893. En este papel⁷² describe dos métodos de comunicación entre la costa y los barcos, cada uno de ellos supone que debe sumergirse un cable a lo largo de la costa, y conectarse a tierra en el mar –presumiblemente (esto no está muy claro) por medio de una bobina de inducción o transformador.

En el primer método el barco tiene un hilo, con un teléfono en circuito, tendido de proa a popa, y terminado con bobinas sumergidas en el agua, y que pueden estar aisladas o no. Cuando el barco se aproxima o cruza el cable en ángulo recto, o muy próximo a él, la corriente que pasa por él establecida por una máquina magnetoeléctrica en la costa se escucha en los teléfonos de a bordo. Si las bobinas están en línea con el cable, como pasa cuando el barco se encuentre longitudinalmente a él, o se acerca de costado, no se escucha ningún sonido en el barco, indicando la posición del barco respecto a la dirección conocida del cable. Se tendió un hilo aislado, de 400 pies de longitud a través de un lago pequeño (Isla de Mayo) de agua ligeramente salada, a una profundidad de 15 pies. Se establecieron corrientes alternas en este cable por medio de bobinas de 3/5 de una máquina magnetoeléctrica De Meritens (que entrega una tensión de 80 voltios en sus terminales). Un bote pequeño, que tenía un hilo con un teléfono en circuito, tendido de proa a popa y terminado en bobinas sumergidas en el agua, separadas por 10 pies, se mantuvo remando en las cercanías del hilo sumergido, y se observó que se escuchaban claramente las señales en el teléfono a una distancia de hasta 300 pies.

El segundo método descrito por el Sr. Stevenson consiste en sumergir en el agua, desde la cubierta de un buque un gran electroimán (de 3 pies de largo, con 2.000 vueltas de hilo de cobre de $\frac{1}{8}$ de pulgada) con un teléfono en circuito. Las interrupciones de la corriente de seis pilas secas a través de un hilo de 200 pies de longitud se podían escuchar por el teléfono a una distancia de 40 pies en el aire, con veinte pilas secas el efecto era audible a través de 60 pies de agua salada. Además, dice, parece haber poca diferencia si el medio era aire, agua dulce o salada.

El primer método descrito lo probó en la práctica en América, a principios de 1895, el profesor Lucien Blake, y se habló favorablemente en su informe a la American Lighthouse Board, de Septiembre de 1895. Se amarró un buque faro en agua de 65 m de profundidad y a cuatro millas y media de Sandy Hook. Se tendió un cable blindado en la costa, terminado en un transformador, el núcleo de este cable estaba

conectado a tierra junto con el blindaje a través de una bobina de alta resistencia del transformador, los terminales de la bobina de baja resistencia estaban conectados a tierra de la siguiente manera. Se tienden en paralelo tres hilos de cobre, cada uno de una longitud de un cuarto de milla, en el fondo del mar y separados por 300 pies. Se conectan todos juntos en el extremo y se unen a un terminal del transformador, mientras que los otros extremos distantes se conectan a tierra por medio de trozos de alambrada de 20 pies cuadrados. El otro terminal del transformador se conecta a tierra por medio de un trozo similar de alambrada. Y se amarró el barco el centro de esta “rejilla.” A bordo se hicieron las conexiones de la siguiente forma: Los dos tubos de guindaleza se conectan a un tubo por medio de una barra de cobre, y se emplean placas extras entre el blindaje metálico y los tubos de guindaleza para asegurar una buena conexión con el mar. Se lleva un hilo aislado desde la placa de cobre al teléfono en la cabina, de aquí se lleva otro hilo a otro teléfono y después se conecta a un rabillo de conductor flexible a la popa y se sumerge en el mar.

Cuando se envían corrientes intermitentes al cable de la costa, se establece en el área bajo el barco “una distribución eléctrica desigual, cuyos potenciales son de la diferencia suficiente en los dos extremos del barco para accionar el teléfono de a bordo. Los experimentos mostraron que existe suficiente diferencia de potencial entre la proa y la placa del timón, e incluso entre el timón y la placa de proa, para accionar el teléfono, pero el efecto era mayor entre la placa del timón y el rabillo de proa”.

En otro experimento a bordo del buque Gardinia, se terminó el circuito telefónico en dos placas, de 7 x 3 pies, sumergidas en proa y en el timón, a una distancia de 113 pies. Hay “suficiente diferencia de potencial entre las placas para mantener una conversación con la costa mientras el Gardinia navegaba en las cercanías.”

El Sr. Stevenson habla de esto como un efecto electrostático, pero, como lo entiendo yo, y ha sido demostrado por el profesor Blake, este método parece ser más de efecto conductivo, y es idéntico al que han descrito los Sres. Smith y Granville.

El Sr. Stevenson llama a su segundo método “electromagnético”, para distinguirlo del primero o “electrostático”, y con ciertas modificaciones del cable sumergido podría ser *adecuado* para comunicar entre la costa y un buque faro a través de unas pocas brazas de agua. Es interesante ya que nos indica un paso adelante en la evolución de las ideas del Sr. Stevenson de los métodos conductivos a inductivos.

En un papel posterior, leído ante la Royal Society de Edimburgo, el 19 de Marzo de 1894, describe un experimento con bobinas de hilo *aisladas*, o más correctamente *espirales* y dice que ha probado recientemente su nuevo método con vistas a emplearlo para comunicar entre Muckle Flugga, en las Shetlans, y tierra.

Considerando la eficacia del principio, es muy conocido el efecto inductivo entre una espiral y otra, pero hasta ahora, incluso con una batería muy potente, es imposible saltar una distancia superior a 100 yardas, que en la práctica es inútil.

Es evidente que si se sitúan verticalmente dos bobinas de forma que coincidan sus ejes, sus planos serán paralelos, o si se colocan con sus planos en el mismo plano, estarán bien situadas para enviar corrientes eléctricas por inducción de una a otra. Para un diámetro pequeño, y cuando la energía eléctrica es muy pequeña, es adecuada la primera posición, pero cuando la energía y el diámetro son muy grandes –de hecho, muchas veces se desea esto para llevar la inducción– se ha observado que es mejor dejar las dos bobinas en el mismo plano, ya que muchas veces es impracticable levantar verticalmente bobinas de un gran diámetro, pero es muy fácil mantenerlas acostadas.

El Sr. Stevenson hizo un gran número de experimentos de laboratorio sobre la interacción entre bobinas, con el propósito de calcular el número de hilos, el diámetro de las bobinas, el número de amperios, y la resistencia de las bobinas que debía ser necesario para comunicar con Muckle Flugga, y, después de una completa investigación, era evidente que se podía saltar el espacio de 800 yardas con una corriente de un amperio con nueve espiras de hilo en cada bobina, las bobinas deberían tener un diámetro de 200 yardas, y con un par de teléfonos buenos en la bobina receptora.

Se construyeron dos bobinas, sobre postes telegráficos y aisladores, en Murrayfield, una bobina en una granja de Damhead y la otra en una granja en Saughton, y de una escala lo más parecida a las que se deseaban en Muckle Flugga. Después de construir las bobinas, se vio que era imposible la comunicación, debido a las corrientes inducidas de las líneas de Edimburgo a Glasgow, se recibían perfectamente los mensajes de estas líneas, aunque las bobinas estaban perfectamente aisladas y sin conectar a tierra. El fonoforo que tenía en sus líneas la North British Railway Co. mantenía un sonido musical constante, que impedía las observaciones. Al parar el fonoforo, se observó que daban buenos resultados 100 pilas secas, con una resistencia de 1,2 ohmios y 1,4 voltios, las observaciones se podían recibir fácilmente en el secundario por medio de tres teléfonos. Se redujo el número de pilas hasta quince, y todavía se podían enviar fácilmente los mensajes, la resistencia del primario eran 24 ohmios y el secundario no menos de 260 ohmios. Si el circuito hubiera sido de hierro, con soldaduras y bien conectado a tierra, la resistencia hubiera sido tan solo de 60 ohmios. La corriente inducida generada en el secundario estaría en relación de 480 [520?] a 210, permitiendo debido a la resistencia de los dos teléfonos, recibir prácticamente la mitad de corriente que hubiéramos tenido si en vez de usar una línea mala temporal hubiéramos dispuesto de una fija.

SE hizo una prueba con el sistema de hilos paralelos:⁷³ con 20 pilas no se escuchó ningún sonido, y con 100 pilas se escuchó únicamente un arañazo en comparación

con el sonido del sistema de bobinas con sólo 15 pilas. Se hizo una prueba con el fonoforo: las bobinas trabajaban fácilmente con 10 pilas, y se recibió un mensaje con sólo 5 pilas. Justo se pudo transmitir el sonido con el transmisor Deckert, pero se cree que si el circuito receptor hubiera tenido menos resistencia hubiera sido más fácil de escuchar.

“Es difícil,” dijo el Sr. Stevenson, “saber cómo este sistema de bobinas, al contrario que el sistema de hilos en paralelo, no se ha reconocido como el mejor, suponer que, con el montaje que tenemos, podemos escuchar igualmente en ambos sistemas con 100 pilas, ambos tienen la misma base (200 yardas), y después, doblando simplemente el número de vueltas de hilo en el primario y usando hilo grueso, el efecto se hubiera doblado prácticamente, mientras que en el sistema de hilos en paralelo no hay nada más que aumentar la potencia de la batería. Desaparece la dificultad de la corriente usando varias vueltas de hilo. Siempre debe recordarse que el efecto es el resultado de aumentar sencillamente el diámetro, manteniendo la misma corriente y resistencia. Lo mejor es aumentar el diámetro. Cuando se necesita una inducción a gran distancia partiendo de una cierta base con una batería pequeña, los experimentos en el laboratorio y las pruebas de campo muestran que el modo de vencer la dificultad de la corriente es usar un gran número de espiras de hilo. El secreto del éxito es la aportación de resistencia en el primario y en el secundario, y el número de espiras de cada una, a una batería de una potencia normal.”

1. *Sistema de bobina.* – A 870 yardas de centro a centro de las bobinas, midiendo cada una 200 yardas de diámetro, con nueve espiras de hilo, se observó que cuando se enviaban mensajes por el fonoforo con cinco pilas secas, la resistencia en el primario era de 30 ohmios y la resistencia del secundario 260 ohmios, la corriente de 0,23 amperios, que con nueve espiras daba 2 amperios vuelta.
2. Con un interruptor para abrir y cerrar, trabajando con 10 pilas, daba 0,4 amperios, o 3,6 amperios vuelta.
3. *Sistema de hilos en paralelo.* – Con un interruptor para abrir y cerrar, y con líneas en paralelo conectadas a tierra, se escuchó con 100 pilas que daban 1,1 amperios.

El circuito de la bobina primario era completamente metálico en las pruebas de Murrayfield, como la que se hubiera levantado en Muckle Flugga; pero la bobina secundaria estaba conectada a tierra. Cuando se convirtió el secundario en un circuito metálico aislado, de ocho espiras, parece ser que había poca diferencia en los resultados.

El cálculo del diámetro necesario para escuchar las señales a una distancia dada es sencillo, la distancia de escucha es proporcional a la raíz cuadrada del diámetro de

una de las bobinas, o directamente proporcional al diámetro de las dos bobinas, de esta forma, con cualquier número de amperios y de espiras, para doblar la distancia de escucha se necesita doblar el diámetro de las bobinas.⁷⁴

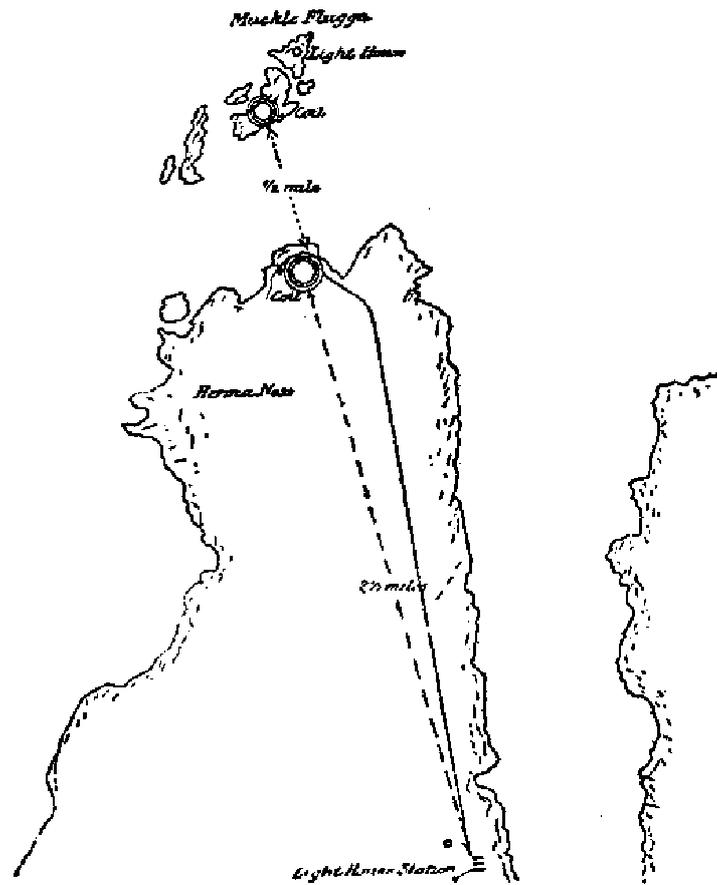


Fig. 14.

El Sr. Stevenson concluye su papel diciendo: –

“Se han hecho estas pruebas para demostrar que el sistema de bobinas no es sólo teórico, sino en la práctica es el mejor; y creo que pronto se escuchará que el Almirantazgo, etc., está experimentando con él, y finalmente poniéndolo en práctica. Entre tanto mi hermano ha recomendado a los Comisionados de Northern

Lighthouses levantar el sistema de bobinas en Muckle Flugga, y los Comisionados lo han aprobado; y espero oír enseguida de la construcción de este nuevo sistema de comunicación en el punto más al norte de las Islas Británicas, además de nuestros buques de guerra para ayudar a sus maniobras, estableciendo comunicaciones instantáneas sin verse afectadas por el viento o la meteorología.

“La aplicación del sistema de bobinas para comunicar con los buques faro es obvia, para amarrar los barcos de la forma normal, y tender desde la costa un cable, u rodear el área donde los barcos atracan permitirá escucharlos a través de una bobina de cable del diámetro necesario, que será el doble de la longitud de su cable del ancla. A bordo del barco habrá otra bobina de un número de espiras de hilo grueso. Diez pilas en el buque faro y diez en la costa serán suficientes para la instalación.”⁷⁵

En una reciente comunicación⁷⁶ el Sr. Stevenson da algunas informaciones adicionales. Refiriéndose a su instalación propuesta en el faro de North Unst, en Muckle Flugga, nos dice que ha de saltar una distancia de media milla. Los Comisionados de Norther Lighthouses, impresionados con los experimentos hechos a pequeña escala –a través de piedras y mortero– y a gran escala en Murrayfield, habían decidido instalar el sistema en Muckle Flugga, pero posteriormente, surgieron dificultades financieras, y se abandonó el proyecto.

“Es bien recordar,” dice, “que en las pruebas de Murrayfield se empleó a propósito un pequeño número de espiras. La teoría y la fórmula dan a primera vista la impresión que es mejor un único hilo extendido –el simple hecho de tener un gran efecto a distancia es desbobinar el hilo y disponerlo en línea recta apoyan esta impresión, pero la fórmula, si funciona en la práctica, debido a tener en cuenta un área *limitada* y unas cantidades *normales* de resistencia, corriente, etc., y después se descubre el hecho de bobinar los hilos (se usen o no condensadores) se convierte en una ventaja para la mayoría de casos que el ingeniero puede encontrarse.

“No es necesario, como se ha afirmado, que las bobinas sean de la misma forma y tamaño. Nada más lejos, cada caso debe tratar por separado la forma y configuración. Por ejemplo, en el caso de Muckle Flugga, mi diseño era para una línea de dos millas a tierra, con una bobina en el extremo encerrando un área mayor que la roca, que más tarde se abrió al máximo posible. De nuevo, en el caso de las islas Sule Skerry y Flannan, en el noroeste de Escocia, donde sería muy valiosa la telegrafía de inducción, sería muy valiosa, sería imposible construir las bobinas de tan gran diámetro, pero la bobina en tierra firme puede ser de dimensiones mayores, además quizás fuera mejor un único hilo con los extremos conectados a tierra.

“Para proteger una costa peligrosa, sería adecuado un hilo similar de muchas millas para comunicar señales de aviso a los barcos, en donde las bobinas serían necesariamente de pequeñas dimensiones. Hay dos modos de hacer esto, y he probado ambos. Primero, por medio de un cable submarino a lo largo de la línea de

la costa. En este caso la corriente que pasa por el cable sólo debe saltar la capa de agua hasta el barco, por ejemplo veinte brazas, o si se descuelga un electroimán desde el barco, sólo cuatro o cinco brazas. Pero el costo y mantenimiento del cable es una seria objeción. El otro método es levantar una línea de postes en la costa, bien a lo largo de la costa o en forma de bobina en una península. La principal diferencia con el primer plan es que la corriente debería ser más fuerte para saltar una distancia de varias millas en vez de unas pocas brazas, pero el coste en comparación con el cable sería muy pequeño. He probado este sistema con dos millas de postes y una bobina a un cuarto de milla con éxito total.

“He hecho numerosas pruebas con la bobina *versus* los hilos en paralelo desde 1891, y he encontrado –y al parecer otros observadores también– que no es práctico trabajar con este último más de tres o cuatro veces la longitud de la base, mientras que con bobinas he observado que se puede trabajar muchas veces su diámetro. Así en 1892, en el faro de la Isla de May, envié señales 360 veces el diámetro de una bobina electromagnética con la corriente de una máquina dinamoeléctrica de Meritens. Nuevamente en Murrayfield, envié señales a cuatro veces la base con cinco pilas secas; y en tengo en Edimburgo una bobina con núcleo de hierro de un diámetro de 17 pulgadas, que con una pila puede enviar fácilmente las señales a través de un espacio veinticinco veces su diámetro.”

⁷¹ “Engineer” 24 de Marzo de 1892.

⁷² Sobre inducción a través del aire y el agua a gran distancia sin el uso de hilos en paralelo.

⁷³ *Le.*, método de Preece, que lo describiremos a su momento.

⁷⁴ El profesor Lodge ha demostrado recientemente que la ley de la distancia no es la raíz cuadrada del diámetro, sino las dos terceras partes de la energía, con una corriente dada por el primario, de esta forma doblar la circunferencia de cada bobina permite hacer señales más lejanas que al doble de distancia, si se puede mantener igual todo lo demás. Para tal aumento, también debe aumentarse el grosor del hilo, o consumir más energía en la bobina aumentada. “Jour Inst. Elec. Engs.” N° 137. Pág. 803. Posiblemente el Sr. Stevenson no tuvo en cuenta el aumento de resistencia debido al aumento de longitud del hilo, pero para efectos prácticos se fórmula es suficiente exacta.

⁷⁵ El 28 de Mayo de 1892, el Sr. Sydney Evershed patentó un método similar usando bobinas en unión con su instrumento receptor muy sensible o relé. El plan se probó realmente en Agosto de 1896 en el buque faro de North Sand Head (Goodwin). Un extremo del cable se bobinó en un anillo del fondo del mar, abarcando toda el área sobre la que se movía el buque faro al subir o bajar la marea, y el otro extremo se conectó a la costa. El barco estaba rodeado por encima de la línea de flotación con otra bobina. Las dos bobinas estaban separadas por una distancia media de 200 brazas, pero se encontró que no se podía mantener la comunicación. El efecto de pantalla del agua marina y el efecto del casco de hierro del buque absorbía prácticamente toda la energía de la corriente del cable bobinado, y los efectos a bordo, aunque perceptibles, eran demasiado nimios –muy pequeños para enviar señales. Ver el papel de Evershed en Telegrafía por Inducción Magnética, “Jour. Inst. Elec. Engs.” N° 137, Pág. 852; también Telegrafía sin Hilos” de Stevenson en “Nature” del 31 de Diciembre de 1896.

⁷⁶ “Jour. Inst. Elec. Engs.” N° 137. Pág. 951; también el N° 139, Pág.- 307.

El último ejemplo de un telégrafo sin hilos que vamos a ver en esta parte de nuestra historia es un montaje diseñado por el profesor Rathenau de Berlín, con la ayuda de los Drs. Rubens y W. Rathenau, y que resultaba práctico hasta una distancia de tres millas en el agua.

En los diarios técnicos del continente habían aparecido los experimentos de los Sres. Preece, Stevenson y otros en Inglaterra, el profesor Rathenau, a petición de la Sociedad Eléctrica de Berlín, emprendió una completa investigación de este tema *partiendo de cero*.

Después de un detallado estudio de los trabajos de estos electricistas se convenció que los resultados favorables obtenidos en Inglaterra, en especial por Preece, se debían principalmente a la conducción. Para verificar esta opinión comenzó una serie de rigurosos experimentos, y para impedir que los efectos inductivos entraran en los cálculos decidió usar sólo la corriente de baterías, y tan sólo en una dirección.

El resultado de esta investigación se publicó en un artículo que apareció en el "Elektrotechnische Zeitschrift",²⁷ del que he sacado el siguiente resumen. Cuando se envían corrientes a través de dos electrodos sumergidos en un líquido conductor, el equilibrio eléctrico entre estos electrodos no se ve afectado en línea recta, sino en líneas que se dispersan de la forma que muestra en la Fig. 15. Si situamos en el medio líquido un conductor independiente de electricidad, atraerá, o condensará en su superficie un determinado número de estas líneas, que pueden utilizarse para la excitación de un aparato receptor construido de la forma adecuada. La distancia a la cual pueden producirse estos efectos eléctricos depende de dos factores –la intensidad de la corriente y la distancia entre los electrodos.

Se pensó que lo mejor sería hacer los experimentos en el lago Wannsee cerca de Postdam, debido a los medios en forma de aparatos ofrecidos por una estación eléctrica de alumbrado en las cercanías. El montaje se puede ver en la Fig. 15. AB es una batería de 25 células, W un grupo de resistencias bobinadas (0 a 24 ohmios), SU un interruptor movido por un motor, AM un amperímetro, VM un voltímetro, T un manipulador Morse, EP dos placas de cinc sumergidas en agua, separadas por 500 yardas, y conectadas por un cable como se indica. El circuito receptor comprende dos placas de cinc, EP₁ y EP₂, suspendidas por el cable X desde dos botes, separados por 50 a 100 yardas, y a unas tres millas de la estación transmisora, N N son teléfonos incluidos en el circuito de X. Para transmitir las señales, se envían corrientes intermitentes de la batería, que oprimiendo el manipulador a intervalos cortos o largos, se puede escuchar en los teléfonos como los puntos y rayas del código Morse.

El objetivo era establecer experimentalmente la mejor relación entre los diversos factores –a saber, la relación entre la intensidad de la corriente en el circuito

primario y la distancia de escucha en los teléfonos en el circuito secundario, el efecto de las diversas distancias entre los electrodos Ep Ep sobre la claridad de las señales, la distancia entre EP₁ EP₁ que daba el efecto más audible, y finalmente, el efecto de alterar la forma y tamaño de las placas.

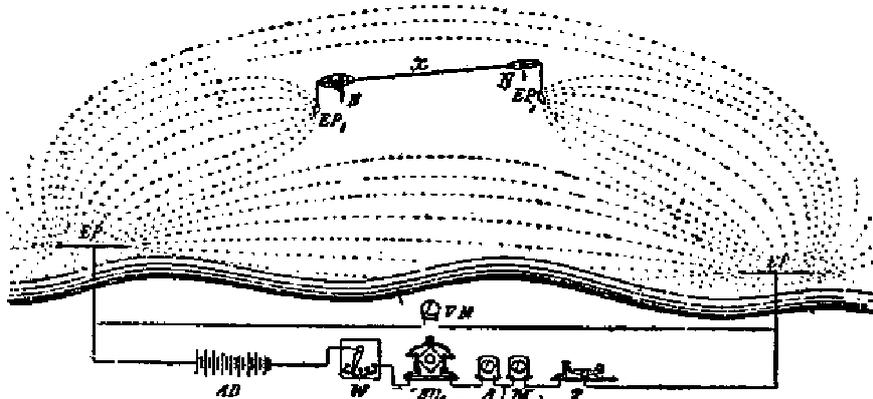


Fig. 15.

Debido a no llegar algunos aparatos diseñados especialmente para estas pruebas, la corriente media que se envió por el agua no superó los tres amperios con 150 intermitencias o impulsos de corriente por segundo. Además, el agua del Wannsee contiene muy pocas sales minerales y ofrece una alta resistencia, de esta forma era necesario usar placas de una superficie mayor de 15 yardas cuadradas.

Con este montaje no se encontró ninguna dificultad para transmitir señales desde la estación eléctrica a los botes anclados en la población de New Cladow —a una distancia, como se ha dicho, de cerca de tres millas, y el profesor Rathenau se vio satisfecho con un pequeño cambio en la construcción del teléfono ordinario que permitía escuchar las señales a distancias mucho mayores.

“Lord Rayleigh”, dice, “afirma que la sensibilidad del teléfono para corrientes con 600 alternancias por segundo es 600 veces mayor que con corrientes de 130 alternancias por segundo, pero en mis experimentos el número de impulsos no ha excedido de 150 por segundo. Para conseguir los mejores resultados en este sistema de transmisión, se podría usar un teléfono con una lengüeta metálica afinada en vez del disco metálico normal. Después, conociendo el número de interrupciones en el circuito primario, se podría ajustar la lengüeta para que vibrara al unísono con ese número, produciendo por tanto señales más claras.

“Podría decir que la resistencia del circuito receptor debería ser lo más pequeña posible. Al principio encontré dificultades para hacer una llamada en los receptores

distantes, pero este problema aparentemente complicado se puede resolver conectando un micrófono a la membrana del receptor, que actué como relé en un circuito local y produzca la llamada.

“No me parece necesario indicar que con el uso de varios generadores, cada uno generando un número definido de impulsos de corriente, se podrían enviar varios mensajes por el agua sin interferirse a teléfonos distantes, cada uno de ellos construido para que responda sólo a una frecuencia de vibraciones definida, o por medio de un generador de corriente puede enviarse un mensaje (simultáneamente) a varios teléfonos receptores distantes.

“La utilidad de este método de transmisión se podría incrementar si se encontrara el medio de dar un mensaje escrito. A sugerencia del Dr. Rubens se está construyendo ahora un aparato, siguiendo las líneas del teléfono óptico del Dr. Wien. Se espera que mediante este aparato podamos transformar las señales acústicas en ópticas, y registrarlas fotográficamente.”

La Fig. 16 muestra la situación de estos experimentos. Se observará que hay un gran banco de arena entre las estaciones, pero sin ningún efecto apreciable en los resultados.

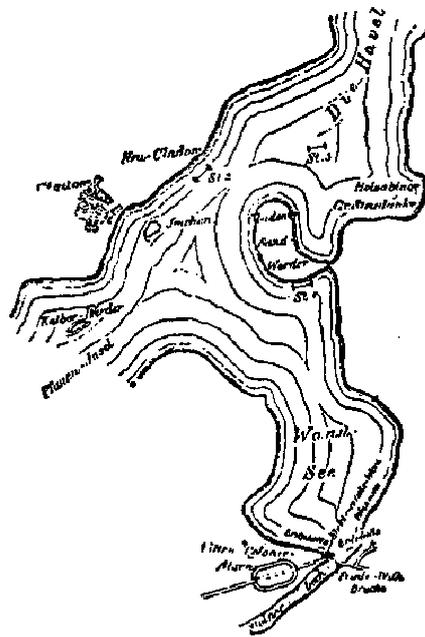


Fig. 16.

El profesor Rathenau termina este papel tan interesante con la enumeración de los puntos principales que deben observarse para aumentar la distancia efectiva a que se pueden enviar las señales.

“1. Corriente de gran intensidad en el circuito primario.

“2. Aumentar la distancia entre los electrodos del primario.

“3. Aumentar la distancia entre los electrodos receptores.

“4. Sustituir el diafragma metálico del receptor telefónico por una ligera lengüeta.

“5. Que debería estar sintonizada para responder a una frecuencia de vibración definida.”⁷⁸

⁷⁷ Extracto del “Suplemento del Scientific American” del 26 de Enero de 1895, y que he seguido en el texto.

⁷⁸ En Austria se llevaron a cabo experimentos basados en el mismo principio conductivo en la misma época, pero no he podido averiguar si tuvo éxito, ya que los resultados no se han publicado por razones militares.

TERCER PERIODO – LO PRÁCTICO

SISTEMAS ACTUALMENTE EN USO

	“La invención admirada por todos, y cómo puede ser Que lo olvidó –eso parece ser Una vez encontrado, aunque todavía todos decían que era imposible.”	
--	---	--

EL MÉTODO DE SIR W.H. PREECE.

Sir Wm Preece, actualmente el distinguido jefe de nuestro servicio de correos y telégrafos, ha hecho del tema de la telegrafía sin hilos un estudio especial durante muchos años, sus primeros experimentos datan de 1882.⁷⁹ Desde este año hasta el momento actual ha experimentado mucho en todas las partes del país, y ha publicado los resultados en numerosos periódicos –tan numerosos, de hecho, que resultan *confusos por su riqueza* para los historiadores. En lo siguiente sólo puedo intentar dar un resumen, y sería condensado, pero al lector muy interesado en el tema le aconsejaría un detallado estudio de todos los papeles, de los que adjunto una lista: –

1. Progresos recientes en el Telephony British Association Report 1882
2. Sobre inducción eléctrica entre hilos e hilos: British Association Report, 1886.
3. Sobre inducción entre hilos e hilos. British Association Report, 1887.
4. Sobre la transmisión de señales eléctricas por el espacio: Chicago Electrical Congress, 1893.
5. Señales eléctricas sin hilos: Diario de la Sociedad de las Artes, 23 de Febrero de 1894.
6. Señales a través del espacio: British Association Report, 1894.
7. Telegrafía sin hilos: Toynbee Hall, 12 de Diciembre de 1896.
8. Señales a través del espacio sin hilos: Royal Institution, 4 de Junio de 1897.
9. Telegrafía Etérica: Institución de Ingenieros Eléctricos, 22 de Diciembre de 1898.
10. Telegrafía Etérica: Sociedad de las Artes, 3 de Mayo de 1899.⁸⁰

En su primer papel de 1882 habla de disturbios en las líneas telefónicas, Sir William dice: “El descubrimiento de teléfono nos ha abierto la puerta a muchos fenómenos extraños. Nos ha permitido, entre otras cosas, establecer sin duda alguna el hecho que las corrientes eléctricas pueden atravesar realmente la corteza

terrestre. LA teoría de que la Tierra actúa como un gran depósito de electricidad podía ser arrojada a la papelera de los físicos, junto al flogisto, la materialidad de la luz, y otras viejas hipótesis. Se han conectado teléfonos a un hilo que pasa de la tierra hasta el extremo de un tejado de un gran edificio (se usan las tuberías de gas como hilo de retorno, y se han escuchado sin dificultad las señales de Morse enviadas por una oficina telegráfica a 250 yardas de distancia. Hay varios casos registrados en las líneas telefónicas a una distancia de varias millas de los hilos telegráficos, pero en una línea con los terminales a tierra, de captar las señales telegráficas; y cuando algún sistema de alumbrado emplea la tierra, impide todas las comunicaciones telefónicas en sus cercanías. No hace mucho tiempo que se interrumpieron todas las comunicaciones telefónicas en Manchester por esta causa, en Londres el efecto fue tan grande que no sólo acabó con toda la correspondencia, sino que además hacía sonar los timbres de los teléfonos. Un sistema telefónico que usa la tierra como retorno actúa, de hecho, como un puente a tierra, y capta las corrientes que están pasando de forma proporcional a las resistencias relativas de la tierra y del hilo.⁸¹

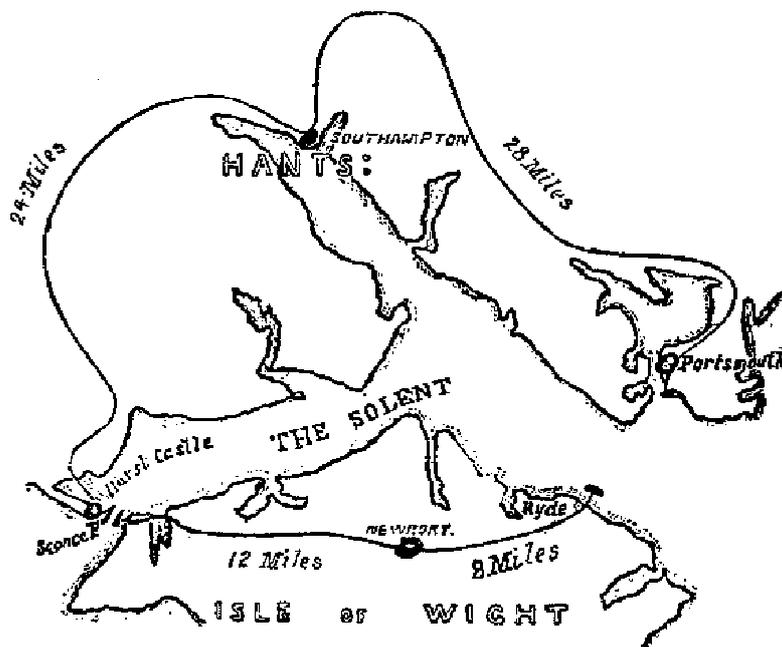


Fig. 17.

Después describe el experimento que ha hecho recientemente (Marzo de 1882) de telegrafiar a través del Solent, desde Southampton a Newport en la Isla de Wight, sin hilos de conexión. “La isla de Wight,” dice, “es un sitio importante y muy ocupado, y el cable a través de Hurst Castle es la consecuencia. Por alguna causa se rompió el cable, y era muy importante saber si podíamos comunicarnos por algún medio, y pensé que se nos presentaba una oportunidad para probar las ideas que habían sido promulgadas por el profesor Trowbridge. Puse una placa de cobre, de una superficie de 6 pies cuadrados, en el mar, en el extremo del muelle en Ryde (Fig. 17) Se pasó un hilo desde allí hasta Newport, y desde allí al mar en Sconce Point, donde instalé otra placa de cobre. Se instaló en Hurst Castle una placa similar, conectada con un hilo que corría a través del muelle de Southampton, y terminado con otra placa en el mar en el muelle de Southsea. Tenemos un circuito completo, si incluimos el agua, que va de Southampton hasta el muelle de Southsea, a 28 millas, 6 millas por el agua, de Ryde a través de Newport hasta Sconce Point, a 20 millas, vuelve a cruzar nuevamente el agua, 1 ¼ milla, y Hurst Castle regresando nuevamente a Southampton, a 24 millas.

“Primero conectamos teléfonos con altavoces Grower-Bell, pero encontramos que era imposible la conversación. Después probamos en Southampton y Newport lo que se llaman *zumbadores* (resonadores Theiler) –unos pequeños instrumentos que abren y cierran muy rápidamente la corriente con un sonido de zumbido, y a cada vibración envía una corriente al circuito. Con un *zumbador*, un manipulador Morse, y 30 pilas Leclanché en Southampton, era perfectamente posible escuchar las señales de Morse en un teléfono en Newport, y viceversa. Al día siguiente se reparó el cable, de esta forma no fue necesario hacer más experimentos.”⁸²

Preece no perdió de vista el tema, y en 1884 comenzó una investigación sistemática, teórica y experimentalmente, de las leyes y principios involucrados – una investigación que apenas ha terminado. En sus papeles leídos ante el Congreso Internacional Eléctrico de Chicago el 23 de Agosto de 1893, en la Sociedad de las Artes de Londres, el 23 de Febrero de 1894, dio un resumen de sus experimentos desde 1884 hasta esa fecha.

El último papel lo comienza haciendo la misma pregunta que en su momento hizo Faraday, ¿Qué es la electricidad? Faraday, con una precaución filosófica, respondió (lo cito de memoria) “Si me lo hubiera preguntado hace cuarenta años, creo que hubiera respondido la pregunta, pero ahora, que sabemos más sobre la electricidad, estoy menos preparado para responder lo qué es.” Sir William no es tan epigramático, ni tan cauto; pero, después de haber aprendido mucho desde la época de Faraday. “Pocos”, dice, “se aventurarían a responder atrevidamente a esta pregunta, primero porque no lo saben, segundo, porque no están de acuerdo con sus vecinos, incluso aunque lo sepan; tercero, porque sus vecinos no están de acuerdo entre ellos, incluso a qué aplicar el término.”⁸³ El físico la aplica a una cosa, el ingeniero a otra. El primero considera a la electricidad como una forma de éter,

el último como una forma de energía. No puedo comprender el concepto de los físicos, la electricidad como una forma de energía me es algo más concreto. La electricidad es para el ingeniero algo que se genera, se suministra, transforma y utiliza, economiza y gasta, se mide y se paga por ello. Produce movimiento de materia, calor, luz, descomposición química y sonido; y estos efectos son reversibles, el sonido, la descomposición química, la luz, el calor y el movimiento reproducen los efectos que llamamos electricidad.”

En los experimentos de este tipo es necesario indicar que si tenemos dos conductores en paralelo, separados entre sí por un espacio finito, y cada uno formando parte de un circuito separado e independiente, bien sean completamente metálicos o cerrados parcialmente por la tierra, y llamados respectivamente circuitos *primario* y *secundario*, podremos obtener una corriente en este último bien por conducción o por inducción; y las podemos clasificar como debidas a: –

1. Corrientes de tierra o fugas.
2. Corrientes por inducción electrostática.
3. Corrientes por inducción electromagnética.

Es muy importante eliminar (1), que se debe a la conducción, de (2) y (3) que son casos de inducción, pura y simple.

1. *Corrientes de tierra o fugas.*

Cuando en un conductor lineal se entierra cada extremo en tierra, y se establece una tensión en él por cualquier medio, la corriente de retorno resultante probablemente fluirá por la tierra en línea recta entre estos dos puntos si la conducción de la tierra es perfecta; pero como la tierra, *per se*, es un conductor muy malo (y probablemente sólo lo sea a causa de la humedad), las líneas de corriente se dispersan simétricamente de una forma que recuerda la figura de un campo magnético. Es evidente que estas corrientes se difunden a grandes distancias, y pueden detectarse fácilmente por medio de placas o varillas de exploración. Es mejor que la corriente primaria sea una corriente alterna de una frecuencia que pueda excitar a un teléfono con una nota musical clara, y si estas corrientes suben y decaen periódica y automáticamente, producen un sonido inconfundible, que si se abre y cierra con un manipulador Morse siguiendo periodos cortos y largos, podemos representar los puntos y rayas del alfabeto Morse. El circuito secundario, que contiene el receptor telefónico, se cierra en el caso de un área de tierra clavando dos varillas en tierra, y en el caso del agua sumergiendo dos placas separadas por 5 a 10 yardas.

Es necesario saber distinguir las corrientes de tierra de las debidas a la inducción, ya que pueden dar falsos efectos, y llevar a conclusiones erróneas. Se puede hacer esto fácilmente, si el instrumento es muy sensible, haciendo que la corriente

primaria sea continua, en este caso la corriente de tierra también se vuelve continua, mientras que la corriente de inducción es momentánea, y sólo se puede observar el comienzo o final de la corriente primaria.

2. *Corrientes de inducción electrostática.*

3.

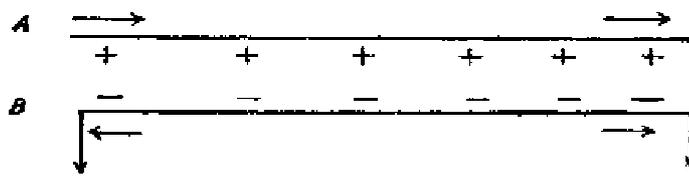


Fig. 18.

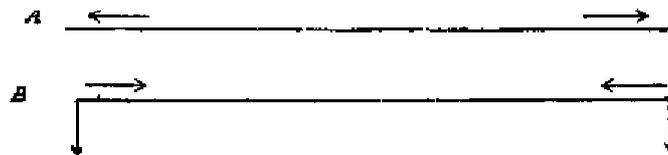


Fig. 19.

Cuando un cuerpo, A, es electrificado por cualquier medio y aislado por un dieléctrico, como el aire, establece un campo eléctrico alrededor de él; y si en este campo se coloca un cuerpo similar, B, también se electrifica por inducción. Si se establece un contacto a tierra con B, o con un condensador, o con un cuerpo muy grande, se envía a A una carga del mismo signo, y él (B) permanece cargado de signo opuesto a A. A y B están ahora cargados con una fuerza eléctrica o tensión. El dieléctrico entre ellos está desplazado, o, como decimos, *polarizado* -es decir, en un estado de tensión eléctrica, y permanece así tanto tiempo como A permanece cargado, pero si se descarga A, o se invierte o varía su carga, ocurren cambios similares en B, y también en el dieléctrico que los separa. A puede ser un hilo extendido que forma parte de un circuito primario cerrado, y su carga puede deberse a una batería u otra fuente de electricidad, luego, en el hilo secundario B (Fig. 18) igualmente extendido, el desplazamiento de carga al fluir a tierra establece una corriente momentánea cuya dirección y duración depende de la corriente en A, y de su frecuencia de vibración.

La tensión (polarización) del dieléctrico, y las cargas de A y B, permanecen inactivas durante el tiempo que la corriente fluye tranquilamente, pero cuando cesa vuelve a aparecer, y en *ambos* circuitos, aparecen corrientes momentáneas. Como indican las flechas (Fig. 19), que fluye hasta que se reestablece el equilibrio.

Esto es fácil los circuitos largos, y observando su dirección se diferencian las corrientes de inducción debidas al desplazamiento electrostático de las debidas a las perturbaciones electromagnéticas.

Los efectos de la inducción electrostática no juegan un papel importante en la investigación que estamos planteando, pero tienen una gran consecuencia en las cuestiones de velocidad de las señales en los cables submarinos largos, en las líneas terrestres aisladas, y en la claridad de la voz en la telefonía a larga distancia.⁸⁴

4. *Corrientes de inducción electromagnética.*

La fuerza magnética es la que produce, o tiende a producir, la polarización de la materia magnetizable (como el hierro, níquel, cobalto) y alteraciones electromagnéticas, o tensiones en las materias no magnetizables y en el éter. Una corriente eléctrica en un conductor establece una fuerza magnética, y crea en su cercanía un campo magnético. Las líneas de fuerza de este campo equivalen a los círculos en un plano perpendicular a la dirección de la corriente, cuyos círculos, durante las subidas de la corriente, fluyen hacia fuera o expanden, y durante las bajadas de la corriente, el flujo se invierte, de forma similar a las ondas en la superficie del agua tranquila cuando se arroja una piedrecilla, pero moviéndose a la velocidad de la luz. Por esta razón cualquier conductor lineal situado en el campo de otro conductor paralelo que transporta una corriente está cortado por las líneas de fuerza en ángulo recto –en una dirección cuando aumenta la corriente, y en la dirección opuesta cuando decae la corriente. Esta proyección hacia fuera y hacia adentro de la fuerza magnética a través del conductor lineal excita una fuerza eléctrica en ese conductor, y si forma parte de un circuito eléctrico se establece una corriente en ese circuito.

Esta es la teoría de este punto. Ahora su aclaración experimental. Aparte de los casos de interferencia mencionados, los oficiales de telégrafos y correos experimentan otros frecuentemente, el más sorprendente es el conocido como caso Gray Inn Road. En 1884 se tuvo noticia que los mensajes que se enviaban de forma normal por hilos aislados, enterrados en una tubería de hierro a lo largo del camino, se podían recibir en los circuitos telefónicos que corrían sobre postes a una altura de 80 pies. La solución a este diablillo fue sacar los hilos telegráficos y pasarlos por otro sitio más apartado.⁸⁵

En 1885 Preece preparó una exhaustiva serie de experimentos en las cercanías de Newcastle, que llevó a cabo hábilmente el Sr. A.W. Heaviside, para determinar cuales de estas molestias se debían a la inducción electromagnética, y si eran independientes de la conducción de tierra; y también para averiguar a qué distancia se podían extender estos hilos para que cesara esta influencia. Se tendieron horizontalmente por el suelo hilos aislados, cada uno de una longitud de 440 yardas

separados por un cuarto de milla, y se captaron conversaciones telefónicas estando separados por 1000 yardas mostrando que el efecto inductivo todavía era apreciable.

Con las líneas paralelas del telégrafo, separadas por diez millas y cuarto, entre Durham y Darlington, las señales normales enviadas por una eran perceptibles en un teléfono en la otra. Incluso se encontraron indicios entre Newcastle y Gretna, en las costas este y oeste, a cuarenta millas de separación, pero no hay duda que estas observaciones estaban viciadas por la conducción o fugas a lo largo de la gran red de hilos telegráficos entre estos dos puntos.⁸⁶

El distrito entre Gloucester y Bristol, a lo largo de las orillas del Severn, fue el siguiente (1886) que se eligió, donde no había ninguna línea intermedia perturbadora en catorce millas, y a una distancia media de cuatro millas y media. SE emplearon circuitos metálicos completos, el circuito de retorno pasaba por el interior, en un caso a través de Monmouth y en el otro a través de Stroud. En un circuito se abrían y cerraban rápidamente corrientes de 0,5 amperios por medios mecánicos, que daba una nota continua en un teléfono que se podía abrir y cerrar con un manipulador Morse en forma de puntos y rayas, y un vibrador de Cardew. Se detectaron pequeñas alteraciones en el circuito secundario, indicando que se había sobrepasado ligeramente el margen de audibilidad del aparato. Se observó en este experimento un hecho inesperado y es que, independientemente de que el circuito fuera completamente metálico o puesto a tierra, el resultado era el mismo.⁸⁷

Se hicieron pruebas similares en líneas a lo largo del valle del Mesey. Se estaba levantando una nueva línea de hilos de cobre entre Londres y la costa del Norte de Gales y se estaba experimentando, y se obtuvieron algunos resultados interesantes en el distrito entre Shrewsbury y Much Wenlock, y entre Worcester y Bewdley.

En otoño del mismo año (1886) el Sr. Gavey, otro de los hábiles ayudantes del Sr. Preece, obtuvo algunos resultados admirables cerca de Porthcawl, en Gales del Sur —una gran extensión de arena cubierta por la marea, esto daba la oportunidad de observar los efectos tanto en agua como en aire. Se tendieron dos cuadros horizontales de hilo aislado, de 300 yardas cada lado, a diversas distancias hasta 300 yardas, y se anotaron en uno los efectos inductivos del otro. Después se suspendió una bobina en postes de 15 pies sobre la otra, que se cubría con las aguas de la marea. No se observó ninguna diferencia en las señales inducidas, aunque el espacio entre ambas fuera agua, aire o una combinación de ambos, sin embargo un experimento posterior (1893) demostró que en un espacio de 15 pies el efecto a través del aire era mucho mejor que a través del agua.

La conclusión que se extrajo de todos estos experimentos fue que el campo magnético se extiende ininterrumpidamente a través de la tierra, como a través del aire; y si el circuito secundario estuviera en un pozo de carbón el efecto sería el mismo. De hecho, el Sr. Arthur Heaviside consiguió comunicar en 1887 entre la

superficie y las galerías de Broomhill Colliery, a una profundidad de 350 pies. Preparó un circuito en forma triangular a lo largo de las galerías con una extensión total de dos millas y cuarto, y en la superficie un circuito similar y paralelo a la línea enterrada. Se pudo mantener una conversación telefónica por inducción entre los circuitos.⁸⁸

El resultado de todos estos experimentos e innumerables investigaciones de laboratorio fue que Preece dedujo la siguiente fórmula. La primera indica la fuerza de la intensidad de la corriente C_2 inducida en un circuito secundario por una corriente dada C_1 en el circuito primario⁸⁹ –

$$C_2 = \frac{C_1}{R} \frac{\sqrt{L^2 + D^2} - D}{D} \times I,$$

Donde R es igual a la resistencia del circuito secundario, D es la distancia que separa los dos circuitos, L es la longitud del sistema inductivo, e I la inductancia del sistema. El valor de I, obtenido por experimentación de dos cuadros de hilo paralelos, de un perímetro de 1200 yardas y separados por 5 yardas, se encontró que era de 0,003.

La segunda ecuación da aproximadamente la distancia máxima X a que pueden separarse dos hilos cualesquiera de longitud L, C_1 es la corriente del primario y R la resistencia del circuito secundario.

$$X = 1.9016 \frac{\sqrt{C_1 L}}{R}$$

La constante 1,9016 se obtuvo experimentando con dos hilos en paralelo, cada uno de una longitud de una milla, con el circuito primario excitado por un amperio, el límite de audibilidad en el secundario se alcanzó a 1,9016 la conveniencia de emplear hilos de cobre del mayor tamaño que se puede, esto reduce el valor de R. Otros elementos muy importantes para el éxito son: (1) la velocidad a la cual sube y baja la corriente en el primario, cuanto más rápido mejor, y (2) la reducción a un mínimo de cualquier causa de retardo, como capacidades o autoinducciones.

Después de haber llegado a descubrir las leyes y condiciones de las perturbaciones electromagnéticas, y determinado la distancia a las que podían ser útiles, sólo le restaba a Sir William llevar sus conclusiones a la práctica. Según esto, cuando se creó en Junio de 1892 la Royal Commission sobre comunicación eléctrica entre la costa, los faros y los buques faro, elevó sus propuestas al Gobierno, y recibió una aprobación para llevarlas a cabo.

El Canal de Briston era un punto muy adecuado para probar este tipo de comunicación en la práctica a unas distancias de tres a cinco millas sin ningún

conductor que hiciera interferencias. Dos islas, Flat Holm y Steep Holm, en la línea entre Penarth y Lavernock Point, cerca de Cardiff, la primera tenía un faro (fig. 20). En la costa se suspendieron en postes tres hilos de cobre grueso combinados en un circuito con una distancia de 1267 yardas, el circuito estaba cerrado por tierra. En la línea de la marea baja en la arena, a 600 yardas de este circuito primario y paralelo a él, se tendieron dos hilos cubiertos de gutapercha y un hilo de cobre desnudo, sus extremos puestos a tierra por medio de barras clavadas en la arena.

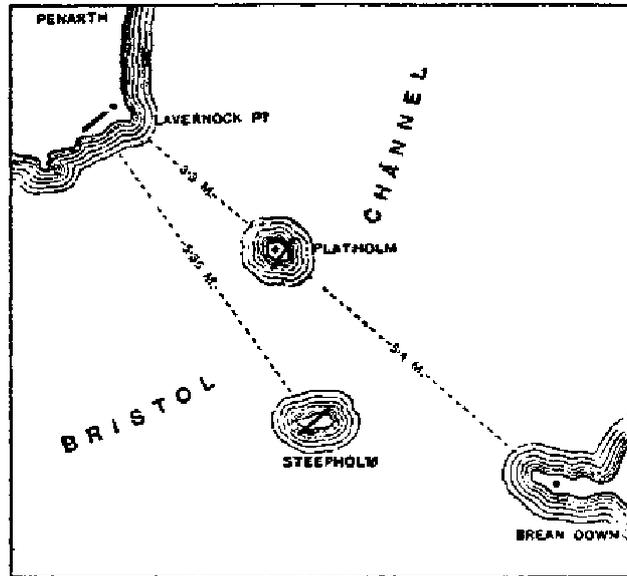


Fig. 20.

Uno de los hilos de gutapercha estaba atado a un hilo de hierro para representar a un cable. Estos hilos se veían cubiertos periódicamente por la marea, que sube aproximadamente 33 pies. En Flat Holm, a una distancia de 3,3 millas, se tendió otro hilo cubierto de gutapercha y con una longitud de 600 yardas. También había una pequeña barca de vapor con varios hilos cubiertos de gutapercha de diversa longitud. Un extremo de este hilo, de media milla de longitud, estaba atado a una boya pequeña, que actuaba como una especie de flotador y mantenía el extremo suspendido sobre la superficie del agua y se remolcaba a medida que la barca navegaba lentamente contra la marea. Se remolcó varias veces este hilo y se pasó en diversas posiciones entre el circuito primario y las islas.

El aparato que se empleó en la costa era un motor portátil Marshall de 2 CV, que accionaba un alternador Pyke & Harris, que entregaba 192 hercios a cualquier intensidad deseada hasta un máximo de 15 amperios. Esta corriente alterna se convertía en señales Morse con un manipulador. Las señales que llegaban al secundario se escuchaban por un par de teléfonos –estos mismos instrumentos se emplearon para todos los experimentos.

El objetivo de los experimentos era no tan sólo probar el envío de señales prácticas entre la costa y el faro, sino también diferenciar los efectos debidos a la conducción por tierra de la inducción electromagnética, y determinar los efectos en el agua. Era posible trazar sin dificultad la región donde dejaban de ser perceptibles como corrientes de tierra y donde comenzaban a deberse únicamente a las ondas electromagnéticas. Esto se obtuvo descolgando el cable dejándolo cerca del agua hasta hundirse. Cerca de la costa no se percibió diferencia alguna, sin importar si el cable estaba en la superficie o reposaba en el fondo, pero se alcanzó un punto, a una milla de distancia, donde cesaban todos los sonidos cuando se hundía el cable, pero volvían a recibirse cuando se regresaba el cable a la superficie. Fue sorprendente la ausencia total de sonido con el cable sumergido, y llevó a la conclusión que la energía de las ondas electromagnéticas o bien se disipaban en el agua de mar, que es un conductor, o se reflejaba en la superficie del agua, como los rayos de la luz.⁹⁰

Los experimentos en Conway Estuary demostraron la relativa transparencia del aire y del agua a estas ondas electromagnéticas, lo que apoyaba la última deducción, ya que si se aplicaba mucha energía al agua, la diferencia era más marcada. Esto parece apoyar la evidencia que las ondas electromagnéticas se transmiten a distancias considerables a través del agua, aunque todavía se ha de demostrar.⁹¹

No hay dificultad alguna de comunicarse entre la costa y Flat Holm, a 3,3 millas. Los intentos de mantener una conversación entre Lavernock y Steep Holm, a 5,35 millas, no tuvieron éxito aunque las señales eran perceptibles, la conversación fue imposible. Se detectaba el sonido, pero era imposible diferenciar los sonidos en señales Morse. De haber sido la línea más larga, o las corrientes en el primario más fuertes, es probable que se hubiera podido enviar señales.

En 1894 Preece hizo algunos experimentos satisfactorios cerca de Frodsham en el estuario del Dee, que se observó que era un punto más adecuado que las playas de Conway. Aquí, como en Conway y demás sitios, se montaron cuadrados y rectángulos de hilos aislados, y se hicieron numerosas mediciones (con galvanómetros de reflexión y teléfonos) de los efectos debidos a la variación de las corrientes en el primario, y a diversas distancias entre ellos y los secundarios.

En Escocia también se hicieron algunas pruebas con mucho éxito. Tuvieron lugar en un lago muy adecuado en las Highlands –el Lago Ness– que formaba parte del Canal de Caledonia entre Inverness y Banavie, con una línea telegráfica a cada

lado. Se cogieron cinco millas a cada lado de este lago, y se prepararon para que pudiera emplearse cualquier medida de hilo telegráfico. Se emplearon aparatos normales, no especiales. Se enviaron mensajes como antes, con señales Morse y hablando por teléfono a través de un espacio de un cuarto de milla, y de hecho, algunos sonidos fueron tan fuertes que eran suficiente para hacer una llamada de atención.

Se emplearon los siguientes aparatos a cada orilla del lago. Un equipo de baterías que consistían en 100 pilas secas, que daba una tensión máxima de 140, un reotomo de giro rápido, que abría y cerraba la corriente dando un tono musical, un manipulador Morse, con el cual se podían convertir la nota musicales en señales de Morse, resistencias bobinadas y amperímetros para modificar la corriente, dos teléfonos Bell unidos en arco múltiple para actuar como receptores. Para la transmisión de la voz se empleó un micrófono de carbón simple, conocido como Deckert, y que se emplea en los transmisores con una corriente de dos amperios que se mantenía a través de ellos y dos teléfonos en el circuito de la línea

El más ligero temor que la conducción de la tierra tuviera que ver con los resultados desapareció haciendo que las terminaciones a tierra del circuito primario estuvieran una en Inverness a una distancia de nueve millas, y la otra terminación en dos direcciones en un pequeño valle paralelo a una distancia de seis millas.

Se observó en el Lago Ness un hecho muy interesante y fue que a una frecuencia particular en el circuito primario se conseguía el máximo efecto en los teléfonos del circuito secundario. Esto confirmó la presencia de resonancia y esto es por sí mismo un hecho suficiente para demostrar que los efectos eran debidos a la transformación de ondas electromagnéticas en corrientes eléctricas.⁹²

Durante ese mismo año (1894) se hicieron experimentos entre la isla de Arran y Kintyre a través del estrecho de Kilbrannan. Se tendieron dos líneas en los costados opuestos, separadas por cuatro millas (Fig. 21), y, además, se tendieron a lo largo de la costa dos hilos cubiertos de gutapercha, a una altura de 500 pies sobre el nivel del mar y separados horizontalmente por cinco millas.

Se observaron casualmente algunos efectos extremadamente interesantes de resonancia electromagnética durante los experimentos en Arran. Se formó parcialmente un circuito metálico con el hilo aislado sobre el nivel del mar y parcialmente con una línea de hilo ordinario, el rectángulo media dos millas de largo y 500 pies de alto. Los hilos en los postes cercanos, en ángulo recto para formar los lados cortos del rectángulo, *aunque desconectados en ambos extremos*, mantuvieron las oscilaciones, y fue posible captar algunas señales en un teléfono situado en medio del circuito desconectado.

Se llegó a las siguientes conclusiones como resultado de estos numerosos y largos experimentos que pueden resumirse brevemente de esta forma⁹³: –

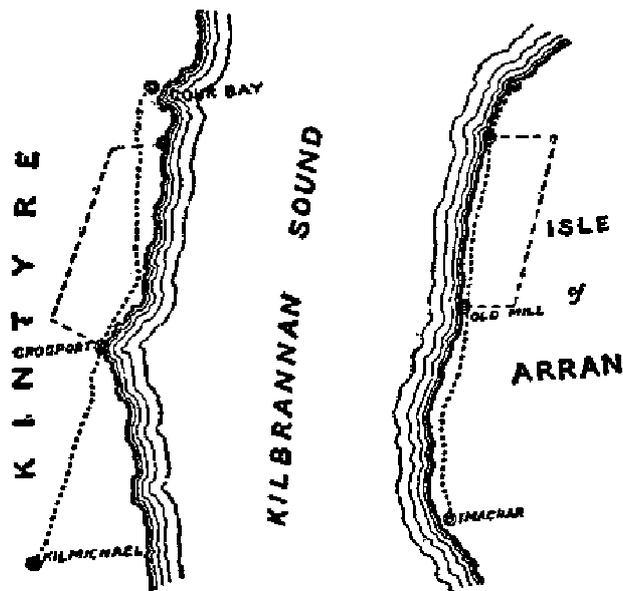


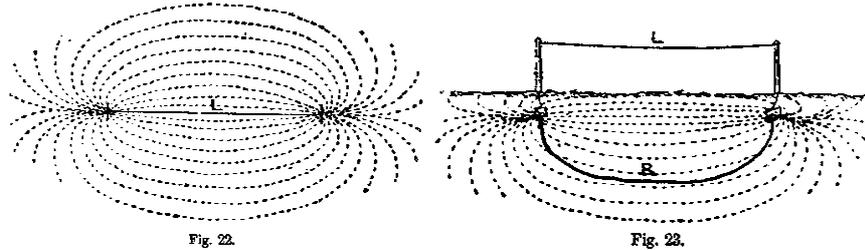
Fig. 21.

La tierra actúa simplemente como conductor, y *per se* es un conductor muy malo, su conductividad se deriva principalmente, y frecuentemente tan sólo de la humedad que contiene. Por otra parte, la resistencia de la “tierra” entre las dos placas de tierra en un circuito bueno es prácticamente cero. De esto se deduce que la masa de la tierra que forma el retorno de un circuito debe ser muy grande, ya que se sabe por la ley de Ohm que la resistencia de un circuito aumenta con su resistencia específica y su longitud, y disminuye con su sección. Por esto, si el material que forma la parte de “tierra” del circuito es, igual que el mar, homogénea, el paso de corriente entre las placas de tierra seguirá innumerables líneas, pero definidas, que si se trazan y marcan, nos darán una forma hemiesferoidal. Estas líneas de corriente se han seguido y medido. En la fig. 22 se da un plano horizontal de la superficie de la tierra, y en la Fig. 23 se da una sección vertical a través de la tierra.

Con placas de tierra separadas por 1200 yardas se han encontrado estas corrientes en la superficie a una distancia de media milla detrás de cada placa, y, en la línea que une transversalmente las dos, también es esto evidente a distancias similares en ángulo recto a esta línea.

Esta masa hemiesferoidal puede sustituirse eléctricamente por el conductor resultante (R, Fig. 23) de una forma y posición definida de este conductor imaginario. Este fue el objeto del experimento en Frodsham.

Si el material de la tierra es variable y seco el semiesferoide estará muy deformado y la sección muy irregular: las líneas de corriente se dispersarán mucho más lejos, pero el principio es el mismo, y terminará siendo un retorno. El resultado general del experimento en Frodsham indica que la profundidad de la tierra resultante era de 300 pies, en Conway se podía comparar con una profundidad de 350 pies. En el caso de Frodsham la bobina primaria tenía una longitud de 300 pies, mientras que en Conway la longitud era de 1320 pies. En el Lago Ness, y entre Arran y Kintyre, donde las líneas en paralelo variaban de dos a cuatro millas, la profundidad calculada resultó ser de 900 pies. Por tanto, la profundidad debe aumentar con la distancia que separa las placas de tierra, y esto hace posible comunicar por inducción con líneas en paralelo a distancias mucho más grandes que con cualquier otro modo.



El primer modo obvio de comunicarse a través del espacio es por medio de bobinas de hilo opuestas entre sí del modo que nos es familiar gracias a las investigaciones de Henry y Faraday. Todos los métodos descritos aquí consisten en oponer dos bobinas de hilo similares que tengan muchas espiras, una bobina es el circuito primario y la otra es el circuito secundario.

Las corrientes vibratorias o alternas de una frecuencia considerable se envían por el circuito primario, y se detectan las corrientes inducidas en el circuito secundario gracias a la nota o sonido que da un teléfono conectado al circuito secundario.

La distancia a la que es efectivo el campo creado por una bobina se aumenta con el diámetro de la bobina en mayor medida que con el número de espiras de ella. Un único hilo tendido a través de la superficie de la tierra, que forme parte de un circuito cerrado por la tierra, es una bobina de una espira, en que la parte baja está formada por el retorno a tierra resultante, y la distancia a la que se extiende su influencia depende de la altura del hilo sobre la superficie y de la profundidad de la tierra resultante.

Para establecer comunicación por medio de la inducción, hay tres circuitos disponibles —a saber, (a) hilos únicos en paralelo conectados a tierra en cada extremo; (b) bobinas en paralelo de una o más espiras; (c) bobinas de una o más espiras situadas horizontalmente y en el mismo plano.

Los mejores resultados en la práctica se obtiene con el primer circuito, en especial si el terreno admite que los hilos recorran a considerable altura sobre el mar, en tanto las placas de tierra han de estar al nivel del mar. Adoptando esta disposición el tamaño de la bobina es prácticamente el mayor, e incluso si es necesario aumentar la distancia entre los hilos en paralelo para formar una bobina más grande, el resultado es todavía mejor. En un circuito de un único hilo tenemos los efectos de inducción electrostática y electromagnética, además nos beneficiamos de cualquier conducción por tierra, pero en bobinas cerradas sólo podemos utilizar los efectos electromagnéticos.

En un experimento dos hilos de una longitud definida primero se hicieron como dos bobinas con circuito metálico, después se desbobinaron y se tendieron en línea recta opuestas entre sí, con el retorno por tierra. Los efectos y la distancia a que se observaron fueron varias veces mayores con el último que con el primero.

La ley general que regula la distancia a la que podemos hablar por inducción no se ha determinado *rigurosamente*, y es muy difícil que se pueda hacer, debido a los muchos elementos distorsionadores, tanto geológicos como eléctricos. En la práctica hemos de tratar con dos circuitos completos de forma desconocida, y en planos diferentes. Hemos obtenido algunas notables concordancias en un sitio; pero, por otra parte, también hemos obtenido resultados discordantes en otro lugar. Pero, con la fórmula aproximada dada antes, podemos deducir el hecho importante que en líneas paralelas la distancia límite se eleva siguiendo el cuadrado de la longitud, lo que demuestra que si podemos disponer de dos líneas en paralelo de la suficiente longitud sería fácil comunicar a través de un río o canal. Por supuesto, como he indicado anteriormente, la fórmula no tiene en cuenta el efecto de las ondas invertidas generado por la corriente de retorno a través de la tierra, y en el presente no existen datos para basar un cálculo satisfactorio, pero, por ejemplo, no hay dudas que con dos hilos de una longitud de diez millas se podrían enviar señales a una distancia de diez millas con facilidad.

“Aunque,” dice Sir William para acabar, “se ha demostrado que las comunicaciones a través del espacio son prácticas en algunas condiciones, estas condiciones no existen en los casos de faros aislados y buques faro, casos en los que se desea en especial disponer de ella. La longitud de secundario debe ser considerable, y, para tener unos buenos efectos, al menos igual a la distancia que separa los dos conductores. Además, el aparato que se ha de usar en el circuito es engorroso y caro, y tal vez fuera más económico tender un cable submarino normal.

“Es posible que la comunicación entre Inglaterra y Francia, a través del Canal, y tal vez entre las islas donde el canal es áspero y escarpado, el fondo rocoso, y las mareas fuertes, el sistema fuera financieramente posible. Sin embargo en tiempo de guerra puede ser muy útil. Es posible comunicarse con ciudades sitiadas bien en el mar o en tierra, o entre ejércitos separados por ríos, o incluso por enemigos.

“Como estas ondas se transmiten por el éter, son independientes del día o la noche, de la niebla o la nieve, o la lluvia, y por tanto, su por cualquier medio un faro puede destellar sus señales mediante disturbios electromagnéticos a través del espacio, los buques podrían averiguar su posición a pesar de la oscuridad y del tiempo. La niebla dejaría de ser un terror, y la electricidad sería una gran agencia salvadora de vidas.”

En la Sociedad de las Artes (23 de Febrero de 1894), Sir William dio rienda suelta a su imaginación, y vio más allá de las utilidades mundanas, concluyó su discurso con la siguiente perorata magnificadora: –

“Aunque este pequeño papel se limita sencillamente a una descripción de un sistema práctico de comunicación a través del espacio terrestre, podemos especular lo que puede ocurrir a través del espacio interplanetario. Se han escuchado sonidos extraños y misteriosos en todas las líneas telefónicas largas cuando se emplea la tierra como retorno, en especial durante las noches calmadas. Se han encontrado corrientes de tierra en los circuitos telegráficos y en las auroras boreales de nuestros cielos del norte cuando la fotosfera del sol está agitada por manchas. La superficie del sol debe estar muchas veces violentamente agitada por las tormentas eléctricas, y si se establecen oscilaciones y se radian por el espacio, en unísono con las necesarias para afectar a los teléfonos, no es un sueño imposible decir que pueda escucharse en la tierra una tormenta del sol.

“Si algún planeta estuviera poblado con seres semejantes a nosotros, que tuvieran la facultad del lenguaje y los conocimientos para dominar las grandes fuerzas de la naturaleza a su voluntad, si pudieran hacer oscilar enormes almacenes de energía eléctrica en orden telegráfico, sería posible comunicarnos mediante teléfono con los pobladores de Marte.”

La primera aplicación del sistema de Preece a las necesidades ordinarias del servicio postal telegráfico se hizo el 30 de Marzo de 1895, cuando se rompió el cable entre la Isla de Mull y Oban en Escocia. Al no haber disponible ningún barco en aquel momento para hacer las reparaciones, se estableció la comunicación tendiendo un hilo de cobre cubierto de gutapercha, de una milla y media de longitud, a lo largo de Morven, en la costa de Argylishire, mientras que en Mull se usó el cable telegráfico normal (hierro) que conectaba Craignure y Arus, la distancia media que separaba las dos bases era de dos millas. No se tuvo dificultad alguna para mantener las comunicaciones, y se transmitieron muchos mensajes públicos durante una semana hasta que se reparó el cable. En total se transmitieron 160 mensajes, incluyendo un telegrama de prensa de 120 palabras.

El diagrama (Fig. 24) muestra los aparatos y conexiones, tan sólo es necesario añadir que *a* es un reotomo, o interruptor de rueda, accionado para producir unas 260 interrupciones de corriente por segundo, que daba una nota agradable por el

teléfono, y se escuchaba fácilmente cuando se convertía con el manipulador Morse en puntos y rayas; *b* es una batería de 100 pilas Leclanché, del tipo llamado seca y portátil; *c* es un interruptor para poner en marcha y parar el reotomo según sea necesario, y *d* es un teléfono que funciona de receptor.

Desde Marzo de 1898 este sistema ha estado establecido permanentemente para hacer señales entre Lavernock Point y Flat Holm, y lo controla la Oficina de Guerra. Se han levantado líneas de hilos en paralelo de hilo grueso de cobre, una en Flat Holm y la otra en tierra.

El pesado e incómodo alternador Pyke & Harris de los primeros experimentos en la misma línea (Pág. 149) se ha sustituido hace poco por 50 pilas Leclanché. La frecuencia se ha elevado a 400 interrupciones por segundo, esto ha elevado en gran medida la fuerza de las corrientes inducidas. Usando líneas de base de cobre grueso se han hecho las resistencias lo más reducidas posible. No hay capacidad medible, se ha eliminado la autoinducción, y no hay impedancia. Por esta razón las señales son perfectas, y la velocidad de trabajo depende únicamente de la destreza del operador. Se dice que se han llegado a transmitir hasta 40 palabras por minuto sin necesitar ninguna repetición —una velocidad que pocos telegrafistas llega a alcanzar, y aún menos mantener.

Un poco más tarde el Sr. Sydney Evershed añadió relés para accionar una campanilla, que es lo único que faltaba para convertir el sistema en algo completo y práctico.⁹⁴

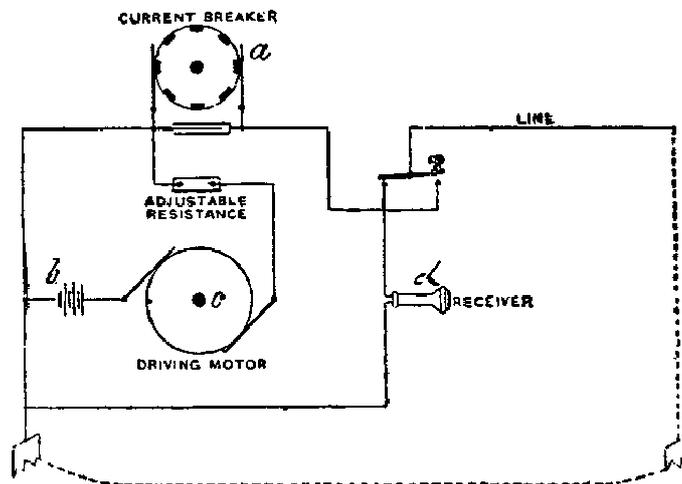


Fig. 24.

⁷⁹ Además ocurre que uno de los primeros experimentos que se hizo en electricidad sobre este tema en 1854. Ver el prólogo a la primera edición.

⁸⁰ Esta lista no pretende ser completa. Sin duda existen otros papeles que han escapado a mis pesquisas.

⁸¹ Para las primeras noticias de este mismo tiempo ver el prólogo a la primera edición.

⁸² El capitán (ahora coronel) Hippisley, R.E., que hizo estas pruebas pensaba que la presencia del cable roto a través de Solent alteró algo los resultados, al estar recubierto de un blindaje de hierro podía haber ayudado a conducir la corriente.

⁸³ Los “sutancialistas” le llaman un tipo de materia. Otros lo ven como una forma de energía. Otros rechazan ambos puntos de vista. El profesor Lodge la considera como una forma, o más bien un modo de manifestación del éter. El profesor Nikola Tesla pone objeciones a esta idea, pero no ve objeción alguna a llamar electricidad a la asociación del éter con la materia, o éter enlazado. Las altas autoridades todavía no se han puesto de acuerdo si hay una electricidad o dos electricidades opuestas. –Sir W. Crookes “Fortnightly Review”, Febrero de 1892.

⁸⁴ Durante una interesante investigación del fenómeno electrostático en los circuitos telefónicos ver los papeles del Sr. Carty en el “Electrician” del 6 de Diciembre de 1889 y del 10 de Abril de 1891.

⁸⁵ Estos son casos más recientes del mismo tipo. Corrientes entre la City y South London Electric Railway afectaron a los galvanómetros registradores en el Observatorio de Greenwich, a cuatro millas y media de distancia, e incluso se pudo hacer un diagrama del servicio del ferrocarril tocando cualquier parte del área metropolitana.

Hace unos diez años una de las dinamos en la central eléctrica de Ferranti en Deptford por algún accidente quedó conectada a tierra, con el resultado que tolos los telégrafos del ferrocarril en las cajas de señales de los ferrocarriles en South London quedaron anuladas temporalmente e inoperativas, mientras la corriente fluyó a tierra se percibió en los instrumentos telegráficos tan al norte como Leicester y tan al sur como París.

⁸⁶ British Association Report, 1886.

⁸⁷ Estos experimentos se repitieron con gran éxito en 1889.

⁸⁸ Los siguientes experimentos mostraron que la conclusión a la que se había llegado para la tierra y para el aire sólo era parcialmente verdadera para el agua. Se hicieron pruebas telefónicas en Dover Harbour a través de 36 pies de agua, pero no se pudieron obtener señales prácticas a través de 400 pies en Nort Sand Head, Goodwin Sands, demostrando que el efecto se reducía en el agua con mayor fuerza a distancia.

⁸⁹ Esta fórmula no tiene en cuenta el efecto inverso del retorno de corriente por la tierra, ya que hasta el momento no existen datos.

⁹⁰ Ver nota en el prólogo.

⁹¹ Ver nota 88.

⁹² Todavía es una cuestión que está en debate, muchas autoridades competentes, como Lodge, Rathenau, W.S. Smith y Stevenson, son de la opinión que el efecto es parcialmente inductivo y parcialmente inductivo. Ver la argumentación del Dr. Lodge, "Jour Inst. Elec. Engs." N° 137, pág. 814.

⁹³ British Association Report, 1894, Sección G.

⁹⁴ Durante el verano de 1899 Sir William comenzó una nueva serie de experimentos sobre telegrafía sin hilos en Meuai Streets, cuyos resultados ha comunicado recientemente a la British Association (Bradford, 8 de Septiembre de 1900). Después de referirse a sus experimentos en el Lago Ness (*ante*), donde fue posible enviar señales telefónicas a un espacio medio de 1,3 millas con líneas en paralelo con una base de 4 millas cada una, Sir William afirma que sus nuevos experimentos han sido contrarias a este hecho y ha determinado que los efectos máximos que se han obtenido cuando los hilos en paralelo estaban terminados con placas de tierra en el mar –demostrando que los efectos inductivos a través del aire estaban ayudados por efectos conductivos a través del agua, y en consecuencia, están permitidas líneas de base más corta. Se usaron transmisores y receptores telefónicos normales. Se ha aplicado este método con éxito para establecer comunicación entre las Skerries y Cemlyn (Anglesey) a través de una distancia media de 2,8 millas, y entre Rathlin Island y la costa de Irlanda, a unas cuatro millas.

EL MÉTODO DE WILLOUGHBY SMITH.

Las investigaciones del Sr. Smith en telegrafía sin hilos datan de 1883. Sus primeras sugerencias, del tipo de inducción, las describió en el papel Sobre Inducción Voltaica, que leyó ante la Institución de Ingenieros Eléctricos el 8 de Noviembre de ese mismo año. Ya se ha hablado de él en nuestra narración sobre la invención de Edison.

Algo más tarde, a principios de 1885, el Sr. Smith prestó su atención a los métodos de conducción, y preparó un plan que, algo modificado, ha estado en funcionamiento durante estos tres últimos años.

Lo *racional* de este sistema está descrito por el Sr. Smith: –

“Se han enviado mensajes y recibido correctamente a través de un cable submarino de una longitud de dos mil millas, siendo la tierra el conductor de retorno del circuito, y con la electricidad generada por un cartucho de fusil contenía una gota de agua; y a pesar de la pequeña cantidad de corriente que generaba esta fuente natural, creo que no sólo polarizaba las moléculas del conductor de cobre, sino que afectaba de alguna manera a toda la tierra por donde debía dispersarse desde que salía del cartucho hasta que retornaba, a través del cable, hasta el agua que contenía. Creo además que habrá un momento, quizás no tarde mucho en llegar, que será posible detectar corrientes tan pequeñas en cualquier parte del mundo del mismo modo que podemos hacerlo ahora en regiones relativamente pequeñas.

“Para investigaciones de este tipo es necesario emplear un instrumento lo más sensible que se pueda conseguir, y poder captar estas diminutas corrientes. Actualmente este maravilloso instrumento es el teléfono. Digo maravilloso con prudencia, ya que creo que no es fácil combinar la simplicidad de su construcción mecánica y la facilidad de manipulación, y sin embargo es peculiarmente sensible. Lo he usado en mis experimentos como instrumento receptor, aunque, pro supuesto, hay otros instrumentos muy conocidos que se podrían emplear, todo depende del potencia de la corriente que se ha de detectar. El montaje transmisor es un manipulador Morse preparado para proporcionar los sonidos cortos y largos al teléfono necesarios para representar los puntos y las rayas, o se puede emplear un manipulador doble con los mecanismos para proporcionar sonidos diferentes que se ha empleado con buenos resultados. He pasado mucho tiempo el tema, y los resultados de todos los experimentos me han animado mucho para seguir adelante.

“De los múltiples experimentos que he hecho he elegido el siguiente, que creo mostrará claramente mi sistema para telegrafiar a puntos distantes sin ninguna conexión metálica con la estación transmisora. Una cabaña de madera en una playa arenosa es una buena estación costera, desde la que se tienden dos hilos de cobre aislado de una longitud de 115 brazas. Los extremos de los hilos, rascados y

limpios, se enroscan en anclajes, su posición se marca con boyas separadas por 100 brazas, y en unas 6 brazas de agua. A medio camino entre los dos se ancla un bote con una placa de cobre colgando por la borda y separada unas 10 brazas de la popa, en total hay unas 45 brazas hasta cualquiera de los dos extremos de los hilos anclados. Este bote representa la estación en el mar, y, según el estado del mar, es muy húmedo y agitado; por tanto, teniendo este hecho en consideración, junto con lo primitivo del experimento, era notable la claridad y facilidad con la que se enviaban los mensajes. El último mensaje enviado desde la costa fue, "Gracias por todo, llevar las anclas y regresar." Llegó rápidamente la respuesta del bote. "Comprendido", y procedieron a seguir las instrucciones. El bote que se usó era de madera, pero hubiera sido mucho mejor de haber sido metálico, ya que habría sustituido a una de las placas colectoras, ya que cuanto mayor sea la superficie de las placas mejores son los resultados."⁹⁵

Este método se protegió con una patente el 7 de Junio de 1887, de cuya descripción (Nº 8159) he tomado las siguientes particularidades. En el momento actual cualquier comunicación telegráfica establecida entre la costa y un faro, bien sea flotante o en una roca, se hace mediante un cable conductor aislado. Se tienen muchas dificultades debido al rozamiento del cable, que es muy fácil que se rompa en una tormenta, cuando es más necesario que funcione. Con esta invención se pueden hacer las comunicaciones entre la estación transmisora y el punto lejano sin necesidad de ninguna conexión metálica entre ellos.

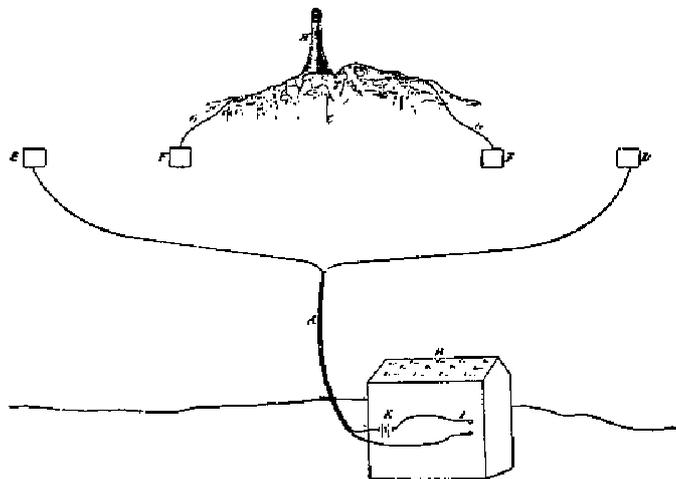


Fig. 25.

En el dibujo (Fig. 25), A es un cable de dos conductores que va desde la estación de señales B en la costa hacia la roca C. A cierta distancia de la roca uno se los

conductores se conecta a una placa metálica D sumergida a un lado de la roca, y la otra a una distancia que haya suficiente profundidad para que no le afecten las olas. El otro conductor se lleva a otra placa metálica E también sumergida a cierta distancia del lado opuesto de la roca. F, F son dos placas metálicas, cada una de ellas opuesta a las placas D y E respectivamente. G, G son dos conductores aislados que van desde las placas F F a un teléfono de baja resistencia en el faro H.

Para comunicar desde la costa, se conecta un interruptor o inversor I y una batería K a los extremos del cable de dos hilos de la costa. El teléfono en el circuito del faro responderá a las rápidas interrupciones o inversiones de la corriente, y pueden hacerse señales perfectamente con el código Morse. Si se usa un interruptor vibrante o inversor, se escuchará en el teléfono un sonido corto o largo según se pulse el manipulador a intervalos cortos o largos.

Es mejor usar un manipulador de dos palancas, con el cual, por medio de una serie de dientes en su palanca produce unas cuantas aperturas o inversiones de la corriente, sin embargo cuando se pulsa la otra palanca se produce un gran número de interrupciones o inversiones.

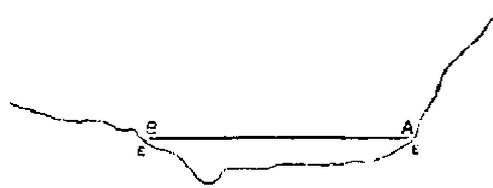


Fig. 26.

Para comunicar desde el faro a la costa se han acoplado una batería e interruptores a los conductores aislados de la roca, y un teléfono en el extremo costero.

Des mismo modo se puede comunicar desde la costa hasta un barco a distancia, si el barco está en las proximidades de las dos placas sumergidas o ancladas, que cada una tiene un conductor aislado que lleva a la costa, y si se dejan bajar desde el barco dos placas metálicas de forma que estas placas se encuentren separadas entre sí por una cierta distancia. La posición de las dos placas sumergidas puede indicarse por medio de boyas. De este modo se puede efectuar la comunicación

entre los barcos que pasen cerca y la costa, o entre la costa y un buque faro amarrado o estación de señales.

Puede conseguirse un resultado similar con un único conductor desde la costa y un aparato de inducción, los extremos de la bobina secundaria se conectarán con hilos aislados a las placas sumergidas.

Los Sres. Willoughby S. Smith y W.P. Granville⁹⁶ hicieron una modificación importante basada en el siguiente razonamiento.

La Fig. 26 representa un conductor aislado de cualquier longitud con los extremos conectados a tierra en E, E, como se puede ver. C es una roca donde se extiende otro hilo aislado C, D, con sus extremos también conectados a tierra. Ahora, si se hace pasar una corriente de A a B, el galvanómetro mostrará las indicaciones en el circuito C D. Este es el montaje de Preece en Lavernock y Flat Holm.

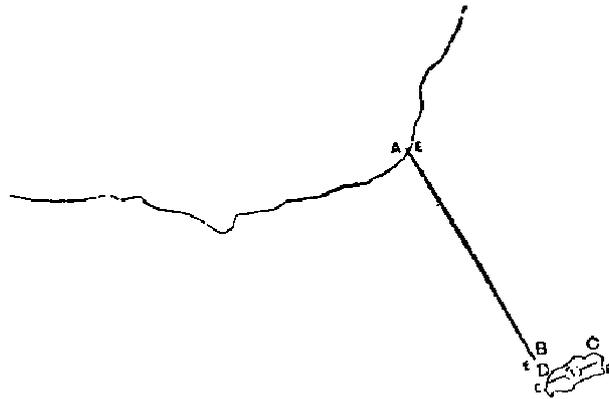


Fig. 27.

Si ahora rotamos la línea A B alrededor de A hasta que tome la posición indicada en la Fig. 27, tenemos el montaje de los Sres. Smith y Grainville, donde, debido a la proximidad de B y D se pueden enviar señales con una batería pequeña. Sí, si la distancia de B a D fuera 60 yardas, sería suficiente con una pila Leclanché. Al observar en el galvanómetro una deflexión *permanente* en C D, esta deflexión sólo se puede producir por conducción.

Nuevamente, si A B (Fig. 28) representa un conductor aislado que tiene sus extremos sumergidos en agua (la distancia entre A y B no importa). Si ahora hacemos pasar una corriente continua, se observará que el agua en cada extremo del conductor está cargada positiva o negativamente (según la dirección de la corriente) en esferoides equipotenciales, reduciéndose la intensidad a medida que se aumenta la distancia hacia A o B. Para demostrar esto, se dispone un segundo circuito conectado a un galvanómetro, con sus dos extremos sumergidos en el

agua. Se observará que se establece una corriente en el circuito C D durante el tiempo que fluye una corriente en A B; se reduce la corriente en C D a medida que C y D se alejan, y también se reduce a cero si se mueven las posiciones de C D hasta que descansan en la misma curva equipotencial como indica la línea de puntos.

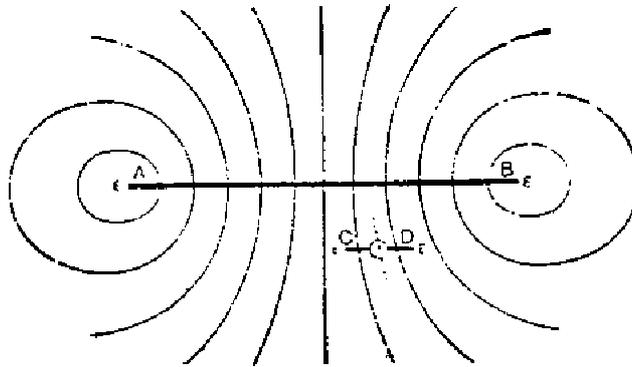


Fig. 28.

Debe comprenderse que aunque, por claridad, se han indicado las curvas equipotenciales como si fueran planas, en el agua son más o menos esféricas que se extienden simétricamente alrededor de los extremos sumergidos del conductor, y por tanto es evidente que la posición de C D, en relación a B, debe considerarse horizontal y verticalmente.⁹⁷

A principios de 1892 el Trinity Board dejó a disposición del Needles Lighthouse de la Telegraph Construction & Maintenance Co., para que pudieran comprobar si era práctico el método que se acaba de describir. Se eligió el Needles Lighthouse debido al fácil acceso desde Londres.

En Mayo de 1892 se tendió un cable submarino normal desde Alum Bay hasta 60 yardas de la roca del faro, donde se terminó, con su conductor unido a un anclaje de cobre construido especialmente para ello. Una placa cerca del muelle cerraba el circuito a través del agua. En la roca se situaron dos gruesos conductores de cobre, uno a cada lado, para que permanecieran sumergidos en el mar en aguas someras, esto permitió formar otro circuito a través del agua en la proximidad de la roca.

Primero se probó el teléfono como instrumento receptor, con un vibrador rápido y un manipulador Morse en el circuito transmisor. Poco después se abandonó este montaje, ya que no era tan satisfactorio como el galvanómetro de espejo, y los hombres estaban acostumbrados a trabajar con banderas, preferían mirar un rayo de luz a escuchar un teléfono. Se usó un galvanómetro de construcción especial, y no

era fácil que se estropeará, así que una vez ajustado, el hombre sólo tenía que mantener la lámpara en funcionamiento.

Los Sres. Smith & Grainville diseñaron un nuevo aparato más fuerte para “llamadas”, y por medio de él se podía hacer sonar uno o más timbres, llamando así la atención. Los instrumentos en la costa y en la roca eran idénticos, y en funcionamiento, era suficiente con dos o tres pilas Leclanché.

Con los medios que se acaban de describir, se mantuvo la comunicación a través de 60 yardas por el agua. Esta distancia no es el límite, ya que parece que la distancia está determinada por el volumen de agua en las cercanías de la roca, además de por la sensibilidad del instrumento receptor y la magnitud de la corriente enviada.

Este método es idóneo para defender las costas. Por ejemplo, si se tiende un cable desde la costa al mar, cuyo extremo está anclado a una posición conocida, será fácil, para cualquier barco que conozca la posición del extremo sumergido, comunicarse con la costa descolgando sencillamente (a cien o doscientas yardas del extremo anclado) un hilo aislado que tenga el extremo de este conductor conectado a una pequeña masa metálica que servirá de “tierra”, el circuito se cerrará a través del caso del barco y el mar.⁹⁸

Este método ha estado en funcionamiento en el Faro Fastnet los últimos tres años, y la siguiente narración del Sr. Stirh sobre la instalación interesará: –

“La dificultad de mantener comunicación eléctrica con los faros en las rocas es tan grande que ha sido necesario desde hace mucho tiempo usar un cable submarino tendido entre la costa y el faro, a pesar de que una parte del cable transcurra por las rocas y se rompa o destroce rápidamente por la acción combinada de las tormentas y las mareas. Con el sistema de comunicación Willoughby Smith & Grainville desaparece esta dificultad, ya que el extremo del cable no atraviesa las rocas, sino que termina cerca de una profundidad en aguas tranquilas. Este sistema, que se sugirió primero en 1887 y se demostró de forma práctica en el Faro Needled en 1892, ha sido –a recomendación de la Comisión Real de Comunicación entre Faros y Buques faro– ha sido aplicado en Fastnet, una de las rocas más expuestas e inaccesibles en el Reino Unido.

“Fastnet Rock, situado en la esquina extrema S.W. de Irlanda, tiene una altura de 80 pies y una longitud de 360 pies, con una anchura máxima de 150 pies, y se ha puesto en comunicación con este sistema con la población de Crookhaven, a ocho millas de distancia.

“El extremo costero del cable principal, que es de construcción normal, llega a tierra en una pequeña bahía llamada Galley Cove, a una milla al oeste de la Oficina Postal de Crookhaven, con quien se conecta por medio de un cable subterráneo de construcción similar que tiene un conductor de cobre con un peso de 107 libras cubierto con 150 libras de gutapercha por milla náutica. El extremo distante o marino del cable principal termina a siete millas de la costa, a 11 brazas de agua, en un punto situado a 100 pies de Fastnet Rock; y su extremo está sólidamente

sujeto a un ancha de cobre en forma de seta que pesa 5 cwt. Que tiene la doble misión de servir eléctricamente como “tierra” para el conductor, y mecánicamente para asegurar el extremo del cable.

Se ha retirado el blindaje de hierro a lo últimos 100 pies del cable principal, esto es para evitar la posibilidad de cualquier alteración causada por el contacto entre el hierro y el cobre en el anclaje, y a cambio, el cable está cubierto con una gruesa capa de goma arábica, después protegida con largos hilos de cobre, y cubierta nuevamente con goma arábica –y todo ello protegido además con grandes anillos de vidrio endurecido.

Para completar el circuito principal, se ha tendido una línea terrestre corta, de unas 200 yardas, entre la oficina postal y el puerto.

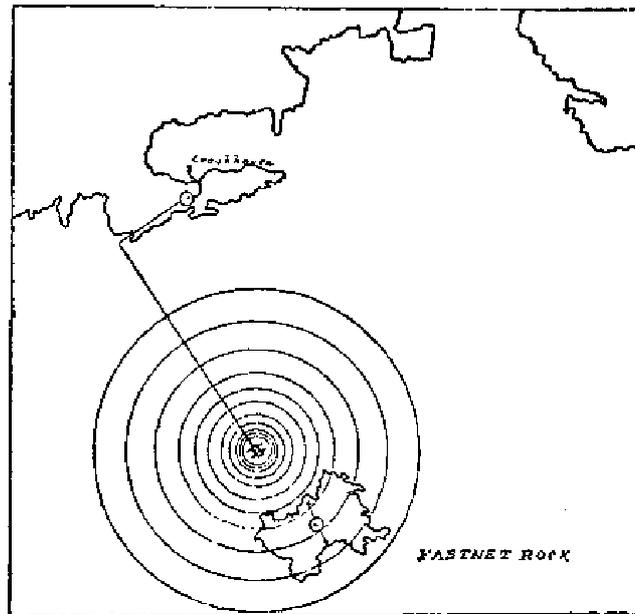


Fig. 29.

“Refiriéndonos al dibujo (Fig. 29) se verá que si con una batería situada en la oficina postal, o en cualquier punto del circuito del cable principal, se carga eléctricamente el mar –la carga será máxima en la proximidad inmediata del anclaje, y también en la “tierra” del puerto. Bajo estas condiciones, si un extremo del circuito secundario se inserta en el agua en algún punto cerca del anclaje sumergido –por ejemplo, al lado norte de Fastnet –participa, mas o menos, de la carga, y el otro extremo de este segundo circuito también está conectada al agua,

pero en un punto lejano del anclaje –por ejemplo en el lado sur de Fastnet –pasará una corriente por el segundo circuito, debido a la diferencia en el grado de carga en los dos extremos, y si se instala un galvanómetro u otro circuito sensitivo situado en Fastnet se verá afectado cuando se inserte en el cable principal la batería de la oficina postal, o viceversa, una batería situada en el circuito de Fastnet afectará al galvanómetro en la oficina postal.

“En la práctica se emplean diez pilas en la roca Leclanché, la corriente emitida es de 1,5 amperios, y en este caso la corriente recibida en la costa es de 0,15 miliamperios. Al ser la corriente recibida tan pequeña, se necesitan instrumentos de gran sensibilidad, y estos instrumentos, cuando se usan con los cables que tienen ambos extremos en la tierra, pueden verse afectados por lo que se conoce como “corrientes de polarización o de tierra”, y en consecuencia se tienen que diseñar medios especiales para evitar esto.

“El receptor es un galvanómetro de reflexión d’Arsonval” que ha sido modificado para cumplir las necesidades de montar el aparato de forma vertical, de este modo puede girarse el galvanómetro una parte del círculo –esto permite corregir rápidamente el cero. Es necesario este medio de ajuste debido a las corrientes variables de “tierra” o “polarización” mencionadas antes.

“Se ha diseñado un aparato de “llamada” completamente nuevo, que se adapta automáticamente a cualquier variación de la corriente de tierra o polarización. Consiste esencialmente en dos bobinas móviles en un campo magnético, y estas bobinas están montadas una a cada extremo de un brazo equilibrado suspendido por su centro y que puede girar libremente por su centro entre unos límites fijados. La posición normal del brazo es entre medio de dos topes fijos. Cualquier corriente que circule por las bobinas hace que gire todo el sistema hasta que el brazo toca con uno de los topes .la dirección de rotación depende de la dirección de la corriente. De esta forma se cierra un circuito local que acciona un mecanismo de relojería conectado a un hilo de torsión, el hilo lleva un contrapeso, y esta torsión aumenta lentamente hasta que toca la palanca de stop y vuelve otra vez a la posición libre. Si se invierte la corriente en un periodo de cinco o diez segundos, el mecanismo de relojería cierra un segundo circuito que hace sonar un timbre eléctrico. De esta forma, a pesar que el relé se ajusta automáticamente a todas las variaciones de corriente, el timbre sólo responde a inversiones definidas de pequeño periodo y no a los lentos movimientos de la corriente de tierra. Es evidente que pueden instalarse uno o más timbre en cualquier parte del circuito. El galvanómetro de reflexión y el relé de llamada han trabajado muy satisfactoriamente, y cualquier hombre de inteligencia media puede aprender el funcionamiento de todo el sistema en dos o tres semanas.

“Para poder conectar perfectamente a los dos cables cortos entre los instrumentos del faro con el agua y que resistieran al mar grueso que en ocasiones salta por encima de Fastnet, fue necesario cortar un grueso canal en la parte norte y sur de

Fastnet entre las rocas desde el borde del agua, y tendrá los cables por ellos sujetos con cemento Portland. Al deber de hacer conexión los conductores con el agua en todo momento y estado de la mar y mareas, se taladraron dos inclinados de 2 ½ pulgadas de diámetro en la roca sólida un poco por debajo del nivel inferior de la marea, a unos 20 pies por debajo. Se conectaron dos varillas dentadas de cobre con los cables cortos y se introdujeron en esos agujeros, que servían para mantener la conexión con el agua incluso con las marejadas más fuertes, y protegidas de todo daño.”

El Sr. Grainville añade algunos detalles interesantes sobre las dificultades de la instalación en Fastnet.⁸² “La roca,” dice, “está siempre rodeada por un cinturón de espuma, y no se puede desembarcar si no es con una grúa de 58 pies de largo –no es un procedimiento agradable. Es el caso que el Gobierno quería establecer comunicación telegráfica, pero ya se había probado con procedimientos muy costosos, era imposible mantener un cable continuamente en la roca, el cable se rompía constantemente en las proximidades de la roca. Por tanto era absolutamente necesario establecer algún sistema de telegrafía sin hilos, pero ninguno de los sistemas descritos podía cumplir las necesidades.¹⁰⁰ El Dr. Lodge nos aconsejó evitar el hierro, y evitar todas las masas conductoras. Pero la torre y todos los edificios están contruidos de calderería, es decir, no es de hierro, sino de bronce. De hecho, la propia roca es el único cuerpo no conductor, y por tanto no absorbente a varias millas alrededor. Estaba claro en un caso así –y este es un caso típico –que es absolutamente imposible emplear el método del Dr. Lodge. Nos fijamos en el método usado –y con éxito –en Lavernock, que necesita una cierta base, de un cuarto a media milla, o incluso una milla de largo; y que la base debe mantener alguna proporción a la distancia que se ha de saltar. Pero, ¿cómo podemos preparar una base así en la roca? A duras penas podíamos disponer de una base de 20 yardas, este método no podía funcionar en absoluto. Después pensamos en la sugerencia del Sr. Evershed, que podía sumergirse una bobina alrededor de la roca. ¿Llegaría esta bobina al verano tras una tormenta del invierno? Probablemente la enredaría en la roca. Hace unos años, durante una fuerte tormenta, el vidrio de la linterna, a 150 pies por encima del agua, se hizo pedazos, y en la cima de la roca, a 80 pies por encima del agua, los hombres no osan desafiar una tormenta de invierno, salir de la cubierta de la cabaña durante un instante, y dicen, –pueden creerlo, – podrían salir volando. Este es un caso práctico, y por tanto me gusta informar a la Institución, y, lo repito, si se ha de usar la telegrafía sin hilos, ha de ser en casos excepcionales como este.”

Por extraño que parezca, hemos estado usando, en varias ocasiones, la telegrafía sin hilos de esta forma durante muchos años y sin reconocerlo. Todas las veces en la telegrafía normal que hemos “trabajado con una rotura”, como dicen los telegrafistas, lo estamos haciendo. En el “Electrician” del 9 y 23 de Enero de 1863

se describe un primer caso de este tipo. Hace muchos años en Persia el autor ha trabajado con los aparatos Morse normales a través de roturas, donde se había cortado el cable en uno o más sitios, con los extremos separados por muchas yardas o tocando el suelo húmedo, o enterrados en la nieve. Como resultado de estas experiencias en estos casos el Director del Departamento de Telégrafos de Persia publicó esta orden el 2 de Noviembre de 1881: “En los casos de interrupción total de todos los hilos, se cree que todavía puede mantenerse la comunicación por medio de teléfonos. Por favor, sigan las siguientes instrucciones: Quince minutos después de desaparecer la estación corresponsal, unir todos los hilos a un instrumento y al conmutador. Desconectar el relé del manipulador de dicho instrumento, y conectar un terminal del teléfono, el otro terminal de él se lleva a tierra. Llamar lentamente con el manipulador a la estación corresponsal, escuchando por el teléfono la posible respuesta a nuestra llamada. De no recibirse respuesta, o de ser las señales muy débiles, probar cada hilo por separado, y combinados con otros, hasta encontrar la conexión que nos proporcione las señales más fuertes.” En los años recientes se ha añadido el resonador Cardew con muy buenos resultados. Podemos ver que el plan del Sr. Willoughby Smith es en realidad un viejo amigo con un nuevo traje.

En 1896 el Sr. A.C. Brown, de quien hemos hablado con sus recientes trabajos en telegrafía sin hilos, renació las primeras propuestas de Gauss, Lindsay, Highton y Dering, usar el hilo desnudo, o cables mal aislados, junto con interruptores y teléfonos. También aplicó su método en los casos donde los cables están rotos y sin continuidad. Si los extremos están en cualquier punto bajo el agua, normalmente puede mantenerse la comunicación, se pueden usar los receptores telefónicos que son extremadamente sensibles y responderán a las diminutas trazas de corriente captadas por el extremo roto en el lado receptor provenientes de las que se dispersan a través del agua en todas direcciones desde el extremo roto o lado transmisor.” (Ver la patente del Sr. Brown N° 30.123 del 31 de Diciembre de 1896) Recientemente se ha conseguido saltar por este procedimiento uno de los cables atlánticos; pero el escritor no tiene más datos desde 1881 hasta el presente momento, y del Sr. Willoughby Smith desde 1887.

⁹⁵ “Electrician” 2 de Noviembre de 1888.

⁹⁶ Ver su patente N° 10.706 del 4 de Junio de 1892.

⁹⁷ Este hecho, cree el Sr. Smith, que explica plenamente los experimentos de Preece con la barca. Por ejemplo, cuando la barca bogaba hacia la mitad del cable paralelo el hilo principal estaba paralelo a la costa, aunque se hundía algo el cable, sólo lo podía hacer de una forma muy limitada, y por tanto seguía estando en una posición favorable para captar las corrientes de tierra entre A y B (Fig. 28), pero estando a una milla de la costa, y en aguas profundas, el cable tomaba una posición más vertical con los dos extremos más o menos en la misma esfera equipotencial, y naturalmente causaba una disminución o cese de la corriente en el circuito de la barca, y por tanto la ausencia absoluta de señales.

⁹⁸ “Electrician”, 29 de Septiembre de 1893. Ver también el “Times” del 24 de Noviembre de 1892.

⁹⁹ “Jour. Inst. Elec. Engs.” N° 137, pág. 941.

¹⁰⁰ *Le.*, apoyado por el profesor Lodge y el Sr. Lydmsay Evershed. Ver “Jour. Inst. Elec. Emgs.” N° 137, pág. 799, 852.

MÉTODO DE G. MARCONI.

Incluso el rayo, que hiende el roble
Y aguija la tempestad, que hace inclinar al yugo
Es el mensajero que corre.”

-Supple's Dampier's Dream

Llegamos al trabajo de Marconi que corona telegrafía sin hilos, pero antes de describir su método nos gustaría ponernos al corriente de los principios que usan los aparatos especiales que emplea, y que diferencian su sistema de todos los que hemos visto hasta ahora. Para esto tenemos que retroceder unos años, y echar un vistazo a los descubrimientos de un joven filósofo alemán que marcaron época, Heinrich Hertz.¹⁰¹

Para apreciar exactamente el trabajo de Hertz debemos retroceder mentalmente doscientos años, a la época que Newton daba a conocer al mundo la ley de la gravitación universal. En la lucha que siguió entre los Newtonianos y la agonía de la doctrina cartesiana, tenemos la real batalla entre las teorías rivales de la acción a distancia y la acción por contacto. La victoria fue por un tiempo para los primeros, y en manos de Bernouilli, y después de Boscovich, las doctrinas del newtonismo se llevaron más allá que las teorías del propio Newton. De hecho, Newton se oponía a la noción de que la actuación de la materia donde no hay, pensando, como podemos ver en su teoría de la emisión de la luz, que no estaba preparado para aceptar la noción de un éter luminífero. Sin embargo Newton sugería que se podía explicar la gravitación debido a una disminución de la presión en un fluido que llenaba el espacio. Así la teoría de un espacio vacío exigía una propagación infinitamente rápida de la acción a distancia, y los científicos del siglo XVIII reconocieron que era la única hipótesis plausible.

La historia se repite, y nuevamente volvió a batirse la batalla real, esta vez a principios del siglo XIX, a favor de la hipótesis del éter, y la acción a distancia fue mortalmente herida. Antes el fenómeno de la interferencia de la luz y las investigaciones electromagnéticas de Faraday, no encajaban con la idea de la acción a distancia y la emisión de la luz, y volvió a aparecer en su auxilio la propagación de la fuerza a través del éter, y la luz como una vibración del éter. Más tarde,¹⁰² Maxwell supuso la existencia de él, e investigó el estado la tensión de él como la propagación de una acción electromagnética. La teoría matemática que dedujo dio una serie de ecuaciones que eran idénticas con las ecuaciones de un medio sólido infinitamente elástico, y, con esta teoría, la velocidad de propagación de un disturbio es igual a la velocidad de las unidades electrostáticas y electromagnéticas. La determinación electromagnética pro parte de Maxwell y otros, de que esta relación es igual a la velocidad de la luz en el éter en centímetros por segundo, reforzó mucho la hipótesis maxwelliana de la luz y el medio electromagnético. Pero, aunque ese es el caso, a la hipótesis maxwelliana, incluso

unida con el apoyo experimental que se deducía de ella, le seguía faltando una demostración completa de la identidad de la luz y la propagación electromagnética.¹⁰³

Debemos esta demostración al genio de Hertz. Una de las consecuencias más importantes de la teoría de Maxwell fue que las perturbaciones del equilibrio eléctrico producidos en cualquier punto se propagaban como ondas a través del espacio, con una velocidad igual a la de la luz. Para poder detectar esta propagación en el pequeño espacio de un laboratorio, las perturbaciones debían ser rápidas, y si se podía detectar un efecto definido, debía detectarse a intervalos regulares, es decir, debían establecerse perturbaciones periódicas u oscilaciones de una extraordinaria rapidez, para que la longitud de onda correspondiente, teniendo en cuenta la velocidad de la luz extraordinariamente alta (186.000 millas por segundo), debía ser de unas pocas pulgadas, o como mucho algún pie. Hertz preparó un experimento que cumplía con todas estas condiciones, y esto proporcionó la prueba experimental que Maxwell y su escuela decían que llegaría tarde o temprano.

La naturaleza oscilatoria de la descarga de una botella de Leyden, bajo ciertas condiciones, fue deducida teóricamente por von Helmholtz en 1847, presentó su demostración matemática Lord Kelvin en 1853, y fue verificada experimentalmente por Feddersen en 1859. Cuando una botella de Leyden, o condensador, de una capacidad K se descarga a través de un circuito con una resistencia R y una autoinducción L, sigue un flujo momentáneo, o serie de oscilaciones, que dependen del valor de R sea mayor o menor

$$2\sqrt{\frac{L}{K}}$$

Y en este último caso el periodo de la oscilación viene determinado por la ecuación: –

$$T = 2\pi \sqrt{KL}$$

Donde *pi* es la constante 3,1415 (“Phil. Trans.” Junio de 1853)¹⁰⁴

En sus papeles¹⁰⁵ Hertz nos cuenta que su interés en el estudio de las oscilaciones eléctricas fue despertado por el anuncio de un premio en Berlín en 1879, que se otorgaría por una prueba experimental de una relación entre las fuerzas electrodinámicas y la polarización del dieléctrico en los aisladores. A sugerencia de su maestro y amigo, H. von Helmholtz, el joven filósofo se hizo cargo de la investigación, pero no tardó en descubrir que las oscilaciones conocidas eran muy lentas para ofrecer cualquier promesa de éxito, y emprendió las investigaciones necesarias, pero en ese momento siempre pensó en el fenómeno relacionado de algún modo con el tema. En consecuencia, reconoció inmediatamente la

importancia de una observación casual que en otro momento se había considerado demasiado trivial para tenerla en cuenta. En la colección de aparatos físicos de Karlsruhe encontró un viejo par de espirales de Riess o Khochenhauer –unas espiras planas de hilo aislado, con las espiras en el mismo plano (¿espirales de Henry?) Mientras preparaba algunos experimentos con ellas dio una conferencia, en ella informó que la descarga de una pequeña botella de Leyden, o de una pequeña bobina de inducción, a través de una, era capaz de excitar corrientes inducidas en la otra, si se insertaba un pequeño chispero en la primera. Este fue el importante descubrimiento del “efecto de chispa” que colocó a Hertz en el camino de sus maravillosas investigaciones.

Una pequeña meditación sobre este experimento le permitió, casi desde el principio, sentar las siguientes propuestas: –

1. Si disponemos de un condensador, p. ej. una botella de Leyden, de poca capacidad, y lo descargamos a través de un sencillo circuito de pequeña longitud con un chispero de la longitud adecuada, obtendremos una descarga muy definida y de corta duración, que es la buscada para causar una perturbación momentánea del equilibrio eléctrico – el *excitador* de vibraciones eléctricas.
2. Estas vibraciones son capaces de excitar en otro circuito de la misma forma efectos de resonancia de tal intensidad que se hacen evidentes incluso aunque los dos circuitos estén separados a distancias considerables. En este segundo circuito Hertz también encontró el largamente soñado *detector* de ondas eléctricas.

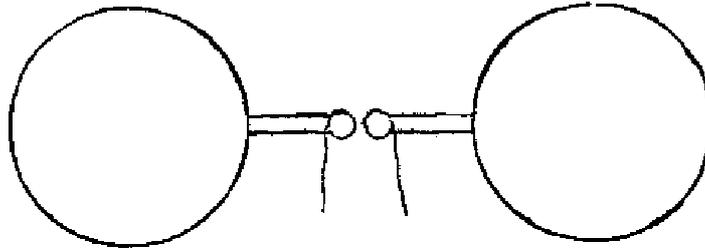


Fig. 30.

Con el excitador para originar ondas eléctricas y el detector para hacerlas evidentes a distancia, se reprodujeron todos los fenómenos de luz, uno tras otro, correspondiendo con los efectos electromagnéticos, y se demostró completamente la identidad de la luz y la electricidad.¹⁰⁶

En su papel “Sobre las oscilaciones eléctricas muy rápidas”, Hertz se ocupó con algunos de estos fenómenos. Como excitador usó rectángulos de hilo, o simples varillas (Fig. 30) a cuyos extremos añadió cilindros esféricos o varillas, la

continuidad estaba rota en el centro donde situó dos pequeños botones esféricos para que saltara la chispa. El excitador se cargaba con una bobina de inducción de Ruhmkorff de pequeño tamaño.

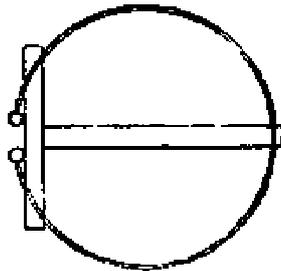


Fig. 31.

El detector era simplemente un rectángulo o círculo de hilo (Fig. 31), también con un chispero. Cuando se establecían vibraciones en el detector saltaban chispas en el chispero, y cuanto mayor era la longitud de esas chispas mayor era la intensidad de las ondas recibidas. Ajustando las dimensiones del detector para que de la máxima chispa se dice que está en resonancia, o sintonizado eléctricamente. Afortunadamente esta condición de resonancia o sintonía no es esencial para excitar las chispas, incluso no hubiera avanzado tanto la telegrafía sin hilos por ondas hertzianas. De hecho, un buen excitador en acción puede ocasionar pequeñas chispas entre cualquier cuerpo conductor en su proximidad, o un hilo sostenido en la mano acercándolo al cuerpo, muestran que la influencia del excitador se extiende a todos los cuerpos conductores, y no únicamente a los que están sintonizados con él. Claro que siempre es mejor que estén *cæteris paribus*, el máximo efecto se consigue con la resonancia.

En el curso de sus experimentos sobre resonancia eléctrica, Hertz observó un fenómeno que durante un tiempo fue inexplicable. Observó que la longitud y brillo de las chispas en el detector eran muy afectadas por las chispas en el transmisor. Si este último estaba a la vista del chispero del detector eran muy pequeñas y apenas perceptibles, pero aumentaban en brillo y tamaño tan pronto se interponía una pantalla entre los dos instrumentos. Con experimentos demostró que esta acción singular se debía únicamente a la presencia de la luz ultravioleta, que reducía el aislamiento del aire y lo volvía más conductor. Este efecto puede verse de otra forma, aumentando el espacio del chispero en una bobina de inducción a una distancia mayor que la distancia de chispa, después dirigiendo simplemente un rayo de luz ultravioleta al chispero vuelven a aparecer las chispas.¹⁰⁷

Habiéndose familiarizado con el fenómeno de la resonancia eléctrica, Hertz comenzó a estudiar la propagación de las vibraciones eléctricas a través del espacio —la más difícil, y probablemente la más importante de todas sus investigaciones. Los resultados los dio a conocer al mundo en 1888, en su papel titulado “Sobre la

acción de las oscilaciones eléctricas rectilíneas en un circuito cercano”. Cuando saltan las chispas rápidamente en el excitador eléctrico, tenemos una oscilación rectilínea que se radia al espacio circundante. Los detectores, cuyos chisperos podemos ajustar por medio de un tornillo micrométrico, se situaron en todas las posiciones con respecto al excitador, y se estudiaron y midieron los efectos. Estos efectos fueron muy diferentes en diferentes puntos y en las diferentes posiciones del detector. En resumen, se observó que obedecían a la ley de la radiación que no es otra que las leyes de la óptica.

En su papel, “Sobre la velocidad de propagación de las acciones electrodinámicas,” dio la prueba experimental de hasta entonces hecho teórico de que la velocidad de propagación de las ondas eléctricas es la misma que la luz, y encontró que la velocidad en los *hilos* es mucho menor –relación de 4 a 7. De momento se quedó perplejo con este resultado y sospechó de un error en los cálculos, o en las condiciones del experimento, pero –y aquí se muestra el verdadero filósofo –no dudó en publicar los resultados reales, dejando para el futuro corregir o explicar la discrepancia. No tardó en descubrirse la explicación. Los Sres. E. Sarasin y L. de la Rive de Génova se hicieron cargo de la paradoja, y demostraron que las desviaciones de la teoría estaban causadas simplemente por las paredes del laboratorio de Hertz, que reflejaba las ondas eléctricas interfiriendo con ellas y alterando las observaciones. Cuando estos investigadores repitieron el experimento de Hertz empleando aparatos más grandes, y a mayor escala, ya que disponían del Turbine Hall del Abastecimiento de Agua de Génova, encontraron que la velocidad de propagación en los hilos era la misma que en el aire.¹⁰⁸

En su papel “Sobre las ondas electrodinámicas y su reflexión,” Hertz avanzó más en este punto, y demostró la existencia de las ondas en el espacio libre. Situó frente al excitador una gran pantalla de cinc, de 8 pies cuadrados, suspendida de la pared, las ondas eléctricas emitidas por el excitador se reflejaban en la placa, y al encontrarse con las ondas directas creaban el fenómeno de las interferencias, que consiste en ondas estacionarias con nodos y bucles. Cuando Hertz desplazó su círculo de hilo que le servía de detector adelante y atrás entre la pantalla y el excitador, desaparecían en ciertos puntos las chispas del circuito detector y volvían a aparecer. De esta forma se encuentran periódicamente alternados los efectos que corresponden a los nodos y bucles de la radiación eléctrica, demostrando claramente en este caso que la radiación era de un carácter ondulatorio, y su velocidad de propagación finita.

En su papel, “Sobre la velocidad de propagación de las ondas eléctricas en los hilos,” de Marzo de 1889. Hertz demuestra que las corrientes alternas u oscilaciones de frecuencias elevadas, como de cien millones por segundo, están confinadas a la superficie de los conductores por donde se propagan, y no penetran en el interior.¹⁰⁹ Esta es una prueba experimental muy importante de la teoría de Poynting relacionada con las corrientes eléctricas, que había deducido de los

trabajos de Faraday y Maxwell. Según esta teoría, la fuerza eléctrica que podemos llamar corriente no se produce en ningún modo en el hilo, sino que en ningún modo entra en él, se dispersa relativamente despacio en el metal, y según las leyes similares que gobiernan los cambios de la temperatura en un conductor de calor. Si se altera rápidamente la dirección de la fuerza eléctrica en el exterior del hilo, o se hace oscilar, el efecto sólo penetra ligeramente en el hilo, cuanto más lentas son las variaciones, mayor es la profundidad que alcanzan, hasta que finalmente, cuando el cambio es infinitamente lento, el efecto ocupa toda la masa del hilo con uniformidad y densidad, dando origen al fenómeno llamado corriente.

Hertz diseñó muchos y muy bellos experimentos para demostrar esto, aquí se describirán uno o dos.

Si un conductor primario actúa a través del espacio sobre un conductor secundario, no hay duda que el efecto alcanzará a este último. Podemos considerar que se establece porque el efecto se propaga por el espacio de punto a punto, por tanto podemos forzarlo a encontrarse primero en la capa exterior del cuerpo antes de que actúe en el interior de él. Pero si se rodea con una envoltura metálica será muy opaco a este efecto. Si situamos el conductor secundario en una posición favorable cerca del primario obtendremos chispas de 5 a 6 mm de largo, y luego le rodeamos con una caja cerrada de planchas de cinc, no se percibirá el menor rastro de chispas. Las chispas se desvanecen igualmente si rodeamos completamente al conductor primario con una caja metálica. Es muy conocido que con las variaciones relativamente lentas de la corriente la fuerza integral de inducción no se ven alteradas por la pantalla metálica. Esto parece a primera vista contradictorio con la argumentación actual. Sin embargo la contradicción es sólo aparente, y se explica considerando la duración de los efectos. De la misma forma que una pantalla con un mal conductor del calor protege su interior de los cambios rápidos de la temperatura exterior, un poco de los cambios lentos, y no de un aumento o disminución continuo de la temperatura. Cuanto más fina es la pantalla, más se sienten en su interior las variaciones rápidas de la temperatura externa.

En nuestro caso la acción debe penetrar por completo en el interior de la caja cerrada, si sólo reducimos significativamente el espesor del metal. Pero Hertz no consiguió alcanzar el espesor necesario, una caja cubierta con una hoja de estaño protege completamente, e incluso una caja de papel dorado, si tenemos el cuidado que las piezas de papel separadas hagan buen contacto eléctrico. En este caso el espesor del metal conductor se estima que apenas es de $\frac{1}{20}$ de milímetro. Para demostrar esto, situó la envoltura protectora lo más cerca posible al conductor secundario, y aumentó la separación del chispero a 20 milímetros, añadiendo un chispero auxiliar exactamente en la posición opuesta. En este caso las chispas no son tan largas como en el montaje original, ya que no se espera el efecto de resonancia, pero siguen siendo muy brillantes. Entre los extremos de esta envoltura, también se observan chispas brillantes; pero al observar el chispero

auxiliar (a través de una ventana de hilos en la envoltura), no se puede detectar en su interior el menos movimiento eléctrico.

El resultado de este experimento no varía aunque la envoltura toque al conductor en algunos puntos: no es necesario el aislamiento para que resulte el experimento, sino sólo para reforzar la prueba. Podemos imaginar perfectamente el acercar más la envoltura al conductor, y podemos imaginar que coincida con la capa más externa del conductor. También las alteraciones eléctricas en la superficie de nuestro conductor serán tan fuertes que podrán dar chispas de una longitud de 5 a 6 mm, y a $\frac{1}{20}$ de milímetro bajo la superficie no hay ninguna alteración y no es posible obtener ni la más mínima descarga. Podemos concluir, por tanto, que lo que podemos llamar corriente inducida en el conductor secundario es un fenómeno que se manifiesta en sus cercanías, pero que apenas penetra en su interior.

Podemos aceptar que este es el mecanismo que ocurre cuando se envía una alteración eléctrica a través de un dieléctrico, pero sosteniendo que es otra cosa si la alteración, como se dice normalmente, se ha propagado por un conductor. Si colocamos una placa conductora cerca de una de las placas finales de nuestro conductor primario, y la conectamos a un hilo largo, recto, ya hemos visto antes (en los experimentos previos) que se puede enviar a grandes distancias por este hilo el efecto de la oscilación primaria. La teoría normal es que las ondas viajan a través del hilo. Pero demostraremos que todas las alteraciones se confinan al espacio exterior y la superficie del hilo, y que por su interior no pasa ninguna onda. Hertz preparó los primeros experimentos de la siguiente manera. Se retiró el hilo un trozo de cuatro metros y se substituyó por dos tiras de chapa de cinc de 4 metros de largo y 10 centímetros de ancho, que se tendieron una sobre otra de forma plana, con sus extremos conectados permanentemente entre sí. Entre las tiras, y hacia la mitad, y por tanto prácticamente rodeado por este metal, se tendió a lo largo de los cuatro metros un hilo de cobre cubierto con gutapercha. No era importante para el experimento que los extremos exteriores del hilo estuvieran en contacto o aislados de las tiras: en este caso los extremos se soldaron a las tiras de cinc. Se cortó el hilo de cobre por la mitad, y los extremos se retorcieron entre sí, fuera del espacio entre las cintas para obtener un pequeño espacio, que permitía la detección de cualquier disturbio eléctrico que tuviera lugar en el hilo. Cuando se envían ondas de la mayor intensidad posible a este montaje no se observó el menor efecto en el chispero. Pero si se desplaza el hilo de cobre unos decímetros de su posición, de forma que salga ligeramente del espacio entre las tiras, comienzan a saltar inmediatamente las chispas. Las chispas son más intensas cuanto mayor es la longitud de hilo de cobre que se extiende fuera de las tiras de cinc y cuanto mayor es la distancia que se separan. La relación desfavorable de la resistencia no es la causa de la ausencia de chispas, ya que no ha cambiado esta relación, pero al hilo en el interior de la masa conductora se le ha impedido toda influencia exterior. Además, sólo es necesario rodear la parte que se proyecta el hilo con una pequeña

lámina de estaño en contacto con las tiras de cinc para impedir nuevamente la aparición de chispas. De esta forma el hilo de cobre vuelve a estar en el interior del conductor.

Podemos concluir pues, que las oscilaciones eléctricas rápidas no son capaces de penetrar las hojas o hilos de cualquier espesor, y por tanto es imposible producir chispas con dichas oscilaciones en el interior de pantallas metálicas cerradas. Si vemos que se producen chispas en el interior de envolturas metálicas que están cercanas, pero sin tocar, debemos concluir que el disturbio eléctrico ha entrado por las aperturas. Vamos a ver un caso típico de este tipo.



Fig. 31A.

En la fig. 31A tenemos una caja de hilo *A* lo suficiente grande para albergar el chispero. Uno de los discos *a* está conectado con el hilo central; el otro *b* no toca el hilo (que pasa por el agujero central), pero está conectado al tubo metálico *c*, que rodea por completo (sin tocarlo) al hilo central en una longitud de 1,5 metros. Al enviar una serie de ondas a través de este montaje en la dirección indicada por la flecha, obtendremos chispas brillantes en *A*, que no se reducen lo más mínimo aunque hagamos cualquier alteración, como alargar el tubo *c* hasta 4 metros.

De acuerdo con la teoría vieja, podría decirse que la onda que llega a *A* atraviesa fácilmente el fino disco metálico *a*, y salta hasta el chispero, y viaja por el hilo central, pero, según la nueva teoría, la explicación es la siguiente: La onda que llega a *A* es incapaz de atravesar el disco *a*, se desliza sobre él, y por el exterior del aparato, hasta el punto *d*, distante 4 metros. Aquí se divide, una parte viaja a lo largo del hilo, la otra parte se curva hacia el interior del tubo, y retrocede por el espacio entre el tubo y el hilo hasta el chispero, donde hace saltar las chispas. Esto es correcto como demuestra la desaparición de las chispas tan pronto cerramos la apertura en *d* con un papel de estaño.

Al revisar sus experimentos con este fin, Hertz dice: "Se observará una diferencia entre los puntos de vista actuales y la teoría normal. Según la última, los cuerpos se representan como cuerpos que sólo toman parte en la propagación de los disturbios eléctricos, los no conductores son los cuerpos que se oponen a esta propagación. Según nuestro punto de vista, por el contrario, toda la transmisión de los disturbios eléctricos tiene lugar por los no conductores, los conductores se oponen con gran fuerza a cualquier cambio rápido en esta transmisión. Uno podría sentirse inclinado a mantener que los conductores y los no conductores, según esta teoría, tienen intercambiados sus nombres. Pero esta paradoja sólo aparece cuando no se especifica el tipo de conducción o no conducción considerado. Indudablemente los

metales son no conductores de la fuerza eléctrica, y sólo por esta razón obligan bajo ciertas circunstancias a permanecer concentrada en vez de disiparla; y por esto se convierten en la fuente aparente de estas fuerzas, la electricidad, como se hace referencia en la terminología usual.”¹¹⁰

En el curso de sus experimentos Hertz consiguió producir ondas eléctricas muy cortas de una longitud de 30 centímetros, las oscilaciones correspondientes pueden recogerse con un pequeño espejo cóncavo y concentrarlas en un haz de radiación eléctrica. Según la teoría de la luz de Maxwell, tal razón debe ser similar a un rayo de luz, y en este caso Hertz aportó abundantes pruebas en su siguiente papel, “Sobre la radiación eléctrica.” Demostró que esta radiación se propagaba en línea recta como la luz, que no podía pasar a través de los metales, sino que se reflejaba en ellos, por otra parte, podía atravesar paredes de madera y muros de piedra. También demostró, colocando pantallas metálicas, que en el espacio existente detrás de ellas no se podía detectar ninguna acción, esto produce sombras eléctricas, y haciendo pasar los rayos eléctricos por una rejilla de hilos, podía polarizarlo, de la misma forma que la luz se polariza al pasar a través de un prisma de Nicol. Tal vez el experimento más sorprendente en este campo fue el último, en que dirigió el haz a un gran prisma que pesaba 12 cwts.: el rayo se refractaba igual que un rayo de luz en un prisma de vidrio.

Esto fue la demostración experimental de la teoría electromagnética de Maxwell de la luz, el edificio estaba completo. Las maravillosas investigaciones de Hertz se presentaron en sucesión, tan rápida y sorprendente como las chispas con las que trataba, a la Academia de Ciencias de Berlín, entre el 10 de Noviembre de 1887 y el 13 de Diciembre de 1889. Se reunieron y publicaron en forma de libro, en 1893, con el título de “Ondas Eléctricas” (traducción inglesa editada por el profesor D. E. Jones) a quien se ha de dirigir el lector que desee más información.¹¹¹

Con esto es suficiente, para concluir, se resumen los principales resultados de estas investigaciones que han marcado época. En primer lugar, Hertz los liberó de la esclavitud de la vieja teoría de la acción a distancia, y considerando los efectos eléctricos y magnéticos, demostró que se propagaban a través del éter que ocupa todo el espacio a una velocidad finita. La misteriosa oscuridad que rodeaba a esta extraña acción a distancia –que tan pronto actúa como no– se aclaró perfectamente. Además, la identidad de la forma de energía en el caso de los dos poderosos agentes cuya naturaleza se ha establecido completamente; la luz y la radiación eléctrica son esencialmente la misma cosa, diferentes manifestaciones del mismo proceso, y la vieja teoría del sólido elástico de la óptica se resolvió con la teoría electromagnética. La velocidad de propagación de la luz es la misma que las ondas electromagnéticas, y estas a su vez obedecen a las leyes de la óptica. El ámbito de la óptica se amplió enormemente, al ultravioleta, visible y rayos infrarrojos, con sus longitudes de onda de milésimas de milímetro, deben añadirse ahora,

descendiendo en la escala, las ondas electromagnéticas, que se producen en cualquier longitud, desde fracciones de pulgada a miles de millas.

Las ondas de Hertz tienen una longitud de muchos metros, y no parece que haya trabajado con ondas inferiores a 30 centímetros. Righi, empleando excitadores con esferas pequeñas, ha obtenido ondas de 25 centímetros; mientras el profesor Chunder Bose de Calcuta, usando gránulos de aluminio, ha podido generar ondas de tal sólo ¡6 milímetros! Al reducir el excitador y sus gránulos acortamos las ondas, hasta llegar, con la imaginación, a un excitador de una molécula, cuyas ondas se aproximarían a la luz.

La siguiente tabla nos indica aproximadamente las vibraciones conocidas en el éter y en el aire: –

Vibraciones del éter por segundo–		
	Miles de millones (?)	= Rayos Röntgen .
10,000	" (?)	= " Actínicos
8,000	"	= " Violeta
5,500	"	= " Verde
4,000	"	= " Rojo
2,800	"	= Infrarrojo Infrarrojo
1.000 a 2.000	"	= Calor radiante.
	50 mill a 2 billones	= Ondas hertzianas.

Vibraciones del aire por segundo–	
33.000	= Nota audible más alta.
4.000	= Nota musical más alta.
2.000	= Soprano más alto.
150 a 500	= Voz ordinaria.
32	= Nota musical más baja.
16	= " Audible "

Inmediatamente se prosiguió el trabajo de Hertz, y actualmente se está siguiendo (sin duda hacia nuevas conquistas, porque en la ciencia no hay final) por todo un ejército de investigadores, de los que sólo mencionaremos a unos pocos –como Lodge, Righi, Branly, Sarasin y de la Rive– cuyos descubrimientos, en especial en el excitador y detector, están relacionados en esta historia.

El excitador de Hertz, aunque es suficiente para sus aplicaciones especiales, tiene la desventaja de que las chispas oxidan en poco tiempo los pequeños terminales y estropean sus superficies, que hace su acción irregular y se necesita un frecuente pulimentado. Los Sres. Sarasin y de la Rive de Génova eliminaron esta dificultad colocando los terminales en un recipiente con aceite de oliva. El efecto de este montaje fue aumentar las chispas en el detector, cuando se sitúa cerca del excitador las chispas son resplandecientes; y a 10 metros de distancia, con detectores de gran diámetro (de 75 cm. a 1 metro) todavía son muy brillantes y visibles desde lejos. También es cierto, el aceite se carboniza y pierde su transparencia, pero si se emplea una cantidad considerable, como dos o tres litros, no se observa un calentamiento perceptible, y apenas se altera la intensidad de las chispas, incluso después de una hora y media de funcionamiento constante. El profesor Righi lo sustituyó por aceite de vaselina, con la densidad más idónea añadiendo vaselina sólida. Su excitador está compuesto de dos esferas metálicas, cada par en un marco de ebonita, envueltas por una capa de pergamino que encierra el aceite que rellena el espacio donde salta la chispa. Righi atribuye la gran eficacia de su excitador (1) al efecto intensificador de un cojín de líquido (aislante) que parece elevar la tensión a la que salta la chispa –una especie de (adoptando una frase francesa) *reculant pour mieux sauter*; y (2) a una especie de efecto regularizador que uniformiza su producción. Al igual que Sarasin y de la Rive, observó que la vaselina eliminaba la necesidad de una frecuente limpieza de los terminales, el aparato trabaja satisfactoriamente de forma continua. Righi también observó que las esferas sólidas daban mejor resultado que las huecas, en el primer caso las oscilaciones eran perceptibles en el detector a una distancia casi el doble que en el último caso.

El detector que usó Hertz consistía en un hilo de metal doblado en forma de rectángulo o círculo (ver Fig. 31), terminado con dos esferitas pequeñas entre las que saltaban las chispas. Pero esta forma no es obligatoria: cualquier dos superficies conductoras separadas por un pequeño espacio sirven igualmente. Se han empleado muchos tipos de detectores, pero en este momento sólo nos ocuparemos con los del tipo microfónico, que son los únicos que se emplean en el sistema de telegrafía de Marconi.¹¹²

Sólo mencionaremos la bondad reconocida del selenio con la luz, el profesor Minchin observó el hecho que estas delicadas “células de impulsión” se veían afectadas por las ondas hertzianas; el detector de Righi, que consiste en finas láminas de mercurio (como las que se usan en los espejos) donde se habían hecho finas líneas cruzadas trazadas con un diamante; y el original “cohesor” de Lodge, que consiste en una punta metálica apoyada ligeramente en una placa metálica,¹¹³ – y llegamos a una forma especial de detector conocida como detector de Branly, o como se prefiera llamarle, radio conductor.

La observación del fenómeno que subyace en el detector de Branly es muy anterior a lo que se supone normalmente. El Sr. S.A. Varley, ya en 1866, lo observó, y lo aplicó a la construcción de un protector de rayos para los aparatos telegráficos.

En su papel leído ante la British Association (asamblea de Liverpool de 1870), dijo: –

“El autor, mientras experimentaba con corrientes eléctricas con diversos grados de tensión, había observado la gran resistencia que posee una cantidad de polvo sin compactar compuesto de sustancias conductoras ante una corriente eléctrica de tensión moderada.

“Con una tensión de, pro ejemplo, cinco pilas Daniell, no pasa una cantidad apreciable por el polvo de plomo o de carbón sin compactar, incluso aunque se acerquen entre sí los terminales.

“Si se eleva la tensión, por ejemplo, a dos o trescientas pilas, las partículas se acercan pro la atracción electrostática, hacen un buen contacto eléctrico, y forman una especie de canal o puente por el que pasa libremente la corriente.

“Cuando se eleva todavía más la tensión a seiscientos o setecientas pilas, el autor ha observado que la electricidad puede pasar de un polo a otro a través de una cantidad considerable del polvo que podemos encontrar en nuestras habitaciones, y que se compone principalmente de partículas de sílice y alúmina mezclado más o menos con materias carbonosas y terrosas.

“La materia incandescente ofrece un paso libre para las descargas eléctricas, como indica el siguiente experimento. El autor depositó una cantidad de polvo de plomo y polvo de carbón en dos pequeños crisoles; no puede pasar corriente a través de estas masas mientras están frías, aunque se acerquen sin tocarse. La batería empleada en este experimento era sólo de una docena de pilas.

“Después se calientan los crisoles hasta el rojo vivo, y pasa libremente la electricidad a través del polvo caliente; y al medir la resistencia que oponen las partículas calientes, dejando los terminales separados por una pulgada, con tan sólo seis pilas, la resistencia media del plomo es tan sólo de cuatro unidades de la Asociación Británica, y el polvo de carbón se opone con cinco unidades. La resistencia media de una bobina de un telégrafo de aguja es de 300 unidades, u ohmios, como se llaman ahora.

“Estas observaciones muestran que un intervalo de polvo que separa dos conductores metálicos opone en la práctica una resistencia decreciente a una tensión eléctrica creciente, y que las partículas incandescentes de carbón se opone en $\frac{1}{60}$ parte de la resistencia opuesta por una bobina de un telégrafo de aguja. Razonando sobre estos datos, el autor llegó a construir lo que denomina “puente luminoso”, que preparó de la siguiente forma: –

“Se insertan dos gruesos conductores metálicos en un trozo de madera. Se aproximan estos puntos entre sí hasta $\frac{1}{18}$ de pulgada en un agujero cortado en el centro de la madera.

Este puente se inserta en un circuito eléctrico en el camino más corto que puede tomar, como se puede ver en el dibujo (Fig. 32), y se rellena el espacio entre los dos puntos con polvo sin compactar, que se deposita en el agujero, y cubre los extremos de las puntas conductoras hasta mitad de la madera.

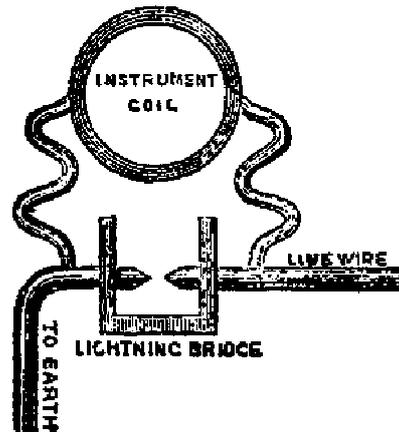


Fig. 32.

El polvo empleado consiste en carbón (un conductor) y una sustancia no conductora en un diminuto estado de división. La electricidad se encuentra en su camino un puente de polvo, que consta de partículas de materia conductora muy cercanas entre sí, las conecta debido a la influencia de una descarga, y las deja en un estado de alta incandescencia. La materia incandescente, como se ha demostrado antes, ofrece un paso muy libre para la electricidad, y la descarga eléctrica encuentra un paso más fácil a través de la materia caliente que a través de la bobina.

“La razón de que no puede emplearse con seguridad una materia conductora o principalmente conductora, aunque parece oponerse con una resistencia prácticamente infinita al paso de la electricidad a la tensión normal de trabajo, cuando ocurre una descarga de una tensión elevada, las partículas bajo la influencia de esta descarga normalmente se acercarán tanto que crearán un camino conductor entre las dos puntas del puente brillante. Esto puede demostrarse experimentalmente permitiendo que la corriente secundaria desarrollada por una bobina Ruhmkorff pase por una masa poco compacta de plomo.¹¹⁴

“Estos puentes brillantes se han empleado desde Enero de 1866. Actualmente hay más de un millar trabajando tan sólo en este país, y no ha habido ningún caso de una bobina fundida estando protegida por ellos.

“Esto es correcto, sin contar tres casos, que han ocurrido bajo la influencia de una descarga eléctrica entre las dos puntas metálicas en el puente.

“Los protectores donde ocurrió esto fueron los primeros construidos, en que se usó una proporción mayor de materia conductora que la adoptada por el inventor. También se acercaron las puntas a $\frac{1}{50}$ de pulgada, y en autor no tiene duda alguna, tras examinar posteriormente los puentes, que bajo la influencia de una descarga de alta tensión se formó entre las dos puntas metálicas un puente de materia conductora, y si los instrumentos se *hubiera sacudido para descompactar el polvo* todo hubiera vuelto a funcionar correctamente.”¹¹⁵

En las investigaciones poco conocidas del profesor italiano Calzecchi-Onesti, encontramos nuevamente este curioso fenómeno, y desde un punto de vista más apropiado a nuestro punto de vista actual. En 1884-85 el profesor Calzecchi-Onesti observó que las limaduras de cobre acumuladas entre dos placas de latón se hacían conductoras o no conductoras dependiendo del calor y presión, y en este último caso se podían volver conductoras bajo la influencia de la inducción. La Fig. 33 ilustra este experimento. En el circuito de una batería pequeña A se sitúa un teléfono B, un galvanómetro C, y dos placas de latón D, E, separadas por las limaduras de cobre. Tan pronto se abre el cortocircuito F (un hilo sumergido en mercurio), el galvanómetro indica una corriente muy débil entre las limaduras, pero, sumergiendo un momento el hilo en el mercurio y volviéndolo a sacar, se escucha en el teléfono un ligero click, y el galvanómetro indica el paso de una fuerte corriente, demostrando que las limaduras se han vuelto conductoras. Este cambio vino seguido por la corriente inducida de la bobina del teléfono (la extra corriente *directa*) en el momento de abrir el cortocircuito. Repitió este experimento con diversas limaduras o polvos metálicos, y terminó demostrando que las interrupciones rápidas de un circuito que contiene una bobina, o el contacto con un cuerpo electrificado, o las descargas electrostáticas son suficientes para hacer conductoras a las limaduras.

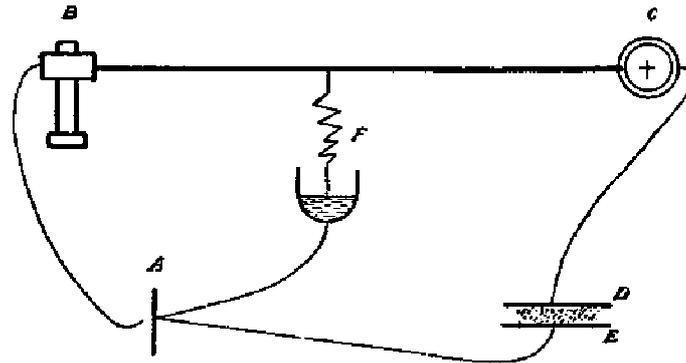


Fig. 33.

En estos experimentos Calzecchi-Onesti construyó realmente un tubo de vidrio (35 mm de largo y 10 mm de diámetro interno) que se diferenciaba sólo del que

podemos ver en la Fig. 34 en que este puede girar sobre su eje, para poder, como decimos ahora, descohesionar las partículas, una revolución o menos es bastante para ello.

Estas observaciones se publicaron en “Il Nuovo Cimento”, del 15 de Octubre de 1884, y el 2 de Marzo de 1885,¹¹⁶ pero no llamaron la atención, y sólo fue después de que el profesor E. Branly, de la Universidad Católica de París, publicara sus resultados en 1890 que se recordaron de los primeros descubrimientos de Yarley y Onesti y se apreció su valor.

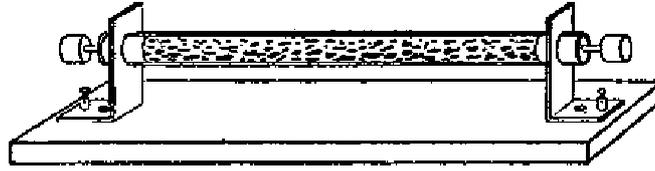


Fig. 34.

Las investigaciones del profesor Branly se describen claramente en “La Lumière Électrique” de Mayo y Junio de 1891.¹¹⁷ Que ahora es un papel clásico que trata de hechos que son los fundamentos del sistema Marconi, en el Apéndice C se dan algunos extractos. De momento sólo hace falta decir que Branly verificó y extendió las observaciones de Calzecchi-Onesti, e hizo el posterior (y para nosotros *vital*) descubrimiento que se podía volver conductor el polvo con descargas eléctricas en sus cercanías, y este polvo conductor se podía destruir sencillamente agitándolo o golpeándolo.

El detector Branly, tal como lo ha construido el profesor Lodge, podemos verlo en la Fig. 34. Consiste en un tubo de ebonita o vidrio de una longitud de 7 pulgadas, y un diámetro exterior de media pulgada, con pistones de cobre en sus extremos, que pueden regularse para presionar las limaduras con cualquier grado de presión deseado. Para hacer volver las limaduras a su estado normal no conductor, Lodge aplicó a su tubo un martillito mecánico, que se accionaba con un mecanismo de relojería o un vibrador eléctrico.

Estos, el excitador y el detector de las ondas hertzianas, son los ladrillos y el mortero, por decirlo así, del sistema Marconi, tan sólo nos queda por ver cómo se realizan y conectan para conseguir un telégrafo sin hilos de conexión, que es la culminación del sueño de Steinheil en 1838. Primero vamos a indicar dos o tres aplicaciones, o aplicaciones sugeridas, que preceden al anuncio de la invención de Marconi. No vamos a decir ni una jota para detractar el mérito que se debe al joven inventor italiano-irlandés,¹¹⁸ porque creemos que la idea es completamente original suya, y que no tuvo ninguna sugerencia del exterior. La historia de las aplicaciones de la ciencia al arte nos muestra que estas aplicaciones suelen ocurrir simultáneamente a varias personas, y por tanto, no es extraño que haya ocurrido este caso en nuestro ejemplo.

Sir William Crookes, el eminente químico y electricista, fue, creo, el primero en ver claramente las aplicaciones de las ondas hertzianas a la telegrafía práctica. En un interesante papel en “Algunas posibilidades de la electricidad”¹¹⁹ nos brinda la siguiente profecía del sistema Marconi: –

“Los rayos de luz no atraviesan la pared, como también sabemos perfectamente, tampoco la niebla de Londres, pero las vibraciones eléctricas de una longitud de onda de una yarda o más podrán atravesar fácilmente estos medios, que les serán transparentes. Aquí se nos revela la sorprendente posibilidad de telegrafiar sin hilos, ni postes, ni cables, ni ninguno de nuestros actuales costosos artefactos. Nos obsequia unos pocos postulados razonables, y todo ello acabará siendo el reino del posible cumplimiento. Actualmente los experimentalistas son capaces de generar ondas eléctricas de cualquier longitud, y radiar al espacio en todas direcciones una sucesión de tales ondas. Es posible, con algunos de estos rayos, si no con todos, refractarlos con los cuerpos adecuados que actuarán como lentes, y dirigir de esta forma un haz de rayos en cualquier dirección. También un experimentalista puede recibir algunos a distancia, o tal vez todos, estos rayos con un instrumento de la construcción adecuada, y por medio de señales concertadas pueden intercambiarse entre operadores mensajes en código Morse.

“Nos queda por descubrir- primero, algunos medios más simples y seguros para generar rayos eléctricos de cualquier longitud de onda deseada, desde los más cortos, por ejemplo unos pocos pies, que pueden atravesar fácilmente edificios y nieblas, hasta longitudes de onda cuya longitud se pueda medir por decenas, centenas y miles de millas, segundo, instrumentos receptores más sensibles que respondan a las longitudes de onda entre ciertos límites definidos y permanezcan en silencio ante todas las demás; y tercero, los medios para lanzar el haz de rayos en cualquier dirección deseada, bien con lentes o reflectores, y con la ayuda de ellos la sensibilidad del receptor (aparentemente el problema de más difícil resolución) no sería necesario que fueran tan sensibles ya que los rayos que se deberían captar se radiarían sencillamente al espacio y decaerían según la ley del inverso al cuadrado.

“A primera vista parece haber una objeción a este plan, y es la falta de secreto. Suponiendo que los corresponsales se encuentran separados por una milla, el transmisor emitiría las ondas en todas las direcciones, y por tanto sería posible que cualquiera que residiera a una milla del receptor pudiera recibir la comunicación. Esto puede evitarse de dos modos. Si se conoce la posición exacta de los instrumentos emisor y receptor, se pueden concentrar con más o menos exactitud sobre el receptor. Si el emisor y el receptor están en movimiento, no puede adoptarse este dispositivo con lentes, los corresponsales deben sintonizar sus dispositivos a una longitud de onda definida, por ejemplo 50 yardas. Supongo aquí que el progreso de los descubrimientos nos proporcionarán instrumentos capaces de ajustarse girando un tornillo, o alterando la longitud de un hilo, y así recibir las

ondas de la longitud preconcebida. Así, cuando lo ajustemos a la onda de 50 yardas, el transmisor podría emitir, y el receptor responder a los rayos que varíen entre 45 y 55 yardas, permaneciendo mudo ante todas las demás. Considerando todo el rango de ondas que puede elegirse, que varía entre unos pocos pies hasta varios miles de millas, habría suficiente secreto, ya que el curioso más empedernido ante el impacto de tener que revisar todos los millones de posibles longitudes de onda con la remota suerte de encontrar la longitud de onda particular empleada por los corresponsales que desea captar. El codificado del mensaje podría convertir en inútil esta remota posibilidad de captar el mensaje.

“Esto no es un sueño de un filósofo visionario. Todas las necesidades de la vida diaria están dentro de las posibilidades del descubrimiento, y es tan razonable y tan claro el camino de investigación que se ha emprendido ahora en todas las capitales de Europa, y esperamos oír cualquier día que ha emergido del reino de la especulación y se ha convertido en un hecho soberbio. Incluso ahora, además, es posible telegrafiar sin hilos en un radio restringido de unos pocos cientos de yardas, y desde hace algunos años. Asistía a unos experimentos donde se transmitieron mensajes de una parte a otra de una casa sin que interviniera ningún hilo y con medios casi idénticos a los descritos aquí.”¹²⁰

En 1896 Nikola Tesla, el juglar del alumbrado, propuso transmitir oscilaciones eléctricas por el espacio a cualquier distancia, levantando en cada extremo un conductor vertical, conectado por su parte inferior con tierra y en su parte superior a un cuerpo conductor de gran superficie. Debido a la presión de otros trabajos nunca hizo este experimento, no es más que una sugerencia.¹²¹

El 1 de Junio de 1894, en la Royal Institution, y ese mismo año más tarde en la reunión de la Asociación Británica en Oxford, el profesor Lodge mostró su versión de detector de Branly y que podía indicar señales a una distancia de 150 yardas del excitador, pero en ese tiempo no se le había ocurrido aplicar este experimento a la telegrafía de larga distancia. Al referirse a estos experimentos en su obra “El trabajo de Hertz” (Pág. 67, edición de 1897) dice: –

“Se hacen señales fácilmente a distancia a través de paredes y otros obstáculos, fuera se encuentra un transmisor y en el interior de la habitación se encuentra un galvanómetro y un detector. No presenta dificultad las distancias sin obstáculo, pero no es fácil obtener una distancia libre en una población, y estúpidamente no hice ningún intento para detectar qué distancia se podía detectar un disturbio de la menor potencia...”

“El Sr. Rutherford, con un detector magnético de su propia invención, construido con un principio completamente diferente, y probablemente mucho menos sensible que un cohesor, hizo esta prueba (Junio de 1896), y consiguió captar señales a través de media milla con casas y calles por medio en Cambrigde.”

Entre 1895 y 1896 los Sres. Popoff, Minchin, Rutherford y otros aplicaron el método de Hertz para el estudio de la electricidad atmosférica, y su modo de

proceder, el uso de detectores en unión con varillas de exploración verticales, son muy similares al de Marconi

El montaje de Popoff es tan parecido especialmente al de Marconi que estamos tentados de reproducirlo del “Elektritchestvo” de San Petersburgo de Julio de 1896. La Fig. 35 muestra el aparato, cuyo funcionamiento se comprenderá fácilmente. El relé acciona a otro circuito, no incluido, que contiene un registrador Richard, que registra gráficamente las perturbaciones atmosféricas.

Los planes del profesor Popoff se comunicaron a la Sociedad Físico-Química de San Petersburgo en Abril de 1895, y en una nota posterior, fechada en Diciembre de 1895, añadió “Tengo la esperanza que cuando mi aparato esté perfeccionado se podrá aplicar a la transmisión de señales a distancia por medio de las rápidas vibraciones cuando se descubra un generador de estas vibraciones de la suficiente potencia.” Debemos observar que Popoff estaba mirando en la dirección equivocada. No se necesitaba un generador más potente (que se puede conseguir con bastante facilidad), sino un detector más adecuado para las señales que el dispositivo Branly-Lodge que usó. El Sr. Marconi, como veremos, lo encontró, y esto era lo más necesario para que el aparato de Popoff se convirtiera en un telégrafo *práctico*.¹²²

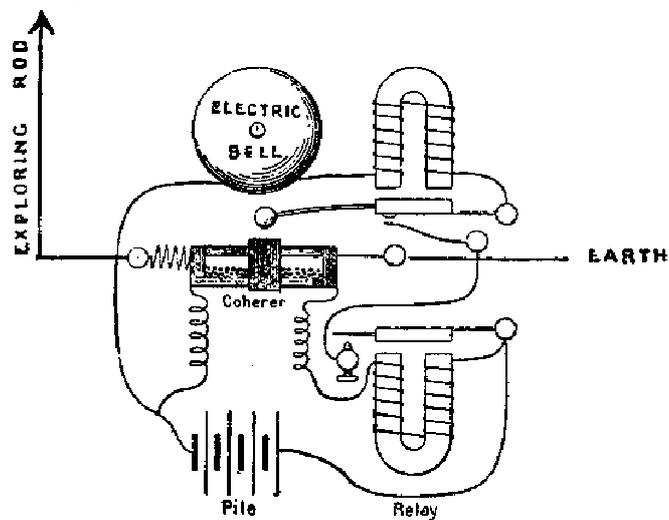


Fig. 35.

Sir Wm. Preece nos narra que en Diciembre de 1895 el capitán Jackson, R.N., comenzó a trabajar en la misma dirección, y consiguió captar señales en Morse a través del espacio antes de oír hablar de Marconi. Sin embargo sus experimentos se trataron como confidenciales en ese tiempo, y no se han publicado.

En 1896 el Rev. F. Jervis-Smith hizo un detector de carbón finamente pulverizado, como el que se emplea en las lámparas eléctricas incandescentes (de hecho, un tipo

de polvo de carbón telefónico), para observar la electricidad atmosférica, y un poco más tarde (en la primavera de 1897) aplicó su aparato para telegrafiar a distancias superiores a una milla. Esta forma de detector era en cierto modo auto restaurado y no necesitaba ningún dispositivo que le golpeará.¹²³

Finalmente, en 1896, el Sr. Charles A Stevenson, de cuyos trabajos en telegrafía sin hilos ya hemos hablado, tuvo la idea de usar el principio de la cohesión para construir un relé de gran sensibilidad.¹²⁴ No vamos a entrar en detalles, únicamente nos referimos a su “relé de polvo metálico entre dos electroimanes” en el curso de algunas notas de los experimentos del profesor Blake en América.

Llego ahora a Marconi, cuya aplicación especial de las ondas de Hertz a la telegrafía práctica se comprenderán fácilmente si mis lectores me han seguido en detalle en las páginas anteriores.

Su aparato para cortas distancias, en espacios abiertos, consiste en las partes que mostramos esquemáticamente en las Figs. 36, 37, 38 y 39. El aparato en la estación transmisora consiste en un excitador de Righi modificado A (Fig. 36), una bobina de Ruhmkorff B, y una batería de unas pocas células C, y un manipulador Morse K.

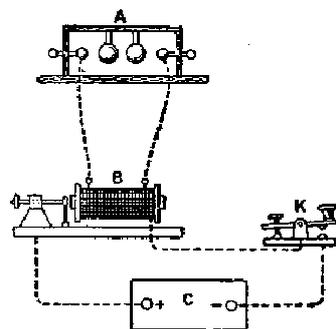


Fig. 36.

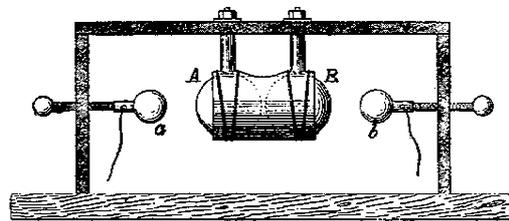


Fig. 37.

El excitador consiste en dos esferas sólidas de latón A B (Fig. 37), de un diámetro de 11 centímetros y separadas por un milímetro. Las esferas son fijas y en una caja de pergamino o ebonita rellena de aceite, de tal forma que está expuesto un hemisferio de cada una, el otro hemisferio está inmerso en aceite de vaselina espesado con un poco de vaselina sólida. Como se ha explicado anteriormente, el uso de aceite tiene varias ventajas, todas las cuales se combinan para aumentar la efectividad del montaje, y por tanto la distancia a la que puede detectarse el efecto. Mantiene claras y brillantes las superficies opuestas de las esferas, hace que las chispas eléctricas sean más uniformes y de carácter regular, que se adapta mejor para hacer las señales.¹²⁵ Dos esferitas pequeñas, también de latón sólido, *a b*, están fijas en línea con las grandes, normalmente separadas por 2,5 cm., que se puede ajustar. Al aumentar las esferas y esferitas, y aumentar la distancia que las separa

(compatible con la potencia de la bobina de inducción), se aumenta el potencial de las chispas y aumenta las oscilaciones que deben generar, y en consecuencia aumenta la distancia a la que son perceptibles. Las esferitas *a b* están conectadas cada una a un extremo de la bobina secundaria del aparato Ruhmkorff B. El hilo primario de la bobina de inducción está excitado por la batería C, se abre y cierra el circuito por medio del manipulador K. La eficacia del aparato depende en gran medida de la energía y constancia de la bobina de inducción: de esta forma una bobina que da una chispa de 6 pulgadas será efectiva hasta tres o cuatro millas; para distancias superiores se han de emplear bobinas más potentes, debe usarse una que entregue chispas de 10 pulgadas.¹²⁶

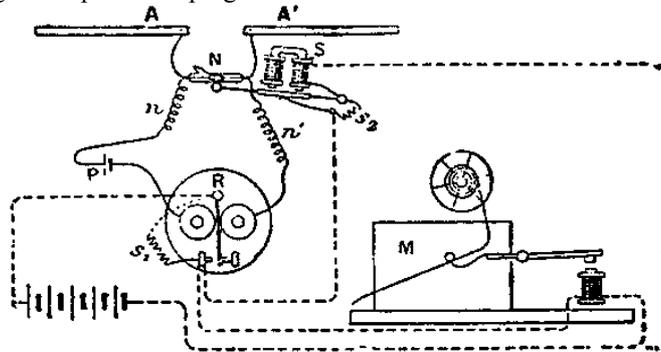


Fig. 38.

Las diversas partes del aparato transmisor se construyen y ajustan generalmente para que emitan unos 250 millones de ondas por segundo, o una longitud de onda de 1,3 metros.

La estación receptora N (Fig. 38) es una forma de detector Branly-Lodge especial de Marconi, que podemos ver totalmente en la Fig. 39. Esta es la parte que le ha dado más problemas. Aunque en los experimentos de laboratorio cualquier detector es suficiente para que un galvanómetro de espejo muestre indicaciones a una distancia de algunas yardas, el Sr. Marconi ha buscado una versión más práctica y fiable que pueda funcionar constantemente bajo las condiciones severas de uso diario, que se restaure a su condición normal (después de cada onda) con la mayor rapidez, y, al mismo tiempo, responda a las ondas más débiles que se encuentran a gran distancia de la fuente, y que permita el paso de una corriente lo bastante fuerte como para accionar un relé telegráfico. Su detector consiste en un tubo de vidrio, de 4 cm. de longitud y 2,5 mm de diámetro interior, que tiene dos piezas de plata separadas por 1 mm, herméticamente dispuestas para impedir que se escape el polvo. El pequeño espacio entre ambas piezas está lleno de una mezcla de 96 partes de níquel y 4 de plata, no muy finas, y funciona con una traza de mercurio.

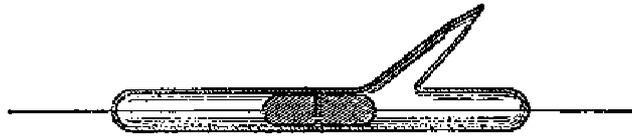


Fig. 39.

Aumentando la proporción de plata al polvo se aumenta la sensibilidad del detector *pro rata*; pero para el trabajo ordinario es mejor que no tenga una sensibilidad demasiado elevada, ya que el detector responderá demasiado fácilmente a la electricidad atmosférica y otras corrientes extrañas. De la misma forma, al reducir el espacio del polvo aumenta la sensibilidad del instrumento, pero si es demasiado pequeña, la acción es caprichosa. La cantidad de polvo necesaria es, por supuesto, muy pequeña, pero debe tratarse con cuidado u nunca debe comprimirse ni aflojarse. Si está demasiado comprimido la acción es irregular, y frecuentemente las partículas no retornan a su condición normal, o “decohesión”, como dice Lodge, si la compresión es demasiado pequeña, el instrumento es poco sensible. El mejor ajuste se obtiene cuando el detector trabaja bien bajo la acción de las chispas de un pequeño zumbador eléctrico a una distancia de un metro. Después se cierra herméticamente el tubo, después de haberle hecho el vacío hasta $\frac{1}{1000}$ de atmósfera. Esto no es esencial, pero evita la oxidación del polvo.

En condiciones normales el polvo metálico, como se ha dicho antes, es prácticamente un no conductor, ofrece una resistencia de muchos megohmios. Las partículas (empleando una expresión de Preece) están muy desordenadas. Apenas se tocan entre sí de una forma caótica, pero cuando pasan las ondas eléctricas a través de ellas se polarizan –se establece un orden– se ordenan en filas apretadas y presionadas entre sí, –en una palabra, se cohesionan, se establece la continuidad eléctrica, y pasa la corriente, la resistencia cae desde prácticamente un aislamiento a unos pocos ohmios o unos cientos de ohmios según la energía de los impactos recibidos. El rango normal es de 100 a 500 ohmios.¹²⁷

El detector se incluye en el circuito de dos impedancias electromagnéticas o bobinas de choque $n n'$, una batería local y una o dos pilas Leclanché P, y un relé polarizado R bastante sensible como los que se usan en telegrafía. La impedancia o bobinas de choque, constan de unas pocas vueltas de hilo de cobre aislado en un tubo de vidrio, que contiene una barra de hierro de 5 o 6 cm. de largo, con la intención de evitar que la energía eléctrica se escape a través del circuito del relé. El profesor Silnavus Thompson duda de la eficacia de este dispositivo, pero las experiencias de Marconi indican su gran utilidad. Cuando se quitan las bobinas, siguiendo igual todo el resto, la distancia a la que se captan las señales se reduce a la mitad.

A A' son placas de resonancia o alas (tiras de cobre) cuyas dimensiones deben ajustarse para sintonizar eléctricamente al detector con el excitador.

El relé controla dos circuitos locales en paralelo, uno contiene un instrumento Morse normal M, y el otro es el martillo S. El relé y el martillo disponen de dos pequeñas bobinas s_1 y s_2 para impedir las chispas en los contactos, que impedirían el buen funcionamiento del detector. El instrumento Morse y el martillo pueden conectarse en serie en un circuito, en cuyo caso pueden actuar como un zumbador, las señales se recibirían por el sonido. Además, se puede desconectar la máquina Morse y recibir las señales tan sólo por el sonido. La palanca del Morse está ajustada –un procedimiento muy sencillo– para que no siga las rápidas interrupciones de la corriente local debida a la acción del martillo. En consecuencia, aunque la corriente en las bobinas del Morse se interrumpa rápidamente, la palanca continúa abajo (e imprime) durante el tiempo que el detector está influido por las ondas emitidas por el transmisor. De este modo la palanca da una reproducción exacta de los movimientos del manipulador distante, los puntos y las rayas del manipulador aparecen en el Morse como puntos y rayas. La velocidad a la que pueden hacerse las señales es un poco más lenta que en la telegrafía normal (Morse), se pueden alcanzar fácilmente quince palabras por minuto.

En la práctica, la parte transmisora del aparato debe estar apantallada lo más posible interponiendo placas metálicas entre él y el instrumento receptor, para impedir interferencias inductivas, o mejor, puede encerrarse el detector en una caja metálica.

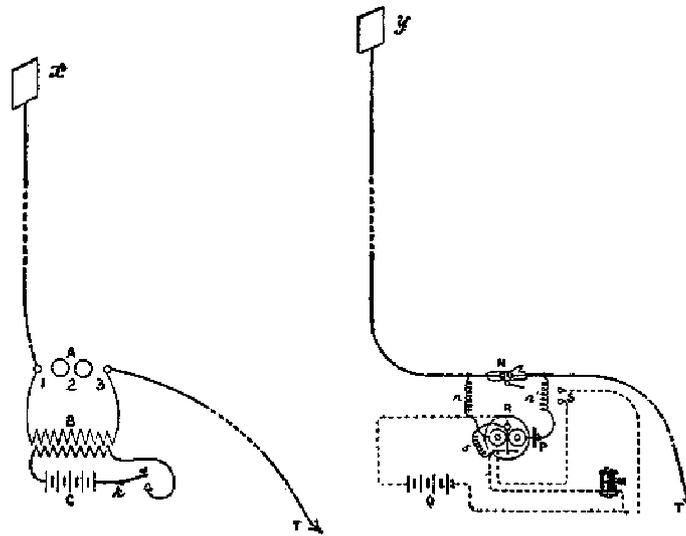


Fig. 40.

Este montaje es efectivo para cortas distancias, hasta dos millas, en espacio abierto, en especial si se levantan reflectores metálicos detrás del excitador y del detector,

enfocados con cuidado para lanzar los rayos eléctricos en la dirección correcta. Pero para largas distancias, y cuando hay obstáculos, como árboles, casas, colinas —de hecho para su uso práctico— hay que hacer algunas modificaciones que podemos ver en la Fig. 40. Se retiran los reflectores que son una fuente de problemas, caros y difíciles de ajustar. Un terminal del excitador se conecta a un hilo de cobre grueso, que se lleva hasta el extremo superior del mástil y termina en una hoja cuadrada o cilíndrica de cinc, que Marconi llama “área capacitiva.” Para distancias todavía mayores puede elevarse el hilo con una cometa o globo¹²⁸ cubierto con papel de estaño. El otro terminal se conecta a una tierra buena.

El aparato excitador está adaptado y ajustado para la emisión al espacio de ondas mucho más largas que las mencionadas en la pág. 208. La longitud de onda viene determinada por la altura del hilo vertical, que es aproximadamente igual a cuatro veces la altura, y para las señales a larga distancia las ondas de Marconi deben tener una longitud de muchos cientos de pies.

En la estación receptora se eliminan las alas de resonancia del detector, un lado se conecta a un hilo vertical y el otro lado a tierra, como en el caso del excitador. Por supuesto, en la práctica sólo se necesita un hilo vertical en cada estación, ya que puede emplearse un interruptor para conectarlo con el excitador para la emisión, o con el detector para la recepción, según sea necesario. El paralelismo de los hilos y placas, x e y , debe mantenerse lo más posible para obtener los mejores efectos.

La *razón de ser* de las conexiones a tierra todavía no se comprende bien. Es esencial un hilo a tierra en el excitador para la *larga* distancia, pero aparentemente puede ahorrarse en el detector sin ningún efecto (apreciable).¹²⁹

Sin embargo debe usarse un hilo a tierra (y lo mejor posible) en el detector como en el transmisor, tan sólo como protector de rayos. El hilo vertical es en la práctica un pararrayos, y el detector es un excelente protector contra los rayos *cuando* está conectado a tierra. Pero si desconectamos la tierra, y cae un rayo en el hilo, podemos esperar todos los desastres que ocurren ante un protector de rayos mal construido o defectuoso. Hay que perder el miedo a que el aparato de Marconi es especialmente peligroso. Es un excelente conductor de rayos y protector contra ellos, y en mi opinión, se podría emplear con seguridad incluso en un polvorín.

En una larga serie de experimentos en Italia en 1895 el Sr. Marconi obtuvo la ley de la distancia que parece ser cierta en sus últimas experiencias. “El resultado,” dice, “demuestra que la distancia a la que pueden enviarse las señales varían aproximadamente siguiendo el cuadrado de la altura de las áreas capacitivas respecto a tierra, o quizás, al cuadrado de la longitud del conductor vertical. Esta ley nos permite un medio para calcular la longitud de hilo vertical que debemos emplear para obtener una distancia dada. La ley nunca ha fracasado al dar los resultados esperados *a través del espacio* en cualquier instalación que he hecho, aunque parece que la distancia que se obtiene realmente es ligeramente superior. He observado que, son las mismas condiciones, los hilos verticales de una longitud

de 20 pies son suficientes para comunicar a una milla, 40 pies cuatro millas, 80 pies dieciséis millas, y así sucesivamente.

“El profesor Ascoli ha confirmado esta ley, y demostrado matemáticamente, usando la fórmula de Newmann, que la acción es directamente proporcional al cuadrado de la longitud de uno de los dos conductores si los dos son verticales y de la misma longitud,¹³⁰ y en proporción inversa simple a la distancia entre ellos. Por tanto la intensidad de las oscilaciones recibidas no disminuye al aumentar la distancia si se aumenta la longitud de los conductores verticales en proporción, según la raíz cuadrada de la distancia.”¹³¹

Es indudable que el aparato es delicado, y podría parecer complicado, su funcionamiento es muy sencillo para los telegrafistas, tan sólo se diferencia con el telégrafo ordinario por el tipo de electricidad y el medio de comunicación. Al pulsar el manipulador k (Fig. 40) para hacer una raya, se induce una corriente en la bobina secundaria de la máquina de Ruhmkorff; el hilo vertical se “carga” hasta el punto que se “descarga” en forma de chispa entre la apertura 1, 2, y 3, y esta carga y descarga tiene lugar con una rapidez extrema. El hilo se convierte en la sede de una corriente de rápidas alternancias u oscilante, que establece un disturbio oscilante de la misma rapidez en todos los hilos a su alrededor. Estas oscilaciones del éter son las ondas hertzianas, y se difunden por el espacio, igual que las ondas de agua cuando se tira una piedra a un estanque, o las ondas del aire cuando se da un sonido o nota musical. Al llegar a la estación receptora estas ondas hertzianas, llamadas también ondas electromagnéticas, más o menos debilitadas según la distancia sea grande o pequeña, golpean al hilo y , y generan en él una corriente oscilante del mismo tipo (aunque mucho más débil) como la del hilo x . Esto origina lo que podríamos llamar chispas invisibles en el detector, que rompen el aislamiento del polvo que contiene y lo hacen conducir, esto permite que la batería local accione al relé, y suena el instrumento Morse, o imprime la señal según se prefiera, mientras tanto el martillo hace su función de descohesionarlo.

Toda esta narración de lo que ocurre al pulsar el manipulador debe considerarse más bien popular que de precisión científica, ya que no creo que se sepa realmente lo que ocurre, o precisamente cómo ocurre. También hay que confesar que el aparato de Marconi está todavía en estado empírico, y quedan por resolver muchas preguntas sobre sus características distintivas y su interdependencia. Por ejemplo, si el efecto Marconi es en todas circunstancias Hertziana y oscilatoria. Algunas autoridades parecen pensar que es un efecto electrostático, otros de inducción electromagnética. También, ¿las ondas que radia la estación transmisora viajan en línea recta, o pueden desviarse en las masas de tierra y agua que se encuentran? Para obtener los mejores efectos, los hilos elevados deben estar verticalmente respecto a tierra, y paralelos entre sí; pero ¿cómo deben estar en caso de grandes distancias donde entra en juego la curvatura de la Tierra? ¿Son necesarias las áreas x e y ? Algunos dicen que no, otros, entre ellos el Sr. Marconi, dicen que sí, pero

sólo para distancias cortas. También, suponiendo que se radian verdaderamente ondas hertzianas desde x y llegan a y , ¿cómo pueden las débiles chispas (diciendo así) influir en el detector y hacerlo conductor? ¿Por qué se puede transmitir a distancias mayores por mar que por tierra? ¿Por qué es mejor usar en el excitador un hilo vertical grueso, y un hilo fino en el detector? Finalmente, ¿por qué no tiene importancia (aparente) usar una conexión de tierra en el detector? Estas son algunas de las cuestiones que esperan su solución, pero aunque sea peligroso dar una opinión, podría decir que cuando se resuelvan podría terminar que el efecto Marconi no es más que un efecto de botella de Leyden a gran escala, complicado, sin duda, pero un principio con el que están familiarizados todos los escolares, y conforme a las mismas leyes y condiciones.

Las primeras pruebas de Marconi a pequeña escala las hizo en Bolonia, y al tener éxito se trasladó a Inglaterra para solicitar una patente el 2 de Junio de 1896.¹³² Poco después, en Julio, presentó sus planes a las autoridades de Correos y Telégrafos, y, debe decirse en honor suyo, que Preece se interesó vivamente, aunque como hemos visto previamente, estaba introduciendo su propio método.

Los primeros experimentos en Inglaterra se hicieron en una habitación de la Oficina General de Correos, en Londres, donde se improvisó una estación en el tejado, a una distancia de 100 yardas, con varias paredes, etc. entre medio. Luego, un poco más tarde, se hicieron pruebas en Salisbury Plain al aire libre y en una distancia cercana a dos millas. En estos experimentos se emplearon unos primitivos reflectores parabólicos, con placas de resonancia a cada lado del detector (ver Figs. 36, 38).

En Mayo de 1897 se hicieron pruebas más extensas a través del Canal de Bristol entre Lavernock y Flat Holm, a 3,3 millas, y entre Lavernock y Brean Down, cerca de Weston-super-Mare, a 8,7 millas (ver Fig. 20). Aquí se eliminaron los reflectores y las placas de resonancia. Se emplearon hilos aéreos y tierra, como la Fig. 40, los hilos verticales tenían en el primer caso una altura de 50 yardas, mientras que en el segundo caso se recurrieron a cometas para elevar los hilos.

Los aparatos receptores se instalaron primero en la colina de Lavernock Point, a unas 20 yardas sobre el nivel del mar. Allí se levantó un poste, de una altura de 30 yardas, y en la parte superior había un sombrero cilíndrico de cinc, de 2 yardas de largo y un diámetro de 1 yarda. Estaban conectados a un hilo de cobre aislado que llegaba a un lado del detector, el otro lado estaba conectado a un hilo que corría colina abajo y se sumergía en el agua. En Flat Holm estaba el aparato transmisor, una bobina de Ruhmkorff que daba una chispa de 20 pulgadas con una batería de ocho células.

El 10 de Mayo se repitieron los experimentos del método electromagnético de Preece (descritos anteriormente en detalle), con total éxito.

Los siguientes días fueron memorables en la historia del Sr. Marconi. El 11 y el 12 sus experimentos no fueron bien –peor, fueron completos fracasos– y tembló el

destino del nuevo sistema. Le salvó una inspiración. El 13 se bajó el aparato receptor a la playa al pie de la colina, y se conectó con otro hilo de 20 yardas al hilo del poste. Esto daba una altura total de 50 yardas. ¡El resultado fue mágico! El instrumento que dos días antes no conseguía registrar ninguna señal inteligible, ahora funcionaba claro y sin confusión, ¡todo ello añadiendo unas yardas de hilo! Como dice Carlyle, lo más fuerte se convierte en una pajita.

El profesor Slaby de Charlottenberg, que asistió a estos experimentos, nos da unas palabras que describen gráficamente los sentimientos de los trabajadores. “Sería para mí,” dice, “una imborrable recolección. Cinco de nosotros rodeábamos los aparatos en una cabaña de madera para resguardarnos de la tormenta, con los ojos y oídos dirigidos hacia el instrumento con una dolorosa atención, esperando ver elevarse la bandera, que era la señal de que estaba todo listo. Instantáneamente escuchamos el primer *tic tac, tic tac*, y vimos al instrumento Morse imprimir las señales que llegaban en silencio y totalmente invisibles desde la roca, cuyo contorno apenas podíamos vislumbrar –¡nos llegaban bailando en este desconocido y misterioso agente que es el éter!”

Después de este experimento se hicieron otros más sin tropiezo, y al día siguiente se estableció comunicación entre Lavernock y Brean Down.

Las siguientes pruebas importantes se hicieron en Spezia, a solicitud del Gobierno Italiano, entre el 10 y el 18 de Julio de 1897. Los primeros días estuvieron ocupados con experimentos entre dos estaciones en tierra separadas por 3,6 Km., que tuvieron completo éxito. El 14 se instaló el transmisor en el arsenal de San Bartolomeo, el instrumento receptor se instaló en un barco remolcador, amarrado a diversas distancias de la costa. El hilo de la costa tenía una altura de 26 metros, y en caso necesario se podía elevar hasta 34, el hilo del remolcador se llevó hasta el extremo del mástil, y tenía una altura de 16 metros. Los resultados fueron poco satisfactorios, las señales venían mezcladas con otras señales que se originaban en la atmósfera (el tiempo era de tormenta) de un modo que los operadores telegráficos y telefónicos conocen muy bien. El 15 y el 16 (el tiempo había mejorado) se consiguieron mejores resultados, y se llegó a comunicar a una distancia de 7,5 Km.

El 17 y el 18 se trasladó el aparato receptor a un buque de guerra (acorazado), y con una elevación en la costa de 34 metros y en el barco de 22 metros, las señales eran buenas hasta una distancia de 12 a.m., y aceptables hasta los 16 Km.

Durante estos experimentos se observó que siempre que las chimeneas, mástiles de hierro, y sirgas de los barcos estaban en línea con el aparato de la costa el detector no funcionaba bien, que es lo que puede esperarse de la propiedad de pantalla de los metales, pero además se encontró otra dificultad más seria. Cuando el barco pasaba por detrás de un punto de tierra que tapaba la visión de la estación costera, las señales eran caprichosas, y no se podía trabajar bien hasta que la costa se encontraba nuevamente a la vista. Esta es una dificultad que debe vencerse para

que el nuevo sistema tenga utilidad. Hemos visto en los trabajos de Hertz que las ondas eléctricas pasan sin dificultad apreciable a través de paredes y puertas, generalmente cuerpos no conductores, y sólo son detenidas por los metales y conductores, pero en la práctica, cuando tropezamos con paredes y puertas en grandes masas –como árboles, edificios, colinas –parecen comportarse como metales, y absorben las ondas en gran cantidad, de la misma forma que la luz atraviesa un cristal fino, pero es detenida por un cristal grueso.

Esta es una de las cuestiones que fastidian la teoría del telégrafo de Marconi. En los primeros días los obstáculos entre medio no parecían interferir con las señales, pero en algunos casos lo hacen.¹³³ Sin embargo en muchas de las recientes pruebas de Marconi no parece haber dificultad. En la Isla de Wight una colina de una altura 300 pies más elevada que sus hilos verticales no ha sido obstáculo.

En los experimentos de Dover durante la última asamblea de la British Association (Agosto de 1899) la gran masa de Castle Rock, de una altura de 400 pies, no parece interferir con las señales entre Dover Town Hall y el faro de South Foreland, a una distancia de cuatro millas, o el buque faro de Goodwin, a una distancia de veinte millas. También, entre Town Hall y Wimereux, a través del Canal, no parece afectar una masa de casas, edificios altos, y de hilos de tranvías.¹³⁴

Todavía mejor, nos hemos enterado que durante los mismos experimentos las señales de Wimereux destinadas a Dover se recibieron en la fábrica de Marconi en Chelmsford, a una distancia de ochenta y cinco millas de la estación de Francia, y de hecho se intercambiaron señales entre estos dos lugares.¹³⁵

Durante las maniobras navales del último verano (1899) de Bantry, se intercambiaron correctamente mensajes entre barcos con una colina de una altura de 800 pies entre medio; y además, entre el Europa y el Juno, separados por ochenta y cinco millas, y con treinta acorazados, etc. (con todas sus masas metálicas, chimeneas, mástiles de hierro, y cordaje) maniobrando en medio. El hilo vertical en cada buque tenía una altura de 170 pies, y además, debido a la curvatura de la tierra, debía haber una colina de agua entre ellos, y que las ondas deberían haber ¿atravesado o rodeado?

Según las observaciones de Le Bon,¹³⁶ debían de haberla rodeado. La longitud, dice, de las ondas hertzianas permite que rodeen los espacios con facilidad, incluso los cuerpos metálicos en algunas circunstancias –un hecho que ocurre en los espejos metálicos parcialmente transparentes. “Los cuerpos no metálicos,” dice, “se han considerado perfectamente transparentes a las ondas hertzianas, ¿pero estas ondas atraviesan una colina o la rodean? 12 centímetros de cemento Portland son parcialmente transparentes, y 30 centímetros son no transparentes y prácticamente opacos. La arena seca es casi transparente de todo, pero la arena húmeda es mucho menos –es decir, parcialmente opaca. Los sillares de piedra son más transparentes que el cemento, pero aumentan su opacidad si se humedecen. Generalizando, la transparencia de los cuerpos no metálicos varía según la sustancia y se reduce a

medida que aumenta la densidad y humedad del cuerpo.” Si esto es así, las ondas hertzianas que actúan sobre un detector al otro lado de una colina debe haberla rodeado, no atravesado, de la misma forma que pasa por los bordes de los espejos metálicos, o se dobla o se gira en algunos experimentos de Hertz y Lodge. Esta es también la conclusión a la que han llegado Sir William Preece,¹³⁷ y el Sr. Marconi,¹³⁸ y otras autoridades. Cuando, dice el primero, el éter está atestado de materias de diferentes grados de inducción, las líneas de fuerza se curvan, como ocurre en la luz. La Fig. 41, que he tomado prestado de Preece, nos muestra, según este punto de vista, cómo se saltan las colinas.

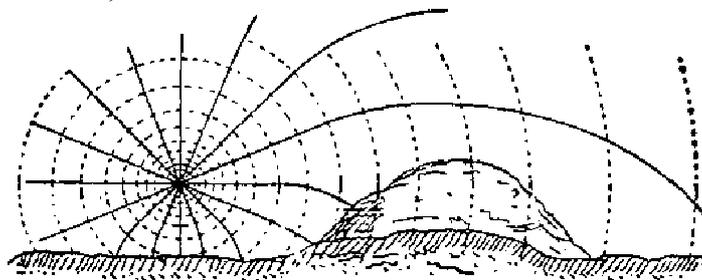


Fig. 41.

Por otra parte, el profesor Branly, aunque mantiene la teoría que las ondas electromagnéticas viajan sólo en línea recta, nos sugiere que la opacidad de los cuerpos que se encuentran podría depender solamente de la longitud de onda –que estos cuerpos podrían ser opacos a algunas ondas y transparentes o parcialmente transparentes a otras. Refiriéndose a la propuesta para hacer estallar minas submarinas a distancia por medio de ondas eléctricas, dice: “Esto sólo se puede hacer si el agua es transparente a las ondas que se usen. El hecho de que una hoja de papel de estaño sea capaz de interceptar totalmente las ondas eléctricas, nos hace pensar que es muy probable la opacidad del agua, y en especial del agua salada.” Probó experimentalmente varios líquidos y soluciones, y descubrió que una capa de agua, de 20 centímetros de grueso, basta para reducir la distancia de las señales a una quinta parte de su valor al aire libre. La misma cantidad de agua salada intercepta completamente las ondas. El aceite mineral no es más absorbente que el aire. El agua marina lo es en gran cantidad.-más que los sulfatos de cinc, sodio y cobre. El resultado es fatal para el uso de las ondas eléctricas a través del agua, pero es posible encontrar alguna diferencia con la longitud de onda. Las ondas de una chispa de 2 cm. son totalmente interceptadas, las de una chispa de 20 cm. de un chispero de Righi se transmiten en un 0,5% por un espesor de 20 cm. de agua de mar. Debe recordarse que el agua de mar es bastante transparente a las ondas eléctricas de la longitud de las ondas de la luz [ondas de Röntgen], y es posible que haya otras regiones de no absorción en el espectro eléctrico.”¹³⁹

Cualquiera que sea la explicación, el hecho es que las masas que se interponen reducen la distancia a la que pueden trabajar los aparatos con el mismo ajuste y la misma potencia, y este efecto es superior sobre tierra que sobre el mar –una tercera parte. Por tanto, cuando dice que los cuerpos interpuestos no dificultan, debe comprenderse que ofrecen una dificultad insuperable, y podemos suponer que en la práctica las pérdidas se compensan de alguna de estas dos maneras: (1) aumentando la altura de los hilos verticales, esto aumenta la longitud de la onda y el volumen del éter perturbado en la estación transmisora; y (2) aumentando la potencia en la estación transmisora y la sensibilidad del aparato receptor. Pero rápidamente se encuentra un límite en estas direcciones, y por lo que hemos visto en el momento presente la distancia efectiva del sistema Marconi es pequeña comparada con los antiguos métodos de la telegrafía por hilo.

Por supuesto, si es necesario se pueden diseñar medios para repetir automáticamente las señales, aunque presentan grandes prácticas al considerar las pantallas metálicas que debemos emplear. Otro joven italiano, el Sr. Guarini-Foresio, está trabajando actualmente en esta dirección.¹⁴⁰

A su regreso a Alemania después de presenciar las pruebas de Marconi en Inglaterra, el profesor Slaby en Septiembre de 1897 realizó algunos experimentos muy instructivos en la vecindad de Postdam, primero entre Matrosenstation y la iglesia de Sacrow, a 1,6 Km., y después entre el primer lugar y el castillo de Pfaueninsel, a 3,1 Km. He extraído los siguientes comentarios del “Electrical Engineer” del 3 de Diciembre de 1897: –

El profesor Slaby recientemente, en el Colegio Técnico de Berlín, nos ha dado un interesante informe de sus experimentos sobre telegrafía sin hilos, o como empieza a llamarse, “telegrafía de chispas.” Menciona un experimento que hizo él mismo y que le permitió enviar por medio de un hilo dos mensajes diferentes simultáneamente sin interferirse entre sí. Explicó que la corriente continua que se emplea en la telegrafía ordinaria se conduce por el centro del hilo, y ha demostrado que las ondas eléctricas que viajan por el éter son atraídas por los hilos que se encuentran por el camino, y que viajan por el exterior de estos hilos sin ejercer influencia al interior. Haciendo uso de estas observaciones ha conseguido transmitir un mensaje a lo largo del exterior del hilo mientras que se envió otro mensaje por el centro con corriente continua.

El profesor Slaby dice que, en unión con el Dr. Dietz, hizo muchos experimentos con la “telegrafía de chispas” antes de darse a conocer la invención de Marconi, pero que no consiguió ningún resultado importante.¹⁴¹

A su regreso de Inglaterra ha seguido experimentado más. El Emperador de Alemania ha estado presente en algunos de estos experimentos, y puso a su disposición varios marineros y los jardines reales de Postdam. El receptor se levantó en la estación naval y el transmisor en Peacock Island. Los primeros

experimentos no tuvieron resultado, debido a que el cohesor que usaban era muy sensible, y contenía demasiada plata, y se veía afectado por la electricidad atmosférica, y en consecuencia estaba afectado constantemente aunque no hubiera señales procedentes de la estación transmisora. Posteriores experimentos mostraron que los resultados mejoraban a medida que se reducía la sensibilidad del cohesor. El profesor Slaby usa ahora limaduras gruesas de níquel que limpia y seca cuidadosamente. Al no poder verse la estación receptora desde la isla se trasladó la estación transmisora a una iglesia un poco más lejos, se instaló el excitador entre las columnas del pórtico, y el mástil que aguantaba el hilo se levantó a lo alto de la torre. Los experimentos tuvieron éxito.

Cuando se trasladó el aparato un poco más adentro de la iglesia, y se alargó el hilo en 2 yardas en paralelo con las tablas del suelo a una altura de una yarda, dejó de funcionar, ya que las ondas se iban a tierra. No hay que olvidar que no se puede llevar el hilo demasiado cerca del suelo, o tenderlo en paralelo con la tierra. Cuando se retrasó el transmisor a la isla, se observó que los árboles cercanos al hilo era un obstáculo porque recibían las ondas. Por esta razón el profesor dice que lo mejor es que los hilos en el transmisor y en el receptor puedan verse entre sí. Incluso un pequeño bote o el humo de un vapor pueden causar pequeñas interrupciones, que hace que las señales sean más o menos claras. Las ondas atraviesan los impedimentos, e incluso los edificios, pero siempre con grandes pérdidas. Para hacer más visible desde tierra al hilo de la isla se alargó de 25 a 65 yardas, y se colocó en un bote sobre el río. Esto no lo remedió, pero cuando se alargó también el hilo en el receptor hasta 65 yardas se obtuvieron buenos resultados, demostrando la gran importancia de la longitud del hilo.

Después el profesor Slaby, a principios de Octubre, experimentó en una región abierta del país, libre de todos los obstáculos, entre Rangsford (estación transmisora) y Schöneberg (estación receptora), a una distancia de 21 Km. Se emplearon globos cautivos para elevar hilos de 300 metros. Los primeros dos días los resultados fueron desalentadores, el fracaso se debió a los conductores verticales, que consistían en los cables que sujetaban los globos. Cuando se empleó el hilo doble del teléfono se observó una pequeña mejoría, y finalmente, el 7 de Octubre, “se empleó hilo de cobre aislado de 0,46 mm de diámetro con excelentes resultados.”

Las señales siempre eran buenas, excepto cuando había descargas atmosféricas (el tiempo era de tormenta) Algunas veces las señales se recibían distorsionadas y confusas, y a menudo las descargas eran tan fuertes que eran desagradables para los operadores, que tenían que manejar los aparatos con el mayor cuidado.¹⁴² Esta es otra dificultad seria con la que ha tenido que combatir el Sr. Marconi, y como hemos visto no se puede impedir la suspensión total de las operaciones durante las tormentas –a saber, la gran posibilidad de sufrir un accidente o un trastorno, no únicamente de los relámpagos, que sufren todos los sistemas telegráficos, sino

también de todas las demás descargas eléctricas de la atmósfera que hasta ahora no se habían tenido en cuenta. Cuando mayor es la distancia a la que tenemos que trabajar, más altos deben ser los conductores, y en consecuencia, mayor es el peligro.

Los aparatos que ha usado el profesor Slaby son algo diferentes a los de Marconi, estos son los puntos más importantes: –

1. Un galvanómetro relé Weston, que es curioso indicar que es un viejo amigo nuestro con un vestido nuevo, el relé Wilkins, usado por el Sr. Wilkins en sus experimentos de telegrafía sin hilos en 1845.
2. Un detector Branly-Lodge normal que tiene tan sólo polvo de níquel.
3. No se emplea ninguna impedancia o bobina de choque.¹⁴³

El curso que tomaron los experimentos de Marconi lo narró sucintamente el presidente de la Wireless Telegraph Co. en un discurso reciente el 7 de Octubre de 1898, y no podemos hacer nada mejor que incluirlo.¹⁴⁴

“Hace un año,” dice, “cuando comenzó esta compañía (Julio de 1897) el Sr. Marconi estaba casualmente en Italia haciendo experimentos para el Gobierno Italiano, y para el Rey y la Reina en el Quirinal. A su regreso a este país se hizo la primera prueba a larga distancia entre Bath y Salisbury. El receptor se era en este caso un oficial de la oficina postal, que se dirigió a Bath y preparó él mismo una estación, donde recibió señales hasta una distancia de treinta y cuatro millas estando emitiendo desde Salisbury. Después de esto montamos una estación permanente en Alum Bay, en la Isla de Wight. Se usó esta estación por primera vez con un pequeño vapor en las cercanías de Bournemouth, Boscombe, Poole Bay y Swanage, una distancia de dieciocho millas de la estación del Hotel Needles, con quien se estaba constantemente en comunicación telegráfica.

“Se dieron varias demostraciones más tarde –una en la Cámara de los Comunes, donde se levantó una estación, y la otra estación en St. Thomas Hospital (Mayo de 1898) Cuando llegaron nuestros asistentes a la hora para preparar la instalación, el sistema estaba en funcionamiento. Hemos hecho muchas demostraciones en nuestras oficinas, donde ha asistido numerosa gente; entre ellos el Sr. Brinton, el director de vapores de línea de la Donald Currie, que preguntó si podíamos contactar desde nuestra estación con un vapor de pasajeros. SE hizo así. El barco era el Carisbrooke Castle, en su primer viaje, cuando pasaba ante Needles telegrafió un mensaje sin hilos a Bournemouth, que se telegrafió por hilos al Sr. Brinton.

“Después de esto Lord Kelvin visitó nuestra estación en Alum Bay, y expresó su gusto con todo lo que había visto, envió varios telegramas, por medio de Bournemouth, a sus amigos, por cada uno de ellos pagó una tasa de un chelín, mostrando de este modo su aprecio por el sistema y para ilustrar su uso comercial. Al día siguiente el Embajador Italiano visitó la estación. Entre los mensajes, envió

un largo telegrama dirigido al Ayuda de Campo del Rey de Italia. Como era italiano, y el ayudante del Sr. Marconi en Bournemouth no tenía conocimiento de esta lengua, pudo hacer varias pruebas –incluso un mensaje en código. Se recibió el telegrama exactamente como se había enviado. Anteriormente, tuvimos una exhibición para el “Electrical Review” y el “Times”, cuyos periódicos enviaron representantes. Hicieron todas las pruebas posibles, y entre ellas, enviaron un largo telegrama en código, que tenía que volver repetido. Los reporteros afirmaron que era exactamente igual a como había sido emitido.

[En Mayo Lloyd deseó tener un ejemplo de las posibilidades de hacer señales entre Ballycastle y Rathlin Island en el Norte de Irlanda. La distancia entre los dos puntos es de siete millas y media, de las que cuatro son sobre tierra y las restantes por el mar, con una alta colina entre los dos puntos. En Ballycastle se empleó un poste de 70 pies para sujetar el hilo, y en Rathlin se sujetó un conductor vertical desde el faro con una altura de 80 pies. Se encontró que se podían pasar señales entre los dos puntos, pero que sería mejor elevar la altura del mástil en Ballycastle a 100 pies, ya que la proximidad del faro al hilo de Rathlin parecía reducir la efectividad de esta estación. En Rathlin encontramos que los fareros no sabían como funcionaba el instrumento, y después del lamentable accidente que le sucedió al pobre Sr. Glanville, esta instalación fue atendida sólo por ellos, ya que no había más expertos en la isla en aquel momento.^{145]}

“Después de esto, en Julio (1898) nos pidió un periódico de Dublin, el “Daily Express”, informar de la regata de Kingstown. Para poder hacer esto levantamos una estación [en tierra] en Kingstown, y otra a bordo de un vapor que seguía a los yates. Un hilo telefónico conectaba la estación de Kingstown con las oficinas del “Daily Express”, y los mensajes que venían del barco se telefoneaban a Dublin y se publicaban en las sucesivas ediciones de los periódicos matinales.¹⁴⁶

[Después de las regatas se probaron distancias mayores, y se descubrió que con una altura de 80 pies en el barco y 110 pies en tierra era posible comunicarse hasta una distancia de veinticinco millas, y hay que decir que en este caso y a esta distancia la curvatura de la Tierra interviene muy considerablemente entre los dos puntos.]

“Tras esto, se solicitó al Sr. Marconi que instalara una estación en Osborne conectada con el yate del Príncipe de Gales y transmitir los boletines de la salud del Príncipe (su Real Majestad, que como sabemos, había tenido un lamentable accidente un poco antes) y no tan sólo se pasaban a su Majestad, sino que la realza hizo un gran uso de nuestro sistema durante la semana que estuvo en Cowes.

[En esta estación se empleó en ambas estaciones una bobina de inducción capaz de dar una chispa de 10 pulgadas. La altura del poste que sujetaba el hilo vertical era de 100 pies en Osborne House. En el yate el extremo superior del conductor se sujetó al mástil principal a una altura de 83 pies desde cubierta, esto le llevaba muy cerca de las chimeneas, y cerca de un gran número de cables. El conductor

principal consistía en un hilo trenzado de $\frac{7}{20}$ en ambas estaciones. El yate normalmente estaba anclado en Cowes Bay a una distancia de cerca de dos millas de Osborne House, estos dos puntos no estaban a la vista, entre medio se encuentran las colinas de East Cowes.]

[El 12 de Agosto el Osborne navegaba hacia las Needles y se mantuvo la comunicación con Osborne House hasta Newton Bay, a una distancia de siete millas, las dos posiciones estaban completamente apantalladas por las colinas que había en medio. Desde esta misma posición se pudo contactar con nuestra estación en Alum Bay, aunque Headon Hill, Golden Hill, y hubiera ocho millas de tierra directamente entre ellos. Headon Hill es 45 pies más alto que la parte superior de nuestro hilo en Alum Bay, y 314 pies más alto que el hilo del yate.]

“En estos últimos días hemos tenido que trasladar nuestra estación en Bournemouth cuatro millas más al oeste, donde establecimos los mismos instrumentos, el mismo poste, y todo en el Hotel Haven (Poole), que está a dieciocho millas de Alum Bay. Este aumento de la distancia no ha afectado a nuestro trabajo, más bien parece que ha mejorado algo la recepción de señales en el Hotel Haven que en nuestra anterior estación, la altura del conductor en Bournemouth era de 150 pies, pero actualmente se ha reducido a 100 pies que es un gran avance.¹⁴⁷

[Los conductores verticales son de hilo de cobre trenzado y aislado con goma arábica y cinta. Se emplea en cada estación una bobina de inducción de una chispa de 10 pulgadas, alimentada por una batería de 100 celdas de Obach del tamaño M, la corriente que se aplica a la bobina es de 14 voltios y de 6 a 9 amperios. Las chispas saltan entre dos esferitas de un diámetro de 1 pulgada, este transmisor se ha encontrado más simple y efectivo que el excitador Righi empleado hasta ahora. La longitud de la chispa se ajusta a un centímetro, que siendo mucho más corta que la que puede proporcionar la bobina, permite un gran margen para cualquier irregularidad que pueda surgir. No se necesita ningún cuidado sobre el pulido de las esferas conde salta la chispa, incluso parece que funciona mejor estando las esferitas sucias que pulidas.]

“La invención de Marconi es el único telégrafo (eléctrico) con el cual se puede mantener la comunicación entre un objeto en movimiento y cualquier otro objeto en movimiento, o con una estación fija, y por tanto podemos ver la gran utilidad, no solo a las autoridades de la Royal Navy, sino también a la marina mercante. Un barco equipado con los aparatos de Marconi no tan sólo puede mantener la comunicación telegráfica con la costa a una distancia razonable –se ha probado exhaustivamente hasta veinticinco millas de la costa –sino también entre barcos, si están bien equipados, pueden advertirse de una aproximación peligrosa o su proximidad a costas peligrosas que tengan los aparatos sin hilos.

[Si imaginamos un faro provisto con un transmisor que de constantemente una serie intermitente de ondas eléctricas, y un barco provisto con un receptor en la

línea focal de un reflector, está claro que cuando el receptor caiga en el alcance del transmisor podrá sonar un timbre sólo cuando el reflector se dirija hacia el transmisor. Si hacemos girar el reflector por un mecanismo de relojería, nos dará un aviso sólo cuando ocupe un cierto sector en el círculo en que gira. Por tanto es fácil para un barco saber exactamente la dirección del faro en medio de la niebla, y, según el número convencional de sonidos que correspondan a las ondas emitidas, podría discernir, tanto el punto peligroso que deben evitar, como el puerto a donde deben dirigirse.^{148]}

[En Diciembre de este último año la Compañía pensó que el sistema se podía aplicar a la comunicación telegráfica entre los buques faro y la costa. Esto, como sabrán, es un tema de una gran importancia, todos los demás sistemas que se han probado han fallado, y los cables con los que se conectan los barcos son enormemente caros, y exigen amarras y equipos especiales, que son problemáticos de mantener y fáciles de que se rompan en las tormentas. Los oficiales de Trinity House nos ofrecieron la oportunidad de demostrarles la utilidad del sistema entre el faro de South Foreland y uno de los siguientes buques faro, a saber, el Gull, el South Goodwin y el East Goodwin. Naturalmente elegimos uno de los más alejados –el East Goodwin– que está a doce millas del faro de South Foreland.

[El aparato se llevó a bordo en un bote abierto y se montó en una tarde. La estación comenzó a trabajar desde primera hora, del 24 de Diciembre, sin la menor dificultad. El sistema ha estado trabajando admirablemente durante las tormentas, que en este año han sido notables por su fuerza y continuidad. En una ocasión, durante una gran tormenta en Enero, un barco tropezó con una mar fuerte, perdiendo gran parte de sus defensas. El informe de este contratiempo se telegrafió rápidamente al superintendente de Trinity House, con todos los detalles de los daños sufridos.

[La altura del hilo a bordo del barco es de 80 pies, el mástil, tiene una altura de 60 pies de hierro, y el resto de madera. El hilo aéreo pasa entre un gran número de cables metálicos y cadenas, que no parecen reducir la fuerza de las señales. Los instrumentos están en la cabina de popa, el hilo aéreo pasa a través de una claraboya, que está aislada por un tubo de goma. Se usa una bobina normal de 10 pulgadas, y se alimenta con una batería de pilas secas, la corriente es de 14 voltios y de 6 a 8 amperios.

[Los instrumentos en el faro de South Foreland son similares a los que se emplean en el barco; pero como se ha contemplado algunas pruebas de larga distancia de South Foreland a las costas de Francia, la altura del poste es mucho mayor que la necesaria sólo para el barco.]

Estas pruebas se hicieron debidamente, y el 27 de Marzo de 1899, se estableció la comunicación entre Inglaterra y Francia.¹⁴⁹

“En este lado del Canal,” dice el “Daily Graphic” (el 30 de Marzo de 1899), “las operaciones tuvieron lugar, con permiso de Trinity House, en una pequeña

habitación en la parte frontal de la cabaña de los generadores de donde se deriva la energía para el alumbrado de South Foreland. La casa está en la parte superior del acantilado que domina el Canal. Las demostraciones se hicieron para el Gobierno Francés, que observaba el sistema, además se encontraba en Foreland el Signor Marconi, el coronel Comte du Bontavice de Heussey, agregado militar francés en Inglaterra, el capitán Ferrie, representando al Gobierno francés, y el capitán Fieron, agregado naval francés en Inglaterra. Durante la tarde se intercambiaron un gran número de mensajes en Francia e Inglaterra entre la pequeña habitación de South Foreland y el Châlet D'Artois, en Wimereux, cerca de Boulogne.

“Todos los aparatos estaban sobre una pequeña mesa de unos 3 pies cuadrados, en el centro de la habitación. Bajo la mesa estaba la batería de cincuenta pilas para el primario, una bobina de inducción de 10 pulgadas ocupaba el centro de la mesa. La chispa tiene una longitud de 1 ½ cm., o unos tres cuartos de pulgada; el extremo superior del poste por donde sale la corriente al espacio está a una altura de 150 pies. La longitud de la chispa y la fuerza de la corriente es la misma que se emplea para la comunicación con el buque faro East Goodwin, un notable hecho cuando se considera que la distancia donde se intercambiaron ayer los mensajes es unas tres veces mayor. El aumento de la distancia está compensado con el aumento de la altura del poste. En todos los mensajes que se enviaron ayer no se detectó ni un fallo –todos eran claros y se recibían fácilmente. La velocidad de transmisión fue de quince palabras por minuto.”

Se envió al “Times” el primer mensaje de prensa internacional por este nuevo sistema, y fue como sigue: –

“(De nuestro corresponsal de Bolonia)

WIMEREUX, 23 de Marzo.

“Ayer por la mañana se estableció la comunicación entre Inglaterra y el Continente con el sistema de telegrafía sin hilos de Marconi. Los puntos donde se han hecho los experimentos son South Foreland y Wimereux, una población en la costa francesa dos millas al norte de Boulogne, donde se preparó un hilo vertical de una altura de 150 pies. La distancia es de treinta y dos millas. Los experimentos se han hecho con el código Morse. El Signor Marconi ha dirigido las pruebas, y se ha quedado muy satisfecho con los resultados obtenidos.

“Este mensaje se ha transmitido por el sistema Marconi desde Wimereux para Foreland.”

Entre los expertos en la ciencia eléctrica que presenciaron los experimentos estaba Fleming, F.R.S. de la universidad de Londres, que nos ha dejado sus impresiones en una larga carta para el “Times” (3 de Abril de 1899). Nos cuenta que durante el periodo de su visita se intercambiaron perfectamente mensajes, señales,

felicitaciones y chistes entre los operadores que se sentaban a cada lado del Canal, y se imprimieron automáticamente en señales en código telegráfico en la cinta de papel normal a la velocidad de dieciocho a veinte palabras por minuto. No hubo la menor dificultad o retraso para obtener una respuesta instantánea a las señales enviadas. Ningún familiarizado puede sacarse el sentimiento de maravillarse poco al ver un instrumento telegráfico conectado a unos 150 pies de hilo de cobre que sube por el mástil de una bandera y que comienza a lanzar su mensaje al espacio e imprimirlo en puntos y rayas sobre una cinta de papel la inteligencia que a cruzado treinta millas de agua sobre el misterioso éter.”

Durante las maniobras navales británicas en el mar en Julio de 1899 se hicieron unas extensas pruebas del sistema. Se prepararon tres buques de la flota B –el buque bandera, Alexandra, y los cruceros Juno y Europa. La mayor distancia a la que se emitieron las señales fue de sesenta millas náuticas entre el Juno y el Europa, y cuarenta millas náuticas entre el Juno y el Alexandra. Estos no fueron los máximos alcances obtenidos, sino las distancias en que, bajo todas circunstancias, el sistema podía proporcionar una transmisión perfecta. Se captaron señales de pruebas a una distancia de setenta y cuatro millas náuticas (ochenta y cinco millas). Estos importantes resultados se obtuvieron usando una bobina de inducción o transformador peculiar de Marconi.¹⁸⁰ La Fig. 41A muestra el montaje donde *a* es el hilo vertical, *b* la conexión a tierra, *c* el primario y *d* el secundario del transformador, y *e* un condensador. “El objeto de este montaje,” dice el Sr. Marconi, “es elevar la fuerza electromotriz de las oscilaciones en los terminales del detector *j*, y por tanto causar la rotura de su estado de aislamiento con oscilaciones débiles, y que se vea afectado a una distancia mucho mayor que la que se obtiene cuando el detector se conecta directamente al hilo vertical.” La bobina primaria es de hilo fino (lo contrario a la práctica normal), y la secundaria de hilo todavía más fino.

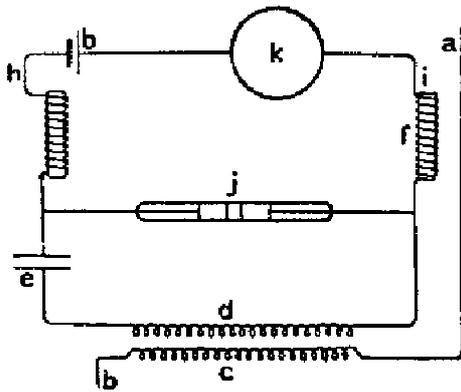


Fig. 41A.

En sus primeros experimentos con transformadores y bobinas de varios tipos, Marconi observó que si se bobinaba el secundario con más de una capa, se obtenía poca ventaja. Esto le llevó a probar un modo de bobinado en que el centro de la bobina consistía en una única capa, pero aumentando el número de vueltas en los extremos. Esto le dio un resultado mucho mejor, y finalmente llevó al montaje que se puede ver en la Fig. 41B, que “representa la mitad longitudinal de la sección de una bobina aumentada; pero no está estrictamente a escala. También, en vez de mostrar la sección de cada capa de hilo como una fila longitudinal de puntos o circulitos, como debería aparecer, se simplifica el dibujo como una línea continua.” Se verá que curiosamente se bobina el secundario en cuatro secciones, y otra peculiaridad es que estas secciones deben conectarse como se indica, y a medida que aumenta la distancia al primario, el número de espiras en cada sección debe reducirse.

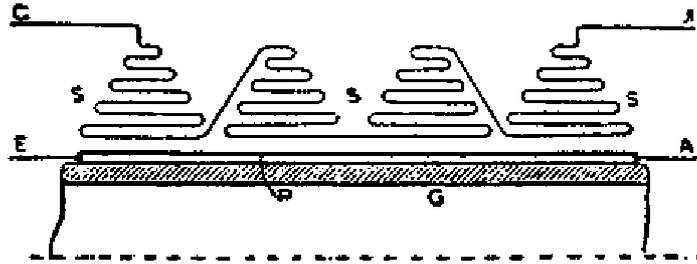


Fig. 41B.

El uso de estas pequeñas bobinas durante las maniobras navales tuvo un efecto muy marcado en el detector, permitiendo su respuesta a las ondas a distancias mucho mayores. De esta forma, cuando trabajaban el Juno y el Europa con una potencia del transmisor y la misma altura de los hilos verticales, la distancia

obtenida era de siete millas náuticas sin la bobina, y sesenta millas náuticas con ella.¹⁵¹

Después de las maniobras navales se abrieron estaciones de Marconi en Chelmsford y Harwich, separadas por cuarenta millas, y en Agosto (1899), durante la asamblea de la British Association en Dover y la Asociación Francesa en Boulougne, se intercambiaron mensajes entre los dos lugares, la distancia a través del Canal era de treinta millas. También se mantuvo correspondencia entre las estaciones de Dover y South Foreland (cuatro millas) y el Goodwin (dieciséis millas) a través de la gran masa de Castle Rock (400 pies de altura) y los acantilados de South Foreland. También se pudo mantener la comunicación entre Wimereux y Chelmsford o Harwich. La distancia en cada uno de estos casos era de ochenta y cinco millas, de las que treinta eran sobre el mar y cincuenta y cinco por tierra. La altura de los hilos verticales en cada extremo era de 150 pies, esto muestra, y confirma los resultados de muchos experimentos anteriores, que masas considerables de rocas, tierra, y agua, no ofrecen un obstáculo infranqueable para la transmisión de señales. De haberlo sido, y haber sido necesario trazar una línea entre los extremos de los mástiles para sortear la curvatura de la Tierra, hubieran debido tener una altura en este caso de 1.000 pies.¹⁵²

En Octubre de 1899, en América, se emplearon los aparatos de Marconi para notificar desde el mar el progreso de los yates en la Regata Internacional entre el Columbia y el Shamrock. El trabajo fue completamente satisfactorio, y se dice que se transmitieron más de 4.000 palabras en un día de las (dos) estaciones en barco a la estación costera.¹⁵³

Inmediatamente después de las carreras se pusieron los instrumentos a disposición del American Navy Board, a petición suya, con los que hicieron algunas pruebas interesantes y severas. El crucero New York, y el barco de guerra Massachusetts, se equiparon bajo la supervisión personal de Marconi. Los dos barcos estaban anclados en el North River, separados por 480 yardas, es decir, la distancia que separara a dos buques en una formación de escuadra. Las operaciones de las señales en el New York fueron ejecutadas por el propio Sr. Marconi, con la ayuda de un asistente, y bajo la dirección de dos miembros del Navy Board, mientras las señales en el Massachusetts las hizo uno de los ayudantes de Marconi, bajo la inspección de otro oficial naval. El objeto de los primeros experimentos fue determinar si se podía emplear el sistema para hacer señales a corta distancia entre escuadrones en el mar. La primera prueba fue transmitir y recibir un artículo de un periódico de 1500 palabras, que se hizo sin error, y a una velocidad de once palabras por minuto. La segunda prueba fue la transmisión de una serie de números de diversas longitudes, que se hizo correctamente, y con algo más de velocidad. La tercera prueba trataba de una serie de letras escritas al azar; la cuarta de una serie de mensajes cortos; y la quinta y sexta, unas series de mensajes codificados. Esta última tasaba la destreza de los operadores, las “palabras” tenían un aspecto

extraño, impronunciable, y sin sentido en absoluto. Por tanto no es sorprendente que se detectaran uno o dos errores en estas pruebas, pero probablemente se debiera más a fallo del operador que de los aparatos. Además, como ha indicado el Sr. Marconi, todos estos experimentos fueron más bien pruebas de los operadores para la corrección y velocidad de operación que de la utilidad de los aparatos, que a estas distancias tan cortas fue incontestable.

Después se dirigieron los barcos a mar abierto. El New York ancló en un punto a unas cinco millas de las Highlands, mientras el Massachusetts continuó su curso, intercambiando señales con su consorte a intervalos de diez minutos. Hasta una distancia de treinta y seis millas las señales fueron buenas, pero no se especifica la distancia a la que se envió el informe, únicamente dice, “A la distancia de treinta y seis millas los mensajes no llegaron bien, regresó el barco de guerra y ancló a unos cientos de yardas del New York.”¹⁵⁴

Para probar la posibilidad de interferencia con las señales, se estableció un aparato de Marconi en las Highlands, con un hilo vertical de 150 pies. Durante el tiempo que se intercambiaban mensajes los dos barcos de guerra la estación de Highlands emitió otras señales, con el invariable resultado de que la correspondencia entre los barcos se volvía ininteligible.¹⁵⁵

El informe oficial de una autoridad independiente como el American Navy Board debe ser valiosa, y además contiene información precisa sobre otros puntos no referidos en los párrafos anteriores, creo que será útil reproducirla: –

“Presentamos respetuosamente los siguientes hallazgos como resultado de nuestra investigación del sistema Marconi de telegrafía sin hilos. Se adapta bien para el uso en escuadrón bajo condiciones de lluvia, niebla y oscuridad. El viento, la lluvia, la niebla y otras condiciones meteorológicas no afectan a la transmisión, pero la humedad podría reducir el alcance, la rapidez y precisión al afectar al aislamiento del hilo aéreo e instrumentos. La oscuridad no afecta. No tenemos datos sobre los efectos del movimiento y cabeceo, pero las vibraciones excesivas a alta velocidad no afectan aparentemente a los instrumentos, y creemos que el trabajo del sistema se vería muy poco afectado por el movimiento del buque. La precisión es buena en los alcances de trabajo. Se podrían repetir los cifrados y las señales importantes a la estación transmisora, si fuera necesario, para asegurar la precisión absoluta. Cuando los barcos están cerca (menos de 400 yardas) son necesarios unos sencillos ajustes en los aparatos. La mayor distancia a la que se intercambiaron mensajes con la estación en Navesink fue de 16 ½ millas. Esta distancia se superó ampliamente durante la regata de yates, cuando se instaló un equipo de instrumentos más eficaces.¹⁵⁶ La mejor localización de los instrumentos podría ser abajo, bien protegidos, con fácil comunicación con el oficial al mando. Las chispas de la bobina transmisora, o una importante fuga, debido a fallos de aislamiento en el hilo transmisor, podrían bastar para inflamar una mezcla de gases inflamables u otra materia de fácil combustión, pero una buena bajante (por el aire, si se puede) y el

gran aislamiento necesario para un buen trabajo no hay que temer al peligro de incendio. Cuando hay dos transmisores emitiendo al mismo tiempo, todos los receptores en su rango reciben los impulsos, y las cintas se vuelven ilegibles, mostrando sin duda que está teniendo lugar una doble emisión. De todas formas, bajo un gran número de condiciones variadas, la interferencia era completa. Aunque el Sr. Marconi afirmó ante el Board antes de hacer estas pruebas que podía impedir las interferencias, nunca ha explicado cómo, ni ha hecho ningún intento para demostrar cómo se podía hacer. Entre los barcos grandes (con una altura de mástiles de 130 y 140 pies) y una torpedera (con una altura de mástil de 45 pies), en agua abierta, se pueden captar señales hasta siete millas en la torpedera y ochenta y cinco millas en el barco. Se pueden interrumpir totalmente las comunicaciones cuando hay entre medio altos edificios con estructuras metálicas. La velocidad ni es mayor de doce palabras por minuto con operadores diestros. La conmoción por tocar la bobina emisora o el hilo puede ser grave, e incluso peligrosa para una persona con el corazón débil. No se tiene nota de ningún accidente fatal. No se ha averiguado la posibilidad de tener un accidente por un rayo. El aparato transmisor y el hilo afectan seriamente a la brújula si se sitúa cerca de él. No se conoce la distancia exacta, y debería determinarse con experimentos. El sistema se adapta para su uso en todos los barcos de la Marina, incluyendo las torpederas y barcos pequeños, como patrulleras, exploradores y correos, pero es impracticable en un bote pequeño. Para los grupos de desembarco el único método factible es levantar un poste en la costa y luego comunicar con el barco. Este sistema se podría adaptar a la determinación telegráfica de diferencias de longitud durante la vigilancia. El Board recomienda respetuosamente que se pruebe este sistema en la Marina.”¹⁵⁷

Al regresar el Sr. Marconi de su viaje a América hizo una interesante demostración del valor de su sistema para los barcos en el mar. “Unos días antes,” dice, “de mi partida, estalló la guerra en Sudáfrica. Algunos de los oficiales del buque de línea americano sugirieron que se podía obtener las últimas noticias de la guerra desde la instalación permanente existente en Needles, (Isla de Wight), antes de llegar a Southampton. Consentí fácilmente a instalar mis instrumentos en el St. Paul, y pude llamar a la estación de Needles a una distancia de sesenta y seis millas náuticas, cuando se recibieron a bordo todas las noticias importantes, mientras el barco avanzaba a veinte nudos por hora. Se recibieron las noticias y se imprimieron en un periódico pequeño, llamado el “Trasatlantic Times”, varias horas antes de nuestra llegada a Southampton.”¹⁵⁸

En Octubre de 1899 la Oficina de Guerra envió algunos instrumentos de Marconi a Sudáfrica, para su uso en la base y en los ferrocarriles, pero las autoridades militares se dieron cuenta inmediatamente que el sistema sólo podía tener valor en el frente, y se trasladaron los aparatos al campo De Aar. Al principio los resultados no fueron totalmente satisfactorios, un hecho que se debía a la ausencia de los

postes adecuados o cometas, acto seguido, cuando se improvisaron unas cometas, el viento era tan variable que sucedía que cuando una cometa estaba en el aire en una estación, en la otra estación estaba en aire en calma. Sin embargo, cuando se consiguieron las cometas adecuadas, y el viento era favorable, se podía comunicar entre De Aar y Orange River, a unas sesenta millas. Se establecieron seguidamente estaciones en Belmont, Enslin y en el río Modder en el oeste, y en Natal al este. No nos ha llegado ningún informe fiable sobre el trabajo de estas instalaciones entre las tropas sudafricanas, pero tenemos esperanzas, como el Sr. Marconi, que “antes que termine esta campaña la telegrafía sin hilos haya demostrado su utilidad en la guerra moderna.”¹⁵⁹

Después de haber narrado las demostraciones públicas más importantes de Marconi hasta la fecha,¹⁶⁰ propongo ocupar las páginas finales con algunos comentarios sobre la teoría y práctica de la telegrafía de ondas hertzianas.

Se ha objetado que el sistema de Marconi que, sacando los reflectores y las alas de resonancia, no permite la privacidad en los telegramas, ya que cualquiera que disponga de los aparatos necesarios puede recibir las señales de cualquier punto dentro del círculo cuyo centro es la estación transmisora y con un radio de la estación receptora. Otra objeción, y en algunos casos más seria, es que cualquiera que pueda levantar un hilo o hilos en la proximidad de una estación Marconi puede dirigir la propagación de las ondas hertzianas, y debido a las interferencias confundirá sus efectos en el detector como para ser ilegibles las señales. Incluso no sería necesario propagar contra ondas a una lámina metálica grande (o varias láminas) elevadas en el aire a gran altura, en línea con las estaciones, en ángulo recto a la dirección de las ondas, y conectarlas a tierra por medio de un hilo, e interceptarán gran parte de su energía, en una cantidad mayor cuanto más cerca estén a la estación. De esta forma, si se emplean para fines militares, un enemigo podría captar los despachos o hacerlos ininteligibles, según su deseo. Esta última objeción proviene de la naturaleza y es inevitable, y en la práctica debe limitar la aplicación del sistema a las líneas de comunicación que estén lo suficiente separadas como para no interferirse entre sí. Sin embargo, la primera objeción, puede reducirse de alguna forma recurriendo la sintonía o resonancia de los reflectores, y se esperan avances rápidos en esta dirección.

El Dr. Oliver Lodge, F.R.S., el distinguido profesor de física de la Universidad de Liverpool, coautor y expositor de Hertz en Inglaterra, se ha ocupado mucho en el problema de la telegrafía por ondas hertzianas -especialmente con vistas a asegurar la sintonía en los aparatos emisor y receptor, y por tanto limitar las comunicaciones a los instrumentos de la misma sintonía, la ausencia del carácter selectivo es uno de las grandes desventajas del sistema Marconi.

Hemos visto ya el 1 de Julio de 1894, al profesor Lodge exhibir aparatos que eran efectivos para enviar señales a pequeña escala, pero como dice, “fui tan estúpido que no hice ningún intento de aplicar la débil energía, como probar la distancia a

que se podía detectar realmente... No hay duda que restaba aclarar un número de puntos, y considerables avances en la construcción, si el método se convertía en útil en la práctica.”¹⁶¹ Desde entonces ha estado trabajando con ellos, y algunos de sus trabajos están protegidos por sus patentes, N° 11.575, del 10 de Mayo de 1897, “Perfeccionamientos en la Telegrafía sin Hilos Sintonizada.”

Se pueden emplear esferas o cuadrados metálicos como superficie capacitiva, pero para combinar la baja resistencia con una gran capacidad electrostática, se prefieren conos o triángulos con los vértices adjuntos y sus áreas mayores separadas en el espacio. También puede emplearse una superficie aislada combinada con la tierra –la tierra o conductores clavados en ella, que constituye la otra superficie capacitiva. Al ser en estas superficies mayor la radiación en la dirección ecuatorial que en la dirección axial, cuando se quiere radiar en todas direcciones, el eje del emisor debe estar en posición vertical. Además, la radiación en plano horizontal es menos susceptible de ser absorbida durante su paso sobre tierra parcialmente conductora o agua.

La Fig. 42 muestra el montaje para señales a larga distancia. H H¹ son grandes hojas metálicas triangulares, que por medio de los conmutadores adecuados (no incluidos) pueden conectarse al aparato emisor o receptor, según se desee. Los que se encuentran a mano izquierda del dibujo se muestran con las esferitas pulidas H² H² (protegidas por vidrio de la radiación ultravioleta), que forman el chispero regulable del excitador. Entre cada área capacitiva y su esferita se inserta una autoinductancia bobinada con hilo grueso o cinta metálica (ver H⁴, Fig. 43) correctamente aislada, el objeto de la misma es alargar las oscilaciones eléctricas en una sucesión de ondas, y obtener por tanto una frecuencia o tono definido, posibilitando la sintonía, ya que la exactitud de su trabajo depende del hecho que con la emisión de un número de ondas sucesivas se refuerzan los impulsos débiles en la estación receptora hasta que causan un efecto perceptible, es el conocido principio de la resonancia.

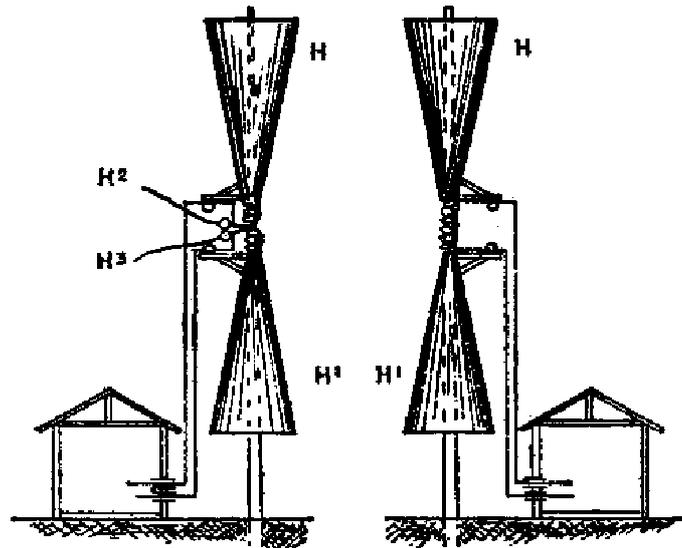


Fig. 42.

Las superficies capacitivas y bobinas de inductancia son exactamente iguales en las dos estaciones, de esta forma presentan la oscilación eléctrica de la misma frecuencia. Esta frecuencia puede alterarse bien variando la capacidad de las botellas de Leyden usadas en el circuito excitador, o variando el número y posición de las bobinas de inductancia, o variando ambos factores en el grado adecuado, esto permite que respondan únicamente las estaciones con la misma relación de oscilación.

Para hacer funcionar al excitador se puede emplear una bobina de Ruhmkorff, una bobina de Tesla o una máquina de Wimshurst, o cualquier otro aparato de alta tensión.

La Fig. 43 muestra los detalles del montaje para excitar y detectar las ondas eléctricas. Cuando se usa el transmisor se desconecta el circuito receptor de las superficies capacitivas mediante un interruptor (no indicado). Vamos a considerar primero la parte transmisora. Al poner en funcionamiento la bobina Ruhmkorff A, carga las botellas de Leyden J J, cuyas cubiertas exteriores están conectadas, primero, por medio de una autoinductancia H^5 de hilo muy fino, para permitir que se carguen las botellas; y, segundo, a los "chisperos de apoyo" H^6 H^7 . Cuando las botellas están completamente cargadas hasta la tensión de chispa, salta la chispa en el "chispero de arranque" H^8 . Esta chispa precipita la aparición de chispas en los "chisperos de apoyo", que hacen aparecer cargas eléctricas en las superficies capacitivas H H^1 . Estas cargas pasan a través de las bobinas H^4 , y hacen saltar chispas en cada cruce a través del "chispero de descarga" entre las esferitas H^2 H^3 .

Esta última descarga, según el profesor Lodge, es el agente principal que inicia las oscilaciones que originan las ondas emitidas, pero es permisible acercar el “chispero de descarga”, y dejar que inicien las oscilaciones sólo con las chispas de los “chisperos de apoyo”, cuyos terminales deben estar pulidos y protegidos de la luz ultravioleta, “para aplicar las cargas eléctricas de la manera más brusca posible.”

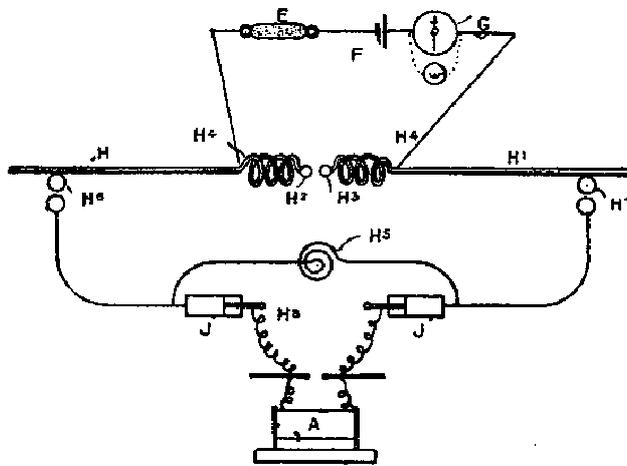


Fig. 43.

Cuando se usa como receptor el “chispero de descarga” se puentea con un interruptor adecuado, y se establecen las conexiones con el circuito receptor, que se puede ver en la parte superior de la Fig. 43. Lodge usa como detector –

1. Su cohesor original, Fig. 44, una punta metálica N se apoya ligeramente en una superficie metálica plana O (por ejemplo una aguja de acero o platino haciendo un ligero contacto sobre una varilla de acero o aluminio similar a un muelle de reloj), con un extremo fijo P, y ajustable por medio de un micrómetro Q, para regular la presión de la punta N. O –
2. Un tubo de Branly lleno de limaduras de hierro de tamaño uniforme, sellado al vacío, y con los electrodos, que son de platino, reducidos a puntas separadas por una pequeña distancia.

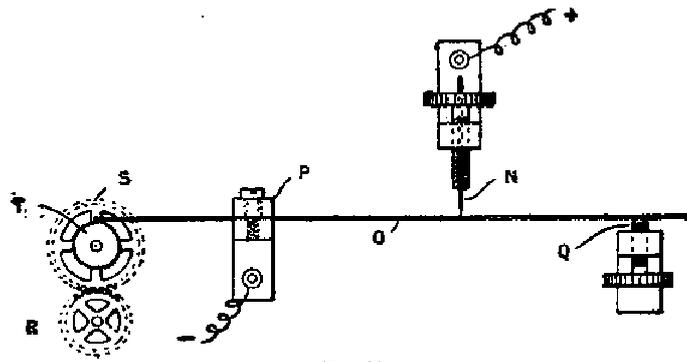


Fig. 44.

En la Fig. 45 podemos ver la última forma del cohesor de Branly, se dice que es extremadamente sensible y de acción segura, especialmente con un vacío muy elevado. A A es un tubo de vidrio sujeto fuertemente por los soportes de ebonita B B, C es un depósito de limaduras, que pueden añadirse o retirarse, la porción efectiva se ajusta girando el tubo; D D son electrodos de plata en el interior de las limaduras, que como en el anterior, son de hierro seleccionado y tamaño lo más uniforme posible, E es uno de los terminales de los electrodos de plata, el otro está oculto a nuestra vista en el dibujo.

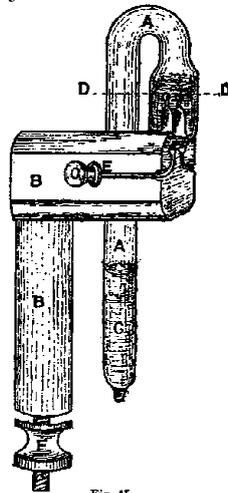


Fig. 45.

El instrumento se sujeta con una brida con tornillo F a cualquier apoyo adecuado, al que se aplica el martillito descohesionador.¹⁶²

Cuando llega una onda eléctrica procedente de un excitador distante y estimula las vibraciones eléctricas en las superficies capacitivas sintonizadas, la resistencia

eléctrica del cohesor cae bruscamente y permite que la pequeña batería F, Fig. 43, accione al relé G, o al teléfono, o cualquier otro instrumento telegráfico.

Para romper el contacto, o restaurar la gran resistencia original en el cohesor, se puede emplear cualquier vibración mecánica, como un reloj, un diapasón, o una rueda de engranajes (en la Fig. 44), o cualquier dispositivo que lo sacuda o haga temblar, mantenido en movimiento con un muelle, o peso, o eléctricamente. El mero movimiento de cualquier mecanismo de relojería unido al cohesor será suficiente, normalmente es bastante con un ligerísimo temblor, casi imperceptible.

Normalmente el cohesor está dispuesto en serie con la batería y el instrumento telegráfico, en conjunto con las superficies capacitivas y con las bobinas de autoinductancia –un montaje que el profesor Lodge considera muy ventajoso, o, como dice, “un perfeccionamiento sobre cualquier otro modo que se había hecho antes sin estas bobinas.”

Las patentes especifican además otras cosas –a saber, encerrar las bobinas de inductancia en otra bobina secundaria (que constituye una especie de transformador), y hace que esta bobina forme parte del circuito del cohesor. En este caso el cohesor está estimulado por las ondas en el circuito secundario en vez de las ondas en las bobinas de inductancia, que junto con las superficies capacitivas pueden vibrar libremente sin ningún estorbo de los hilos añadidos.

En todos los casos es permisible, algunas veces deseable, poner en paralelo con las bobinas del instrumento telegráfico G una resistencia de hilo fino o bobina no inductiva w , “para conectar el cohesor de una forma más efectiva y cercana a las superficies capacitivas.”

En las Conversaciones de la Royal Society del 11 de Mayo de 1898, se presentó en funcionamiento un equipo completo de aparatos de Lodge, con algunas modificaciones en las partes de señales y registro introducidas a sugerencia del Dr. Alexander Muirhead. En vez del manipulador Morse normal, se empleó el conocido transmisor automático Muirhead de cinta perforada en un extremo de la habitación, y un registrador de sifón como instrumento receptor en el otro extremo. El registrador se modificó para que no imprimiera las líneas en zigzag, sino (la aguja seguía trabajando entre los stops) una deflexión momentánea marcaba un punto, y una marca continua para una raya.

El registrador de sifón es tan rápido en sus respuestas que indica cada grupo de chispas emitidas desde el aparato emisor, por tanto una raya no es sencillamente una deflexión mantenida, sino una serie de diminutas vibraciones, e incluso puede verse que un punto consiste en vibraciones similares, pero en un número inferior. Si la velocidad de las señales es lenta y la cinta se mueve lentamente, estas vibraciones aparecen como puntos y rayas; pero cada señal, cuando se examina con un microscopio, puede verse que consiste en una serie de líneas más o menos corta que representan las vibraciones.

A una velocidad lenta las señales son muy claras, pero esto no es necesario actualmente, y es posible conseguir una velocidad elevada haciendo contactos tan breves que una única deflexión del registrador indique un punto, y tres deflexiones consecutivas una raya. El papel marcado así no se parece a los registros normales, sino que se parece más bien a los caracteres Morse originales como se dibujan en la pág. 404 y 409 del “Manual de Telegrafía” de Shaffner (Nueva York 1859), y son muy legibles con un poco de práctica.

También se puede conectar un teléfono como receptor (conectado por medio de un transformador) donde se escuchan claramente los puntos y las rayas.

Se dice que el aparato trabajó bien (excepto a alta velocidad, en que en ocasiones falló el tiro), y no parece que se vio afectado por los numerosos aparatos eléctricos en su cercanía, aunque algunos de ellos debían dar una intensa radiación de ondas hertzianas.

Basado en los mismos principios –a saber, la emisión de ondas eléctricas en un sitio y la detección por alguna forma de cohesor en otro sitio– son muy similares el sistema de Lodge y el sistema de Marconi para cortas distancias (donde no se emplean los hilos verticales), como se representa en la Fig. 38. Las diferencias son sólo pequeños detalles, pero parecen tener consecuencias importantes.

En primer lugar, el profesor Lodge afirma que su aparato emisor es un excitador más persistente, que emite un tren de ondas largas más largo,¹⁶³ que actúan de forma acumulativa para la rotura del aislamiento del detector, y que trenes de ondas más potentes pero más cortos pueden ser inoperativos. Después, este elemento de persistencia permite usar dispositivos de sintonía, por medio de los cuales pueden sintonizarse adecuadamente cualquier equipo de instrumentos para que sólo puedan responder estos instrumentos, sin afectar a otros equipos sintonizados a diferente frecuencia, esto asegura de alguna medida el secreto de las comunicaciones.

El montaje de Lodge funciona bien en el laboratorio y en el salón de conferencias, pero no parece que se haya probado (que es una lástima) a distancias considerables, falta ver lo que puede hacer sin recurrir a los hilos verticales que Marconi considera esenciales para el trabajo práctico a distancias superiores a dos o tres millas.¹⁶⁴

Hablando del consumo de energía en el transmisor de Marconi tal como se construye ahora, y de lo idóneo de ahorrar lo más posible, un escritor en un volumen reciente de “Electrician” (vol. XLI, pág. 83) hace algunos comentarios que se pueden incluir aquí. “A menos,” dice, “que se adopte algún medio para concentrar toda la radiación en un camino definido, la eficacia práctica y comercial de la telegrafía con ondas hertzianas será pequeña, y hay que evitar las enormes cantidades de radiación que se dispersa de la línea de señales para evitar las interferencias, es posible, sin duda alguna, sintonizar el receptor para que responda únicamente a las ondas de un tono particular, pero cuando la telegrafía de ondas

hertzianas se practique de forma extensiva a distancias considerables, el número posible de tonos no interferentes será insuficiente para el número de estaciones receptoras. Aparte de esto, el método de la sintonía que confina el mensaje al camino adecuado tiene la desventaja que no confina la energía a este camino, sino por el contrario, se despilfarra.

“Las ondas hertzianas, al igual que sus parientes, las ondas de la luz, tienen la propiedad de que pueden reflejarse y refractarse, aunque, debido a su longitud de onda mucho mayor, los aparatos necesarios para convergerlas en un haz paralelo es más difícil de construir y más costoso que, por ejemplo, el reflector parabólico de un foco o las lentes compuestas de un faro. No obstante hay sustancias muy conocidas, la pez por ejemplo, que cuando da forma de lente o prisma, tienen la particularidad de actuar sobre las ondas hertzianas como la lentes o prismas de vidrio sobre las ondas de la luz. Se conoce científicamente desde la época de Hertz, pero aparecen considerables dificultades para su aplicación.

Sin embargo, nos inclinamos a pensar que finalmente se empleará en la telegrafía sin hilos, algún dispositivo como una enorme lente de pez para recoger los rayos dispersos del generador de ondas hertzianas, y los refractará convirtiéndolos en un haz de rayos paralelos, o casi paralelos, esto mejorará la eficacia y penetrabilidad de este interesante método de propagar las señales por el espacio.”

El Sr. Marconi ha estado trabajando constantemente en estos problemas de la sintonía y la reflexión. Esta última, temo, sólo se puede practicar a distancias cortas, hasta unas pocas millas, y con aparatos como los construidos originalmente. Para distancias mayores se necesitan grandes longitudes de hilos verticales y enormes reflectores, y sus ajustes serán tan difíciles que prácticamente imposibilitan el proyecto

Con los métodos de sintonía se han obtenido algunos resultados. En una carta reciente al “Times” (4 de Octubre de 1900) el profesor Fleming hace algunas revelaciones sorprendentes. “Durante los dos últimos años,” dice, “el Sr. Marconi no ha cesado de luchar con el problema de las líneas de comunicación aisladas, y el éxito ha sonreído a su destreza e industria. Más tarde describirá los detalles técnicos, pero entre tanto puedo decir que ha modificado su receptor y el transmisor para que sólo respondan entre sí cuando estén correctamente sintonizados.

“Estos experimentos se han hecho entre dos estaciones separadas por 30 millas – una cerca de Poole (Dorset) y la otra carta de St. Catherine, en la Isla de Wight. Actualmente se han establecido en estos sitios los últimos dispositivos del Sr. Marconi, ajustadas para que el receptor de cada estación sólo responda al transmisor de la otra. Visité durante Poole tres días, el Sr. Marconi me invitó a las pruebas y quedé completamente satisfecho de la independencia de los circuitos, estos son tan sólo dos pruebas de las muchas que se hicieron. Se dieron instrucciones a los dos operadores de St. Catherine para enviar simultáneamente

dos mensajes diferentes sin hilos a Poole, y se registraron los dos perfectamente sin ninguna confusión al mismo tiempo en las señales Morse en las cintas de los dos receptores correspondientes en Poole.

“En esta primera demostración cada receptor estaba conectado a su propio hilo aéreo independiente que colgaban en el mismo mástil. Pero siguieron grandes maravillas. El Sr. Marconi colocó los receptores uno encima de otro, y los conectó al mismo hilo, de una longitud de 40 pies, sujetos al mástil. Yo le sugerí que los operadores de St. Catherine enviaran dos mensajes al mismo tiempo, uno en inglés y el otro en francés. Cada receptor de Poole desenrolló su propia cinta, una con el mensaje en inglés perfecto y la otra en francés. Cuando pensamos que estos puntos y rayas visibles son el resultado de trenes intermitentes de ondas eléctricas con la velocidad de la luz a través de 30 millas, recogidas con el mismo hilo aéreo, desenmarañados y separados automáticamente por estas dos máquinas y convertidos en mensajes inteligibles en diferentes lenguajes, no nos podemos sacar esta maravilla de la mente.

“Su espacio es demasiado valioso para abusar dando más detalles, ya que podría mencionar algunos resultados maravillosos exhibidos por el Sr. Marconi durante las mismas demostraciones, mensajes recibidos desde un transmisor a una distancia de 30 millas y grabados con un instrumento en una habitación cerrada únicamente con la ayuda de un cilindro de cinc de 4 pies de alto, situado sobre una silla. Más sorprendente es descubrir que, mientras se hacían estos experimentos entre Poole y St. Catherine, se hacían otros para el Almirantazgo entre Portsmouth y Portland, estas líneas de comunicación se intersectaban entre sí, y su independencia era tan perfecta que nada de lo que se pudiera hacer en un circuito afectaba al otro, a menos que se quisiera. El corolario de estos últimos perfeccionamientos es que se pueden abolir los latos mástiles necesarios. El Sr. Marconi ha establecido una comunicación telegráfica sin hilos perfectamente independiente entre Poole y St. Catherine, a una distancia de 30 millas, por medio de un par de cilindros metálicos elevados a 25 o 30 pies del suelo en ambos sitios.”

Si estos últimos avances son sólo la mitad que los resultados indicados por el profesor Fleming, el valor del sistema de Marconi aumentaría enormemente y su esfera de utilidad se aumentaría.¹⁶⁵ Por tanto aguardamos con impaciencia las divulgaciones prometidas de cómo se consiguen todas estas maravillas.

Incluso aunque estos perfeccionamientos tenga o no gran valor práctico, o sean o no susceptibles de aplicación extensa, nos contentamos con el sistema que hemos descrito en estas páginas. Ha demostrado ser práctico hasta sesenta o setenta millas, y con este límite tiene una utilidad que le abre un campo. Muchas islas se encuentran a esta distancia entre sí y de los continentes, y con las que hasta ahora sólo se podía comunicar con cables, que son costosos de hacer y tender, y con frecuencia costosos de reparar. También, especialmente entre los sitios donde el

tráfico no es muy grande, existe un gran campo cuando los cables se hagan viejos y fallen.

Hemos visto en el discurso del presidente de la Wireless Telegraph Co. que se está negociando con Lloyd que, si llegan a la práctica, resultará con una amplia aplicación para hacer señales entre las estaciones de Lloyd y los barcos amarrados dentro y fuera, y los que pasen por la vecindad. Además no nos apresuramos a predecir que los faros y buques faro a lo largo de las costas, no sólo de las Islas Británicas sino en todos los países, en poco tiempo dispondrán de telégrafos sin hilos, que mantendrán una correspondencia constante con todos los barcos en el mar. También, está la intercomunicación entre los barcos en el mar. Los barcos que lleven aparatos de Marconi podrán conversar con los ocupantes de los faros y entre sí. Puede verse fácilmente que esto podrá ser, en muchos casos, mucho más útil que las pocas señales que actualmente se pueden hacer, o las señales con banderas, sirenas, etc. —un tedioso proceso, muy incierto y fuente de errores.¹⁶⁶

Regresando del mar a tierra, encontramos, por las razones que hemos indicado, un campo de aplicaciones más limitado —en todos los casos, a menos que se diseñen medios para enfocar los rayos eléctricos y convertir a los aparatos en sintonizados. Pero incluso, aunque con estos medios podamos recibir los mensajes previstos, todavía existirán las interferencias de las que me temo que nunca nos libraremos, y por tanto nunca podremos usar este sistema en una red de líneas como ahora, con cruces, recruces, y solapamientos entre todos de todos los modos y en todas las direcciones. Las diversas ondas de electricidad se interferirán entre sí y sus efectos en los detectores acabarán dando un caos. Por tanto la telegrafía sin hilos sólo se podrá usar en líneas alejadas de otras líneas que interfieran, es decir, en líneas de baja concentración de habitantes y regiones sin desarrollar.

Sin embargo, aparecen muchos casos de improvisar un medio de comunicación, como dice el profesor Lodge, y que pueda presentar ventajas para “lanzar” un mensaje, lanzándolo a los receptores en todas las direcciones, y para lo que se adapta perfectamente la telegrafía sin hilos, ya que vemos que es económico y de fácil instalación —como en las maniobras de los ejércitos, para informar en las carreras y otros sucesos deportivos, y en general, para todos los temas importantes que ocurran fuera del alcance de las líneas permanentes.

Pero para la correspondencia regular diaria de una nación con ramificaciones en todas las direcciones llevando un tráfico enorme, no se adopta el sistema de Marconi, no más que otros métodos que se han propuesto, o que puedan inventarse en nuestros días. Así, durante un largo tiempo tendremos que mantener nuestros hilos telegráficos y telefónicos, usando el telégrafo sin hilos como un apoyo para casos especiales y en las contingencias que he mencionado.

Unas pocas palabras para el futuro, a modo de conclusión, y habremos acabado. En este punto encontramos algunos comentarios recientes del profesor Silvanus Thompson y tan apropiados que los tenemos que citar, ya que provienen de una

mayor autoridad que lo que podamos decir. El profesor Thompson ha estudiado detalladamente el tema, y por tanto “se expresa bien.”

“Se ha demostrado,” dice, “que hay tres métodos generales de transmitir señales eléctricas a través del espacio. Todas ellas exigen líneas o áreas de base. La primera –la conducción– necesita tierra húmeda o agua como medio, y para distancias inferiores a tres millas es el más efectivo de los tres. El segundo –inducción– no depende de la tierra o el agua, atraviesa igualmente el aire o la roca seca. El tercero –propagación de ondas eléctricas– no precisa de ningún medio aparte del éter del espacio, pero es interferido con las cosas que se interponen, como mástiles o árboles. Dadas las líneas o áreas de base adecuadas, dados los medios de lanzar la energía eléctrica al sistema transmisor, e instrumentos suficientemente sensibles para captarla y convertirlas a señales, es posible, en mi opinión, desarrollar cada uno de estos tres métodos por uno de ellos que permitan establecer comunicación eléctrica entre Inglaterra y América a través del espacio. Es muy posible, bien por conducción o por inducción, por ondas lo encuentro menos posible. La conducción podría interferir seriamente con otros agentes eléctricos, ya que las grandes corrientes en las proximidades de la línea de base primaria serían muy grandes. Es muy posible que se establezca comunicación directa a través del espacio, bien por conducción o por inducción, con el Cabo, o la India, o Australia (bajo las mismas suposiciones que antes), y a un costo inferior al de un cable submarino.

“Los instrumentos que funcionen por medio de corrientes alternas de alta frecuencia, como el fonóforo del Sr. Langdon-Davies, son susceptibles de interferir con otros circuitos. Un único fonóforo puede escucharse a líneas alejadas por cientos de millas. Cuando me llegó esta noticia por primera vez me impresionó grandemente, y lo relacioné con el incidente de Ferranti mencionado antes, y que me llevó a solicitar a mis amigos financieros de la ciudad, hace unos ocho años, a pensar seriamente a establecer comunicación telegráfica con el Cabo, si se disponía de 10.000 libras para establecer los circuitos necesarios en los dos países, y los instrumentos para crear las corrientes. Se desestimó mi oferta por ser demasiado visionaria. Aunque es muy factible. Lo único necesario es la línea o área de base adecuada. Todo el resto es letra menuda.”¹⁶⁷

Una última palabra. Un telegrama de prensa del 12 de Abril de 1899 dice, “Nos hemos acercado a la Wireless Telegraph Co. con la propuesta del sindicato para adquirir los derechos en exclusiva para establecer comunicación telegráfica sin hilos entre Inglaterra y América. Los directores de la Compañía considerarán el tema en su primera reunión que se ha fijado para una fecha próxima.”¹⁶⁸

Así termino mi tarea, como la empecé, con un sueño –¡el mismo sueño! ¿Quién puede negar toda realización en un futuro lejano?

“Hay más cosas en el Cielo y en la Tierra, Horacio.

Que soñamos en nuestra filosofía.”

¹⁰¹ Hertz nació en Hamburgo, el 22 de Febrero de 1857, y falleció en Bonn, el 1 de Enero de 1894. Para noticias interesantes de su breve vida, ver, *inter alia*, el “Electrician”, Vol. XXXIII, págs. 272, 299, 332 y 415.

¹⁰² Octubre de 1864, en su papel sobre la Teoría Dinámica del Campo Electromagnético, “Phil. Trans.” Vol. 155. Ver también su gran obra, “Electricidad y Magnetismo”, publicada en 1873.

¹⁰³ Discurso de Lord Kelvin, Royal Society, 30 de Noviembre de 1893.

¹⁰⁴ En el viaje “Electrician”, Vol. III pág. 101, hay un interesante papel sobre el “Carácter oscilante de las descargas en chispa mostradas por fotografía” Para una exposición concluyente de la teoría de las oscilaciones eléctricas, ver el papel del profesor Edser, “Electrical Engineer,” 3 de Junio de 1898 y números siguientes.

¹⁰⁵ “Ondas Eléctricas”, Londres 1893. Para una narración interesante de las observaciones pre – hertzianas, ver “El trabajo de Hertz” de Lodge, Pág. 61, también el Apéndice D de esta obra.

¹⁰⁶ Ver el Apéndice A para una exposición clara de estas ideas con la relación de los dos *antes* y *después* de Hertz.

¹⁰⁷ El profesor K. Zickler ha propuesto usar esta propiedad para telegrafiar. Una lámpara de arco en la estación transmisora, que es rica en rayos ultravioletas, dispone de una celosía y una lente para dirigir los flashes hacia la estación receptora. Se hace que caigan sobre el chispero, con una separación grande, de una bobina de inducción en funcionamiento, y permite que salten las chispas. Esto motiva que las ondas eléctricas actúen sobre el cohesor, que a su vez acciona un timbre, un teléfono o un instrumento Morse de la forma que veremos más tarde cuando hablemos del funcionamiento de los aparatos de Marconi. La lente refractora está hecha de cuarzo y no de vidrio, que no deja pasar los rayos ultravioletas, pero para hacer señales o interrumpir los rayos en periodos cortos y largos se emplea una placa de vidrio como celosía. La interrupción de los rayos ultravioleta se efectúa sin alterar la luz, lo que asegura el secreto de la transmisión. El profesor Zickler ha enviado señales de esta forma hasta 200 metros, y cree que con lámparas y reflectores adecuados sería posible cubrir distancias de muchos kilómetros. –“Elektrische Zeitung”, Julio de 1898.

¹⁰⁸ “Comptes Rendus”, 31 de Marzo de 1891 y 26 de Diciembre de 1892. Ver también “Electrician”, Vol. XXVI, pág. 701 y Vol. XXX pág. 270.

¹⁰⁹ Debe decirse que hace tiempo que el profesor Henry, el Faraday de América, tuvo el mismo punto de vista, y lo demostró con un experimento muy parecido a uno de Hertz, aunque no lo explicó como Hertz. Henry explicó sus puntos de vista en dos cartas dirigidas al profesor Kedzie de Lanning (Michigan), en 1876. Al ser interés histórico, y de un gran valor práctico, las incluimos por entero en el Apéndice B.

¹¹⁰ Al ser un tema de cierta complejidad para todos, además yo pertenezco al viejo pensamiento –el *ancien régime*– y además, debido a su gran importancia práctica, en especial considerando la adecuada construcción de los protectores de los rayos, y la fuente principal de luz y energía eléctrica, he pensado que sería útil dar algunos extractos en el Apéndice B, que espero que harán más inteligibles los nuevos puntos de vista al lector normal. También se debe consultar “Modernos puntos de vista de la Electricidad” de Lodge.

¹¹¹ Nuestra narración de las investigaciones de Hertz se basa en el papel del profesor Ebert en “Electrician”, Vol. XXXIII, pág. 333-335.

¹¹² Para otros tipos de detectores, basados en principios fisiológicos, químicos, eléctricos, térmicos y mecánicos, ver “El trabajo de Hertz y sus sucesores” de Lodge, págs. 25, 56.

¹¹³ Para las primeras sugerencias sobre el detector de Lodge ver su papel, “Sobre los protectores de rayos para usos telegráficos,” “Jour. Inst. Elec. Engs.,” Vol. XIX págs. 352-354. Incluso antes de este el sabio profesor consiguió detectar ondas eléctricas por medio de un teléfono, “Jour. Inst. Elec. Engs.,” Vol. XVIII, pág. 405.

¹¹⁴ Ver el Apéndice C.

¹¹⁵ Sir Wm. Preece nos dice que este montaje funciona bien, pero está sujeto a lo que ahora llamamos coherencia, que hace este remedio más problemático que el problema original, y se abandonó.

¹¹⁶ Ver también “Jour. Inst. Elec. Engs.,” Vol. XVI pág. 156. En Marzo de 1886 Calzecchi-Onesti sugirió usar su tubo como detector de movimientos sísmicos, pensando que la conductividad de las limaduras, obtenida por cualquier método antes indicado, se destruía incluso con el menor movimiento de la Tierra.

¹¹⁷ Ver también un resumen en el “Electrician”, Vol. XXVII, págs. 221, 448.

¹¹⁸ Guglielmo Marconi nació en Bolonia, el 25 de Abril de 1874, se educó en Leghorn y en la Universidad de Bolonia, donde fue un diligente asistente de las conferencias del profesor Righi.

¹¹⁹ “Fortnightly Review”, Febrero de 1892, pág. 173. El profesor Lodge me sugirió que hacia 1890 el profesor R. Threlfall de Sydney (Nuevo Gales de Sur), hizo una sugerencia del mismo tipo en una reunión de la Asociación Australiana para el Avance de la Ciencia.

¹²⁰ Los experimentos que se han referido aquí los hizo el profesor Hughes en 1879, que proporcionó al autor una narración de ellos. Se recibió este interesante e importante documento demasiado tarde para incluirlo en este texto, debo pedir a mis lectores que se dirijan al Apéndice D.

¹²¹ Ver una narración completa de las maravillosas investigaciones de Tesla en “Jour. Inst. Elec. Engs.” De 1892, N° 97, Pág. 51; también “Pearson Magazine”, de Mayo de 1899, por alguna de sus últimas maravillas.

¹²² Al oír hablar del éxito de Marconi en Inglaterra, el profesor Popoff probó sus aparatos *casí* telegráficos (presumiblemente empleando detectores más sensibles), y en Abril de 1897 consiguió enviar señales a través de un espacio de 1 Km., después de 1 ½, y finalmente a 5 a.m., con hilos verticales de 18 m de longitud.

¹²³ Recientemente, en Octubre de 1898, he visto y afirmo que el Signor Rovelli ha descubierto un detector hecho de limaduras de hierro que funciona bien y no precisa golpearlo. Ver también las importantes investigaciones del profesor Chunder Bose sobre un detector de potasio auto restaurado –“Proceedings Royal Society”, de Julio de 1899.

¹²⁴ “Electrical Review” Agosto de 1896.

¹²⁵ Las últimas experiencias del Sr. Marconi le han llevado a dudar de estas ventajas, y descartó el uso del aceite. Ahora usa un sencillo chispero entre dos esferitas, *a b* en la Fig. 37. Ver “Jour. Inst. Elec. Engs.” N° 139, Pág. 311 o pág. 232.

¹²⁶ Pero hay un límite: las bobinas de inducción de Ruhmkorff potentes son difíciles de fabricar y mantener en funcionamiento, y no hay razón de su magnetismo residual debido a su rápida acción de abrir y cerrar el vibrador. Sin duda se descubrirán rápidamente otros medios más efectivos de excitación, como osciladores de Tesla, o con el uso del interruptor electrolítico de Wehnelt, que

puede interrumpir una corriente más de mil veces por segundo. Ver “Jour. Inst. Elec. Eng.” N° 131, pág. 317.

¹²⁷ La acción del detector apenas se comprende hoy día, pero las recientes investigaciones de Arons (Broca, “Télégraphie sans Fils,” París, 1899, pág. 117), de Sundorph (“Science Abstracts”, N° 23, pág. 757), y el de Tommasina (“Electrician” vol. XLIV, pág. 213) parecen aportar nuestros puntos de vista adoptados en el texto. Comparar con los puntos de vista del profesor Lodge sobre la *re* coherencia en su “El trabajo de Hertz”, págs. 22, 70. También el excelente artículo de Lamotte en “Cohesores o radioconductores”, “L’Éclairage Électrique,” París, 31 de Marzo de 1900.

¹²⁸ En una reciente conferencia popular se ha afirmado seriamente, que cuando se emplean cometas para elevar los conductores, “la electricidad obtenida del aire, cuando vuelan a suficiente altura, ¡bastaría para que el operador pudiera transmitir sin una batería primaria!” (“Electrical Engineer,” 1 de Octubre de 1897). Esta es la idea revivida de Mahon Loomis, y es otro “error completo” decir que Marconi, y también Tesla, pueden hacer explotar torpedos y almacenes de pólvora con su santa voluntad. Esto se podría hacer, *si* pudieran colocar un aparato explosivo correctamente ajustado cerca del polvorín; pero si pudieran hacer esto, podrían, como dice Preece, hacer otras muchas cosas divertidas.

¹²⁹ “Jour. Inst. Elec. Eng.” N° 137, pág. 801, 802, 900, 918, 946, 962.

¹³⁰ De ser desiguales la longitud la acción es proporcional al producto de las dos longitudes, que, no deben ser muy desiguales. De esta forma en las últimas pruebas de la American Navy, las señales de una torpedera con un hilo vertical de 45 pies a un barco de guerra con un hilo de 140 pies se recibieron a una distancia de ochenta y cinco millas; pero al revés, cuando el hilo alto recibe y transmite el corto, las señales sólo se recibieron a siete millas.

¹³¹ Las recientes experiencias han mostrado que la ley no es tan simple. Actualmente se trabaja a grandes distancias con hilos más cortos que antes.

¹³² Esta fue la primera patente de la *Nueva* Telegrafía, y es históricamente interesante. Por tanto he creído conveniente reproducirla en el Apéndice E, con los dibujos originales.

¹³³ “Jour. Inst. Elec. Eng.” N° 139, págs. 295, 305, 315; “Science Abstracts”, N° 15, pág. 214 y N° 24, pág. 878, “Electrician”, vol. XLIV, págs. 140, 212.

¹³⁴ “Electrician” vol. XLIII, págs. 737, 768.

¹³⁵ “Electrician” vol. XLIII, pág. 816.

¹³⁶ “Science Abstracts”, N° 22, pág. 671.

¹³⁷ Lectura, Royal Institution, 4 de Junio de 1897.

¹³⁸ Lectura, Royal Institution, 2 de Febrero de 1900. Compárese este punto de vista en “Jour. Inst. Elec. Engs.” Del 2 de Marzo de 1899.

¹³⁹ “Comptes Rendus”, Octubre de 1899, citado en el “Electrician” Vol. XLIV, pág. 140.

¹⁴⁰ Ver su folleto “Transmission de L’Électricité sans Fil”, 2ª edición, pág. 29; o en “Electrical Review” del 10 de Noviembre de 1899.

¹⁴¹ Se refiere a estos experimentos en su obra “Die Funkentelegraphie” Berlín 1897. El profesor Slaby reconoce elegantemente los méritos de Marconi con las siguientes palabras: “De la misma forma que otros muchos, también había emprendido su estudio, pero nunca salí de los límites de nuestra Alta Escuela. Incluso con la ayuda de reflectores parabólicos y aparatos de gran capacidad no pude llegar más lejos. Marconi ha hecho un descubrimiento. Trabajó con medios cuya importancia no se había reconocido, y que sólo explican el éxito de su secreto. Tengo que decir que al inicio, y en estos tiempos en prensa técnica inglesa, se niega la novedad del proceso de Marconi. La producción de las ondas hertzianas, su radiación a través del espacio, la sensibilidad del ojo eléctrico, todo ello se sabía. Muy bien; pero con estos medios se alcanzaba hasta 50 metros, pero no más.”

¹⁴² Ver también las notas de Brett, “Jour. Inst. Elec. Engs.,” N° 37, pág. 945; y de Preece, “Jour. Soc. Arts” Vol. XLVII pág. 522

¹⁴³ Hacia este tiempo el Dr. Tuma de Viena estaba ocupado haciendo experimentos similares, usando en vez de la bobina de Ruhmkorff un oscilador o excitador de Tesla, y con polvo de níquel en el detector. No he visto ninguna narración minuciosa de estos experimentos.

¹⁴⁴ He añadido unos pasajes de un papel reciente del Sr. Marconi (Institution of Electrical Engineers, del 2 de Marzo de 1899) para completar la narración. Aparecen entre corchetes [].

¹⁴⁵ El Sr. Glanville, un joven electricista prometedor (sólo tiene veinticinco años), desapareció desde el sábado hasta la mañana del martes, cuando se encontró su cuerpo, terriblemente mutilado al pie de un acantilado de 300 pies de altura en Rathlin Island.

¹⁴⁶ En el “Mail” de Dublin del 20, 21 y 22 de Julio de 1898 aparece una narración muy ilustrada de este memorable experimento.

¹⁴⁷ Desde entonces se ha reducido gradualmente la altura hasta 75 pies.

¹⁴⁸ Esto es teóricamente posible, pero en la práctica temo que el tamaño y control del reflector sería muy complicado. Una forma sencilla *podría* ser invirtiendo la forma original del aparato, y girando una pantalla cilíndrica metálica (con una hendidura vertical o apertura no muy ancha) alrededor del detector hasta encontrar la posición en que el timbre suena bajo la acción de los rayos eléctricos que entran por la apertura. Incluso de esta forma preveo dificultades. Sin embargo es bastante fácil de probar, y considerando su gran importancia, me sorprende que no se haya hecho.

Se dice que Mela Schäfer en Austria, y Russo d’Asar en Italia, han podido determinar la presencia y curso de un barco a una distancia de 60 a 80 Km. Si se ha conseguido esto, también un barco sería capaz de determinar la presencia y dirección de un faro.

¹⁴⁹ Todos los diarios de Londres del 29 y 30 de Marzo contienen una completa y brillante descripción de esta instalación.

¹⁵⁰ Recientemente patentado. Ver su especificación, N° 12.326 del 1 de Junio de 1898 (aceptada el 1 de Julio de 1899); o resumida en el “Electrician” vol. XLIII, pág. 847.

¹⁵¹ “Electrician”, vol. XLIV, pág. 555. El profesor Fessenden, en América, usa del mismo modo un transformador de construcción especial que se dice que es mucho más efectivo que el de Marconi. (“Electrician”, Vol. XLIII, pág. 807); y que “¡harían posible enviar una señal a través del Atlántico con un hilo vertical de 200 pies!” (“Globe”, 1 de Enero de 1900).

¹⁵² “Electrician”, vol. XLIII. Págs. 737, 768, 793, 816; Vol. XLIV, pág. 557.

¹⁵³ “New York Herald” (Edición de París), 6 de Octubre de 1899.

¹⁵⁴ En un artículo en el “Times”, del 16 de Noviembre de 1899, se dice que la distancia efectiva es de treinta y cinco millas, y que los aparatos estaban diseñados sólo para treinta millas, que era el alcance necesario para las operaciones en las regatas de los yates.

¹⁵⁵ “Electrician” vol. XLIV, pág. 106.

¹⁵⁶ Esto es un error. Los instrumentos eran los mismos en ambos casos. Ver el artículo del “Times” del 16 de Noviembre de 1899.

¹⁵⁷ “Electrician”, vol. XLIV, pág. 212.

¹⁵⁸ “Electrician”, vol. XLIV, pág. 557. También el “Times” del 16 y 18 de Noviembre de 1899. Esta edición única se imprimió, compuso y publicó en el barco al precio de un dólar por copia, los beneficios fueron para el Fondo Marino. El “Times” del 16 de Noviembre reproduce su contenido.

¹⁵⁹ “Electrician”, Vol. XLIV, pág. 557. A fecha de hoy (Enero de 1901) no tenemos una narración auténtica de los resultados, aunque el equipo del Sr. Marconi ha regresado a Inglaterra. El rumor dice que los kopjes resultaron ser muy difíciles. Ver los comentarios del mayor Flood Page. “Electrician” del 2 de Marzo de 1900.

¹⁶⁰ Claro que no pretendo que esta sea la única demostración valiosa que se ha hecho. En América, Francia, Alemania e Italia, y sin duda en otros países, se han hecho y se están haciendo importantes experimentos; pero sólo aparecen ocasionalmente pequeñas noticias en los periódicos, y muy pocas en las revistas técnicas, han llegado a mis oídos muy pocas noticias y poco claras.

¹⁶¹ “Los trabajos de Hertz”, págs. 67, 68.

¹⁶² Parece que se debe al profesor Blondel el crédito de haber construido el primer cohesor de este tipo en Agosto de 1898. Ver “Electrician”, Vol. XLIII, pág. 277.

¹⁶³ Para algunas observaciones importantes en este punto ver al Sr. A. Campbell Swinton, “Jour. Inst. Elec. Engs.” N° 139, pág. 317.

¹⁶⁴ Para los nuevos avances del profesor Lodge ver su papel, “Jour. Inst. Elec. Engs.” N° 137, pág. 799, que merece un detallado estudio.

¹⁶⁵ En cuyo caso haremos, en futuras ediciones, retiraremos, o modificaremos algunas notas nuestras sobre las limitaciones actuales.

¹⁶⁶ Las autoridades navales de Inglaterra, América, Alemania y Francia están haciendo experimentos independientes con el sistema de Marconi, y es probable que no tardemos en oír su adopción, o de alguna modificación de él, como parte de los equipos no tan sólo en los buques de guerra, sino en todos los barcos grandes.

¹⁶⁷ “Journal, Society of Arts” del 1 de Abril de 1898.

¹⁶⁸ El sindicato debe apresurarse, ya que el Sr. Nikola Tesla está ahora persiguiendo un telégrafo sin hilos que “asombrará a la humanidad”. Hemos leído (“Electrician”, del 9 de Enero de 1900) que está convencido que no tardará en poder comunicarse no sólo con París, ¡sino con todas las ciudades del mundo, y a una velocidad de 1500 a 2000 palabras por minuto! Ver también *supra* sobre las grandes esperanzas del profesor Fessenden.

APÉNDICE A

LA RELACIÓN ENTRE LA ELECTRICIDAD Y LA LUZ – ANTES Y DESPUÉS DE HERTZ

Antes de Hertz

Tema de una conferencia del profesor Oliver Lodge en la Institución de Londres, 16 de Diciembre de 1880.¹

Desde el momento que preparé el tema del que voy a hablar esta noche, me ha asombrado mi propia audacia al proponer hablar, en el curso de sesenta minutos, de un tema tan gigantesco y profundo que el curso de mis sesenta conferencias aún sería poco para un tratamiento completo y exhaustivo. Por tanto, me contentaré con narrar los puntos más sobresalientes de la relación entre la electricidad y la luz, y debo economizar tiempo entrando en la materia sin ningún preliminar.

¿Qué es la electricidad? No lo sé. No podemos afirmar si es una forma de materia, nadie lo puede negar. Por otra parte, no podemos afirmar con certeza que es una forma de energía, y estaría dispuesto a negarlo. Puede ser que la electricidad sea una entidad *per se*, de la misma forma que la materia es una entidad *per se*. No obstante, podría decir que me refiero por electricidad a su comportamiento conocido.

Aquí hay una batería voltaica. Me gustaría que la consideraran, y a todas las máquinas y baterías, como una especie de bombas de electricidad, que empuja la electricidad a través del hilo de una forma similar a como una bomba de agua empuja el agua a lo largo de las tuberías. Mientras está en movimiento, el hilo manifiesta una serie de propiedades, que se llaman las propiedades de la corriente. [Aquí se muestra un hilo de platino incandescente, el arco eléctrico entre dos carbones, una máquina eléctrica de chispas, una bobina de chispas, y un tubo de vacío brillando. También un clavo largo magnetizado mientras le envuelve la corriente, y dos hélices suspendidas se giran y atraen entre sí.]

Para hacer un imán, sólo necesitamos una corriente de electricidad girando y girando como un torbellino. Un vórtice o torbellino de electricidad es de hecho un imán, y *viceversa*. Y estos torbellinos tienen la facultad de dirigir y atraer a otros torbellinos existentes según ciertas leyes, llamadas leyes del magnetismo. Y además, tienen la facultad de excitar otros torbellinos en los conductores cercanos, y repelerlos según las leyes del diamagnetismo. La teoría de las acciones es conocida, sin embargo la naturaleza de los torbellinos, como simples corrientes eléctricas, actualmente no la conocemos.

[Aquí se muestra un gran electroimán y una bobina de inducción cuya descarga en el vacío gira y gira cuando se pone en su campo].

Más o menos esto es lo que sucede cuando la electricidad viaja por los conductores –es decir, cuando viaja por él igual que una corriente de agua por una tubería, gira y gira igual que un torbellino.

Pero hay otro grupo de fenómenos, normalmente considerados como diferentes y de otro orden, pero no son tan distintos como aparecen, que se manifiestan cuando unimos a bomba a un trozo de vidrio o cualquier no conductor e intentamos hacer pasar la corriente a través de él. Hemos conseguido que atravesase algo de flujo, pero no es muy parecido al del agua en un tubo abierto; es como si el tubo estuviera completamente obstruido por numerosas particiones elásticas o diafragmas. El agua no puede moverse sin esfuerzo y combar esos diafragmas, y si lo permitimos, estas particiones tensionadas se recuperarán y volverán el agua hacia atrás. [Así se explica en proceso de cargar una botella de Leyden.] Lo más esencial es recordar que podemos tener energía eléctrica de dos formas, la estática y la dinámica; y por tanto es posible alternar rápidamente de una forma a la otra, llamada vibración.

Ahora pasaremos a la segunda cuestión. ¿Qué es la luz? Y la primera respuesta obvia es, todos lo saben. Y todo el que no es ciego lo sabe en cierta forma. Tenemos un órgano sensitivo especial para apreciar la luz, donde no tenemos nada de electricidad. No obstante, debeos admitir que realmente sabemos muy poco sobre la naturaleza íntima de la luz –muy poco más que sobre la electricidad. Pero sabemos esto, la luz es una forma de energía, y además, esta energía alterna rápidamente entre la forma estática y dinámica –es decir, un tipo especial de energía de vibración. Tenemos la absoluta certeza que la luz es una variación periódica en algún medio, periódico en el espacio y en el tiempo –es decir, aparece regularmente a ciertos intervalos iguales de distancia al mismo tiempo, y también presenta intervalos iguales de tiempo en el mismo sitio, de hecho pertenece a la clase de movimiento que los matemáticos llaman ondulatorio o movimiento en ondas.

Ahora, que sabemos de la conexión entre la electricidad y la luz, ¿cómo podemos echar un vistazo a su naturaleza? La verdad no mucho. Esto cuesta. Por una parte la energía eléctrica puede existir en el éter en dos formas –la forma estática, cuando los aisladores tienen una tensión eléctrica y la electricidad pasa parcialmente a través de ellos (como la botella de Leyden), cuya tensión es una forma de energía, debido a su tendencia a descargarse y trabajar; y la forma dinámica, en la cual la electricidad está en movimiento a través de los conductores, o girando y girando en el interior de ellos, y el movimiento de la electricidad es una forma de energía, ya que los conductores y los torbellinos pueden atraerse o repelerse y por tanto hacen un trabajo.

Por otra parte, la luz es una rápida alteración de energía entre una de estas formas y la otra –la forma estática pone el medio en tensión, y la dinámica cuando se mueve. Se puede concebir que la forma estática de la energía de la luz es *electro* estática,

el medio está eléctricamente en tensión –y la forma dinámica de la energía de la luz es *electro* dinámica –es decir, que el movimiento no es un movimiento ordinario, sino movimiento eléctrico –de hecho, la luz es una vibración eléctrica, no una vibración material.

El 5 de Noviembre del año pasado falleció en Cambridge un hombre en pleno vigor de sus facultades –tales facultades no surgen muchas veces en un siglo –cuyo principal trabajo ha sido el establecimiento de este hecho verdadero, el descubrimiento del lazo que conecta la luz y la electricidad, y la prueba –porque creo que es una prueba– que son diferentes manifestaciones de uno y la misma clase de fenómenos, –la luz, de hecho, es un disturbio electromagnético. La prematura muerte de James Clerk-Maxwell es una pérdida para la ciencia que parece completamente irreparable, ya que se dedicó a investigaciones que ningún otro hombre era adecuado para empezarlas y seguirlas, pero afortunadamente no ocurrió hasta que publicó su obra “Electricidad y Magnetismo”, una de estas obras inmortales que exalta la idea de un hombre, y que ha sido mencionada por críticos competentes a la misma altura que los ”Principia”.

La prueba principal de la teoría electromagnética de la luz es esta: la velocidad a la que viaja la luz se ha medido muchas veces, y es muy conocida. La velocidad a la que viaja una onda electromagnética, si se puede generar (y el Sr. Fitzgerald, de Dublin, cree que ha probado que no se puede generar eléctricamente por ningún medio conocido) se puede determinar por cálculo a partir de mediciones eléctricas. Las dos velocidades son exactamente iguales.

El primer vislumbre de esta espléndida generalización se tuvo en 1845, hace cincuenta y tres años, por el príncipe de los experimentalistas puros, Michael Faraday. Sus razones para sospechar de alguna conexión entre la electricidad y la luz no están claras para nosotros –de hecho, tal vez no estuvieran claras ni siquiera para él; pero parece ser que estaba convencido que si sólo se esforzaba mucho, y enviaba todo tipo de rayos de los en todas las direcciones posibles a través de campos eléctricos y magnéticos en todo tipo de medios, finalmente tropezaría con algo. Bueno, hizo algo parecido a esto. Con una sublime paciencia y perseverancia que recuerdan a Kepler a la caza, cálculo tras cálculo en un diferente campo de investigación, Faraday combinó la electricidad, el magnetismo, y la luz de todas formas, y al final fue premiado con un resultado –más bien muy apartado de lo que buscaba. Primero, debemos conseguir un potente electroimán, y excitarlo con fuerza; después, si se ha hecho un agujero en los dos polos; para que pueda pasar un rayo de luz de uno a otro a lo largo de las líneas de fuerza; después, la luz ordinaria no es buena, debemos disponer de un rayo de luz polarizada y enviarlo entre los polos. Pero todavía no se obtiene ningún resultado hasta que, al final, interponemos un trozo de un material raro que había descubierto y fabricado el propio Faraday, un tipo de vidrio que contiene borato de plomo, y que es muy pesado o denso, y que debe estar bien templado.

Ahora, con todas estas piezas en la mano, lo que se ve es simplemente esto, si se coloca un analizador para detener la luz y oscurecer el campo antes de excitar el imán, y después se conecta la batería y entra en funcionamiento el electroimán se observa una débil y apenas perceptible claridad en el campo, que desaparece si se gira ligeramente el analizador.

[Se muestra el experimento] No nos sorprende que nadie comprendiera este resultado. Ni siquiera lo comprendió el propio Faraday. Parece que pensaba que las líneas magnéticas de fuerza se volvían luminosas, o que la luz se magnetizaba, de hecho estaba en la oscuridad, y no tenía ni idea de su significado real. Ni nadie más. Los filósofos del continente tuvieron algunas dificultades y varios fracasos antes de poder repetir el experimento. De hecho, se descubrió antes de tiempo, y antes de que el mundo científico estuviera preparado para recibirlo, y estaba reservado para Sir William Thomson una breve aclaración, y a Clerk-Maxwell, que lo desarrolló mucho más, sus consecuencias más importantes.

Este es el experimento fundamental en que se basa la teoría de la luz de Clerk-Maxwell, pero en los últimos años se han descubierto muchos hechos y relaciones entre la electricidad y la luz, actualmente están en gran número.

Faraday encontró que otros muchos medios transparentes aparte del vidrio pesado mostraban el fenómeno si se situaban entre los polos, sólo que en menor grado, y la importante observación de que el propio aire también presentaba este mismo fenómeno aunque en una cantidad sorprendentemente pequeña, como ha demostrado actualmente Kundt y Röntgen en Alemania.

El Dr. Kerr, de Glasgow, ha extendido este resultado a los cuerpos opacos, y ha demostrado que si se hace pasar la luz a través de *hierro* magnetizado, su plano rota. La película de hierro debe ser muy fina, debido a su opacidad, y por tanto, se piensa que la fuerza de rotación del hierro es indudablemente muy grande, la rotación observada es extremadamente pequeña y difícil de observar, y sólo gracias a una notable paciencia, cuidado e ingenio el Dr. Kerr ha obtenido este resultado.

El Sr. Fitzgerald, de Dublin, ha examinado matemáticamente la cuestión, y ha demostrado que la teoría de Maxwell predice el resultado del Dr. Kerr.

Otra exigencia de la teoría es que los cuerpos que son transparentes a la luz deben ser aislantes o no conductores de la electricidad, y los conductores de la electricidad son necesariamente opacos a la luz. La simple observación confirma ampliamente esto. Los metales son los mejores conductores, y son los cuerpos más opacos que se conocen. Los aisladores como el vidrio y los cristales son transparentes cuando son suficientemente homogéneos, y las notabilísimas investigaciones del profesor Graham Bell en los últimos meses han demostrado que incluso la *ebonita*, uno de los aisladores más opacos a la visión, es realmente transparente a algunos tipos de radiación, y transparente en un grado nada pequeño.

[La razón por qué los cuerpos transparentes son aislantes, y por qué los conductores deben ser opacos, está ilustrado por modelos mecánicos.]

Una posterior consecuencia de la teoría es que la velocidad de la luz en un medio transparente de verás afectada por su constante dieléctrica, dicho de otra forma, su índice de refracción guarda alguna relación todavía no averiguada con su capacidad inductiva. Los experimentos han confirmado parcialmente esto, pero la confirmación todavía no es muy completa.

Pero hay un número de resultados no predichos por la teoría, y cuya conexión con la teoría no se conoce claramente. Tenemos el hecho de que la luz que cae sobre el electrodo de platino de un voltámetro genera una corriente, observada primero, creo, por Sir W.R. Grove, y de ningún modo se menciona en sus “Correlación de Fuerzas” –extendida por Becquerel y Robert Sabine a otras substancias, y ahora extendida a otros cuerpos fluorescentes o no por el profesor Minchin. Y finalmente –y debo ser breve– tenemos la importante acción de la luz sobre el selenio. Este hecho fue descubierto accidentalmente por un ayudante en el laboratorio del Sr. Willoughby Smith, que se dio cuenta de que una pieza de selenio conduce la electricidad mucho mejor cuando está iluminado que cuando está en la oscuridad. La luz de una vela es suficiente, y reduce instantáneamente la resistencia a una quinta parte de su valor original.

Este es el fenómeno que, como ya saben, ha utilizado el profesor Graham Bell en su invención más sorprendente e ingeniosa, el fonógrafo.

Todavía no he abusado lo suficiente de su paciencia, pero debo aludirla antes del siguiente descubrimiento popular, y es la transmisión de la luz por electricidad. Me refiero a la transmisión de cosas como imágenes y cuadros por medio de un hilo eléctrico. Todavía no se ha conseguido, pero teóricamente parece posible, y se conseguiré en poco tiempo.

LA RELACIÓN ENTRE LA ELECTRICIDAD Y LA LUZ – ANTES Y DESPUÉS DE HERTZ

Después de Hertz

Tema de una conferencia del profesor Oliver Lodge en la Ashmolean Society de Oxford, 3 de Junio de 1889.²

Ahora que vamos a dar la bienvenida a un siglo tenemos una teoría de la luz, y una teoría de la luz realmente correcta. Es demostrable directamente que la luz consiste en ondas de un tipo u otro, y que estas ondas viajan a una velocidad bien conocida, siete veces la circunferencia de la Tierra por segundo, tarda ocho minutos en viajar del Sol a la Tierra. Esta propagación en tiempo de una variación ondulatoria exige necesariamente un medio. Si las ondas que se establecen en el Sol existen en el

espacio antes de llegar a nuestros ojos, debe ser necesario que en el espacio haya algún medio en el que puedan existir y avanzar. No podemos tener ondas a menos que sean ondas en algo.

Ningún medio ordinario es competente para transmitir ondas a una velocidad parecida a la luz, por tanto el medio luminífero debe ser una sustancia especial, y se llama éter. Se suele llamar éter *luminífero*, debido a que transite la luz y todo esto se conoce bien, pero ahora que se conocen también más cosas, el adjetivo que lo califica podría gotear.

La luz es el movimiento de las ondas en el éter, pero ¿qué quiere decir el término onda? La noción popular es, supongo, algo pesado que sube y baja, o tal vez algo que rompe en la costa y que posiblemente te moja. Pero si le preguntan a un matemático qué entiende por una onda, probablemente responderá que la onda más simple es:

$$Y=a \sin (p t - n x)$$

Y posiblemente rechazaría dar cualquier otra respuesta, o su equivalente en otras palabras, lo justificará plenamente; esto *es* lo que significa el término onda, y nada menos general lo podría abarcar todo.

Trasladado a inglés ordinario, la frase significa “una variación periódica en espacio y tiempo.” Todo lo que tiene doble periodo es una onda, y todas las ondas –bien sean en el aire en forma de ondas sonoras, o en el éter como ondas de luz, o en la superficie del agua como las olas del océano– está comprendido en la definición.

¿Qué propiedades son esenciales para un medio capaz de transmitir movimiento en forma de ondas? A grandes rasgos podemos citar dos –*elasticidad e inercia*. Elasticidad en alguna forma, o algún equivalente suyo, para poder almacenar energía con un efecto de retroceso; inercia para permitir a la sustancia perturbada llegar más allá de la marca y oscilar más allá de su equilibrio y volver. Cualquier medio que posea estas dos propiedades puede transmitir ondas, y a menos que un medio posea estas propiedades de una forma u otra, o algo equivalente a ellas, puede decirse con cierta seguridad, que no podrá transmitir ondas. Pero si hacemos esta afirmación, debemos prepararnos para ampliar mucho el término de elasticidad e inercia, e incluir cualquier respectivamente forma posible de restaurar una fuerza y cualquier forma posible de persistencia de movimiento.

Puede ilustrarse esto de muchas maneras, pero tal vez la más sencilla sea un simple listón o muelle. Empujemos un extremo, y su elasticidad le hace retroceder; soltémoslo, y su inercia le hará avanzar más allá de su posición normal, lo que hace que se mueva adelante y atrás hasta que agota su energía. Una serie regular de muelles similares espaciados por la misma distancia, puestos en movimiento uno tras otro a intervalos regulares de tiempo, nos da un movimiento de onda que cualquier observador lo reconocerá. Una serie de péndulos lo harán igual.

Cualquier medio transmisor de ondas debe tener alguna forma de elasticidad e inercia.

Pero ahora preguntemos ¿qué es el éter en el caso de la vibración de la luz? ¿Qué corresponde al desplazamiento y retroceso elástico del muelle o del péndulo? ¿Qué corresponde a la inercia por la que sobrepasa su marca? ¿Qué sabemos de estas propiedades en el éter?

La respuesta, que dio Clerk-Maxwell, y sobre la que reiteramos e insistimos con los experimentos ejecutados en todos los laboratorios importantes del mundo, es – El desplazamiento elástico corresponde a la carga electrostática (generalizando, la electricidad).

La inercia corresponde al magnetismo.

Esta es la base de la moderna teoría electromagnética de la luz. Ahora permítanme ilustrar eléctricamente como puede ser.

La vieja y familiar operación de cargar una botella de Leyden –almacena la energía en un dieléctrico en tensión –cualquier carga electrostática –es muy análoga a pulsar nuestro muelle flexible. Usa la elasticidad del éter como la tendencia a retroceder. Soltar el muelle es análogo a descargar la jarra –permite recuperarse al dieléctrico, la perturbación electrostática va menguando.

En prácticamente todos los experimentos de electrostática se manifiesta la elasticidad.

Consideremos ahora la inercia. ¿Cómo podríamos ilustrar el hecho que el agua, por ejemplo, posee inercia –la propiedad de persistir en movimiento contra los obstáculos –la propiedad de poseer inercia dinámica? El modo más directo sería toma una corriente de agua y detenerla de súbito. Abramos completamente una espita de agua y después cerrémosla rápidamente. El ímpetu del momento del agua detenida se manifiesta con un violento choque en la tubería, que es familiar a todo el mundo. El momento del agua lo emplean los ingenieros en el “Ariete hidráulico.”

Un experimento exactamente análogo en electricidad es el que Faraday llama “extra corriente”. Enviemos una corriente a través de una bobina de hilo alrededor de un trozo de hierro, o cualquier otro dispositivo para obtener un magnetismo fuerte, y detengamos bruscamente la corriente abriendo el circuito. Se observa un violento flash si la detención es brusca, un flash que significa el estallido del aire aislante por medio del momento electromagnético acumulado.

En suma, podemos decir que casi todos los experimentos electromagnéticos ilustrar la inercia etérea.

Volvamos a considerar lo que ocurre cuando se descarga un conductor cargado (por ejemplo una botella de Leyden). El retroceso del dieléctrico causa una corriente, la inercia de esta corriente hace que se sobrepase la marca, y durante un instante se invierte la carga de la botella, la corriente vuelve a fluir al revés y vuelve a cargar la botella como al principio, vuelve a fluir la corriente, y así

sucesivamente, sigue la descarga ya la carga de la botella con rápidas oscilaciones hasta que se disipa toda la energía en calor. La operación es exactamente análoga a liberar un muelle en tensión, o al punteo de una cuerda en tensión.

Pero el cuerpo al descargarse se convierte en la sede de una fuerte vibración eléctrica incrustada en el éter, y ahora que acabamos de ver que el éter posee las dos propiedades necesarias para la generación y transmisión de ondas –a saber, elasticidad e inercia o densidad, de la misma forma que un diapasón vibrando en el aire excita ondas aéreas o sonido, la descarga de una botella de Leyden en el éter excita ondas etéreas o luz.

Por tanto las ondas etéreas pueden producirse realmente por medios eléctricos. Yo descargo ahora una botella, y en un instante la habitación se llena de luz. Aseguro que se trata de luz, aunque no se puede ver nada. Claro que podemos ver y escuchar la chispa. –pero es meramente un efecto secundario que podemos ignorar por el presenta– no quiero decir ninguna perturbación secundaria. Me refiero a las ondas etéreas verdaderas emitidas por la oscilación eléctrica que ocurre en la proximidad de este dieléctrico en tensión. Pueden comprimir a un diapasón y dejarlo libre: se genera una vibración y se produce el sonido. Pueden cargar una botella de Leyden y descargarla: se generan vibraciones y se excita luz.

Esta luz es tan buena como cualquier otra luz. Viaja a la misma velocidad, se refleja y refracta siguiendo las mismas leyes, todos los experimentos conocidos en la óptica pueden hacerse con esta radiación etérea generada eléctricamente, y sin embargo no la podemos ver. ¿Por qué no? No por fallo de la luz; el fallo (si es que hay un fallo) está en el ojo. La retina no es capaz de responder a estas vibraciones –son demasiado lentas. Las vibraciones que se establecen cuando esta gran botella se descarga son de unos cientos a unos millones por segundo, pero es demasiado lenta para la retina. Responde solamente a vibraciones entre 4.000 billones y 7.000 billones por segundo. Las vibraciones son demasiado rápidas para el oído, que responde únicamente a vibraciones entre 40 y 40.000 por segundo. Entre la vibración audible más alta y las vibraciones visibles más baja hay un gran hueco, que ocupan estas oscilaciones eléctricas. Este gran hueco existe simplemente porque no tenemos ningún órgano sensor intermedio para detectar estas relaciones de vibración entre 40.000 y 4.000.000.000.000 por segundo. SE trata por tanto de un territorio inexplorado. Las ondas han existido todo el tiempo y gran cantidad, pero no hemos pensado en ellas ni les hemos prestado atención.

También sucede si consigo obtener oscilaciones eléctricas demasiado lentas como para ser audibles. La más baja que tengo actualmente es de 125 por segundo, y de algún modo las chispas emiten una nota musical, pero nadie ha conseguido todavía hacer directamente oscilaciones eléctricas que sean visibles, excepto cuando se hacen indirectamente como cuando se enciende una vela.

Este es un oscilador eléctrico que vibra 300 millones de veces por segundo, y emite ondas etéreas de una longitud de una yarda. Todo el rango de vibraciones entre los tonos musicales y algunos cientos de millones por segundo está ocupado.

Estas ondas electromagnéticas tienen una longitud bien conocida por la teoría, pero el interés en ellas se ha acelerado inmensamente con el descubrimiento de un receptor o detector para ellas. El simple y enorme descubrimiento de Hertz de un “ojo eléctrico”, como le denomina Sir W. Thomson, permite experimentar por primera vez con estas ondas, o incluso más fácil. Ahora disponemos de una especie de órgano de sentidos artificial –órgano por su apreciación– un dispositivo eléctrico con el que podemos “ver” virtualmente estas vibraciones intermedias.

El receptor de Hertz es la cosa más simple del mundo –no es nada más que un trozo de hilo, o un par de trozos de hilo, ajustados para que cuando se encuentren en una fuerte radiación eléctrica produzcan una diminutas chispas a través de un chispero microscópico.

El receptor que tengo aquí está adaptado para las ondas de una longitud de una yarda emitidas por este pequeño oscilador, pero para las ondas de longitud más larga emitidas por la descarga de una botella de Leyden un receptor excelente es un papel dorado, u otra superficie interrumpida. Las ondas que caen sobre la superficie metálica se reflejan, y el acto de reflexión excita corrientes eléctricas que causan chispas. De la misma forma, las gigantescas ondas solares podrían producir la aurora, y las diminutas ondas de la candela eléctrica perturban la retina. Las ondas menores son, por supuesto, las más interesantes y las que mejor se prestan a los experimentos normales de óptica. Con un pequeño oscilador, que puede ser un par de cilindros pequeños y se hacen saltar las chispas entre ellos por medio de una bobina de inducción, con las ondas que se emiten se pueden ejecutar todo tipo de experimentos de óptica.

Pueden reflejarse por medio de láminas metálicas, concentrarse con reflectores parabólicos, refractarse con prismas, concentrarse con lentes. Tengo en la Universidad una gran lente de pez, que pesa 3 cwt., para concentrarlas en un foco. Con ella puede demostrarse el fenómeno de la interferencia, y por esto tiene su longitud de onda medida con precisión. Son detenidas por todos los conductores, y transmitida por todos los aisladores. Los metales son opacos, pero incluso los aisladores imperfectos, como la madera o la piedra, son sorprendentemente transparentes, y las ondas pueden recibirse en una habitación procedentes de una fuente en otra, estando cerrada la puerta entre ellas.

La naturaleza real de la opacidad metálica y la transparencia está clara en la teoría de la luz de Maxwell, y estas ondas generadas eléctricamente sólo ilustran y traen hechos muy conocidos. Los experimentos de Hertz son de hecho la apoteosis de esta teoría.

De esta forma se justifica plenamente la brillante percepción de Maxwell sobre la naturaleza de la luz; y por primera vez tenemos una teoría verdadera de la luz, no

basada en la analogía con el sonido, sino sobre una hipotética jalea o sólido elástico.

La luz es una perturbación electromagnética del éter. La óptica es una rama de la electricidad. Los grandes problemas en la óptica se resuelven ahora rápidamente que tenemos los medios de excitar de modo definitivo la luz sabiendo exactamente lo que está pasando y el modo preciso de su vibración.

Nos falta encontrar como acortar las ondas –para acelerar la vibración hasta que la luz se vuelva visible. Sólo se necesitan modos de vibración rápidos. Deben usarse osciladores pequeños –muy muy pequeños– osciladores no mayores que moléculas. Y probablemente –casi podemos decir ciertamente– la luz ordinaria es el resultado de una oscilación eléctrica en las moléculas de los cuerpos calientes, o algunas veces de cuerpos fríos –como en el fenómeno de la fluorescencia.

La generación directa de luz *visible* por medios eléctricos, tan pronto como sepamos cómo obtener la frecuencia de vibración necesaria, tendrá las consecuencias más importantes.

Considerando nuestros actuales métodos de hacer luz artificial son antieconómicos e inefectivos.

Necesitamos un rango de oscilaciones, entre 7.000 y 4.000 billones de vibraciones por segundo. –ningún otro nos es útil a nosotros, ya que no tienen ningún efecto sobre nuestra retina, pero no sabemos cómo producir vibraciones de esta velocidad. Podemos generar una vibración definida de cien, doscientos o miles por segundo – es decir, podemos excitar un tono puro de un tono definido, y podemos conseguir continuamente cualquier rango deseado de estos tonos por medio de fuelles y un teclado. También podemos (aunque no es muy conocido) excitar momentáneamente vibraciones etéreas definidas de algunos millones por segundo, como he explicado, pero actualmente no sabemos como mantener continuamente esta vibración. Para conseguir velocidades de vibración más elevadas que esta, tenemos que llegar a golpear los átomos. Sabemos cómo hacer vibrar a un átomo, - esto se hace con lo que llamamos “calentar” una sustancia, y si `pudiéramos tratar con átomos individuales sin estar molestados por otros, si fuera posible tendríamos un modo de vibración puro y simple. Es posible, pero es improbable, ya que los átomos, incluso aislados, tienen una multitud de modos de vibración especial a ellos, de los que sólo unos pocos son prácticos para nosotros, y no sabemos cómo excitar algunos sin excitar también a los otros. Sin embargo, actualmente no podemos tratar con átomos individuales, tratamos con una multitud de ellos en una masa compacta, de esta forma sus modos de vibración son realmente infinitos.

Tomemos un puñado de materia, por ejemplo de carbón de filamentos, o de cal viva, y elevemos su temperatura para hacer que sus átomos vibren más y más alto, sin convertir el bajo en alto, sino superponiendo el alto sobre el bajo, hasta que alcancemos las velocidades de vibración para los que está preparada nuestra retina, y estaremos satisfechos. ¡Pero qué proceso despilfarrador y empírico! Necesitamos

un pequeño rango de vibraciones rápidas, y no sabemos hacer nada mejor que toda la serie que lleva hasta ellos. Esto es como si para obtener una octava aguda en los tubos de un órgano, nos viéramos obligados a pulsar todas las teclas y todos los pedales, y hacer soplar un pequeño huracán.

Los he elegido a propósito como ejemplos del modo más perfecto de obtener luz artificial, en el cual la gran parte de la radiación es inútil, y no perjudicial. Pero este plan es primitivo aunque consista simplemente en hacer arder algo, y no se consume combustible sino aire, y que genere una radiación más potente en las ondas desperdiciadas con las que nos contentamos para guisar, por la mínima –casi infinitesimal– fracción que nos permite ver.

Todos sabemos que la combustión no es un modo agradable o sano de obtener luz, pero todo el mundo no se da cuenta que ningún modo de incandescencia es satisfactorio, sino un método despilfarrador, que es el mismo que se ha practicado durante décadas, o tal vez siglos.

Echemos un vistazo a los hornos y calderas de una gran máquina de vapor que acciona a un grupo de dinamos, y estimando la energía consumida, y miremos luego a los filamentos incandescentes de las lámparas excitadas por ellos, y estimemos cuál es la parte de energía radiada realmente útil al ojo. Es como la energía del tono de una flauta a toda una orquesta.

No hace falta decir que un niño girando una manivela, si su energía se pudiera convertir directamente, producir tanta luz como la generada por todos estos mecanismos y consumo de material. Esto, tal vez sea contrario a las leyes de la naturaleza, la esperanza de utilizar algún tipo específico de radiación sin el resto; pero Lord Rayleigh ha dicho en un pequeño comunicado a la British Association en York que no es así, y por lo tanto tenemos que intentarlo.

Pero todavía no sabemos cómo, es cierto, pero es algo que todavía tenemos que descubrir.

Cualquiera que mire a una luciérnaga común debe sorprenderse con el hecho que no es una combustión ordinaria, no hay ningún principio de la dinamo y la máquina de vapor, pero genera luz fácilmente. Las cosas fosforescentes lo son con muy poco gasto de radiación. Emiten directamente la luz capaz de afectar a la retina, y por esto, si tuviéramos tendríamos un gran suministro de esto a un módico precio de energía.

La radiación solar consiste en ondas de todos los tamaños, es cierto, pero la radiación solar hace innumerables cosas aparte de hacerlas visibles. Toda la energía es útil. En el alumbrado artificial no se desea más que luz; cuando se quiere calor lo mejor es obtenerlo por separado con la combustión. Tan pronto hemos reconocido que la luz es una vibración eléctrica, tan pronto comencemos la búsqueda de algún modo de excitar y mantener una vibración eléctrica de cualquier grado necesario de rapidez. Cuando se haya conseguido esto, se habrá resuelto el problema del alumbrado artificial.

- ¹ Basado en un informe en “Design and Work” del 5 de Febrero de 1881.
- ² Basado en un informe del “Electrician” de Londres, 6 de Septiembre de 1889.

APÉNDICE B

SOBRE LA ELECTRICIDAD DE ALTA TENSIÓN CONFINADA A LA SUPERFICIE DE LOS CUERPOS CONDUCTORES, POR EL PROFESOR HENRY, CON REFERENCIA ESPECIAL A LA CONSTRUCCIÓN ADECUADA DE LOS PARARRAYOS.

Resumen del "Journal of the Telegraphy", Nueva York, 1 de Septiembre de 1877.

WASHINGTON, 11 de Marzo de 1876

Apreciado señor. –En respuesta a su carta del 7 del corriente, he de decir que la discrepancia que existe en la cuestión sobre si la electricidad pasa por la superficie o por todo el volumen del pararrayos ha surgido principalmente de los experimentos en electricidad galvánica, que tiene poca, o ninguna energía repulsiva, para a través de todo el volumen del pararrayos, y también de experimentos en que se transmite una gran cantidad de electricidad de fricción se transmite por un hilo delgado que en este caso se descompone en sus elementos y se reduce a un polvo impalpable.

En el caso, por supuesto, de la transmisión de la electricidad atmosférica a través de un pararrayos de suficiente tamaño para transmitir toda la descarga, no hay duda que tiende a pasar por la superficie, el espesor del estrato de electricidad varía según el diámetro del pararrayos y la cantidad e intensidad de la carga.

Para probar esto hice el siguiente experimento: pasé un hilo de cobre de 2 pies de largo a través de un barril, los extremos salían fuera. Se bobinó el hilo en el barril en forma de espiral magnética, y los extremos del barril se cerraron con tapones de papel de estaño, para hacer una perfecta conexión metálica entre el hilo y el barril. Se situó en el exterior otra espiral magnética, en el dibujo se muestra todo el montaje.

Se envía una potente carga proveniente de una botella de Leyden de una capacidad de dos galones a través del hilo de cobre. La aguja en el barril no muestra la menor señal de magnetismo, mientras que la del exterior se magnetiza fuertemente.

A partir de este experimento saco en conclusión que una tubería puede transportar una carga de electricidad normal de las nubes igual de bien que in pararrayos sólido del mismo diámetro.

La energía repulsiva de la descarga eléctrica en ángulo recto al eje mantiene la misma intensidad en el caso de una carga estática. Esto lo he demostrado en el caso de las chispas que saltan de un extremo al otro de un gran conductor. Esta chispa es de un carácter peculiar, ya que da una descarga punzante e incendia las sustancias combustibles, como una pistola eléctrica, y sin embargo no afecta a un sensible galvanómetro de panes de oro. El hecho es que consiste de dos chispas, una negativa y otra positiva. El pararrayos durante la transmisión de la electricidad a su

través se carga positivamente en su extremo superior, y su avance se carga inmediatamente negativamente por inducción, y la electricidad que pasa durante la descarga tiene la forma de una serie de ondas positivas y negativas –Su seguro servidor, JOSEPH HENRY, *Sec. Smithsonian Inst.*

Profesor R.C. KEDZIE, Lansing, Michigan.

WASHINGTON, 15 de Abril de 1876.

Apreciado señor, -he recibido su carta por correo a su debido tiempo, pero una presión de negocios junto con la preparación del Informa Anual de 1875 y el Lighthouse Board han impedido una respuesta antes.

Tengo que decir, por lo que se, que soy la única persona que ha estudiado especialmente la conducción de la electricidad friccional en consideración a los pararrayos. Ha sido establecido por Coulomb y otros que la electricidad en un conductor cargado existe en un delgado estrato en la superficie, y es la consecuencia necesaria de la propia repulsión de la electricidad, toda partícula se repele de todas las demás lo más lejos posible. A partir de esto se ha supuesto rápidamente que la electricidad en movimiento también se mueve por la superficie, pero esto es una inferencia sin prueba física hasta que comencé las investigaciones. Tras una serie de experimentos descubrí que la electricidad *friccional* –es decir, la electricidad de energía repulsiva, como la de las nubes– pasa por la superficie, pero la electricidad *galvánica*, el tipo que Faraday, Daniell, De la Rive, y otros, pasa a través de todo el volumen del conductor. Este factor, ya lo establecieron otros previamente. Además he observado que cuando se envía explosivamente una carga eléctrica a través de un pararrayos, y conectado a tierra, da chispas a lo largo de su longitud suficientes para disparar una pistola eléctrica y encender sustancias lanudas. También he observado que, al enviar una potente descarga de una batería de nueve botellas a través de una placa amplia, no pasa electricidad por el centro de la placa, sino que su paso se acumula por los bordes.

A partir de mis estudios sobre este tema no dudo en decir que la idea que he dado sobre los pararrayos es verdadera, y que un tubo con el grado de espesor suficiente sirve para conducir la electricidad tan bien como una masa sólida, siempre que el espesor sea suficiente para mantener la conducción. Cuando se envía una fuerte carga por un hilo normalmente deflagra, pero no descarga las nubes, que según conozco, son suficientes para deflagrar un tubo de gas de una pulgada de diámetro. Se puede objetar la idea de aumentar la superficie de un pararrayos convirtiendo el metal de un pararrayos en una cinta. Tiende a aumentar la descarga lateral, y no aumenta la conducción.

Otra falacia en la que se insiste mucho –a saber, la mejor conducción del cobre que el hierro. Es cierto que el cobre es mejor conductor de la electricidad *galvánica*,

que atraviesa toda la masa, pero si consideramos la electricidad *friccional* la diferencia de la capacidad conductora es demasiado pequeña para tener importancia. El hierro es bastante bueno considerando la conducción, y resiste la deflagración mejor que el cobre, además es mucho más barato. –Su seguro servidor, JOSEPH HENRY.
Profesor R.C. KEDZIE.

SOBRE LOS MODERNOS PUNTOS DE VISTA CON RESPECTO A LA NATURALEZA DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS.

Resumen de una conferencia del profesor H.A. Rowland, American Institute of Electrical Engineers, 22 de Mayo de 1889.¹

¡Qué grande es la diferencia entre una corriente de agua y una corriente de electricidad! La acción de la primera está confinada al interior del tubo, mientras que la última se extiende a grandes distancias en todas las direcciones, todo el espacio se ve agitado por la formación de una corriente eléctrica en cualquier parte. Para mostrar la agitación, tengo dos grandes marcos con bobinas de hilo alrededor de ellas. Cuelgan una frente a otra separadas por 6 pulgadas. Descargo esta botella de Leyden a través de una, y podemos ver inmediatamente saltar una chispa en el hilo de la otra bobina, y no hay ninguna conexión aparente entre las dos. Puedo alejar las dos bobinas 50 pies, y todavía, con los medios adecuados, puedo observar las perturbaciones debidas a la corriente de la primera bobina.

La cuestión que surge es cómo tiene lugar esta acción. ¿Cómo es posible transmitir tanta potencia a tal distancia a través de un espacio aparentemente sin ocupar? Sabemos que no es el aire, ya que ocurren los mismos efectos en el vacío, y por tanto debemos retroceder para buscar el medio que transmite la luz, y que recibe el nombre de éter –el medio que se supone que se extiende sin alterarse a través de todo el espacio, cuya existencia es segura, pero cuyas propiedades apenas se imaginan vagamente.

En el transcurso de escasamente una hora no puedo dar una idea del proceso por el cual los físicos han llegado a esta conclusión, e identificar completamente el éter que transmite la luz con el medio que transmite las perturbaciones eléctricas y magnéticas. El gran genio que identificó primero a los dos es Maxwell, cuya teoría electromagnética de la luz es el centro del pensamiento científico de hoy día, y consideramos como un gran paso que nos avanza en la comprensión de la materia y sus leyes. Este es el gran descubrimiento de Maxwell que voy a intentar explicar junto con los maravillosos sucesos que tienen lugar en todo el espacio donde se establece una corriente eléctrica en cualquier parte.

En primer lugar, vamos a descubrir que la perturbación no tiene lugar en todas las partes del espacio al mismo tiempo, sino que se dirige desde el centro hasta el exterior con una velocidad exactamente igual a la velocidad de la luz; Así cuando junto estos hilos para cerrar el circuito de esta vieja batería, inicio una onda de perturbación etérea que pasa al exterior a una velocidad de 185.000 millas por segundo, y continúa viajando siempre hacia el exterior, o hasta que alcanza el límite del Universo. Y ninguno de nuestros sentidos nos informa de lo que ha tenido lugar a menos que usemos los instrumentos adecuados. Así, en el caso de estas dos bobinas de hilo, suspendidas una junto a la otra, cuando la onda de la perturbación primaria alcanza la segunda bobina percibimos la perturbación por medio de una chispa que salta en la apertura de la bobina. Si apartamos las bobinas, la chispa en la segunda bobina se retrasará, pero será necesaria una distancia de 185.000 millas para que este retraso sea de un segundo. Por esto los efectos que observamos en la Tierra tienen lugar de forma prácticamente instantánea ya que el intervalo de tiempo es muy difícil de medir, ya que en caso presente es de tan sólo $\frac{1}{150000000}$ de segundo.

Me es imposible demostrar la existencia de este intervalo tan infinitesimal, pero al menos puedo mostrarles algunas acciones de estas ondas observadas. Por ejemplo, tengo dos diapasones montados en cajas de resonancia y ajustados al mismo tono. Hago sonar uno y detengo instantáneamente sus vibraciones, puedo escuchar instantáneamente al otro, causada por las ondas de sonido en el aire entre los dos. Cuando destruyo el ajuste al mismo tono fijando este trozo de cera en uno de los diapasones, cesa la acción.

Ahora, esta combinación de una bobina de hilo y una botella de Leyden forman un sistema vibrante de electricidad, y su periodo de vibración es de 10.000.000 veces por segundo. Aquí hay otra combinación de una bobina y una botella, la misma como la primera, y por tanto su periodo de vibración es el mismo. Hemos visto que el experimento funciona, ya que los dos están sincronizados. Permítanme apartar esta segunda botella de Leyden, esto destruye la sincronía, y pueden ver que cesan instantáneamente las chispas. Restituyéndola vuelven a reaparecer las chispas. Añadiendo otra, vuelven a desaparecer, sólo reaparecen cuando el sistema se hace simétrico colocando una más al otro circuito.

Este experimento y el de los diapasones son exactamente análogos. En cada uno tenemos dos sistemas vibrantes conectados por un medio capaz de transmitir vibraciones, y pertenecen a lo que llamamos vibraciones sincronizadas. En un caso, tenemos dos diapasones mecánicos conectados por el aire, en el otro, dos aparatos, que podríamos llamar diapasones eléctricos, conectados por el éter. Las vibraciones en un caso pueden verse con el ojo o escucharse con el oído, pero en el otro caso sólo se pueden percibir cuando las destruimos convirtiéndolas en una chispa. El hecho de que somos capaces de aumentar el efecto con la sintonía adecuada demuestra que las vibraciones están presentes en este fenómeno. Esto

puede, por supuesto, demostrarse por separado examinando la chispa por medio de un espejo giratorio, mediante el cual observamos que se trata de muchas chispas sucesivas que corresponden a los movimientos sucesivos en una dirección y otra de la corriente.

En el caso de una botella de Leyden cargada cuyas placas interior y exterior se unen súbitamente con un hilo, la electricidad fluye en una dirección y en otra del hilo hasta que toda la energía almacenada originalmente se ha consumido calentando el hilo o el aire donde salta la chispa, y en generar ondas de perturbación en el éter que se mueven hacia el espacio exterior a la velocidad de la luz. Estas ondas etéreas se han demostrado haciéndolas caer en esta bobina de hilo, haciendo que la perturbación eléctrica se manifieste con las chispas eléctricas.

Tenemos otro aparato más potente para producir ondas electromagnéticas de una longitud de onda muy larga, cada una de una longitud de 500 millas. Consiste en una bobina con un núcleo formado por muchos hilos de hierro. Al hacer pasar una fuerte corriente alterna a través de la bobina los hilos de hierro se magnetizan y desmagnetizan, y envían al espacio un sistema de ondas electromagnéticas a la velocidad de 360 por segundo.

Aquí tengo también otro aparato para emitir el mismo tipo de ondas electromagnéticas, y al acercarlo entre en acción. Pero este último aparato está sintonizado a un tono más elevado para que las ondas sólo tengan una longitud de $\frac{1}{500000}$ de pulgada, y haga 55.000.000.000 por segundo. Estas ondas cortas reciben el nombre de luz y calor radiante, aunque es más exacta la palabra radiación. Al colocar cualquier cuerpo cerca de la lámpara la radiación cae sobre él, observaremos que cuando el cuerpo absorbe los rayos se calienta. ¿No es posible obtener alguna sustancia que absorba las ondas (electromagnéticas) largas, y obtener un calentamiento? Tengo aquí esta sustancia en forma de una hoja de cobre, que la pongo al lado de una termopila, y la sostengo donde son más fuertes las ondas. Como he anticipado, el gran calor generado por su absorción, calienta al cobre rápidamente, como podemos ver en este termómetro, sentirlo en la mano, o por el vapor de agua que sale de ella. En este experimento el cobre no ha tocado la bobina ni el núcleo de hierro, y sin embargo se ha calentado mucho más que él. Este calor se ha producido por la absorción de las ondas del mismo modo que un cuerpo negro absorbe los rayos de longitud más corta de la lámpara.

En estos experimentos, hasta ahora, no se ha demostrado la naturaleza de onda de las perturbaciones. Hemos causado chispas eléctricas, y hemos calentado la placa de cobre a través de un espacio, pero ninguno de estos casos prueba experimentalmente la naturaleza progresiva de la perturbación.

Se necesita un experimento que nos permita obtener su longitud de onda y nos muestre sus interferencias. Esta deficiencia la ha subsanado recientemente el profesor Hertz de Carlsruhe.

A duras penas puedo presentar este tema a una audiencia no técnica y aclarar cómo se puede usar una bobina de hilo con una abertura en él para medir la velocidad y la longitud de las ondas etéreas. Aunque lo puedo intentar. Si las ondas se movieran lentamente, podríamos medir el tiempo que tarda la primera bobina en afectar a la segunda, y mostrar que este tiempo es mayor cuanto más grande es la distancia. Pero es absolutamente inapreciable con cualquier instrumento nuestro, y debemos encontrar otro método. Para obtener la longitud de onda el profesor Hertz usó varios métodos, pero es más fácil con la formación de ondas estacionarias. Sostengo en mi mano un extremo de un muelle en espiral, que es una cuerda fuerte y flexible. Cuando envío una onda por él, pueden ver que se refleja en el extremo y regresa nuevamente a mi mano. Si envío una sucesión de ondas por la cuerda, las ondas reflejadas interfieren con las directas, y dividen la cuerda en una sucesión de nodos y bucles que pueden observar. De la misma forma, una serie de ondas de sonido, al chocar contra una pared, forman un sistema de ondas estacionarias frente a la pared. Podemos usar cualquier onda para este propósito, incluso las ondas etéreas. Con esto en la mente, el profesor Hertz preparó sus aparatos frente de una pared reflectante, y observó los nodos y bucles por las chispas que se producían en un anillo de hilo, algo parecido a la bobina que he estado usando, pero mucho menor. Me es imposible repetir este experimento delante de ustedes, es muy delicado, y las chispas producidas son prácticamente microscópicas. Además, debería preparar un aparato completamente diferente, ya que las ondas del que tengo delante de mí tienen una longitud de un cuarto de milla. Para generar ondas más cortas debemos usar aparatos mucho menores –sintonizados a un tono más elevado, para que puedan obtenerse varias ondas estacionarias, con nodos y bucles, de una yardas en el espacio de esta habitación.

La bobina de prueba debe moverse a diferentes partes de esta habitación, y los nodos vendrán indicados por la desaparición de las chispas, los nodos por el brillo de ellas. Se podría probar la presencia de ondas estacionarias, y su semi longitud de onda a partir de la distancia entre nodo y nodo, ya que las ondas estacionarias pueden considerarse siempre como generadas por la interferencia de dos ondas avanzando en direcciones opuestas.

El cierre del circuito de una batería, además de establecer una corriente de electricidad en un hilo, es un proceso muy diferente a la formación de una corriente de agua en una tubería, aunque después del primer golpe las leyes del flujo de las dos son muy parecidas. Además, el medio por donde va la corriente de electricidad tiene propiedades muy extrañas, está acompañado por una perturbación a través del espacio. El hilo es el núcleo de la perturbación, que se extiende posteriormente en todas las direcciones infinitamente.

Una de las cosas más extrañas es que podemos calcular con perfecta exactitud la velocidad de la propagación de la onda y la cantidad de perturbación en cada punto y en cada momento; pero todavía no podemos concebir los detalles del mecanismo

que se relaciona con la propagación de una corriente eléctrica. En este respecto nuestro tema se parece a todas las ramas de la física que conocemos sólo parcialmente. Sabemos que la luz es una ondulación del éter luminífero, y sin embargo la constitución de este último nos es desconocida. Sabemos que los átomos de la materia pueden vibrar con tonos más puros que el piano más perfecto, y sin embargo no podemos imaginar su constitución. Sabemos que el Sol atrae a los planetas con una fuerza cuya ley conocemos, pero no podemos imaginar el proceso que hace que nuestra Tierra esté aferrada a la distancia de muchos millones de millas e impide que se separe para siempre de sus rayos vivificantes. La ciencia está llena de estos conocimientos a mitad.

Hemos considerado el caso de las corrientes alternas en un hilo conectado a las placas internas y externas de una botella de Leyden. La invención del teléfono, que transmite el sonido de un punto a otro por medio de ondas eléctricas, ha forzado la importancia de estas ondas. Además, el uso de corrientes alternas para el alumbrado eléctrico nos lleva al mismo fenómeno. De nuevo, la diferencia entre una corriente de agua y una corriente eléctrica es muy notable. Una onda sonora, que atraviese el agua en el tubo, produce una corriente de agua que se mueve adelante y atrás en cualquier punto. De esta forma, en la vibración eléctrica a lo largo de un hilo, la electricidad se mueve adelante y atrás de una manera bastante similar, pero con la diferencia que la perturbación del movimiento del agua está confinada en el tubo, y la oscilación del agua es mayor en el centro del tubo, mientras en el caso de la corriente eléctrica se perturba el éter que existe alrededor del hilo, y la oscilación de la corriente es mayor en la superficie del hilo que en el centro. Las oscilaciones del agua tienen lugar en el tubo sin influir en la materia fuera del tubo, mientras que las oscilaciones eléctricas son completamente dependientes del espacio que le rodea, y la velocidad de propagación es prácticamente independiente de la naturaleza del hilo, siempre que sea un buen conductor.

En el caso de ondas eléctricas a lo largo de un hilo tenemos una perturbación fuera del hilo y una corriente en él, y las ecuaciones de Maxwell nos permiten calcular todo esto con una precisión perfecta y proporciona todas las leyes respecto a ello.

Encontramos que la velocidad de propagación de las ondas a lo largo de un hilo, que se extiende lejos de cualquier otro cuerpo y está hecho de un material buen conductor, es la velocidad de la luz, 185.000 millas por segundo, pero cuando se extiende cerca de cualquier otro material conductor, como la tierra, o encerrado en forma de cable y sumergido en el mar, la velocidad es muy inferior. Cuando se extiende en el espacio, lejos de cualquier otro cuerpo, constituye el núcleo de un sistema de ondas en el éter, la amplitud de la perturbación se hace cada vez menos a medida que nos alejamos del hilo. Pero el hecho más curioso es que la corriente eléctrica penetra solamente una distancia muy corta en el interior del hilo, la mayor

parte está confinada en la superficie, especialmente cuando el número de oscilaciones por segundo es muy grande.

Las ondas eléctricas en la superficie de un conductor son, en algunos aspectos, muy similares a las olas en la superficie del agua. El movimiento más grande en este último caso está en la superficie del agua, y disminuye a medida que bajamos y no tarda en hacerse inapreciable. Además, la profundidad a la que penetra la perturbación en el agua aumenta con la longitud de la ola, las olas muy cortas están confinadas muy cerca de la superficie. La perturbación en el cobre penetra más profundamente a medida que las ondas y el periodo de oscilación se hace más largo, y la perturbación se confina cada vez más cerca de la superficie a medida que las ondas se hacen más cortas.²

Hay muchas aplicaciones prácticas de estos resultados teóricos de las corrientes eléctricas. El más obvio es el caso de los conductores para las corrientes alternas usadas para el alumbrado eléctrico. Observamos que cuando tienen un diámetro superior a media pulgada deben sustituirse por varios conductores cada uno de un diámetro inferior a media pulgada, o por cintas de un grosor de un cuarto de pulgada, y de la anchura necesaria.

El profesor Oliver Lodge ha llamado la atención recientemente a otra aplicación de estos resultados —a los pararrayos. Casi desde la época de Franklin se ha estado apoyando la construcción de los pararrayos de varillas huecas para aumentar la superficie con el mismo consumo de cobre. Ahora sabemos que estas personas no tienen razón, ya que sencillamente infieren que la electricidad permanece en la superficie. Otros apoyan que los pararrayos sólidos son correctos, ya que razonan que la electricidad en un estado de flujo suave ocupa por igual toda el área del conductor. La teoría correcta, que conocemos ahora, indica que nadie tiene toda la razón, y que la superficie es un factor muy importante en el caso de una corriente de electricidad súbita, como la descarga de un rayo. Pero el mejor aumento de la superficie se obtiene multiplicando el número de conductores en vez de hacerlos planos o huecos. La teoría indica que el cobre penetra sólo una décima parte de la distancia en el hierro que en el cobre. Al tener el hierro una resistencia siete veces superior al cobre, necesitaremos una superficie de hierro setenta veces superior a la que necesitaríamos con el cobre. Por esta razón prefiero hilo de cobre de un diámetro de un cuarto de pulgada y clavado directamente a la casa sin aisladores, que pase por las cuatro esquinas, alrededor de los aleros, y sobre el tejado, para proteger todos los casos de caída de rayos donde un tejado metálico y varillas metálicas no lo consigan.

Si la descarga del rayo es oscilante o no entra en la cuestión, ya que únicamente es súbita. Recientemente he resuelto el problema matemático de las oscilaciones eléctricas a lo largo de un hilo perfectamente conductor unido a dos planos perfectamente conductores infinitos y paralelos, y he encontrado que no hay un periodo de oscilación definido, sino que el sistema es capaz de vibrar en cualquier

periodo que originalmente se inicie. El caso de un rayo entre una nube de una extensión limitada y la tierra a lo largo de un camino a través del aire con una resistencia muy elevada es un problema muy diferente. La nube y el camino de la electricidad son malos conductores, y tiende a alargar el periodo. Si se me pregunta lo que se estima como más cercano a lo que tiene lugar al saltar un rayo, diría que no creo que la descarga sea oscilante, sino que más bien consiste en una o más corrientes de electricidad a intervalos de una pequeña fracción de segundo, y cada una de una duración no superior a $\frac{1}{100000}$ de segundo. Una corriente oscilante con 100.000 inversiones por segundo penetra $\frac{1}{60}$ de pulgada en el cobre y $\frac{1}{600}$ de pulgada en el hierro. La profundidad del cobre constituirá una considerable proporción de hilo de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro, y teniendo en cuenta otras consideraciones, creo que no vale la pena hacer tubos o cintas de estos tamaños tan pequeños.

Es casi imposible dar las conclusiones adecuadas de pos experimentos sobre este tema en el laboratorio, como en el caso del profesor Oliver Lodge.⁶ El periodo de oscilación de la corriente en muchos aparatos de laboratorio es muy pequeño, frecuentemente inferior a $\frac{1}{100000000}$ de segundo, y pueden extraerse inferencias completamente erróneas. Al aumentar el tamaño de los aparatos, el periodo de oscilación aumenta proporcionalmente, y cambia todo el aspecto del caso. He dado en tiempo de un segundo como el tiempo más corto que ocupe probablemente un rayo. Tengo muchas sospechas que es mucho mayor, y esto se aparta de los experimentos de laboratorio del profesor Lodge, que ha prestado mucho más la atención a este tema y ha demostrado la importancia de la superficie en este caso. No son igualmente de eficaces todas las formas del pararrayos con similar superficie. Así, en interior de la superficie de un tubo no cuenta para nada. Ni las estrías de una varilla cuentan en la superficie que expone, ya que la corriente no se distribuye uniformemente por la superficie, pero recientemente he demostrado que las corrientes alternas de gran rapidez se distribuyen sobre la superficie de los conductores muy buenos de la misma forma que la electricidad en reposo se distribuye sobre ellos, por tanto los ángulos exteriores y las esquinas poseen su parte de corriente mucho mayor, y las estrías del hilo concentran la corriente en los ángulos externos y la reducen en los huecos. Incluso una cinta plana tiene más corriente en los bordes planos que en el centro.

Por estas razones, deben tenerse en cuenta tanto la forma como la superficie, y las cintas no siempre tienen ventajas sobre los hilos en los casos de descargas rápidas. El hecho que no se funde el pararrayos al recibir la descarga de un rayo se considera actualmente como la prueba de que funciona perfectamente. Debe ser, como así es, soportar la descarga, y ofrecer un paso más fácil a la tierra que cualquier otro. Hemos visto que las corrientes súbitas de electricidad obedecen leyes muy diferentes que las continuas, y su tendencia a pegarse a un conductor y no saltar a los objetos depende no sólo de tener una baja resistencia, pero hacer lo

que se llama autoinducción lo más pequeña posible. Esta última puede reducirse extendiendo el pararrayos lo más posible, bien como una envoltura de tiras, o mejor, con una red de varillas sobre el tejado con varias conexiones a tierra en las esquinas, como he descrito antes.

Esto puede comprenderse con la teoría de los pararrayos, que parecía sencilla en la época de Franklin, y hoy día es muy complicada, su solución exige un completo conocimiento de la dinámica de las corrientes eléctricas. A la vista de nuestros conocimientos actuales los frecuentes fallos del viejo sistema de pararrayos no es un misterio, y dudo que haya un centenar de edificios en todo el país bien protegidos de los rayos. Con nuestros avances modernos, puede garantizarse una perfecta protección en todos los casos, si no importan los gastos.

Ahora vamos a considerar el caso de oscilaciones de electricidad en los pocos casos que pueden convertirse en corrientes sostenidas. El cierre de un circuito eléctrico envía ondas etéreas a través del espacio, pero después del primer golpe la corriente fluye tranquilamente sin producir más ondas. Sin embargo, las propiedades del espacio alrededor del hilo se han alterado permanentemente, como hemos visto antes. Vamos a estudiar estas propiedades con más detalle. Tengo ante mí un hilo en el que puedo producir una fuerte corriente de electricidad, y hemos visto que el espacio a su alrededor se ha alterado de forma que una sensible aguja magnética no puede permanecer quieta en todas las posiciones, sino que se mantiene en ángulo recto al hilo, el polo norte tiende a girar a su alrededor en una dirección y el polo sur en la otra. Este es un experimento muy antiguo, pero ahora lo consideramos como evidencia que las propiedades del espacio alrededor del hilo se han alterado en vez de actuar el hilo como un imán.

Situemos ahora, una placa de vidrio alrededor del hilo, este en posición vertical y la placa en su plano horizontal, y se hace pasar una fuerte corriente a través del hilo. Si ahora espolvoreamos limaduras de hierro sobre la placa se ponen en círculo alrededor del hilo, y nos marca las célebres líneas de fuerza de Faraday. Si usamos dos hilos en la misma dirección conseguimos otras curvas, y al comprobar las fuerzas que actúan en el hilo, observamos que intentan moverse una hacia la otra.

Se hacen pasar las corrientes en direcciones opuestas y observamos otras curvas, y las corrientes se repelen entre sí. Si suponemos que las líneas de fuerza son como bandas de goma que tienden a ocupar las direcciones donde sus longitudes son las más cortas y se repelen, Faraday y Maxwell han demostrado que se explican todas las atracciones y repulsiones magnéticas. La propiedad que confiere la presencia de la corriente eléctrica en el éter es la que tiende a acortar una dirección y dispersar las otras dos direcciones.

Con esto hemos eliminado la acción a distancia, y explicamos la atracción magnética como un cambio en el medio que interviene, como hizo parcialmente Faraday hace cincuenta años. Con este cambio en el medio que lo rodea pasa por él tanta corriente eléctrica como circula por el hilo.

Para ilustrar esta tensión a lo largo de las líneas de fuerza he construido este modelo, que representa la sección de una bobina de hilo con una barra de hierro en ella. Las bandas de goma representan las líneas de fuerza que pasan alrededor de la bobina y a través de la barra de hierro, ya que tienen un paso más fácil a través del hierro que a través del aire. Si movemos la barra, podemos ver que sube y baja oscilando alrededor de su posición de equilibrio hasta que la fricción la deja en reposo. Aquí tengo también una bobina de hilo con una barra de hierro con un extremo apoyado en el suelo. Si hacemos pasar la corriente, y las líneas de fuerza magnética que se forman alrededor de la bobina y pasan a través del hilo, la sostienen en alto aunque pesa 24 libras, y oscila alrededor de su posición de equilibrio exactamente igual que el modelo sostenido por bandas de goma. En este caso las bandas de goma son invisibles a nuestro ojo, pero nuestra visión mental se imagina las fuerzas magnéticas del éter moviendo la barra arriba y abajo gracias a su fuerza contráctil. Esta fuerza contráctil no es de una cantidad pequeña, es bastante grande, en algunos casos capaz de elevar incluso cien o doscientas libras por pulgada cuadrada, rivaliza con la mayor presión que podemos usar en nuestras máquinas de vapor.

El éter es, hoy día, un factor más importante en la ciencia que el aire que respiramos. Estamos rodeados constantemente por los dos, y la presencia del aire se nos manifiesta por sus sensaciones, que podemos escuchar, e incluso podemos ver en circunstancias favorables, y que la velocidad de su movimiento depende de la humedad que tiene es un constante tópico de conversación. Por otra parte, el éter, elude todos nuestros sentidos, y sólo con la imaginación, el ojo de la mente, podemos percibir su presencia. Con su ayuda podemos enviar las vibraciones que llamamos luz que nos permite ver el mundo a nuestro alrededor, y con su otro movimiento, que ocasiona el magnetismo, los marinos guían sus barcos a través de la oscuridad de la noche cuando han desaparecido de la vista los cuerpos celestes. Cuando hablamos por teléfono, las vibraciones de la voz se transportan hasta los puntos más distantes por medio de ondas en el éter, y se vuelven a convertir nuevamente en las ondas sonoras del aire. Cuando usamos la luz eléctrica para iluminar nuestras calles, es el éter que transporta la energía a lo largo de los hilos de la misma forma que se transmite a nuestros ojos después de haber asumido la forma de luz. Cuando subimos a un tranvía y sentimos que se pone en movimiento con la fuerza de muchos caballos, nuevamente es el éter cuya inmensa fuerza hemos comenzado a controlar y hacer servir a nuestra voluntad –no una fuerza débil, de un medio ambiguo, sino una fuerza poderosa, que se extiende por todo el espacio, y aglutina a todo el universo.

¹ Basado en artículos del “Electrician” de Londres del 21 y 28 de Junio de 1889.

² Una sorprendente ilustración de esta penetración superficial de la electricidad de alta tensión fue comunicada por Lord Armstrong a Sir William Thomson (ahora Lord Kelvin) en la reunión de la British Association de Newcastle en 1889. Una barra de acero de un pie de largo, que Lord Armstrong sostenía en su mano, entró accidentalmente en cortocircuito con los dos terminales de una dinamo que daba una corriente alterna de 85 amperios con una diferencia de potencial de 103 voltios. Instantáneamente tuvo la sensación de quemarse y soltó la barra. Sus dedos tenían ampollas, pero al examinar la barra unos segundos después se observó que estaba *bastante fría*. Esto demuestra que la acción se mantiene en la superficie, y no tuvo tiempo material de penetrar en el volumen de la barra. Los únicos dos puntos quemados en la barra metálica eran los puntos donde habían tocado los terminales de la dinamo. –J.J.F.

³ Para los puntos de vista del profesor Lodge ver su papel, “Jour. Inst. Elec. Engs.”, Vol. XIX, pág. 352, y la interesante discusión que siguió. –J.J.F.

APÉNDICE C

VARIACIONES DE CONDUCTIVIDAD BAJO LA INFLUENCIA ELÉCTRICA.

Resumen de un papel del profesor E. Branly, de la universidad Católica de París.¹

El objeto de este artículo es describir los primeros resultados obtenidos en una investigación de la variación o resistencia de un gran número de conductores bajo diversas influencias eléctricas. Las sustancias que hasta el presente han presentado las mayores variaciones en conductividad son los polvos o limaduras metálicas. La enorme resistencia ofrecida por un metal en estado de polvo es muy conocida, sin embargo, si tomamos una columna de polvo algo larga de polvo metálico muy fino, el paso de la corriente se detiene por completo. El incremento de la conductividad eléctrica por la presión de las sustancias pulverizadas conductoras también es muy conocido, y tiene varias aplicaciones prácticas. Sin embargo no se han investigado todavía las variaciones de conductividad, que ocurren en tales cuerpos a las diversas influencias eléctricas.

El efecto de las chispas eléctricas.— Tomemos un circuito que consista en una pila, un galvanómetro, y algún metal reducido a polvo encerrado en un tubo de ebonita de una sección de un centímetro cuadrado y unos pocos centímetros de largo. Cerremos los extremos del tubo con dos tubos de cobre cilíndricos que presionen contra el metal pulverizado y conectados al resto del circuito. Si el polvo es lo suficiente fino, incluso un galvanómetro sensible no indicará ningún paso de corriente. La resistencia es del orden de millones de ohmios, aunque el mismo metal soldado o presionado (manteniendo las mismas dimensiones) sólo ofrezca una resistencia de una fracción de ohmio. Por tanto no hay ninguna corriente en el circuito, Se descarga una botella de Leyden a corta distancia, y la aguja del galvanómetro indica de forma abrupta una deflexión permanente que indica que se ha originado una reducción permanente de la resistencia. La resistencia del metal ha bajado a unos cientos de ohmios. Su conductividad aumenta con el número e intensidad de las chispas.

Situemos a unos 20 o 30 centímetros del circuito de las limaduras metálicas contenidas en un vaso de ebonita una esfera de latón hueca, de un diámetro de 15 a 20 centímetros, aislada con un soporte de vidrio vertical. Las limaduras ofrecen una enorme resistencia y la aguja del galvanómetro marca cero. Acerquemos una varita de resina cargada eléctricamente a la esfera, saltará una pequeña chispa entre la varita y la esfera, e inmediatamente saltará la aguja del galvanómetro y permanecerá deflexionada permanentemente. Depositemos algunas limaduras en el vaso de ebonita, y la resistencia del circuito volverá a mantener la aguja a cero. Si tocamos ahora la esfera de latón cargada con el dedo, saltará una diminuta chispa y

la aguja del galvanómetro volverá a desviarse. Puede hacerse fácilmente el experimento sin galvanómetro con unos pocos acumuladores. El circuito consiste de una batería, polvo metálico, un hilo de platino y un vaso de mercurio. La resistencia del polvo es tan alta que la interrupción del circuito tiene lugar sin que salte ninguna chispa en el vaso del mercurio. Si se descarga una botella de Leyden en las cercanías del circuito el polvo se vuelve conductor, el hilo de platino se pone al rojo enseguida, y salta una violenta chispa al abrir el circuito.

La influencia de la chispa disminuye a medida que aumenta la distancia, pero su influencia se nota a varios metros del polvo, incluso con una pequeña máquina de Wimshurt. Al repetir la chispa aumenta la conductividad, un hecho, que con algunas sustancias las chispas sucesivas producen saltos sucesivos, en forma de una deflexión permanente y gradualmente en aumento de la aguja del galvanómetro.

Influencia de un conductor atravesado por la descarga de un condensador.—Mientras estaba usando la máquina de Wimshurt me di cuenta que la reducción de la resistencia de las limaduras normalmente ocurría antes de la descarga. Esto me llevó al siguiente experimento. Tomé un largo tubo de latón, un extremo cerca del circuito que contiene el polvo metálico; su otro extremo, a una distancia de varios metros del circuito, y cerca de una botella de Leyden cargada. Salta una chispa y se carga el conductor. Al mismo instante aumenta notablemente la conductividad del polvo metálico.

En la mayoría de mis investigaciones usé el siguiente montaje, debido a su eficacia, ser adecuado y de una acción regular, le llamaré para abreviar montaje A (Fig. 1)

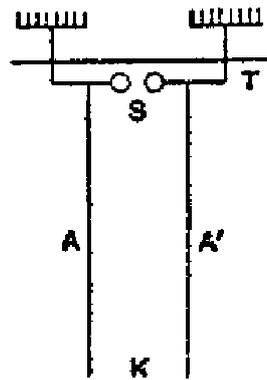


Fig. 1.

La fuente de electricidad es una máquina de Holtz de dos placas girando de 100 a 400 revoluciones. Se introduce una sustancia sensible en uno de los brazos de un

puente de Wheatstone, o en el circuito de una pila Daniell a una distancia de 10 metros de la máquina de Holtz. Entre los terminales de descarga de la máquina y el puente de Wheatstone, y conectado a la primera, se encuentran dos tubos de latón aislados, A A', separados por 40 cm. y paralelos entre sí. No hace falta emplear la botella de Leyden unida normalmente a la máquina de Holtz, la capacidad de los dos tubos de latón equivale de algún modo a ella. Los terminales S están separados por 1 mm, 0,5 mm o 1 mm. Cuando giran las placas, saltan chispas rápidamente, una tras otra. Los experimentos indican que estas chispas no tienen efecto directo a una distancia de 10 metros. Los dos tubos A A' no son necesarios, la disminución de la resistencia se produce fácilmente si se emplea únicamente uno, y en algunos casos, es más eficaz un único conductor. Un aumento de la velocidad de la máquina aumenta notablemente su acción. Pueden suprimirse las chispas en S apartando los terminales, pero el conductor A todavía continuará ejerciendo su influencia, en especial si dispone de un chispero.

Efectos de las corrientes inducidas.— El paso de una corriente inducida a través de una sustancia sensible produce efectos similares a los descritos anteriormente. En un ejemplo se tomó una bobina de inducción, con dos hilos similares. Se cerró el circuito secundario a través de un tubo que contenía limaduras, también había un galvanómetro en el circuito. Se tuvo la precaución de averiguar antes de insertar las limaduras que las corrientes que se obtenían al abrir y cerrar el circuito eran iguales y opuestas. Se introdujeron las limaduras en el circuito, el primario se abrió y cerraba a intervalos regulares. Los resultados que se obtuvieron con limaduras de cinc se pueden ver en la siguiente tabla. —

LIMADURAS DE CINCO.

El galvanómetro arroja.		El galvanómetro arroja.	
1° cierre	1°	1° apertura	18°
2° "	64°	2° "	100°
3° "	146°	3° "	140°

Efectos del paso de corrientes continuas de una gran fuerza electromotriz.— Si se emplea una corriente de una fuerza electromotriz elevada, se convierte en una sustancia conductora sensible. Este fenómeno puede verse de la siguiente manera. Se prepara un circuito que consiste de una batería, una sustancia sensible y un galvanómetro. La fuerza electromotriz de la batería es de 1 voltio, después 100 voltios, luego 1 voltio. Debajo indico las deflexiones del galvanómetro que se obtienen con una fuerza electromotriz de 1 voltio con tres sustancias diferentes y después con la fuerza electromotriz de 100 voltios. —

Antes de aplicar la corriente	Después de aplicar la corriente
16	100
0	15
1	500

En el caso de algunas medidas tomadas con un puente de Wheatstone, se interpuso un prisma de limaduras de aluminio entre dos electrodos de cobre y ofrecía una resistencia de varios millones de ohmios antes de aplicar una fuerza electromotriz elevada, pero sólo ofrecía una resistencia de 350 ohmios después de aplicarla durante un minuto. El tiempo que debe interponerse el polvo en el circuito de la batería no debe ser demasiado corto. Por ejemplo, la aplicación por 10 segundos de 75 pilas de sulfato de mercurio no producen efecto, pero su aplicación durante 60 segundos ocasiona la reducción de la resistencia hasta 2500 ohmios.

Se observará que este fenómeno de aumento súbito de la conducción ocurre incluso si la sustancia sensitiva no está el circuito con la batería en el momento de su influencia. Las limaduras metálicas, después de haberse situado en un circuito con una pila Daniell, y haber observado su resistencia elevada, se pueden aislar por completo y someterse a la acción de una chispa distante, de una varilla cargada, o una corriente inducida. Si después se vuelven a colocar en su circuito original, se observa inmediatamente su aumento en su conductividad.

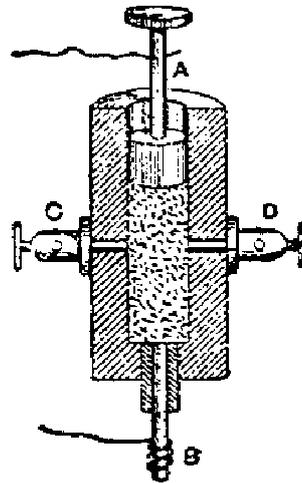


Fig. 2

La conductividad producida por estos diversos métodos tiene lugar en toda la masa de las limaduras metálica, y en todas direcciones, como indica el siguiente experimento. Un vaso de ebonita con polvo de aluminio (Fig. 2) se sitúa entre dos placas metálicas A, B, y el polvo está en contacto lateral con dos pequeñas varillas C, D, que pasan por el costado del cilindro de ebonita. Se pueden conectar A y B a los dos terminales de uno de los brazos del puente de Wheatstone, C y D se dejan sueltos, y *viceversa*. Sin importar el montaje que se adopte, si se une una batería de 100 voltios durante unos segundos con uno o con otro de los pares de terminales, se observará inmediatamente un aumento en la conductividad en esa dirección, y también se observará que existe en ángulo recto.

Sustancias en que se ha observado una disminución de la resistencia.— Las sustancias en que se ha observado con más facilidad el fenómeno del brusco aumento de la conductividad eléctrica son las limaduras de hierro, aluminio, cobre, latón, antimonio, telurio, cadmio, cinc, bismuto, etc. El tamaño de los granos y su naturaleza no son los únicos elementos que deben tenerse en cuenta, los granos de plomo del mismo tamaño, pero de diferentes partes, ofrecen a la misma temperatura grandes diferencias de resistencia (de 20.000 a 50.000 ohmios) El polvo metálico extremadamente fino, en general, ofrece una resistencia casi perfecta al paso de la corriente. Pero si tomamos una columna suficiente corta y le ejercemos una presión suficiente, no tardaremos en alcanzar un punto donde la influencia eléctrica causará un incremento súbito de la conductividad. Por ejemplo, una capa de cobre reducida con hidrógeno, que no se hace conductora bajo la influencia de la chispa eléctrica u otro motivo, se volverá conductora bajo una presión de 500 gramos por centímetro cuadrado (7 libras por pulgada cuadrada). En vez de usar la presión, en algunos experimentos he empleado como conductor una capa muy fina de cobre en polvo esparcida sobre una hoja de vidrio sin pulir o ebonita E (Fig. 3), de 7 cm. de largo y 2 cm. de ancho. Una capa de este tipo, pulida con un bruñidor, tiene una resistencia muy variable. Con un poco de cuidado podemos preparar hojas que sean más o menos sensibles a la acción eléctrica.

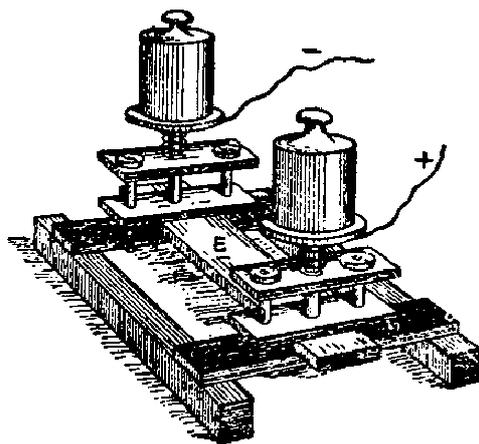


Fig. 3.

El polvo metálico, o limaduras metálicas, no son las únicas sustancias sensibles, el polvo de galena, que es ligeramente conductor bajo presión, conduce mucho mejor después de haberlo presentado a una influencia eléctrica. El bióxido de manganeso en polvo no es muy sensible a menos que se comprima con antimonio en polvo.

Usando el montaje A con chispas muy cortas en S (Fig. 1), puede observarse el efecto del aumento de conductividad con vidrio platinizado y plateado, también con vidrio cubierto con oro, plata y aluminio. Algunas de las mezclas que se han empleado tienen la consistencia de una pasta. Esto son mezclas de aceite de colza y limaduras de hierro o antimonio, y éter o petróleo y aluminio o plumbagina, etc. Otras mezclas eran sólidas. Si hacemos una mezcla de limaduras de hierro y bálsamo del Canadá, fundido al baño maría, y vertemos la pasta en un pequeño vaso de ebonita, con los extremos cerrados con varillas metálicas, se obtiene una sustancia sólida al enfriarse. La resistencia de esta mezcla se reduce de varios millones de ohmios a unos cientos de ohmios sólo con la chispa eléctrica. Se obtienen resultados similares con una varilla sólida compuesta de azufre fundido y limaduras de hierro o aluminio, también con la mezcla de resina fundida y limaduras de aluminio. En la preparación de estas mezclas sensibles, debe tenerse cuidado de que la sustancia aislante se encuentre en un pequeño porcentaje de la mezcla total.

También se obtienen algunos resultados interesantes con mezclas de azufre y aluminio, y con resina y aluminio, pulverizados. Cuando se enfrían estas mezclas, normalmente no conducen bien directamente o después de haberlas expuesto a influencias eléctricas, pero se convierten en conductoras al combinar la presión con influencias eléctricas. Por ejemplo, una mezcla de azufre pulverizado y limaduras de aluminio en cantidades iguales se depositan en un tubo de vidrio de un diámetro de 24 mm. El peso de la mezcla es de 20 gramos y la altura de la columna de 22

mm, con una presión de 186 gramos por centímetro cuadrado ($2 \frac{1}{2}$ libras por pulgada cuadrada) La mezcla no es conductora, pero después de exponerse a influencias eléctricas, que se obtiene con el montaje A, la resistencia cae a 90 ohmios. De la misma forma una mezcla de selenio y aluminio, situada en un tubo de 99 mm de largo, no conduce hasta que se expone a la influencia combinada de presión y electricidad.

El siguiente experimento es uno de los numerosos experimentos de un carácter ligeramente diferente. Se prepara una mezcla de azufre en polvo y limaduras de aluminio en proporción de dos de azufre por una de aluminio, y se introduce en un tubo de vidrio de 35 mm de largo. Por medio de un pistón, se aplica una presión de 20 kg. Por cm^2 (284 libras por pulgada cuadrada). Sólo es necesario conectar la columna durante 10 segundos a una batería de 25 células, para que la resistencia originalmente infinita se reduzca a 4.000 ohmios.

La Fig. 4 ilustra otro tipo de experimento. Se oxidan dos varillas de cobre con la llama de un mechero Bunsen, y se dejan apoyarse una sobre la otra, como se indica, y se conectan a los terminales de un puente de Wheatstone, la alta resistencia del circuito se debe a las capas de óxido. Entre las muchas mediciones que se han hecho, en un caso encontré una resistencia de 80.000 ohmios, que después de exponerse a la influencia de una chispa eléctrica, se reduce a 7 ohmios. Se obtienen efectos análogos con varillas de acero oxidadas. Otro experimento bonito es dejar un cilindro de cobre, con un hemisferio oxidado, en una hoja de cobre oxidado. Antes de exponerse a la influencia de la chispa eléctrica, el óxido ofrece una resistencia considerable. Este experimento puede repetirse varias veces moviendo el cilindro de un lado a otro en la hoja de cobre oxidado, esto demuestra que el fenómeno sólo tiene lugar en el punto de contacto de las dos capas de óxido. Se podría indicar que, en la mayoría de sustancias enumeradas, un aumento de la temperatura reduce la resistencia, pero el efecto de un aumento de temperatura es transitorio, y es incomparablemente inferior al efecto de las corrientes de un potencial elevado. Hay algunas sustancias que presentan estos dos efectos opuestos.

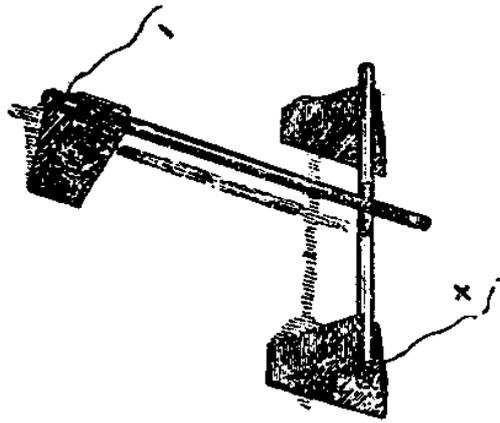


Fig. 4.

Restauración de la resistencia original.— La conductividad causada por las diversas influencias eléctricas duran algunas veces largos periodos (más de veinticuatro horas), pero siempre es posible hacerlas desaparecer rápidamente, en particular con un golpe.

La mayor parte de las sustancias probadas muestran un aumento de resistencia al ser sacudidas antes de someterlas a cualquier influencia eléctrica especial, pero después de haber sufrido la influencia el efecto de las sacudidas es mucho más marcado. Este fenómeno se ve mejor con las limaduras metálicas, pero también se puede observar con la ebonita metalizada cubierta con mezclas de líquidos aisladores y polvo metálico, mezclas de limaduras metálicas y sustancias aislantes, mezclas de limaduras metálicas y sustancias aislantes (comprimadas o no), y finalmente con cuerpos sólidos.

He observado el retorno a la resistencia original de la siguiente manera: —

La sustancia sensible se deposita en K (Fig. 1), y forma parte de un circuito que incluye una pila Daniell y un galvanómetro. Al principio no pasa la corriente. Se hacen saltar chispas en S, y la aguja del galvanómetro se desvía permanentemente. Al golpear ligeramente la mesa que sujeta al tubo de ebonita que contiene la sustancia sensible, se restaura la condición inicial. Cuando la acción eléctrica ha sido de un carácter potente, es necesario un golpe violento. Para dar estos golpes empleo un martillo fijo en la mesa, cuyos golpes puedo regular.

Con algunas sustancias, cuando está ligeramente electrificadas, el regreso parece ser espontáneo, aunque el retorno de la aguja del galvanómetro a su equilibrio es más lento. Esta restauración de la resistencia original es atribuible a las trepidaciones del entorno, y sólo es necesario caminar por la habitación a una distancia de unos metros, o golpear una pared distante. Este retorno espontáneo a la resistencia original después de una acción eléctrica débil es visible con una mezcla

a partes iguales de selenio y telurio en polvo. La restauración de la resistencia con un golpe no es observable más que bajo la influencia eléctrica.

Después de haberlo sometido a una potente acción eléctrica, no parece que un golpe restaure completamente a las sustancias a su estado original, de hecho, las sustancias muestran generalmente mayor sensibilidad a la acción eléctrica. Por ejemplo, una mezcla de aceite de colza y polvo de antimonio se expone a la influencia de una chispa en el montaje A, al principio es necesaria una chispa de 5 mm para romper la resistencia, pero después de haber hecho desaparecerla por medio de un golpe, es suficiente una chispa de sólo 1 mm para volver a hacer conductora a la sustancia. El polvo de aluminio finamente dividido tiene una resistencia extremadamente alta. Una columna vertical de aluminio en polvo de 5 mm de alto y una sección de 4 mm², sometida a una elevada presión, detiene completamente la corriente de una pila Daniell. LA influencia del montaje A no produce efecto, pero, por contacto directo con una botella de Leyden, se reduce la resistencia a 50 ohmios. SE probó el efecto de choque, y después de él las chispas generadas por el montaje A pueden reducir la resistencia.

También el siguiente experimento es del mismo tipo: se depositaron limaduras de aluminio en un paralelepípedo, detenían completamente la corriente de una pila Daniell, y la resistencia que ofrecía a una única pila era prácticamente infinita después de haber conectado en circuito 25 pilas de sulfato de mercurio durante 10 segundos. Después se situó el aluminio en circuito con una batería de 75 células; una pila Daniel fue capaz de enviar una corriente a través de la sustancia. La resistencia original se restauró con un golpe, pero no la condición inicial, ya que una única pila era capaz de enviar una corriente después de haber conectado durante 10 segundos una batería de tan sólo 25 células. Puedo añadir que cuando la restauración de la resistencia se hacía con un golpe *violento*, era necesario colocar el aluminio en circuito con 75 células durante un minuto para volver a reducir la resistencia.

Debe observarse que no siempre es necesaria la influencia eléctrica para restaurar la conductividad después de un retorno aparente a la resistencia original, algunas veces golpes débiles repetidos pueden hacer esto. En ambos casos, un retorno lento en el tiempo y un retorno súbito con un choque, se suele alcanzar un valor de resistencia superior al original. Varillas de carbón Carré, de un metro de largo y 1 mm de diámetro, presentan este fenómeno con facilidad.

Retorno a la resistencia original por elevación de temperatura.— Una placa de ebonita revestida de cobre y en estado conductor de la electricidad, y situada cerca de un mechero de gas, regresa fácilmente a su resistencia original. Una varilla sólida de resina y aluminio, o azufre y aluminio, que se ha vuelto conductora conectándola a los polos de una batería pequeña, regresará a su resistencia original mediante un golpe; pero si se ha causado el estado conductor por un medio potente, como por ejemplo, por contacto directo de una botella de Leyden, el golpe no

tendrá ningún efecto, al menos un golpe que pueda resistir la naturaleza frágil del material. Pero un ligero aumento de temperatura tiene el resultado deseado. Pero regulando adecuadamente la acción eléctrica es posible alcanzar la condición que el calor de los dedos es suficiente para anular la conductividad.

Influencia del entorno.— La acción eléctrica origina o no la alteración de la resistencia cuando la sustancia se encuentra en una caja metálica cerrada. La sustancia sensible, en circuito con una célula Daniell y un galvanómetro, se deposita en el interior de una caja de latón (Fig. 5). Se verifica la ausencia de corriente, el circuito abierto y la caja cerrada. Se pone en funcionamiento una máquina de Wimshurst a poca distancia, y se observará que no produce ningún efecto. Se obtiene el mismo resultado si el circuito se mantiene cerrado durante el tiempo que la máquina de Wimshurst está en funcionamiento. Si un hilo conectado en algún punto del circuito se introduce en la caja por algún agujero, y se deja a una distancia de 20 a 50 cm., se hace notar la influencia de la máquina de Wimshurst. Al golpear la tapa se restaura la resistencia, la aguja del galvanómetro permanece desviada mientras continúan saltando las chispas. Si se empujan los hilos para que sólo se encuentren a unos milímetros, las chispas continuarán saltando, y unos pocos golpes bastarán para devolver la aguja a cero. Al tocar el extremo del hilo con los dedos o una pieza metálica, se restaura inmediatamente la conductividad. En estos experimentos se pueden ver los movimientos de la aguja del galvanómetro mirando a través de una malla de hilos con una lente. Se invierte la posición respectiva de las cosas, es decir, en el interior se deja una bobina de Ruhmkorff y una botella de Leyden, y la sustancia sensible fuera de la caja, y se observan los mismos resultados.

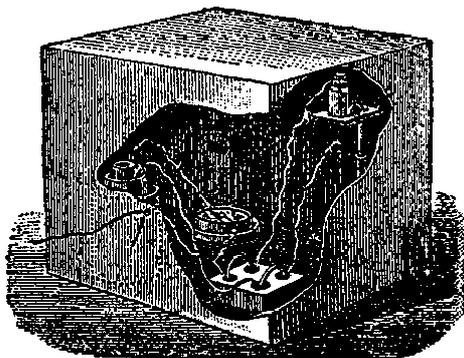


Fig. 5.

En algunos experimentos posteriores con una caja metálica mayor, y con la pila Daniel, la sustancia sensible, el galvanómetro sensible, y el puente de Wheatstone en el interior, observé que era necesaria una doble caja para suprimir por completo todos los efectos. Una cubierta de vidrio no ofrece ninguna protección.

Consideraciones sobre el mecanismo de los resultados obtenidos.— ¿Qué conclusiones podemos extraer de los experimentos descritos? Las sustancias empleadas en estas investigaciones no son conductoras, ya que las partículas metálicas que los componen están separadas entre sí en medio de un medio aislante. No es sorprendente que las corrientes de alta tensión, y en especial las corrientes inducidas por las descargas, puedan saltar a través de los intervalos aislantes. Pero la conductividad *persiste*, incluso ante las corrientes termoeléctricas más débiles, lo que da terreno para suponer que el medio aislante se ha modificado por el paso de la corriente, y que ciertas acciones, como un golpe o un aumento de temperatura, llevan a la modificación de este nuevo estado del cuerpo aislante. El movimiento de las partículas metálicas no puede imaginarse en los experimentos donde las partículas están en una capa de un grosor de milímetros fijas en una posición invariable por medio de presiones extremas, que algunas ocasiones alcanzan más de 100 kg. Por cm² (1.240 libras por pulgada cuadrada). Además, en el caso de mezclas sólidas, en que se producen las mismas variaciones de resistencia, el desplazamiento parece descartado. Para explicar la persistencia de la conductividad después de cesar la influencia eléctrica, ¿se puede suponer que se debe en el caso de las limaduras metálicas a una volatilización parcial de las partículas que crean un medio conductor entre los granos metálicos? En el caso de las mezclas de polvo metálico y sustancias aislantes aglomeradas por fusión, ¿podemos suponer que las capas aislantes se han horadado por el paso de chispas muy pequeñas, y que los agujeros se han recubierto con material conductor? Si esta explicación es admisible para el caso de las corrientes inducidas, también debe ser buena para las corrientes continuas. Y si es así, podemos concluir que estas acciones mecánicas pueden producirse con baterías de sólo 10 o 20 voltios de fuerza electromotriz, y que sólo pueden causar el paso de una insignificante corriente. Vale la pena citar al siguiente experimento relacionado con esta cuestión:

— Un circuito formado por una pila Daniell, un galvanómetro sensible, y unas limaduras de aluminio en un tubo de ebonita. La aguja del galvanómetro permanece a cero. Se retiran las limaduras de este circuito y se conectan durante un minuto con una batería de 43 células de sulfato de mercurio. Al volverlas a situar en el primer circuito, las limaduras presentan una elevada conductividad. El resultado es el mismo cuando se emplean 10 o 20 células, o cuando la corriente se reduce interponiendo en el circuito una columna de agua destilada de 40 cm. de altura y 20 mm de diámetro. Las células usadas (platino, sulfato de mercurio, sulfato de cinc, cinc) tienen una elevada resistencia interna. Por ejemplo, cuando se cortocircuitan 43 células (60 voltios) sólo dan una corriente de 5 miliamperios. La misma batería, sólo con la columna de agua destilada en circuito, causa una deflexión de 100 mm en una escala de 1 m, con un galvanómetro estático con una bobina de 50.000 vueltas. Podemos ver lo infinitesimal que puede ser la corriente

inicial que tenemos cuando se añadan las limaduras al circuito. Por lo tanto la batería actúa esencialmente en virtud de su fuerza electromotriz.

Si parece inadmisibles un desplazamiento mecánico o transporte de los cuerpos conductores, es probable que sea una modificación en el propio aislante, la modificación persiste durante cierto tiempo en virtud de una especie de “fuerza coercitiva”. Una corriente eléctrica de alto potencial, que se podrá detener por completo con una gruesa hoja aislante, puede suponerse que atravesará gradualmente las diminutas capas dieléctricas entre las partículas conductoras, el paso puede hacerse rápido si la presión eléctrica es elevada, y más lentamente si la presión es baja.

Aumento de la resistencia.— Se ha observado en estas investigaciones un aumento de la resistencia pero con menos frecuencia que la reducción, sin embargo, algunos experimentos repetidos frecuentemente me permiten afirmar que este aumento de la resistencia no es excepcional, y que las condiciones bajo las cuales tiene lugar están bien definidas. Pequeñas columnas de polvo de antimonio o aluminio, cuando están sometidas a una presión de 1 kg. Por cm^2 (14,2 libras por pulgada cuadrada), ofrecen una baja resistencia, y presentan un aumento de resistencia bajo la influencia de una fuerte electrificación. El peróxido de plomo, un conductor bastante bueno, siempre presenta un aumento, así como algunos tipos de vidrio platinizado, mientras que otros presentan efectos alternados. Por ejemplo, una hoja de vidrio platinizado, que ofrece una resistencia de 700 ohmios, se vuelve altamente conductor después de haber aplicado 150 células de sulfuro de mercurio durante 10 segundos. Esta condición de conductividad se anula tras el contacto con una botella de Leyden cargada, y reaparece nuevamente al aplicarle 150 células durante 10 segundos. Se obtienen efectos similares con una fina capa de una mezcla de selenio y telurio en polvo, cuando se funden en una ranura en una hoja de mica situada entre dos placas de cobre. Estas alternativas siempre se han observado varias veces en sucesión, y a intervalos de varios días.

Estos aumentos y alterativas no son en ningún modo incompatibles con la hipótesis de una modificación física del aislador mediante una influencia eléctrica.

¹ Basado en los informes del “Electrician” de Londres del 26 de Junio y 21 de Agosto de 1891.

APÉNDICE D

INVESTIGACIONES DEL PROFESOR D.E. HUGHES, F.R.S., EN ONDAS ELÉCTRICAS Y SU APLICACIÓN A LA TELEGRAFÍA SIN HILOS, 1879 – 1886.

Quizás sea interesante hacer un pequeño resumen de las circunstancias bajo las cuales se escribió este notable comunicado.

Mientras revisaba las últimas hojas de mi obra, se le ocurrió al autor preguntar a Sir William Crookes por algunos detalles de los experimentos a los que alude en su artículo “Bisemanal”, del cual se han citado algunos pasajes en las págs. 201 – 203. El 22 de Abril de 1899, Sir William respondió lo siguiente: –

“Estimado Sr. Fahie.– Los experimentos referidos en mi pág. 176 de mi artículo “Bisemanal” que tuvieron lugar “hace algunos años” fueron hechos por el profesor Hughes mientras experimentaba con el micrófono.

Desde ese momento no he parado de apremiarle para que publicara una narración de sus experimentos. No me siento justificado para contarle nada más de ellos, pero su le escribe a él, contándole lo que le digo, tal vez le indujera a publicarlos.

Es una lástima que un hombre que ha estado a la cabeza de todos los demás que trabajaban en el campo de la telegrafía sin hilos no reciba el reconocimiento debido a su gran ingenio y previsión. – Créame, su seguro servidor.”

William Crookes.

Después de recibir esta carta escribí al profesor Hughes. Esta fue su respuesta: –

“Su carta del 26 me trajo instantáneamente a mi memoria una gran cantidad de recuerdos sobre mis antiguos experimentos en telegrafía aérea. Son totalmente desconocidos para el público general, y temo que pocos hombres distinguidos pudieran ver lo que ya está olvidado, o al menos olvidar cómo se consiguieron estos resultados...”

En estos momentos no deseo reclamar ninguna prioridad, ya que nunca he publicado una palabra sobre este tema, y no sería justo establecer ninguna reclamación inesperada sobre los últimos trabajos hechos por otros en este mismo campo sin tener conocimiento de mis trabajos.”

Después (y mis lectores dirán que sabiamente) cambié de pensamiento, y me envió la siguiente carta, con lo que yo me siento especialmente afortunado y privilegiado:

–

40 Lagham Street, W, 29 de Abril de 1899

Estimado señor,— En respuesta a la suya del 26, en la que decía que Sir William Crookes le había contado que había visto algunos experimentos míos en telegrafía aérea en Diciembre de 1879, y que pensaba que debía publicar una narración, y que Ud. Pedía alguna información, le responderé con unos pocos experimentos que hice en este tema entre 1879 y 1886: —

En 1879, estaba ocupado haciendo experimentos con mi micrófono, junto con mi inducción equilibrada, y me di cuenta que algunas veces no podía obtener un equilibrio perfecto en la inducción, aunque estaban aisladas las bobinas; pero la investigación me indicó que la causa real era algún contacto imperfecto del micrófono o unión microfónica que se excitaba en alguna parte del circuito. Conecté el micrófono, y observé que daba una corriente o sonido en el receptor microfónico, sin importar que el micrófono estuviera conectado directamente al circuito o separado a una distancia de varios pies de las bobinas, por las que pasaba una corriente intermitente. Después de numerosos experimentos, descubrí que el efecto estaba causado por la extracorrente que se producía en la bobina primaria de equilibrio de inducción.

Posteriores investigaciones demostraron que una corriente interrumpida en cualquier bobina daba a cada interrupción una intensa extra corriente que establecía en toda la atmósfera de la habitación (o en varias habitaciones distantes) una carga invisible, que se evidenciaba si se usaba una unión microfónica con un teléfono como receptor. Esto me llevó a experimentar sobre la mejor forma de receptor para estas ondas eléctricas invisibles, que era evidente que permitían grandes distancias, y a través de todos los obstáculos evidentes, como paredes, etc. Observé que todos los contactos microfónicos o uniones eran extremadamente sensibles. Los que estaban formados por un trozo de carbón duro, como coque, o una combinación de un trozo de coque apoyado sobre un contacto de acero, eran muy sensibles y autorestaurados, mientras que un contacto imperfecto entre metales era igualmente sensible, pero se cohesionaban, permanecían en contacto después de pasar una onda eléctrica.

Esta sensibilidad de los contactos microfónicos ha sido redescubierta por los Srs. Ed. Branly de París, y por el profesor Oliver Lodge, en Inglaterra, que han dado el nombre de “cohesor” a este órgano de recepción, pero como deseamos que este órgano haga un contacto momentáneo y no se cohesionen permanentemente, el nombre no me parece adecuado para el instrumento. El receptor más sensible y perfecto que tengo no se cohesionan permanentemente, sino que recupera instantáneamente su estado original, y por tanto no precisa de ningún aparato mecánico que le golpee y ayude a la separación de los contactos después de haberse unido momentáneamente.

Rápidamente observé que, aunque una chispa invisible puede producir una corriente termoeléctrica en los contactos microfónicos (suficiente para escucharse en un teléfono en circuito), era mucho mejor una pequeña corriente voltaica en el

circuito receptor, la unión microfónica actúa entonces como relé reduciendo la resistencia del contacto, bajo la influencia de la onda eléctrica recibida por la atmósfera.

No describiré las numerosas formas de transmisores y receptores que hice en 1879, cuya descripción ocupara varios volúmenes de manuscritos en 1879 (pero que nunca se han publicado), y pueden verse en mi residencia en cualquier momento, sino que me ocuparé únicamente a unos pocos puntos importantes. Observé que los impulsos eléctricos súbitos, bien provengan de la extracorrente de una bobina o de una máquina de fricción, afectan igualmente a la unión microfónica, el efecto depende más del súbito efecto de un alto potencial que de una acción prolongada. Por ejemplo, una chispa obtenida frotando un trozo de lacre es igual de efectiva que la descarga de una botella de Leyden del mismo potencial.¹ El trozo de lacre frotado y la botella de Leyden cargada no tiene efecto hasta que se descargan por medio de una chispa, y era evidente que esta chispa, aunque débil, actuaba a través de toda la atmósfera que la rodeaba en forma de ondas o rayos invisibles, y cuyas leyes no pude determinar en aquel momento. Sin embargo, Hertz, con una serie de geniales experimentos originales, demostró en 1887 – 89 que realmente eran ondas similares a la luz, pero de una frecuencia más baja, aunque de la misma velocidad. En 1879, mientras hacía estos experimentos sobre transmisiones aérea, tenía que resolver dos diferentes problemas: 1ºCuál era la verdadera naturaleza de estas ondas eléctricas aéreas, que parecía, sin ser visibles, que despreciaban toda idea de aislamiento, y penetraban todo el espacio hasta una distancia determinada. 2º Descubrir el mejor receptor que podía accionar un receptor telefónico o un instrumento telegráfico, y que pudiera utilizar (según se necesitara) estas ondas para la transmisión de mensajes. El segundo problema se simplificó cuando descubrí que el micrófono, que había descubierto en 1877 – 78, era el único que podía detectar estas ondas, bien en un teléfono o un galvanómetro, y hasta el momento actual no conozco nada que se aproxime a la sensibilidad de la unión microfónica como receptor. El tubo de Branly, que emplea Marconi, fue descrito en mi primer papel a la Royal Society (8 de Mayo de 1878) como tubo microfónico, relleno de limaduras de cinc y plata, y el cohesor del profesor Lodge como un micrófono normal de acero, usado de una forma diferente a como lo describí por primera vez.²

Durante la larga serie de experimentos sobre este tema, entre 1879 y 1886, observé muchos fenómenos curiosos que serían demasiado largo de describir. Observé que el efecto de la extra corriente en una bobina no se aumentaba insertando un núcleo de hierro como un electroimán, la extracorrente era menos rápida, y por tanto menos efectiva. Se produjo un fenómeno similar a un retraso con las descargas de una botella de Leyden. El material del interruptor del primario también tenía un gran efecto. Por ejemplo, si se abría la corriente entre uno o dos trozos de carbón, no se podía obtener ningún efecto de las ondas aéreas, incluso a una distancia de

unos pocos pies. La extracorrente de una bobina pequeña sin núcleo era tan potente como la intensa chispa de una bobina secundaria, y durante un tiempo mis experimentos parecieron limitarse al uso de una única bobina de mi equilibrio de inducción, cargada con seis pilas Daniell. Con una mayor energía eléctrica la extracorrente destruía inevitablemente el aislamiento de las bobinas.

En Diciembre de 1879 invité a varias personas a ver los resultados obtenidos hasta entonces. Entre los que vinieron y presenciaron mis resultados se encuentran: –

Diciembre de 187.– El Sr. W.H. Preece, F.R.S.; Sir William Crookes, F.R.S., Sir W. Roberts-Austen, F.R.S., el profesor W- Grylls Adams, F.R.S., el Sr. W. Grove.

20 de Febrero de 1880.– El Sr. Spottiswoode, Presidente R.S., el profesor Huxley, F.R.S., Sir George Gabriel Stokes, F.R.S.

7 de Noviembre de 1888.– El profesor Dewar, F.R.S., el Sr. Lennox, Royal Institution.

Todos ellos vieron mis experimentos sobre transmisión aérea, como he descrito antes, por medio de la extracorrente producida en una pequeña bobina y recibida con un micrófono semi metálico, los resultados se escuchaban por un teléfono conectado al micrófono receptor. El transmisor y el receptor estaban en diferentes habitaciones, separadas por 60 pies. Después de probar con éxito a la mayor distancia que permitía mi residencia en Portland Street, mi método usual era poner en funcionamiento el transmisor y pasear calle abajo en Great Portland Street con el receptor en mi mano, y con el teléfono en el oído.

El sonido parecía aumentar ligeramente hasta una distancia de 60 yardas, después se reducía gradualmente, hasta que a 500 yardas no escuchaba claramente las señales transmitidas. Me sorprendió que, frente a algunas casas pudiera escuchar mejor, mientras que en otras apenas podían describirse las señales. Hertz descubrió puntos nodales en las ondas refractadas (en 1887 – 89), que explicaba lo que para mí era un misterio.

En la fábrica de instrumentos telegráficos del Sr. Stroh, el Sr. Stroh y yo podíamos escuchar perfectamente las corrientes transmitidas desde el tercer piso hasta la planta baja, pero no podía detectar señales claras en mi residencia a una distancia de una milla. Las innumerables tuberías de gas y agua entre medio parecían absorber o debilitar demasiado las débiles extra corrientes transmitidas con una bobina pequeña.

El Presidente de la Royal Society, el Sr. Spottiswoode, junto con el honorable Secretario, el profesor Huxley y el profesor G. Stokes, me llamaron el 20 de Febrero de 1880 para ver mis experimentos sobre la transmisión aérea de señales. Los experimentos mostrados tuvieron bastante éxito, y al principio parecieron asombrarse con los resultados, pero después de tres horas de experimentos el profesor Stokes me dijo que se podían explicar todos los resultados con los conocidos efectos de la inducción electromagnética, y por tanto no podía aceptar mis puntos de vista sobre las ondas eléctricas, desconocidas en aquel momento,

pero pensaba que había bastante material original para leer un papel sobre el tema ante la Royal Society.

Me desanimé al no ser capaz de convencerle de la realidad de estas ondas eléctricas aéreas y decidí no escribir ningún papel sobre el tema hasta estar mejor preparado para demostrar la existencia de estas ondas, y continué mis experimentos durante algunos años, con la esperanza de llegar a una perfecta demostración científica de la existencia de estas ondas eléctricas producidas por la chispa de la extracorrente en las bobinas, o de la electricidad friccional, o de las bobinas secundarias. La triunfal demostración de estas ondas estaba reservada al profesor Hertz, que con sus geniales investigaciones sobre el tema en 1887 – 89 demostró completamente no sólo su existencia sino su identidad con la luz ordinaria, y su capacidad de ser reflejada, refractada, etc., con puntos nodales, por medio de los cuales se podía medir la longitud de las ondas. Los experimentos de Hertz fueron más concluyentes que los míos, aunque usó un receptor mucho menos efectivo que el micrófono o el cohesor.

Ahora es demasiado tarde para dar a conocer mis anteriores experimentos, y al publicar mis resultados y medios empleados, me he visto forzado a ver rehacer a los demás los descubrimientos que había hecho yo gracias a la sensibilidad del contacto microfónico y la utilidad como receptor para las ondas eléctricas aéreas.

Entre los primeros que trabajaron en el campo de la transmisión aérea podría llamar la atención a los experimentos del profesor Henry, que describe en su obra, publicada por el Smithsonian Institute, Washington D.C. (EE.UU) vol. I pág. 203 (fecha desconocida, probablemente hacia 1850), cómo había magnetizado una aguja en una bobina a una distancia de 30 pies, y magnetizado una aguja por la descarga de un rayo a una distancia de ocho millas.³

Marconi ha demostrado finalmente que usando las ondas hertzianas y el cohesor de Branly se podía transmitir y recibir las ondas aéreas a una distancia mucho mayor que la soñada anteriormente por los numerosos descubridores e inventores que han trabajado silenciosamente en este campo. Sus esfuerzos y demostraciones merecen el éxito que ha recibido; y si (como he leído recientemente) ha descubierto los medios de concentrar estas ondas en un punto deseado sin reducir su energía, el mundo estará de acuerdo para colocar su nombre en el pináculo más elevado relacionado con la telegrafía eléctrica aérea. –Sinceramente su seguro servidor.

D.E. Hughes.

J.J. Fahie, Esq.
Claremont Hill, St. Helier's Jersey.

Tras la publicación de esta carta en el "Electrician" (5 de Mayo de 1899), el Sr. John Munro llamó al profesor Hughes, y obtuvo el privilegio de inspeccionar sus aparatos, en gran parte hechos por él mismo y con los materiales más sencillos, y

su libro de notas, lleno con experimentos en tinta o lápiz, con fechas o sin fechas, algunos con la nota “extraordinario”, “importante”, y otras más. El Sr. Munro publicó poco después una interesante narración de esta entrevista,⁴ de la que entresaco unos pocos extractos, ya que ayudarán a ilustrar y apoyar la narración del profesor.

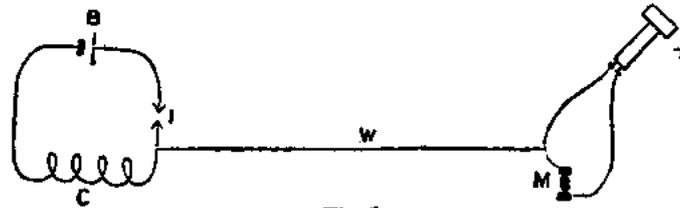


Fig. 1.

Después de haberse quedado satisfecho con el problema en sus experimentos del equilibrio de inducción como se ha indicado antes, el profesor Hughes unió una pila en circuito con un interruptor de relojería I, y con la bobina primaria C del equilibrio de inducción. Este “transmisor” se conectó con un hilo W, de una longitud de varios pies, al “receptor”, que consistía de un teléfono T en circuito con el micrófono M. Con este montaje la “extra chispa” del transmisor se escuchaba siempre en el teléfono. Se encontró que estos sonidos variaban con las condiciones del experimento: por ejemplo, con una fuerza electromotriz de $\frac{1}{50}$ voltios el sonido era más fuerte que con varias células, y también más potente y claro cuando las puntas de contacto del interruptor eran de metal – no metal a carbón, o carbón a carbón. También, un núcleo de hierro en la bobina C, aunque producían una chispa más fuerte, más bien disminuía el sonido correspondiente en el teléfono. Además, la chispa del electroimán de Faraday de la Royal Institution, excitada con una gran batería Grove, tenía poco efecto, incluso una dinamo funcionando ante el receptor daba un resultado muy pobre.

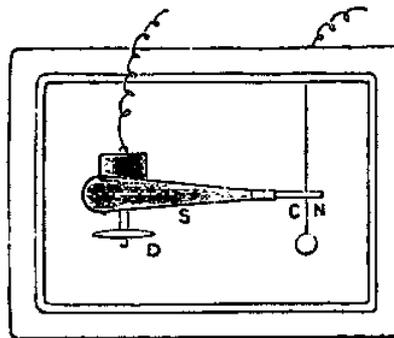


Fig. 2.

El profesor Hughes probó numerosos experimentos para satisfacerse que este receptor (su micrófono y teléfono) se veía influido únicamente por la extra chispa, y no únicamente por la ordinaria inducción magnética. Insertó bobinas en los circuitos transmisor y receptor, colocándolas en paralelo, en ángulo recto entre sí – es decir, en posiciones favorables y desfavorables para la inducción– pero sin modificar los efectos. También redujo el número de vueltas de hilo de la bobina C, e incluso la retiró por completo, conectando la batería y el interruptor por tan sólo tres pulgadas de hilo, y todavía se seguían escuchando los sonidos con la misma claridad. Se demostró que la inducción electrostática no tomaba parte en este fenómeno insertando conductores de gran superficie cargados (por ejemplo discos metálicos) en los dos circuitos y moviendo sus posiciones uno respecto al otro sin producir ningún efecto en el receptor.

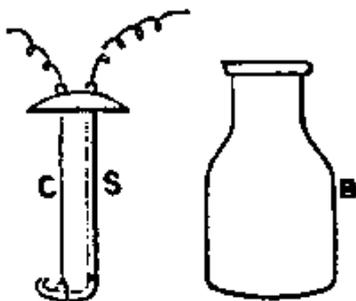


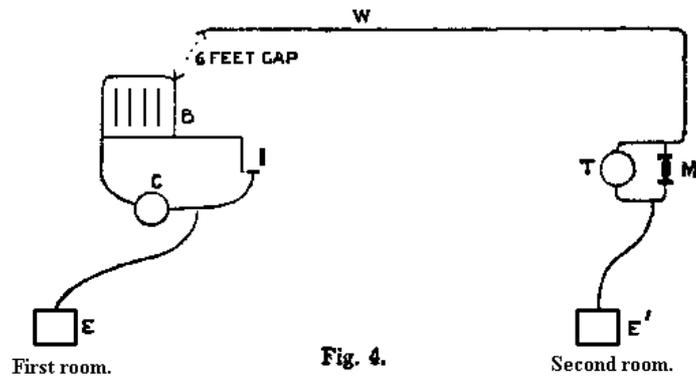
Fig. 3.

Después de haber concluido gracias a estos y otras numerosas observaciones que los resultados pertenecían más bien a un efecto conductivo que inductivo, y que se debían a los impulsos eléctricos u ondas puestas en acción por las chispas en el interruptor y que llenaban todo el espacio que le rodeaba, el profesor Hughes encontró el tipo de micrófono más sensible para recibir las ondas. Observó que los contactos de metal eran aptos para pegarse entre sí, o “cohesionarse” como decimos ahora. Un micrófono que sea sensible y auto restaurado, o no cohesor, se hace con un contacto de carbón que se apoya ligeramente en un trozo de acero brillante, como indica la Fig. 2, C es una punta de carbón que toca a la aguja N, y S es un muelle de latón ajustable para ajustar la presión del contacto por medio del disco D. En la Fig. 3 podemos ver un micrófono extremadamente sensible pero sorprendente, S es un gancho de acero, y C un hilo fino de cobre cuyo extremo se ha oxidado y ahumado en una llama de alcohol. El bucle carbonizado y el gancho de acero se encierran en una botella pequeña B por seguridad.

Otra forma de micrófono que probó el profesor fue una especie de tubo que contenía limaduras metálicas, que se anticipó al tubo de Branly, pero como tenía el problema de la coherencia de las limaduras lo abandonó. Los contactos de hierro y

mercurio son muy sensibles, pero muy problemático; aunque los contactos de hierro y acero se cohesionan, son muy sensibles, funciona bien cuando se sumergen en una mezcla de petróleo y vaselina que, aunque es un aislador, no detiene las ondas eléctricas.

Se observó que algunos de estos contactos microfónicos son muy sensibles a pequeñas cargas de electricidad –más que el electroscopio de panes de oro y el electrómetro de cuadrantes. Incluso una limadura metálica en una barra de lacre transportaba bastante electricidad de una botella de Leyden para afectar el micrófono y dar un sonido en el teléfono, aunque no afectaba al electroscopio o al electrómetro.



Con estos sensibles receptores el profesor Hughes descartó el hilo de conexión W de la fig. 1, separando el receptor del transmisor, y dando lugar al germen de la telegrafía sin hilos. Su primer experimento de este tipo se hizo entre el 15 y el 24 de Octubre de 1879, el transmisor estaba en una habitación y el receptor en la habitación contigua, pero un hilo del receptor limitaba la separación de aire a unos 6 pies. La Fig. 4, que es una tosca copia de un dibujo del profesor, muestra el montaje, W es el hilo, B la batería, I el interruptor, C la bobina, T el teléfono, M el micrófono, y E, E' la tierra (tuberías de gas) En otro experimento, hecho a mediados de Noviembre de 1879, conectó un guardafuegos al interruptor “para actuar de radiador”, y poco después, en vez del guardafuegos, usó hilos (correspondiendo a las “alas” de Hertz) en los aparatos transmisor y receptor, los hilos se mantenían estirados con tablillas que los mantenían en su sitio.

El uso de una conexión de “tierra” le llevó a probar el efecto de unir el teléfono a una tubería de gas de plomo, y el micrófono a una tubería de hierro del agua, como indica la Fig. 5. El resultado fue un sonido más fuerte en el teléfono y sacó en conclusión que los diferentes metales formaban una débil “batería de tierra”, que hacía circular permanentemente una corriente por el circuito. Con esta suposición razonó que las ondas eléctricas influían al micrófono, y tal vez cambiaban su

resistencia, que alteraría rápidamente la fuerza de la corriente, y esto explicaba sus mayores efectos en el teléfono. Actuando en base a esta idea, incluyó una E.M.F. en el circuito receptor. Una única célula era más que suficiente, y debía reducirse a $\frac{1}{25}$ de voltio para que no rompiera permanentemente la resistencia de contacto del micrófono.

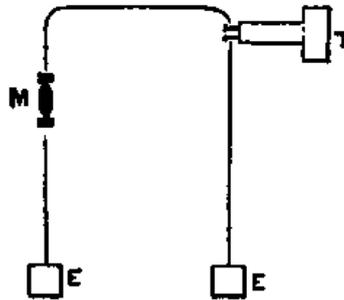


Fig. 5.

“Así”, dice el Sr. Munro, “el profesor Hughes avanzó paso a paso juntando todos los principales elementos de la telegrafía sin hilos como la conocemos hoy en día, aunque estuvo andando a tientas en la oscuridad antes que surgiera la luz de Hertz, ¡haciendo un poco de magia en unos meses, incluso semanas, usando los medios más simples, precedió el gran avance de Marconi en casi veinte años!”

En los cincuenta años (recién cumplidos) de una brillante carrera profesional en Cambridge, Sir George Stokes ha dado, en numerosas ocasiones, sabios consejos y sugerencias a los que se lo solicitaban, pero en este caso, como se ve, el gran peso de su opinión detuvo el reloj durante muchos años. Con los ánimos adecuados en 1879 – 80 el profesor Hughes hubiera seguido la pista, y con su extraordinario entusiasmo por la investigación, no hay duda que hubiera anticipado a Hertz en el completo descubrimiento de las ondas eléctricas, y a Marconi en la aplicación de ellas a la telegrafía sin hilos, y hubiera alterado considerablemente el curso de la historia científica.

Como ha dicho concisamente un reciente comentarista “los experimentos de Hughes de 1879 fueron virtualmente un descubrimiento de las ondas hertzianas antes de Hertz, del cohesor antes de Branly, y de la telegrafía sin hilos antes de Marconi y otros.” El escritor dice, “el profesor Hughes ya tenía una gran reputación, pero estos últimos experimentos le hubieran elevado enormemente, y le hubieran situado entre los electricistas más famosos de todos los tiempos.”⁵— una alabanza que, conociendo al profesor como lo conozco yo, no las considero demasiado grande.

¹ El profesor Lodge observó seguida e independientemente este hecho, y lo ilustró con bellos dibujos en su obra “La obra de Hertz”, págs. 27 – 28 –J.J.F.

² Se considera al profesor Hertz como el descubridor real del comportamiento eléctrico de un mal contacto o contacto imperfecto, el estudio que en sus manos nos dio el micrófono; pero como en el caso de los efectos de las ondas hertzianas antes que Hertz, mucho antes que Hughes “un mero fenómeno de los contactos imperfectos”, como le llamó George Stokes, debían haberse manifestado durante el funcionamiento de los aparatos eléctricos. Para un interesante ejemplo ver el papel de Arthur Schuster leído ante la Asociación Británica en 1874 (o su resumen en el “Journal Telegraphic” Vol. II, pág. 289), donde se describen los efectos como un nuevo descubrimiento en electricidad, y disfrazado bajo el título del papel, “Sobre conductividad unilateral”, Schuster sospechó la causa– “Dos hilos retorcidos pero que no se toquen entre sí, sino separados por una fina capa de aire”– pero no descubrió su importancia real. El fenómeno era una especie de producto automático, que apareció mientras estaba ocupado en otros trabajos, así que no lo investigó mucho más. –J.J.F.

³ “Polytechnic Review”, 25 de Marzo de 1843, dice: “El profesor Henry comunicó a la American Society que había tenido éxito al magnetizar agujas por medio de la corriente secundaria en un hilo separado por más de 220 pies del hilo por el que pasaba la corriente primaria, excitado por una única chispa de una máquina eléctrica.” Además el profesor Henry notó muchos casos que ahora llamamos efectos de las ondas hertzianas, pero que en esos días se tenían sólo por casos extraordinarios de inducción. Después de Henry muchos otros experimentadores deben haber observado efectos similares. Ver por ejemplo “Telegraphic Journal”, del 15 de Febrero de 1876, pág. 61, sobre la “Fuerza etérica”, y el “Electrician” Vol. XLIII pág. 204. – J.J.F.

⁴ “Electrical Review”, 2 de Junio de 1899.

⁵ El “Globe”, 12 de Mayo de 1899. El profesor Hughes falleció, lleno de honores, el 22 de Enero de 1900, a la edad de sesenta y nueve años. Ver, entre otras cosas, su necrológica en el “Times” del 24 de Enero y el “Electrician” del 26 de Enero.

APÉNDICE E

REIMPRESIÓN DE LA PATENTE DEL SIGNOR MARCONI,
Nº 12.039 AD 1896

Fecha de solicitud, 2 de Junio de 1896. Entregada la especificación completa, 2 de Marzo de 1897. Aceptada el 2 de Julio de 1897.

ESPECIFICACIÓN PROVISIONAL

MEJORAS EN LA TRANSMISIÓN DE IMPULSOS ELÉCTRICOS Y SEÑALES, Y LOS APARATOS PARA ELLO.

Yo, Guglielmo Marconi, del 71 Hereford Road, Bayswater, en el condado de Middlesex, declaro aquí la naturaleza de esta invención que es la siguiente: –

Según esta invención se transmiten acciones eléctricas a distancia a través del aire, tierra o agua por medio de oscilaciones eléctricas de alta frecuencia.

Como estación transmisora empleo una bobina de Ruhmkorff que tiene en circuito con su bobina primaria un manipulador Morse, o cualquier otro dispositivo para interrumpir la corriente, y sus dispositivos para los mástiles (como esferas aisladas separadas por un pequeño espacio de aire o de alto vacío, o aire o gas comprimido, o un líquido aislante mantenido en su lugar con el material aislante adecuado, o tubos separados por un espacio similar y con discos deslizantes) para producir las oscilaciones deseadas.

He observado que una bobina de Ruhmkorff, o cualquier otro aparato similar, funciona mucho mejor si uno de sus contactos vibrantes o frenos en su circuito primario se hace girar, lo que ocasiona que la descarga secundaria sea más potente y regular, mantiene limpios los contactos de platino del vibrador y lo mantiene en condiciones de trabajo durante un tiempo mucho mayor que si no girasen. Lo hago girar por medio de un motor eléctrico pequeño alimentado por la corriente que acciona la bobina, o por cualquier otra corriente, y en algunos casos empleo un motor mecánico (no eléctrico).

Puede sustituirse la bobina por cualquier otra fuente de alta tensión eléctrica.

En el instrumento receptor hay una batería local que contiene un receptor telegráfico normal, o instrumento de hacer señales, o cualquier otro aparato que pueda necesitarse para trabajar a distancia, y un dispositivo para cerrar el circuito, este último está controlado por las oscilaciones del instrumento transmisor.

El dispositivo que yo empleo consiste en un tubo que contiene polvo conductor, o gránulos, o conductores con contacto imperfecto, cada extremo de la columna de polvo o los terminales del contacto imperfecto o conductor se conectan a una placa metálica, preferiblemente de la longitud adecuada para que haga que el sistema

resuena eléctricamente al unísono con las oscilaciones eléctricas transmitidas para él. En algunos casos le doy a estas placas o conductores la forma de un resonador ordinario que consiste de dos conductores semicirculares, pero con la diferencia que en el lugar que debería estar el chispero yo coloco uno de mis tubos sensitivos, mientras que en los otros extremos del conductor conecto unos condensadores pequeños.

He encontrado que el mejor método para hacer los tubos sensitivos son los siguientes: –

1° La columna de polvo no debe ser muy larga, el efecto tiene mejor sensibilidad y regularidad con los tubos que contienen columnas de polvo o gránulos no superiores a una longitud de dos terceras partes de pulgada.

2° El tubo que contiene el polvo debe estar sellado.

3° Cada hilo que pasa a través del tubo, para establecer comunicación eléctrica, debe terminar con piezas metálicas o pequeños terminales de una superficie relativamente grande, o mejor con hilos gruesos, de un diámetro igual al diámetro interno del tubo, para obligar al polvo o gránulos a estar sellados en el interior.

4° Si es necesario emplear una batería local de una F.E.M. más elevada que la que puede funcionar un tubo preparado normalmente, la columna de polvo debe ser más larga y dividirse en varias secciones por medio de divisiones metálicas, la cantidad de polvo o gránulos en cada sección está prácticamente en las mismas condiciones que un tubo que contiene una única sección. Cuando no se envían oscilaciones desde el instrumento transmisor el polvo o el contacto imperfecto no debe conducir la corriente, y el circuito de la batería local está abierto, pero cuando el polvo o contacto imperfecto se ve influido por las oscilaciones eléctricas, conduce y cierra el circuito.

He observado que, una vez que ha comenzado, el polvo o contacto imperfecto conduce incluso aunque hayan cesado las oscilaciones en la estación transmisora, pero si se sacude o golpea, se abre el circuito.

Yo hago automáticamente estos golpes, empleo la corriente que el tubo sensible o contacto han permitido comenzar a fluir bajo la influencia de las oscilaciones eléctricas del instrumento transmisor para accionar un vibrador (similar al de un timbre eléctrico), que golpea al tubo o contacto imperfecto, y detiene la corriente, y en consecuencia, su propio movimiento, que ha generado dicha corriente, y por este medio se interrumpe automática y casi instantáneamente se interrumpe hasta que otra oscilación del instrumento repite este proceso. Aunque para ciertos procesos prefiero accionar el vibrador y el instrumento con el mismo circuito que contiene el tubo sensible o contacto, en otros casos prefiero accionar el vibrador y los instrumentos en otro circuito, que se hace funcionar siguiendo al primero por medio de un relé. Por este medio las acciones de la corriente, que permite pasar el tubo o contacto cuando las oscilaciones le influyen, aunque prefiero poner en marcha el aparato que ha de interrumpir automáticamente la misma corriente.

Para evitar que la autoinducción del circuito local en el tubo sensible o contacto, e impedir también el efecto perturbador de la pequeña chispa que ocurre al abrir el circuito interno del tubo o contacto imperfecto, y también en el contacto vibrante o el contacto móvil del relé, conecto en derivación con estas partes donde se abre periódicamente el circuito un condensador de la capacidad adecuada, o una bobina de la resistencia y autoinducción adecuada, para que su autoinducción pueda neutralizar la autoinducción de dichos circuitos, aunque yo prefiero emplear en derivación en diferentes partes de los conductores del circuito o llamados semiconductores de alta resistencia y pequeña autoinducción, como barras de carbón o preferiblemente tubos que contengan agua u otro líquido adecuado, en la comunicación eléctrica con los conductores de los circuitos locales que debido a la autoinducción pueden asumir diferencias de potencial como para transmitir corrientes que puedan influir al tubo sensitivo o contacto e impidan su funcionamiento regular.

Sin embargo en algunos casos, he encontrado que es adecuado emplear un vibrador independiente accionado por la corriente de otra batería. Con este vibrador se evita generar corrientes extrañas o vibrantes por medio de los dispositivos que he descrito. Se mantiene este vibrador en funcionamiento durante todo el tiempo que se espera la transmisión de las oscilaciones, y, como se ha descrito antes, el polvo o contacto imperfecto cierra el circuito de una batería local, en que se incluyen los instrumentos que se desean accionar, durante el tiempo que se transmiten las oscilaciones eléctricas, abriendo fácilmente las vibraciones el circuito tan pronto cesan las oscilaciones procedentes de la máquina transmisora. Cuando se transmite a través del aire, y se desea que la señal o acción eléctrica sólo se pueda enviar en una dirección, o cuando es necesario transmitir los efectos eléctricos a la mayor distancia posible sin hilos, coloco el generador de oscilaciones en el foco o línea focal de un reflector dirigido hacia la estación receptora, y situó el tubo o contacto imperfecto en el instrumento receptor en un reflector similar dirigido hacia el instrumento transmisor.

Cuando se transmite a través de la tierra o del agua conecto un extremo del tubo o contacto a tierra y el otro extremo a conductores o placas, preferiblemente similares entre sí, en el aire y aisladas de tierra.

También he encontrado que es mejor conectar el tubo o contacto imperfecto al circuito local por medio de hilos delgados o a través de dos bobinas pequeñas de hilo fino y aislado siendo preferible que tengan núcleo de hierro.

Fechado en el segundo día de Junio de 1896.

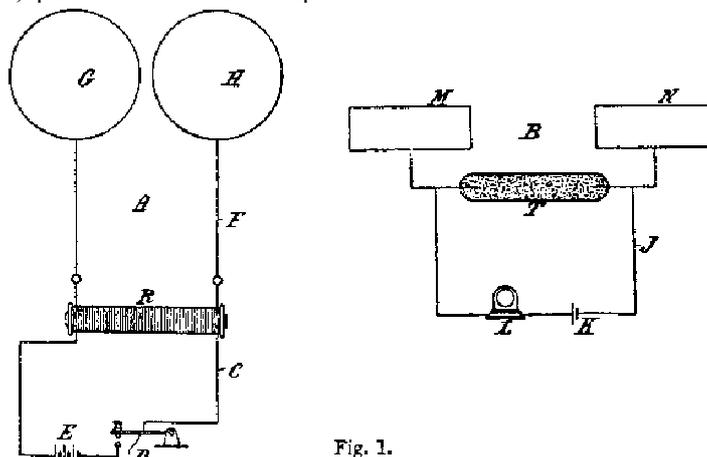
Guglielmo Marconi.

ESPECIFICACIÓN COMPLETA

MEJORAS EN LA TRANSMISIÓN DE IMPULSOS ELÉCTRICOS Y SEÑALES, Y LOS APARATOS NECESARIOS.

Yo, Guglielmo Marconi, del 67 de Talbot Road, Westbournr Park, anteriormente residiendo en el 71 de Hereford Road, Bayswater, en el condado de Middlesex, declaro por la presente la naturaleza de esta invención y en que manera funciona descrito en particular con la siguiente declaración.

Mi invención se relaciona con la transmisión de señales por medio de oscilaciones eléctricas, que se establecen en el espacio o en conductores.



Para poder comprender mis especificaciones, y para entrar en detalles, describiré la forma más simple de mi invención refiriéndonos a la Fig. 1.

En este diagrama A es el instrumento transmisor y B es el instrumento receptor, situado, por ejemplo, a $\frac{1}{4}$ de milla de distancia.

En el instrumento transmisor R es una bobina de inducción normal (una bobina de Ruhmkorff o un transformador)

Su circuito primario C está conectado por mediación de un manipulador D a una batería E, y los extremos del circuito secundario F están conectados a dos esferas aisladas o conductores G H fijos y separados por una pequeña distancia.

Cuando se permite pasar la corriente de la batería E a través del primario de la bobina de inducción, saltarán chispas entre las esferas H, H, y el todo el espacio alrededor de las esferas sufrirá una perturbación a consecuencia de estos rayos eléctricos que surgen.

El montaje A se llama comúnmente un radiador de Hertz, y a los efectos que se propagan pro el espacio rayos hertzianos.

El instrumento receptor B consiste en un circuito de una batería J, que incluye una batería o célula K, un instrumento receptor L, y un tubo T que contiene polvo metálico o limaduras, cada extremo de la columna de limaduras está conectado también a placas o conductores M N del tamaño adecuado, preferiblemente sintonizado con la longitud de onda de la radiación emitida desde el instrumento transmisor.

El tubo que contiene las limaduras puede sustituirse por un contacto eléctrico imperfecto, como dos trozos metálicos sin pulir con un ligero contacto, o cohesor, etc.

El polvo en el tubo T es, en circunstancias ordinarias, un no conductor de la electricidad, y la corriente de la célula K no puede pasar a través del instrumento, pero cuando el receptor se ve influido por las ondas eléctricas adecuadas o radiación el polvo en el tubo T se convierte en un conductor (y sigue así hasta se que sacude o golpea el tubo), y la corriente pasa a través del instrumento.

Por estos medios las ondas eléctricas que se establecen en el aparato transmisor afecta al instrumento receptor de tal manera que las corrientes causadas al circular en el circuito J, pueden utilizarse para desviar una aguja, que de esta forma responde a los impulsos que provienen del transmisor.

Las Figs. 2, 3, 4, etc. muestran diversos montajes más completos que el sencillo aparato ilustrado en la Fig. 1.

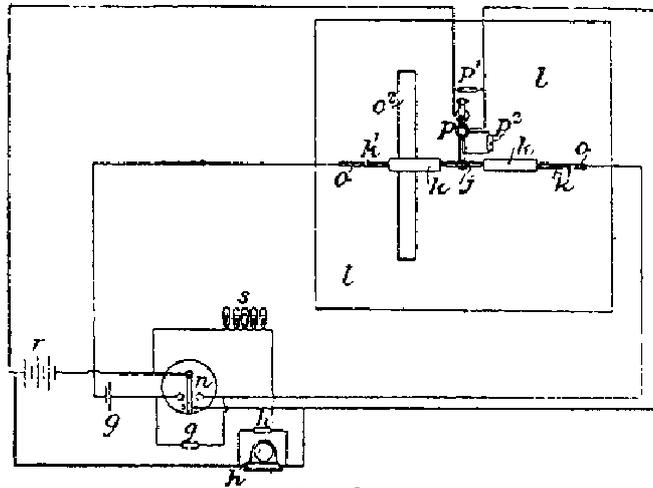


Fig. 2.

Describiré estos dibujos antes de proceder a describir las mejoras en más detalle. La Fig. 2 es un esquema en elevación de los instrumentos de la estación receptora, en que k, k son las placas que corresponden a M N de la Fig. 1. g es la batería que corresponde a K, h es el instrumento de lectura que corresponde a L, n es un relé

que acciona el instrumento de lectura h de la forma normal, p es un vibrador o martillo, similar al de un timbre eléctrico, que está accionado por la corriente que hace funcionar al instrumento.

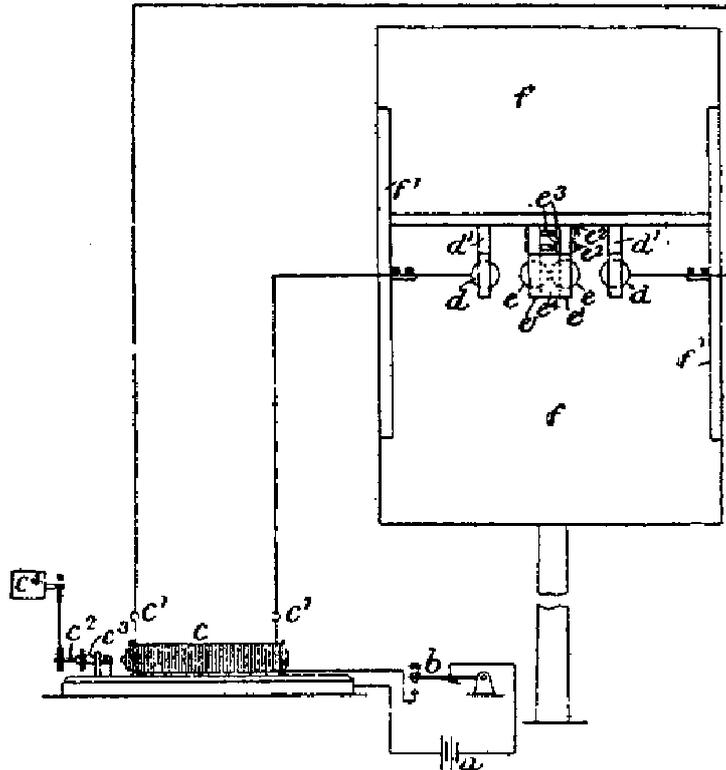


Fig. 3.

La Fig. 3 es esquema en elevación del instrumento en la estación transmisora, en que $e e$ son dos esferas metálicas que corresponden a G H en la Fig. 1.

c es una bobina de inducción que corresponde a R. b es un manipulador que corresponde a D, y a es una batería que corresponde a E.

La Fig. 4 es una sección vertical del radiador o generador de oscilaciones montado en la línea focal de un cilindro parabólico reflector f en que se da una vista lateral de las esferas $e e$ de la Fig. 3.

La Fig. 5 es una vista total de las placas receptoras $k k$ y el tubo sensitivo j .

La Fig. 5A es una forma modificada del tubo sensible.

La Fig. 6 es una modificación del generador de oscilaciones en que las esferas $e e$ y $d d$ están montadas en un tubo de ebonita d^3

La Fig. 13 muestra un interruptor mejorado (abre y cierra) que se puede aplicar a la bobina de inducción del transmisor.

La Fig. 14 muestra una resistencia de agua, cuyo éxito se explicará.

Mi invención relata en gran medida la manera que los aparatos anteriores se fabrican y conectan entre sí. Con algunas de estas formas puedo obtener señales de Morse, y hacer funcionar instrumentos telegráficos normales y otros aparatos, y con modificaciones de los aparatos anteriores es posible transmitir señales no sólo a través de obstáculos relativamente pequeños como ladrillos, paredes, árboles, etc., sino también a través de grandes masas metálicas, colinas o montañas, que pueden encontrarse entre los instrumentos transmisor y receptor.

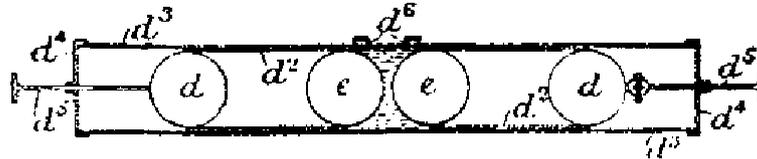


Fig. 6.

Primero describiré mis perfeccionamientos que se pueden aplicar a los instrumentos receptores.

Mi primer perfeccionamiento consiste en un vibrador automático o perturbador del polvo en el tubo sensible, o para golpear el contacto imperfecto, que se estimula inmediatamente tan pronto ha cesado la señal del transmisor, y el tubo o contacto imperfecto regresa a su estado no conductor. Esta parte de mi invención se ilustra en la Fig. 2, en que j representa el tubo sensible y p el vibrador o martillo. La corriente que fluye a través del tubo sensible o contacto, y que ha comenzado por influencia de las oscilaciones eléctricas del instrumento transmisor, pueden actuar (directa o indirectamente por medio de un relé) al vibrador, que es similar al de un timbre eléctrico. Este vibrador debe estar preparado, como se explicará ahora, para que se neutralice o no tengan lugar los efectos de la chispa del contacto vibrador, y las corrientes causadas por la autoinducción, etc.

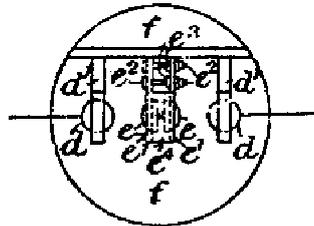


Fig. 7.

El pequeño martillo del vibrador golpea el tubo o contacto imperfecto y detiene la corriente, y consecuentemente su propio movimiento, que ha sido generado por la

dicha corriente, y por este medio se interrumpe la corriente automáticamente de forma prácticamente instantánea hasta que otra transmisión del instrumento transmisor vuelve a hacer conductor el instrumento sensitivo o contacto imperfecto.

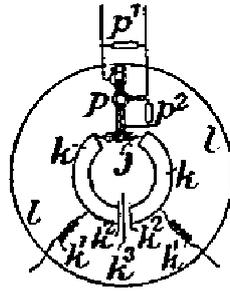


Fig. 8.

He encontrado que la corriente que puede pasar el tubo sensitivo o contacto no es lo suficiente grande para hacer funcionar un vibrador ordinario y el instrumento receptor.

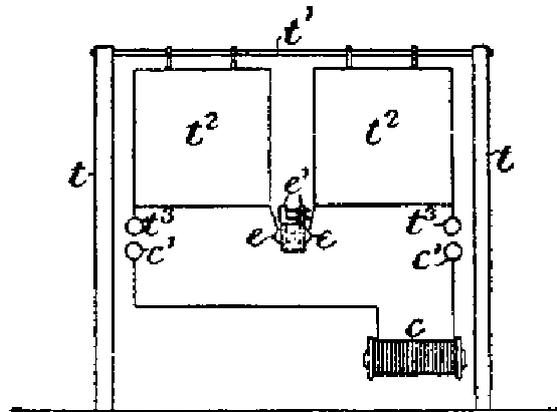


Fig. 9

Para vencer esta dificultad, en vez de obligar a que la corriente del circuito que contiene el tubo sensitivo o contacto haga funcionar al vibrador y al instrumento, uso dicha corriente para accionar a un relé sensible n (Fig. 2), que abre y cierra el circuito de una batería más potente r , preferiblemente del tipo Leclanché. Esta corriente, que es más fuerte que la corriente que pasa a través del tubo sensitivo o contacto, hace funcionar al vibrador y demás instrumentos. Para impedir que las chispas y las corrientes causadas por la autoinducción del relé interfieran con el

funcionamiento del receptor, deben tomarse ciertos medios similares a los referidos antes en referencia al vibrador o martillo, que se explicará a continuación. En el aparato que he hecho he encontrado que el relé debe poseer una pequeña autoinducción, y un bobinado con una resistencia de 1000 ohmios. Es preferible que trabaje regularmente con una corriente inferior a un miliamperio. El vibrador o martillo p del circuito del relé n es de construcción similar al de un timbre eléctrico, pero con una armadura más corta. He usado un vibrador con una resistencia de 1000 ohmios, un núcleo de hierro dulce hueco y dividido longitudinalmente como la mayoría de electroimanes que se usan en los instrumentos telegráficos.

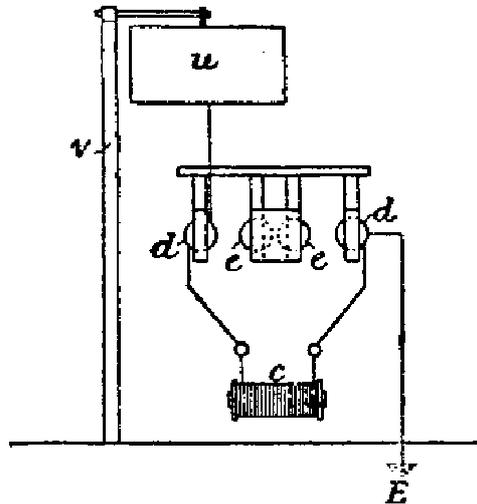


Fig. 10.

Debe ajustarse con cuidado el vibrador. Es preferible que los golpes se dirijan ligeramente hacia arriba, eso es para impedir que se apelmacen las limaduras. En vez de golpear el tubo se puede agitar el polvo moviendo ligeramente hacia fuera y hacia dentro uno o ambos extremos del tubo sensitivo (ver la Fig. 5, $j^1 j^2$), el vibrador p (Fig. 2) puede sustituirse por un pequeño electroimán o imán o vibrador cuya armadura esté conectada con el extremo.

Yo hago funcionar normalmente al instrumento receptor h , que puede ser cualquiera de los descritos, con una derivación del circuito, que hace funcionar al vibrador p . También puede trabajar en serie con el vibrador.

Es deseable que el instrumento receptor, si se deriva del circuito que incluye el vibrador o martillo, tenga una resistencia igual a la resistencia del vibrador p .

Otro perfeccionamiento consiste en el modo de construcción del tubo sensitivo.

Me he dado cuenta que un tubo sensitivo o contacto imperfecto, como el que se ve en la Fig. 1 T, no es completamente fiable.

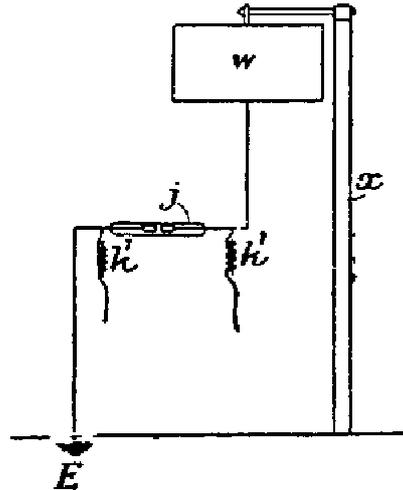


Fig. 11.

Mi tubo como se puede ver en la Fig. 5 es, si se construye con cuidado, completamente fiable, y por medio del relé, vibrador, etc., puede trabajar con regularidad de cualquier otro instrumento telegráfico normal.

En la Fig. 5, j es el tubo sensitivo que contiene dos tapones metálicos, j^2 conectados a la batería local, entre los que se deposita polvo de un material conductor j^1 . Los dos tapones es preferible que sean de plata, o pueden ser dos trozos cortos de hilo de plata grueso del mismo diámetro que el diámetro interno del tubo j , para que encajen fuertemente en él. Los tapones $j^2 j^2$ están unidos a dos trozos de hilo de platino, j^3 . El tubo está cerrado y sellado en los hilos de platino j^3 en ambos extremos. Se pueden emplear muchos metales para preparar el polvo o limaduras j^1 , pero yo prefiero usar una mezcla de dos o más metales diferentes. He encontrado que el mejor metal es el níquel duro, y prefiero añadir a las limaduras de níquel un uno por ciento de limaduras de plata dura, que aumentan mucho la sensibilidad del tubo a las oscilaciones eléctricas. Aumentando la proporción del polvo o gránulos de plata también aumenta la sensibilidad del tubo, pero para el funcionamiento normal es mejor un tubo no demasiado sensible, ya que se verá influido por la electricidad atmosférica o de otro origen.

También puede aumentarse la sensibilidad añadiendo una pequeñísima cantidad de mercurio a las limaduras y mezclándolo hasta que se absorba el mercurio. El mercurio no debe estar en una cantidad tal que coagule o apelmace las limaduras: un glóbulo casi imperceptible es suficiente para un tubo. En vez de mezclar el mercurio con el polvo, podemos obtener los mismos efectos amalgamando

ligeramente la superficie interior de los tapones que han de estar en contacto con las limaduras. Debe usarse muy poco mercurio, sólo el suficiente para abrillantar la superficie de los tapones metálicos sin mostrar ningún glóbulo de mercurio libre. El tamaño del tubo y la distancia entre los dos tapones metálicos puede variar entre ciertos límites: al aumentar el espacio permitido para el polvo, permite usar granos o limaduras más gruesas.

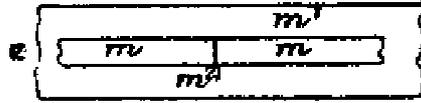


Fig. 12.

Prefiero hacer mi tubo sensitivo del siguiente tamaño —el tubo j es de $1\frac{1}{2}$ pulgada de longitud y $\frac{1}{10}$ o $\frac{1}{12}$ de pulgada el diámetro interno. La longitud de los tapones j^2 es de $\frac{1}{5}$ de pulgada, y la distancia entre los tapones $j^2 j^2$ es de $\frac{1}{30}$ de pulgada.

He encontrado que al reducir o estrechar el espacio entre los tapones en el tubo, se vuelve más sensitivo, pero el espacio no puede reducirse excesivamente en circunstancias normales sin perjudicar la fidelidad de la transmisión.

Debe tenerse cuidado que los tapones $j^2 j^2$ encajen exactamente en el tubo, pues de lo contrario las limaduras pueden escaparse por el espacio entre los tapones, y que destruiría rápidamente la acción del subo sensitivo.

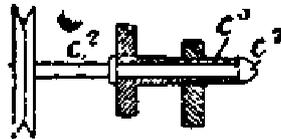


Fig. 13.

El polvo metálico no se debe ser muy fino, más bien grueso, como produce una lima larga y gruesa.

Es preferible que el polvo sea de un grano y grosor uniforme.

Hay que retirar todo el polvo excesivamente fino o de grano muy grueso soplando o tamizándolo.

También es deseable que el polvo o granos estén secos y sin grasa o suciedad, y las limas empeladas para hacerlas deben lavarse y enjugarse con frecuencia, y usarlas después de calentarlas.

No debe comprimirse el polvo entre los tapones, sino más bien han de quedar flojos, y de tal forma que cuando se golpee el tubo pueda verse mover libremente al polvo.

El tubo j puede estar sellado, pero no esencial un vacío en su interior, excepto el ligero vacío que se obtiene al calentarlo mientras se sella. Hay que tener cuidado de no calentar demasiado el tubo en el centro mientras se está sellando, ya que

oxidaría la superficie de los tapones de plata, y también el polvo, lo que reduciría su sensibilidad. Para sellar los tubos uso la llama de aire e hidrógeno. Es deseable un vacío, y yo uso $1/1000$ de atmósfera conseguido con una bomba de mercurio.



Fig. 14.

En este caso debe unirse un pequeño tubo de vidrio a un lado del tubo j (Fig. 5), que está en comunicación con la bomba y se sella después de la forma normal.

Si se ha hecho bien el tubo sensible, deberá ser sensible al efecto de un timbre ordinario estando trabajando a dos yardas del tubo.

Un tubo sensible bien preparado interrumpirá instantáneamente la corriente que pase por él al más ligero golpe o sacudida, demostrando que está insertado en un circuito donde hay poca autoinducción y fuerza electromotriz, como una única pila. Para mantener en buenas condiciones al tubo sensible j es preferible, pero no absolutamente necesario, no permitir el paso de una corriente superior a un miliamperio mientras está activo.

Si es necesaria una corriente más fuerte, pueden montarse en paralelo varios tubos, teniendo en cuenta que el vibrador o martillo golpee a todos ellos, pero este montaje no es siempre muy satisfactorio como un único tubo.

Es preferible, cuando se usan tubos sensibles del tipo que he descrito, no insertar en el circuito más de una pila Leclanché, una fuerza electromotriz de 1,5 voltios es suficiente para hacer pasar una corriente por el tubo, incluso aunque no se transmitan oscilaciones.

Pero puedo construir tubos sensitivos capaces de funcionar con una fuerza electromotriz superior.

La Fig. 5A muestra uno de estos tubos. En este tubo, en vez de usar un espacio o separación llena con limaduras, hay varios espacios $j^1 j^1$, separados por tapones herméticos de hilo de plata. Un tubo construido de esta forma —observando también las reglas de construcción de mis tubos en general —funcionará satisfactoriamente si la fuerza electromotriz de la batería en circuito es de 1,2 voltios multiplicada por el número de separaciones.

Con este tubo también es mejor no permitir el paso de una corriente superior a un miliamperio.

La Fig. 5 muestra también las placas k , que se conectan a cada extremo del tubo sensitivo, y que corresponden a las placas M n de la Fig. 1.

Las placas k (Fig. 5) son de cobre u otro metal, de media pulgada o más de ancho, pero pueden tener un espesor de $\frac{1}{60}$ de pulgada, y es preferible que tengan la longitud tal que esté sintonizado eléctricamente a la longitud de onda de las oscilaciones eléctricas transmitidas.

El medio que adopto para fijar la longitud adecuada de las placas k es el siguiente: pego una tira rectangular de papel de estaño (ver Fig. 12) m de una longitud de 20 pulgadas (la longitud depende de la longitud de onda supuesta que se está midiendo), por medio de una solución de goma diluida, a una placa de vidrio m^1 (Fig. 12); después, por medio de un cortaplumas muy afilado o una punta y una regla corto por la mitad el papel de estaño, dejando una marca de división m^2 . Si se mantiene esta placa de vidrio a unos pies del origen de las perturbaciones eléctricas, y en la posición que las tiras de papel de estaño sean paralelos a la línea que une los centros de las dos esferas en el aparato transmisor, saltarán las chispas entre una tira y la otra en m^2 . Cuando se ha ajustado la longitud de las tiras de papel de estaño m a aproximadamente la longitud de onda emitida por el oscilador, las chispas saltarán a la mayor distancia del generador de oscilaciones. Acortando o alargando la longitud de las tiras, es fácil encontrar la longitud más adecuada a la longitud de onda emitida por el generador de oscilaciones. La longitud encontrada así es la longitud correcta de las placas k , aunque es mejor acortarla media pulgada teniendo en cuenta la longitud del tubo sensitivo j (Fig. 5) conectado entre ellas.

Las placas k , el tubo j , etc., están sujetos a un tubo de vidrio fino o , preferiblemente de una longitud no superior a 12 pulgadas, fijado firmemente en un extremo a un trozo de madera o^2 , o el tubo sensitivo j podría fijarse firmemente en ambos extremos —es decir, sujeto preferiblemente cerca de los extremos del tubo que contiene el polvo, y no por los extremos del tubo o , que sirve de soporte.

Por medio de un tubo con múltiples separaciones, como el mostrado en la Fig. 5A, también es posible hacer funcionar directamente al vibrador y al aparato de señales u otro aparato en el circuito que contiene el tubo sensitivo, pero prefiero cuando es posible trabajar con el tubo de una única separación y el relé como he indicado. Con un vibrador sensible y de construcción especial también es posible hacer funcionar directamente al vibrador con el tubo de una única separación en serie con él y sin ningún relé.

Para aumentar la distancia a la que el receptor puede ser accionado por la radiación del transmisor, situó el receptor (es decir, el tubo sensitivo y las placas) en la línea focal de un reflector cilíndrico parabólico l (Fig. 2) preferiblemente de cobre, y dirigido hacia la estación transmisora.

Al determinar la longitud adecuada de las placas del receptor por medio del detector mostrado en la figura 12, es deseable comprobar que el detector está en el foco o línea focal del reflector, ya que la longitud de las cintas o placas que dan el

mejor resultado en un reflector difieren ligeramente de la longitud que da el mejor resultado sin reflectores.

El reflector l (Fig. 2) debe tener preferiblemente una longitud y apertura no inferior al doble de la longitud de onda emitida desde el instrumento transmisor.

Es ligeramente mejor que la distancia focal del reflector sea igual a una cuarta parte o tres cuartas partes de la longitud de onda de la oscilación transmitida.

Las placas k (Fig. 2) pueden sustituirse por tubos u otras formas de conductores.

Se ha hecho un perfeccionamiento posterior con el objeto de impedir que las perturbaciones eléctricas que establece el vibrador y otros aparatos en la cercanía o en circuito con el tubo restauren inmediatamente por sí mismas la conductividad del tubo sensitivo después de haberla destruido el vibrador, como se ha descrito.

Esto lo hago introduciendo en el circuito en las placas marcadas p^1 , p^2 , q , h^1 , en la fig. 2 resistencias elevadas que tengan la menor autoinducción posible. La acción de estas resistencias elevadas es que, a pesar de impedir que pase una cantidad de corriente apreciable a través de los aparatos que funcionan, permiten un camino fácil para el paso de las corrientes de alta tensión que se forman en el momento de abrir el circuito, esto impide las chispas en los contactos y súbitas corrientes que restaurarían la conductividad del tubo sensible.

Podría convenir que estas bobinas se hicieran bobinando el hilo (preferiblemente de platino) en forma de doble bobinado, que impide la autoinducción.

En la Fig. 2, p^2 es una de estas resistencias bobinadas que se inserta en el circuito que conecta los contactos vibrantes del vibrador p . He usado en los aparatos una bobina con una resistencia cuatro veces superior a la resistencia del vibrador p .

p^1 representa una resistencia similar (también de una resistencia cuatro veces superior a la del vibrador) conectada en paralelo entre los terminales del vibrador.

Una resistencia similar q , Fig. 2, se sitúa en paralelo en los terminales del relé n (a saber, los terminales que están conectados al circuito que contiene el tubo sensitivo).

La bobina q es preferible que tenga una resistencia de tres a cuatro veces la resistencia del relé.

Una resistencia similar h^1 de cuatro veces la resistencia del instrumento se inserta en paralelo a través de los terminales del instrumento.

En paralelo a través de los terminales del relé (a saber, los que corresponden al circuito accionado por el relé) está bien que se tenga una resistencia de líquido s constituida por una serie de tubos, uno de los cuales se puede ver en la Fig. 14, lleno parcialmente con agua acidulada con ácido sulfúrico. El número de estos tubos en serie a través de dichos terminales debe ser de 10 para un circuito de 15 voltios, para evitar, a consecuencia de la fuerza contra electromotriz, que pase la corriente de la batería local a través de ella, pero debe permitir el paso de la alta tensión generada en la apertura del relé sin producir chispas perturbadoras en el contacto móvil del relé.

Se puede usar una resistencia de doble bobinado de platino en vez de la resistencia de agua, siempre que su resistencia sea de 20.000 ohmios.

Debe conectarse en paralelo una resistencia similar a h en los terminales de cualquier aparato o resistencia que pueda tener autoinducción y que esté próximo o conectado al receptor.

Pueden sustituirse las bobinas citadas anteriormente por condensadores de la capacidad necesaria, pero prefiero usar resistencias bobinadas o de agua.

Hay otro perfeccionamiento para impedir que las oscilaciones de alta frecuencia, desarrolladas en las placas por el instrumento transmisor, que deben pasar por el tubo sensitivo, pasen a la batería local debilitando sus efectos en el tubo o contacto sensitivo.

Esto lo hago conectando los hilos de la batería al tubo o contacto sensitivo, o a las placas conectadas al tubo a través de unas bobinas pequeñas (ver k^1 en las figuras) que al poseer autoinducción, y que podrían llamarse bobinas de choque, formadas bobinando de la forma normal un trozo de hilo (de una yarda) fino y bien aislado alrededor de un núcleo (preferiblemente de hierro) de dos o tres pulgadas de longitud.

Otro perfeccionamiento consiste en una forma modificada de las placas conectadas al tubo sensitivo, para permitir montar el receptor en un reflector parabólico circular. Esta parte de mi invención está ilustrada en la Fig. 8, en que l es un reflector cóncavo ordinario. En este caso las placas k k están curvadas y conectadas a un extremo del tubo sensitivo j , y la otra a un pequeño condensador formado por dos placas metálicas k^2 de una pulgada cuadrada o más, enfrentando a las dos con una pieza muy fina de material aislante k^3 entre ellas. p es el vibrador. Puede eliminarse el condensador sin alterar mucho los efectos obtenidos.

La conexión al circuito local se hace a través de dos bobinas de choque pequeñas k^1 k^1 como se ha descrito antes.

El ajuste de todo el aparato es similar al descrito antes para los otros receptores.

El receptor debe montarse en tal posición que intercepte el anillo reflejado de radiaciones que existe delante y detrás del foco del reflector, y es preferible que esté sintonizado a la longitud de onda de las oscilaciones transmitidas, de una manera similar al descrito antes, excepto que se empleará un anillo de papel de estaño con un único corte a través de él.

Ahora describiré mis perfeccionamientos que se aplican a los instrumentos transmisores.

Mi primer perfeccionamiento consiste en emplear cuatro esferas para producir las oscilaciones eléctricas.

Esta parte de mi invención está ilustrada en la Fig. 3, d , d , e , e , y en la Fig. 6, d , d , e , e . Las esferas d , d , de la Fig. 3, están conectados a los terminales c^1 del circuito secundario de la bobina de inducción c . Las esferas d , d están sujetas por los soportes aislantes d^1 , d^1 .

Es preferible que los soportes d^1 consiste de placas de ebonita que tienen agujeros para recibir las bolas, que se han fijado calentándolas lo suficiente para fundir la ebonita y manteniéndolas en su sitio hasta que se enfrían. $e e$ son dos bolas similares en los soportes $e^1 e^1$, cuya distancia de separación puede ajustarse con los tornillos y tuercas de ebonita $e^2 e^2$ con las contratuercas e^3 . e^4 es una membrana flexible, preferiblemente de papel pergamino, encolado a los soportes e^1 y formando una vasija que se llena con un dieléctrico líquido, preferiblemente aceite de vaselina ligeramente espesado con vaselina.

El aceite o líquido aislante entre las esferas $e e$ aumenta la potencia de radiación, y también permite obtener efectos constantes, que no se pueden obtener fácilmente si se omite el aceite.

Las bolas d y e son preferiblemente de latón sólido o cobre, y la distancia a la que deben separarse depende de la cantidad y fuerza electromotriz de la electricidad empleada, el efecto aumenta con la distancia (normalmente aumentando la distancia entre las esferas d y las esferas e) hasta la distancia que pasa la descarga. Con una bobina de inducción de una chispa de 8 pulgadas, la distancia entre e y e debe ser de $1/25$ a $1/30$ de pulgada, y la distancia entre d y e de una pulgada.

Cuando se desea enviar la señal en una dirección, situó el generador de oscilaciones en el foco o línea focal de un reflector dirigido hacia la estación receptora.

f (Fig. 3) y f (Fig. 4) muestra el reflector cilíndrico hecho con una hoja metálica, preferiblemente de latón o cobre, y fijarlo con costillas metálicas o de madera f^1 (Fig. 3)

Hay otras condiciones similares, cuanto más grandes son las esferas mayor es la distancia a la que pueden comunicarse. Normalmente uso bolas de latón sólido de un diámetro de 4 pulgadas, que dan oscilaciones de una longitud de onda de 10 pulgadas.

En vez de esferas, se pueden emplear cilindros, elipsoides, etc.

Es preferible que el reflector aplicado al transmisor tenga una longitud y apertura al menos el doble que la longitud de onda emitida por el oscilador.

Si se satisfacen estas condiciones, y con un reflector adecuado, un transmisor con cuatro esferas de un diámetro de cuatro pulgadas conectadas a una bobina de inducción que da una chispa de 10 pulgadas transmitirá señales a más de dos millas.

Si se emplea una potente fuente de electricidad que da una chispa larga, es preferible dividir el chispero entre las bolas centrales del oscilador en varios chispero más pequeños en serie. Esto se puede hacer introduciendo entre las bolas grandes otras más pequeñas (de un diámetro de media pulgada) sujetas en su posición por soportes de ebonita.

La fig. 6 muestra una forma más compacta de generador de oscilaciones. En esta cada par de bolas d y e está fijada por calentamiento o cualquier otro modo al extremo de los tubos d^2 de material aislante, como ebonita o vulcanita.

Los tubos d^2 se encuentran firmemente sujetas en otro tubo similar d^3 con las cubiertas d^4 , que atraviesan las varillas d^5 que conectan las bolas d a los conductores. Una (o ambas) varillas d^5 están conectadas a la bola d por medio de un zócalo, que tiene un tornillo con una tuerca en la cubierta d^4 . Girando la varilla, puede ajustarse la distancia entre las bolas e . d^6 son agujeros en el tubo d^3 , por el que puede introducirse aceite vaselina en el espacio entre las bolas e .

Otro perfeccionamiento consiste en hacer que uno de los contactos del brazo vibrante acoplado a la bobina de inducción gire rápidamente.

Este perfeccionamiento tiene por objeto mantener los contactos de platino del interruptor en buenas condiciones, e impedir que se peguen, etc.

Esta parte de mi invención está ilustrada en la Fig. 3 (c^2, c^3, c^4).

Obtengo este resultado con un núcleo central rotativo c^2 (Fig. 3 y Fig. 13) en el tornillo normal c^3 , que se comunica con los contactos de platino. Hago girar dicho núcleo central con uno de los contactos de platino sujeto a él acoplándolo con un pequeño motor eléctrico c^4 .

Este motor puede alimentarse del mismo circuito que alimenta a la bobina, o si es necesario con un circuito separado –en el dibujo no se muestran las conexiones.

Con este medio se mejora mucho la regularidad y potencia de la descarga de una bobina de inducción normal con un vibrador.

La bobina de inducción c (Fig. 3) puede sustituirse por otra fuente de electricidad de alta tensión.

Cuando se trabaja con grandes cantidades de energía, es mejor mantener la bobina del transformador trabajando constantemente durante el tiempo que se está transmitiendo, y en vez de interrumpir la corriente del primario, interrumpir la descarga del secundario.

En este caso los contactos del manipulador deben estar sumergidos en aceite, ya que de otra forma, debido a la longitud de la chispa, la corriente continuará pasando después de haber separado los contactos.

Hay otro perfeccionamiento que tiene por objeto facilitar enfocar los rayos eléctricos.

Esta parte de mi invención está ilustrada en la Fig. 7, en que se da un generador de oscilaciones modificado en el foco de un reflector parabólico normal.

El oscilador en este caso es diferente al que he descrito anteriormente, ya que en vez de estar constituido por dos esferas se hace con dos hemisferios e e separados por un pequeño espacio lleno de aceite u otro dieléctrico. La chispa entre el hemisferio tiene lugar en el dieléctrico mediante pequeñas proyecciones en los centros de los hemisferios. El funcionamiento y ajuste de este oscilador es similar al descrito anteriormente.

Este montaje se puede montar sólidamente en un tubo de ebonita, como indica la Fig. 6.

El receptor que se puede usar con este transmisor se indica en la Fig. 8, como se ha descrito previamente.

No es esencial que haya un reflector en los transmisores y receptores, pero con su ausencia la distancia a la que se puede comunicar es mucho menor.

La Fig. 9 muestra otra forma modificada de transmisor con el que se pueden transmitir señales a una considerable distancia sin usar reflectores.

En la Fig. 9, $t t$ son dos postes conectados por una cuerda t^1 , donde se suspenden por medio de aisladores dos placas metálicas $t^2 t^2$ conectadas a las esferas e (en aceite u otro dieléctrico, como antes) y a las otras bolas t^3 en proximidad a las esferas c^1 , que están en comunicación con la bobina o transformador por medio de finos hilos aislados. El receptor que adopto con este transmisor es similar a él, excepto que las esferas e se sustituye al tubo o contacto imperfecto j (Fig. 5), mientras que las esferas t^3 pueden sustituirse por las bobinas de choque k^1 en comunicación con el circuito local. Si se emplea un receptor circular sintonizado, pueden omitirse en el receptor las placas t^2 . He observado que, manteniendo igual las demás condiciones, al aumentar las placas en el transmisor y en el receptor, y elevarlas sobre tierra, y cuanto más elevadas están, mayor es la distancia a la que se puede comunicar.

Para una instalación permanente es conveniente sustituir las placas por cilindros metálicos cerrados por un extremo, dispuestos sobre el poste igual que un sombrero, y apoyados en aisladores. De esta forma no puede entrar la humedad a los aisladores, y se obtienen mejores efectos en tiempo húmedo.

Se puede usar un cono o hemisferio en vez de un cilindro. Es preferible que es poste esté seco y alquitranado.

Cuando hay obstáculos interpuestos entre el transmisor y el receptor, como muchas casas, colinas o montañas, he diseñado y adoptado el montaje mostrado en las Figs. 10 y 11.

En el instrumento transmisor, Fig. 10. conecto una de las esferas d a la tierra E preferiblemente con un hilo grueso, y el otro a una placa o conductor u , que puede suspenderse de un poste v y aislado de tierra. O pueden omitirse las esferas d y conectarse una de las esferas e a tierra y la otra a la placa o conductor u .

En la estación receptora, Fig. 11, conecto un terminal del tubo sensitivo o contacto imperfecto j a la tierra E , preferiblemente también con un hilo grueso, y el otro a una placa o conductor w , preferiblemente similar a u . La placa w puede suspenderse de un poste x , y debe estar aislado de tierra. Aumentar las placas del receptor y transmisor, y elevar de tierra las placas suspendidas, aumenta la distancia a la que se puede comunicar manteniendo la paridad de las demás condiciones.

La Fig. no muestra el vibrador o martillo. $k^1 k^1$ son bobinas de choque, que están conectadas al circuito de la batería, como se ha explicado en referencia a las anteriores figuras.

En el receptor es posible captar las oscilaciones de la tierra o el agua sin tener la placa w . Esto se puede hacer conectando los terminales del tubo sensitivo j a dos tierras, preferiblemente a cierta distancia una de otra en línea con la dirección de la que llegan las oscilaciones. Estas conexiones no deben completamente conductivas, deben contener un condensador de la capacidad adecuada, por ejemplo, de una yarda cuadrada (papel parafinado como dieléctrico).

Se pueden usar globos en vez de placas en postes, siempre que lleven una placa o sean ellos conductores si se cubren con papel de estaño. A medida que se aumenta la altura, también se multiplica enormemente la distancia a la que es posible comunicar. También se pueden emplear cometas con éxito si se hace conductoras con papel de estaño.

Cuando se trabaja con los aparatos descritos, es necesario que el transmisor y receptor local en cada estación estén separados considerablemente entre ellos, o deben de apantallarse entre sí con placas metálicas. Es suficiente con mantener todos los aparatos telegráficos en una caja metálica (excepto el instrumento de lectura), y cualquier parte expuesta del circuito del receptor encerrado en tubos metálicos que estén en comunicación eléctrica con la tierra (por supuesto que la parte del aparato que recibe la radiación de la estación distante no debe estar encerrada, pero es posible apantallarla del instrumento transmisor por medio de hojas metálicas).

Cuando está conectado el aparato a tierra o al agua debe desconectarse del circuito cuando el transmisor local está funcionando, y también debe hacerse cuando el aparato no está conectad a tierra.

Después de haber descrito y determinado la naturaleza de mi dicha invención, y en la manera que debe prepararse, declaro que pretendo –

1. El método de transmitir señales por medio de impulsos eléctricos a un receptor que tiene un tubo sensitivo u otra forma sensitiva de contacto imperfecto capaz de ser restaurado con certeza y regularidad a su condición normal como se ha descrito.
2. Un instrumento receptor de un contacto o contactos imperfectos sensitivo, un circuito a través del cual el contacto o contactos, y los medios para restaurar el contacto o contactos, con certeza y regularidad, a su condición normal después de la recepción de un impulsos como se ha descrito.
3. Un instrumento receptor que consiste en un contacto o contactos imperfectos, un circuito a través del contacto o contactos, y los medios controlados por el circuito para restaurar con certeza y regularidad el contacto o contactos a su condición normal después de la recepción de un impulso.

4. En un instrumento receptor como el que he mencionado en los puntos 2 y 3, el uso de resistencias con baja autoinducción, u otros dispositivos para impedir la formación de chispas o contactos u otros fenómenos perturbadores.
5. La combinación con los receptores como se ha mencionado en los puntos 2 y 3 de resistencias u otros dispositivos para impedir que la autoinducción del receptor afecte al contacto o contactos como se ha descrito.
6. La combinación con receptores como los descritos anteriormente de las bobinas de choque como se ha descrito.
7. En los instrumentos receptores que consisten en un contacto o contactos imperfectos sensible a los impulsos eléctricos, el uso de dispositivos automáticos para restaurar el contacto o contactos con certeza y regularidad a su condición normal después de la recepción de un impulso como se ha descrito.
8. La construcción de un no conductor sensible capaz de volverse conductor por los impulsos eléctricos de dos tapones metálicos o sus equivalentes, y confinado en alguna sustancia como se ha descrito.
9. Un tubo sensitivo que contiene una mezcla de dos o más polvo, gránulos o limaduras, como se ha descrito.
10. El uso de mercurio en un contacto imperfecto eléctrico sensible como se ha descrito.
11. Un instrumento receptor que tiene un circuito local, que incluye un contacto o contactos eléctricos imperfectos sensibles, y un relé que acciona un instrumento para producir señales, acciones o manifestaciones como se ha descrito.
12. Contactos sensibles en que una columna de polvo o limaduras (o su equivalente) se divide en secciones por medio de tapones metálicos como se ha descrito.
13. Receptores como se han descrito y mostrado en las Fig. 5 y 8.
14. Transmisores como se han descrito y mostrado en las Fig. 6 y 7.
15. Un receptor que consiste en un tubo sensitivo u otro contacto imperfecto insertado en un circuito, un extremo del tubo sensitivo u otro contacto imperfecto se conecta a tierra mientras que el otro extremo se conecta a un conductor aislado.
16. La combinación de un transmisor que tiene un extremo de su chispero o polos conectado a tierra, y el otro a un conductor aislado, con un receptor como se menciona en el punto 15.
17. Un receptor que consiste en un tubo sensitivo u otro contacto imperfecto insertado en un circuito, y las conexiones a tierra en cada extremo del contacto sensitivo o tubo a través de condensadores a su equivalente.

18. Las modificaciones en los transmisores y receptores, en que se sustituyen las placas por cilindros o similares como sombreros en postes, o por globos o cometas como se ha descrito.
19. Una bobina de inducción que tiene un contacto para abrir y cerrar giratorio para los motivos descritos.

Fecha el segundo día de Marzo de 1897.

Guglielmo Marconi

ÍNDICE

Acción a distancia, referirse a acción por contacto.

Vibraciones del aire – tabla de contenido

Armstrong, Lord – Sobre la penetración de la electricidad de alta tensión.

Aseoli, profesor – Sobre la ley de Marconi de la distancia.

Auticatelephor de Edwards.

Globos – Para elevar los hilos telegráficos.

Bell, profesor Graham – Su fotófono – experimentos con señales a través del agua – aplicables a los barcos en el mar.

Béron – Plan para telégrafo sin hilos.

Blake, profesor Lucien – Inducción entre circuitos próximos – experimentos sobre comunicación con los buques faro – y con barcos en movimiento.

Blissett – Señales a través del agua.

Blondell, profesor – Su detector.

Bonelli – Experimentos en telegrafía sin hilos – sistema para señales entre trenes.

Bose, profesor Chunder – Su excitador – su detector.

Bouchotte – Experimentos en telegrafía sin hilos.

Bourbouze – Señales a través del agua del Sena.

Branly, profesor E. – Su detector o “radio conductor” – obstáculos a las ondas hertzianas – investigaciones sobre conductividad bajo influencias eléctricas.

Brooke, Sir W. O’S. – Experimentos sobre señales a través del agua.

Brown, A.C. – Su invención del photophone – telegrafía entre trenes por inducción – señales a través de roturas en los cables.

Timbre de llamada, montajes – Primero – Segundo.

Calzecchi-Onesti – Primeras observaciones del principio de cohesión – su detector – como registrador sismológico.

Carty – Sobre los efectos electrostáticos en los circuitos telefónicos.

Channing, Dr. – Sobre corrientes distantes captadas en los circuitos telefónicos – inducción entre dos circuitos telefónicos.

Clerk-Maxwell, profesor – Su teoría electromagnética de la luz, primero, segundo.

Cohesor. *Ver* Detector.

Condensador, uso del – en telegrafía sin hilos, primero, segundo.

Crookes, Sir W. – Predicción del sistema Marconi – su carta al autor sobre los primeros experimentos del profesor Hughes.

Corriente eléctrica – Teoría de Poynting – visión moderna.

D’Asar, Russo – Experimentos con telegrafía de ondas hertzianas.

Davy, Edward – Método para hacer señales basado en la electricidad y el sonido – primer inventor del principio del relé – propuestas para señales entre trenes.

De la Rive, profesor A. – Explicación de la “Música Galvánica”.

De la Rive, L. *Ver* Sarasin.

Dering, G.E. – Primeros aparatos telegráficos – su protección contra los rayos anticipa los de Siemens y otros – propuestas sobre hilo desnudo para la telegrafía subacuática – intentos reales.

Detector – pan de oro de Highton – profesor Hertz – varios para ondas hertzianas, primero, segundo – acción del detector.

Dolbear, profesor – método de telegrafía electrostática – comparado con el sistema de Marconi – funciona hasta 13 millas.

Douat – Experimentos en telegrafía sin hilos.

Dufour, H. – Efecto inductivo de un circuito sobre otro a distancia.

Conductividad de la tierra – Primera, segundo, tercero.

Electrificación de la tierra – Primero, segundo.

Tierra, parte de la – En el sistema de Preece – en el sistema de Marconi.

Tierra, batería de, primera propuesta.

Tierra, batería de, aplicaciones – Primera, segunda.

Tierra, circuito de – Descubrimiento.

Tierra, corrientes o fugas.

Terremotos – Sugerencia del origen eléctrico.

Edison, T.A. – “Fuerza Etérica”, primero, segundo – telegrafía electrostática entre trenes – potencial de su sistema – su uso en los ferrocarriles – aplicación a largas distancias.

Edwards, su auticatelephor (¿un telégrafo neumático?)

Ojo eléctrico, el – Primer, segundo, tercero.

Electricidad – Definiciones de Faraday y otros – señales por electricidad atmosférica – aparatos para observar.

Electricidad y luz – Relación entre ellas.

Electroimanes – Morse – Edward Davy, Page y Royal House.

Éter, vibraciones – Tabla.

Éter – Teoría.

Fuerza etérica, la – Primera, segunda.

Evershed, Sydney – Intentos de comunicar con los buques faro por inducción por medio de bobinas – su relé sensible.

Excitadores, Ondas hertzianas – Varios.

Explosión por ondas hertzianas – Primera, segunda.

Fahie, J.J. – Sugerencias sobre el fotófono – señales a través de roturas en los cables – carta del profesor Crookes y Hughes.

Faraday, profesor – Definición de la electricidad – grandeza de su obra.

Fessenden, profesor – Transformador para telegrafía por ondas hertzianas.
Fleming, profesor – Sobre los experimentos de Marconi a través del Canal.

Gauss, profesor – Sugerencias de usar los raíles de ferrocarril en vez de hilos – sugerencia sobre el uso de la batería de tierra en la telegrafía.

Gintl – Experimentos en telegrafía sin hilos.

Gott, J. – Sobre la electrificación de la tierra y “fugas” – sus aplicaciones a la telegrafía sin hilos.

Granier – Sobre el soporte de las líneas telegráficas por globos.

Granville, W.P. *Ver* Smith y Grainville.

Guarini-Foresio – Repetidor automático para las señales de Marconi.

Haworth, John – Propuestas ininteligibles para una telegrafía sin hilos – extractos de su patente – Comentarios de Cromwell Varley

Heaviside, A.W. – Señales desde el fondo de las minas de carbón por medio de la inducción electromagnética.

Henry, profesor Joseph – Observaciones de (probables) efectos de ondas eléctricas, primera, segunda – su vida y obra – sobre descargas de rayos y alta tensión a lo largo de los conductores, primero, segundo – sobre la construcción adecuada de conductores de pararrayos.

Hertz, profesor – Investigaciones sobre oscilaciones eléctricas, cómo comenzaron – su excitador – su detector – efecto de la resonancia – efecto de la luz ultravioleta – ondas eléctricas en el espacio – velocidad – reflexión – propagación a lo largo de hilos – efecto de pantalla de los metales – radiación eléctrica – refracción eléctrica – valor de su obra, primera, segunda.

Highton, Henry – Propuestas para (1) sin hilos, (2) hilo desnudo, y (3) hilos telegráficos mal aislados – su detector de panes de oro – su nuevo material aislante – otras invenciones.

Hughes, profesor – remedio para la inducción entre los hilos telegráficos – experimentos en telegrafía sin hilos, primero, segundo – descubrimiento de las ondas eléctricas – sus detectores.

Impedancia (bobina) de choque – su efecto beneficioso.

Célula de impulsión como detector

Inducción, entre hilos en los mismos postes – Primeras noticias – remedio del profesor Hughes – efecto de un circuito telegráfico sobre otro – primeras observaciones electromagnéticas – Preece – electrostática – Carty.

Aislamiento – Telefonía sin.

Interferencias en señales con ondas hertzianas.

Jackson, Capitán R.N. – Experimentos con señales por ondas hertzianas.

Jorvis-Smith, Rev. F. – Experimentos con señales por ondas hertzianas.

Johnston, W.P. – Experimentos sobre señales a través de ríos.

Joule – Soldadura por electricidad – elongación del hierro bajo una tensión magnética.

Kelvin, Lord – Referido a, primera, segunda, tercera, cuarta, quinta – su ley de las oscilaciones eléctricas.

Kerr, Dr. – Investigaciones sobre la luz.

Langdon-Davies – Su fotófono, efectos de la dispersión, primero, segundo.

Leyes de la distancia – Stevenson – Preece – Marconi – Ascoli.

Le Bon – Sobre los obstáculos en las ondas de Marconi.

Luz y electricidad – Relación entre ellas – luz eléctrica de Lindsay – efecto del ultravioleta en las chispas – señales por medio de ella.

Luz del futuro

Luz – Teoría electromagnética, primera, segunda.

Rayos – Y el teléfono – y el aparato de Marconi – naturaleza oscilatoria – magnetización de una aguja.

Conductores de los rayos – Construcción, Primero, segundo.

Protección contra los rayos – Primero, segundo.

Lindsay, J.B. – Su vida y obra – usos futuros de la electricidad – experimentos sobre alumbrado eléctrico – propuestas para una telégrafo con América por medio de hilo desnudo y batería de tierra – soldadura por electricidad – telegrafía sin hilos – recolección de Preece – papel leído ante la British Association – muerte y memorial.

Lodge, profesor – Ley de la distancia en el método con bobinas – concepto de la electricidad – sus detectores – su protección contra los rayos – su método para sintonizar las ondas – sus nuevas propuestas- relación entre la luz y la electricidad.

Loomis, Mahlon – Uso de la electricidad atmosférica para hacer señales.

Marconi, G. – Mérito de su obra – aparatos para distancias cortas – para distancias largas – ley de la distancia – excitadores – detectores – velocidad de trabajo – teoría de su método – primeras pruebas – experimentos en Italia – obstáculos para las señales – efecto de los rayos – pruebas públicas e instalaciones – para los barcos en medio de la niebla – nuevo transformador – informe de la American Navy – efectos de las interferencias – campo de utilidad – futuro – primera patente.

Melhuish, W.F. – Sistema para cruzar los ríos con hilo desnudo.

Metales – Efecto de pantalla.

Micrófono – Descubrimiento del.

Minchis, profesor – Célula de impulsión como detector – sus experimentos.

Morse, profesor – Experimentos sobre señales a través del agua – sus primeros electroimanes.

Mower, J.H. – Señales a través del Atlántico sin hilos.

Munro, John – Sobre las investigaciones del profesor Hughes.

Música Galvánica. – Referido sobre.

Nelson, Henry – Comunicación entre barcos en el mar.

Obstáculos, efecto de – En el sistema Marconi. *Ver* también Metales y Agua.

Oscilaciones eléctricas – Ley – Investigaciones de Hertz.

Oscilador. *Ver* Excitador.

Page, profesor – Sus electroimanes – descubrimiento de la música galvánica.

Phonophore – Efectos de la dispersión, primero, segundo.

Fotófono, sugerencias – Por Fahie y Brown – Graham Bell.

Pierce, profesor – Sobre la sensibilidad del teléfono.

Popoff, profesor – Experimentos en telegrafía con ondas hertzianas.

Poynting, profesor – Teoría de las corrientes eléctricas.

Preece, Sir W. – Conexión con los primeros experimentos de Lindsay – sobre corrientes a través de la tierra – señales a través del Solent – naturaleza de la electricidad – inducción electrostática – inducción electromagnética – señales por inducción electromagnética – leyes de la corriente y señales a distancia – pruebas prácticas de un sistema – sobre el efecto de pantalla del agua – consideraciones teóricas – utilidad del sistema – comunicación interplanetaria – instalaciones prácticas – nuevos experimentos – obstáculos para las ondas hertzianas.

Radiación eléctrica. *Ver* Ondas.

Ferrocarriles – Uso de los raíles para hacer señales – sistemas telegráficos.

Rathbone, Charles. – Sobre corrientes distantes captadas por el teléfono.

Rathenau, profesor E. – Experimentos con señales a través del agua.

Rayleigh, Lord – Sensibilidad del teléfono para las corrientes de alta frecuencia.

Reflexión, eléctrica. *Ver* Ondas.

Reflectores para telégrafos de ondas hertzianas.

Refracción eléctrica. *Ver* Ondas.

Relés – Primera propuesta de Edward Davy – de Wilkins y otros – de Evershed – de Smith y Grainville – de Stevenson – para telégrafos de ondas hertzianas.

Resonancia eléctrica – Primera, segunda, tercera, cuarta.

Resonador eléctrico. *Ver* Detector.

Righi, profesor – Su excitador – su detector.

Rovelli – Su detector.

Rowland, profesor – Sobre la naturaleza de la corriente eléctrica – sobre los rayos y conductores para los rayos.

Rutherford, profesor – Experimentos en telegrafía de ondas hertzianas.

Sacher, profesor – Efecto inductivo de un circuito sobre otro a distancia.

Salvá – La luz trémula de la electrificación de la tierra y su aplicación a las señales a través de los mares.

Sarasin y De la Rive – Sobre la velocidad de las ondas eléctricas – su excitador.

Schäfer, Bela – Experimentos en telegrafía de ondas hertzianas.

Schilling, Baron – Referido a – su telégrafo de agujas.

Schuster, profesor – La luz trémula del principio microfónico.

Schwendler – Experimentos con señales a través del agua.

Selenio, efecto – Descubrimiento.

Senliq d’Andres – Propuesta de hacer señales basada en la electricidad y el sonido.

Sennett, A.R. – Propuesta de señales basada en la electricidad y el sonido.

Sombras eléctricas.

Siemens, Protector de rayos de placa serrada anticipado.

Slaby, profesor – Experimentos con telegrafía de ondas hertzianas – tributo a Marconi – detector.

Smith, Willoughby – Sobre la inducción magnética – sugerencias de telegrafía de inducción para los trenes – sobre la comunicación con los faros y buques faro.

Smith, Willoughby S. y Granville, W.P. – Modificación del plan de Willoughby Smith – instalación práctica – nuevo aparato de “llamadas” – dificultades de instalación – un viejo amigo con un nuevo traje.

Sömmerring – Experimentos de señales a través del agua.

Steinheil, profesor – Descubrimiento del circuito de tierra – experimentos con señales a través de la tierra – sugerencia de un termofono – experimentos con la batería de tierra.

Stevenson, C.A. – Planes para comunicar con los barcos – pruebas en América – plan basado en la inducción entre bobinas – ley de la distancia – aplicación intentada por Evershed – relé de polvo metálico.

Stokes, profesor – Influencia en las investigaciones del profesor Hughes.

Sintonía. *Ver* Resonancia.

Telegrafía – Simpática – con electricidad y calor – con electricidad y sonido – neumática e hidráulica – con hilos desnudos, primero, segundo, tercero, cuarto, quinto – métodos conductivos, primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, sexto, séptimo. Octavo, noveno, décimo, decimoprimer, decimosegundo, décimo tercero, décimo cuarto, décimo quinto, décimo sexto – por electricidad atmosférica – con inducción electromagnética, primero, segundo, tercero, cuarto – con inducción electrostática, primero, segundo, tercero – con ondas hertzianas

(¿Dolbear?) – Zickler – Popoff y otros – Lodge – Marconi, primero, segundo – Hughes.

Telegrafía de ferrocarril – Primeros sistemas.

Telegrafía sin hilos – Futuro.

Teléfono – De aire comprimido – sensibilidad a las corrientes perdidas, primera, segunda – efecto de los rayos – líneas mal aisladas – la sensibilidad varía según la frecuencia de las corrientes – óptica – como detector de ondas hertzianas.

Teléfono, circuitos – Efectos electrostáticos.

Tesla, Nikola – Su concepción de la electricidad – propuestas sobre telégrafos de ondas hertzianas – sus osciladores.

Termófono – Sugerencia de Steinheil.

Thompson, profesor Silvanus – Sobre el futuro de la telegrafía sin hilos.

Threlfall, profesor – sugerencia de un telégrafo de ondas hertzianas.

Telegrafía de ferrocarril – Primeros sistemas.

Trowbridge, profesor John – Sobre la tierra como conductor – señales con el método de conducción – con inducción electromagnética – por inducción electrostática.

Tuma, Dr. – Experimentos en telegrafía de ondas hertzianas.

Sintonía eléctrica. *Ver* resonancia.

Van Reese – Experimentos con señales sin hilos.

Varley, Cromwell – Comentarios sobre el plan de Haworth – sus propios experimentos con señales sin hilos.

Varley, S.A. – Observaciones del principio del cohesor – su puente de rayos.

Vibraciones, éter y aire – Tabla.

Agua, efecto de pantalla – Primero, segundo, tercero.

Ondas eléctricas – Formación – velocidad – reflexión – a lo largo de los hilos – radiación y refracción – diversas longitudes.

Wehnelt – Su interruptor electrolítico.

Soldadura – eléctrica.

Weston – Su relé y voltímetro – su galvanómetro.

Wilkins, J.W. – Experimentos en telegrafía sin hilos – su detector – su uso en América – anticipa el relé de Weston.

Zickler, profesor K. – Uso de la luz ultravioleta para hacer señales con las ondas hertzianas.