

La consideración que acaba de exponerse exige, pues, que examinadas teóricamente y por separado todas las direcciones en que pueden presentarse los trenes y visto que para todas ellas se verifican *teóricamente* los enclavamientos precisos para que la circulación se haga con entera seguridad, se verifique después otro examen, no menos importante, cual es el de cerciorarse de que las disposiciones dadas á las *regillas* y *tacos* de la tabla de enclavamientos, son los que deben ser para que se produzcan los que consten en el cuadro y diagrama del proyecto.

Naturalmente que este examen *práctico* no puede hacerse hasta que los aparatos todos están completamente instalados. Cuando esto sucede se verifica con ellos repetidas pruebas, haciendo maniobrar todas las palancas del Puesto, suponiendo uno tras otro todos los movimientos posibles en los trenes, incluso los simultáneos, y viendo prácticamente si en cada caso quedan siempre enclavadas las palancas que así deben quedar y libres las restantes; haciendo iguales pruebas con los cerrojos, agujas, tacos, discos, semáforos, aparatos de correspondencia, teléfono, conmutadores de los discos, etc.

El examen teórico de que primero hemos hablado constituye la *comprobación del proyecto*. El segundo examen práctico es la *recepción y prueba de los aparatos*.

Si el primero resulta conforme y todo funciona con regularidad, es cuando puede afirmarse que el Puesto está bien instalado.

Coste de la instalación.—No hay duda alguna que los enclavamientos proporcionan una gran seguridad en la explotación, pero no es menos cierto que su instalación resulta mucho más cara de lo que á primera vista parece.

El coste del Puesto de Mora fué el siguiente:

	Pesetas.
Construcción de la caseta.	14.133,04
Abonado á la casa Saxby y Farmer por los aparatos propiamente dichos, por todas las transmisiones, por los semáforos y discos especiales, por los cerrojos y pedales y por los honorarios del montador.	60.471,77
Importe de los jornales empleados en el montaje de todos los aparatos.	10.506,58
Importe de todos los materiales necesarios para la instalación, adquiridos en el país..	10.625,55
Transportes y derechos de aduana.	3.850,00
TOTAL.	99.586,94

O sean en números redondos 2.000 pesetas por palanca instalada en la caseta.

No debe extrañar el elevado coste de los jornales y materiales empleados en el montaje porque en una estación como Mora, la suma de las transmisiones resulta con una longitud total de muchos kilómetros: dichas transmisiones van colocadas dentro de cajones de madera, perfectamente nivelados y alineados, para que las transmisiones de movimiento resulten fáciles sin necesidad de efectuar grandes esfuerzos en las palancas. De aquí la necesidad de emplear una gran cantidad de madera; en Mora este material importó más de 8.000 pesetas.

Cuando las transmisiones van colocadas en desmontes ó en terraplenes, que por llevar mucho tiempo contruidos no son de temer en ellos asientos ni desnivelaciones, es preferible hacer los cajones donde aquéllas van colocadas

de fábrica de ladrillo. De esta manera resulta algo más barata la construcción y mucho menor el coste de la conservación, ya que los cajones de madera han de renovarse cada 7 ó 10 años, pues se pudren rápidamente.

Una precaución importante debe tomarse al construir dichos cajones, y es el de procurar tengan fácil salida las aguas de lluvia que se acumulen en su interior. De lo contrario, con el polvo ó balasto que penetra en ellos se forma un engrudo, que dificulta los movimientos de las varillas, destruyendo rápidamente sus articulaciones.

Conclusión.—Con lo dicho damos por terminado este trabajo, deseando que los diversos documentos que contiene puedan ser de utilidad, como indicación ó ejemplo que seguir, al que deba instalar un puesto de enclavamientos en una estación importante, cualquiera que sea el sistema de aparatos que se elija, ya que la teoría general de los enclavamientos es la misma con todos los sistemas y aparatos.

Barcelona 13 Julio 1897.

E. MARISTANY.

VISION Á DISTANCIA

POR LA ELECTRICIDAD (1)

Oscilaciones eléctricas.

La electricidad se propaga en dos direcciones perpendiculares entre sí. Hasta ahora sólo utilizábamos una de ellas, la de la *corriente* á lo largo de los conductores, y respecto de la otra, en sentido normal á éstos, sólo hacíamos esfuerzos por atenuarla en lo posible, porque representa una pérdida de energía; es la causa de la inducción sobre alambres paralelos, haciendo que una corriente telefónica por uno de ellos se transmita á los alambres próximos y pueda oírse en otros teléfonos la conversación sostenida. Esa propagación en sentido normal á la usual, á través del aire y en general de todos los dieléctricos, sin hilos conductores, pues precisamente se realiza á través de los no conductores, ha sido base de detenido estudio en estos últimos tiempos, y una aplicación de ella es el telégrafo *sin hilos*, de Marconi (invento reciente).

Esa es la propagación electromagnética perpendicular á la corriente. En ambos sentidos se propaga la electricidad. Sin embargo, sus propiedades son distintas.

CORRIENTE ELÉCTRICA

—Se transmite por los cuerpos buenos conductores.

—Se pliega á todas las formas del alambre conductor.

—Si la corriente es ondulatoria se propaga mejor cuanto mayor es la longitud de la onda.

RAYO ELECTROMAGNÉTICO,

—Se transmite por los cuerpos malos conductores.

—Se propaga en línea recta como la luz. Puede quebrarse, afectar formas poligonales, reflejándolo ó refractándolo, pero no admite las curvas.

—Se propaga mejor cuanto menor es la longitud de onda.

(1) Véase el número anterior.

Cuando circula una corriente ondulatoria por un alambre se produce un campo electromagnético en el ambiente que le rodea, y en el cual las *líneas de fuerza eléctrica* tienen en todos los puntos la dirección de la corriente ó sea la del alambre; las *líneas de fuerza magnética* afectan la forma de circunferencias que tienen sus centros en el eje del alambre y contenidas en planos perpendiculares á él (las líneas de fuerza magnética cortan, pues, normalmente á las eléctricas), y los *rayos electromagnéticos*, que probablemente es lo único real que existe y cuya dirección son los radios de esas circunferencias, cortando, por tanto, normalmente á las líneas de fuerza eléctrica y magnética.

Líneas de fuerza magnética, si se piensa despacio, resultan ser aquellas en que todos sus puntos tienen en el mismo instante la misma fase de onda y de la misma edad, perteneciente á los rayos electromagnéticos nacidos en el mismo punto y contenidos en un plano perpendicular al alambre.

Y líneas de fuerza eléctrica lo mismo, pero en que las ondas pertenecen á los rayos eléctricos paralelos contenidos en un plano que pase por el eje del alambre y nacidos en los distintos puntos consecutivos de éste.

Las vibraciones transversales de un rayo electromagnético pueden descomponerse en dos direcciones: vibración eléctrica y vibración magnética (las en que se descomponen las de la luz por polarización), y son las que dan patente de existencia material á las líneas de fuerza eléctricas y magnéticas en ese punto.

A través de los dieléctricos sabemos ya cómo se propaga la electricidad: en forma de vibración transversal.

No estamos tan adelantados en la propagación por los cuerpos buenos conductores.

¿Hay traslación real del éter, animado de la velocidad de 300.000 kilómetros por segundo?

¿Hay solo un cambio de carga eléctrica entre cada molécula material y la siguiente?

¿Existe solo la vibración transversal del éter en el dieléctrico y se propaga este dinamismo de unas moléculas de éter á otras á lo largo de un conductor, que sólo sirve entonces de guía como la mecha á la llama, y no hay circulación de *nada* por el conductor, que se limita á desempeñar el papel de la trayectoria de traslación de un ciclón?

Se diferencia de la propagación del sonido á lo largo de los tubos acústicos en que el circuito tiene que ser cerrado para que exista propagación, y en que no existe condensación y dilatación del medio elástico.

Sin embargo, sea lo que fuere, existen *ondas eléctricas* á lo largo del conductor, dando una significación ú otra á estas palabras, según se defina la *corriente*. La electricidad se propaga á razón de 300.000 kilómetros por segundo; por tanto, si va en forma de corriente ondulatoria de una frecuencia de 200 períodos por segundo, como producen algunas dinamos, la *onda* tendrá 1.500 kilómetros de longitud, y si la frecuencia es de 600 billones, la *onda* medirá media milésima de milímetro.

En lo que no hay duda es en que existe una relación íntima entre la propagación de las ondulaciones eléctricas en una y otra dirección; se puede, pues, aprovechar en cada caso la que convenga.

Hasta ahora utilizábamos la *corriente*, la propagación por un conductor, para la telegrafía. Se ha deseado transmitirla *sin hilos*, á través de un dieléctrico, y se utiliza el otro sistema de propagación, la normal á la ante-

rior, la vibración electromagnética; el alambre que iba de aquí á Barcelona se acorta, se pone en sentido transversal en Madrid y enviamos á Barcelona la vibración que se escapaba en sentido normal. Para pequeño número de vibraciones por segundo llegaba bien la primera, pero llegaría esta última á poca distancia; hay que aumentar en la corriente originaria el número de vibraciones. Entonces bastaba, menos que una vibración, un estado de tensión; no hacía falta que la corriente fuese ondulatoria; ahora harán falta algunos miles de millones de vibraciones por segundo como estado normal. Los signos que se quieran transmitir aprovechando una ú otra se obtienen modificando el estado normal, bien interrumpiendo la corriente (fija ú ondulatoria) en el telégrafo, bien variando su intensidad en el teléfono.

En cambio la luz, el rayo luminoso, lo hemos visto propagarse, siempre, sólo en aquella última dirección, la que atraviesa los dieléctricos (que son los mismos cuerpos transparentes), la que vibra transversalmente á *alta frecuencia* (600 billones de vibraciones por segundo), y así la utilizábamos, contentándonos con quebrarla haciéndola reflejarse ó refractarse.

¿Queremos ahora *conducirla* por un alambre, por un cuerpo buen conductor? ¿Obligarla á seguir su forma curvilínea, sea cual fuere? Pues no tenemos más que coger el otro modo de propagarse la electricidad; según el flujo eléctrico, el normal á la anterior. La ley vibratoria lo mismo se propaga en una dirección que en otra; tantas veces por segundo. Depende de nuestro capricho, de nuestra voluntad elegir uno ú otro sistema de propagación. Está probado que la luz es un rayo electromagnético, pues va acompañado de sus mismos fenómenos. Es cuestión de que vibre más ó menos veces por segundo.

Y mientras la humanidad celebra que para la telegrafía, y más tarde para la telefonía, se cambie la propagación vibratoria eléctrica antigua á lo largo de un alambre por la normal á través de los dieléctricos, *sin hilos*; se admirará de nuevo si en cambio para la luz se aplica el proceso inverso: abandonar la propagación *sin hilos*, á través de los dieléctricos, y utilizar la normal, *con hilos*, á lo largo de los alambres buenos conductores.

Por eso la *visión á distancia por la electricidad* no es más que la inversa del telégrafo sin hilos de Marconi.

Para transmitir cien emisiones por segundo á lo más en telegrafía, ó 9.500 si se llega á aprovechar para la telefonía, se ha necesitado, para aprovechar la transmisión electromagnética, que la corriente en estado normal vibre 250 millones de veces por segundo, consiguiendo así que se transmita su influencia á 12 kilómetros.

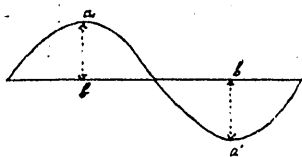
En la transmisión de la vibración luminosa á lo largo de un conductor nos estorban, al contrario, esos millones. La autoinducción no transige con grandes frecuencias.

Todo tiene arreglo. Si partimos de un estado inicial que no sea cero, sino de un cierto valor, sólo tendremos que transmitir sus variaciones. Supongamos que en la estación de llegada tenemos á nuestra disposición, para trabajar sobre él, un rayo de luz roja (procedente de un foco), ó sea un rayo de 400 billones de vibraciones por segundo.

Para transformarle en luz violeta basta que varíe su frecuencia de 1 á 2.

La variación de su *intensidad*, de la intensidad máxima de cada vibración, de *a* á *b*, será un número dado de veces por segundo que no alcanza á billones.

Figura 14.



La misma variación del plano de vibración $aba'b'$, alrededor del eje bb' , ó sea de la dirección de la vibración ab dentro del plano transversal que se proyecta en ab , es también un número pequeño al lado de los

400 billones.

No necesitando transmitir el número de vibraciones por segundo, sino las variaciones de su régimen normal, es como si pasáramos del caso del telégrafo sin hilos, que exige una alta frecuencia permanente, á la telegrafía ordinaria, en que las variaciones de la corriente son las puramente indispensables para la transmisión de signos, ó al teléfono para la modificación de intensidades.

Planteando el problema de la *visión á distancia* como lo hemos hecho, se reduce á transmitir en cada instante un *rayo luminoso* por un alambre; pues si en cada punto del disco material que sustituye á la abertura de la cámara oscura hay un cono luminoso, hay en definitiva una resultante, y si en cada punto del disco hay una resultante, un rayo luminoso, para nuestro efecto es como si existiese una sola resultante de todas ellas en el disco, pues vamos á recoger en conjunto las componentes de todas ellas según tres ejes coordenados. Total es el efecto el mismo que si lo que quisiésemos transmitir fuera un solo rayo luminoso que variase de intensidad, de frecuencia de vibraciones por segundo, de plano de vibración y de dirección en el espacio.

Solo nos falta hablar de estas dos últimas. De las primeras, hemos dicho, resulta el problema inverso del telégrafo Marconi y volveremos sobre ello más adelante. Y como la dirección del rayo luminoso es una consecuencia de la de sus vibraciones transversales, puesto que es perpendicular á su plano, y una vez definido éste, la dirección del rayo es una consecuencia automática, no tenemos que ocuparnos más que de la transmisión de la *dirección de la vibración transversal* en el espacio, problema resuelto para los rayos electro-magnéticos producidos artificialmente.

Dijimos que la forma de los resonadores de Hertz era indiferente con tal de que su capacidad, resistencia y auto-inducción fuesen iguales á las del *vibrador*. Sin embargo, los resonadores más usados son de la forma de la figura 15; un alambre circular, cuyos dos extremos están provistos de dos esferitas, entre las cuales estalla la chispa de resonancia.

Figura 15.



Cerremos del todo ese anillo, y en lugar de diferencias de potencial en sus extremos, de chispas de descarga, tendremos una corriente inducida (hecho experimental).

Se desarrolla ó no corriente, y, entre estos límites, con mayor ó menor intensidad, según sea la dirección del plano de ese anillo con relación á la del plano de la vibración electro-magnética (hecho experimental).

Tres anillos cortándose perpendicularmente, según la dirección de tres ejes coordenados, recogerán las componentes de la dirección de la vibración electro-magnética, es decir, se desarrollarán en ellos corrientes inducidas proporcionales á dichas componentes (consecuencia de la experiencia anterior).

Pero esas corrientes serán muy débiles, porque son una transformación directa de la energía, como en el teléfono Bell sin pila.

Se puede también pasar al microfóto. En lugar de transformarse la energía etérea directamente en la corriente que ha de viajar por la línea, hácer que varíe la resistencia de un conductor por el que circule otra corriente extraña más intensa.

Esos circuitos, inducidos circulares, si son móviles alrededor de un eje, el efecto dinámico eléctrico hace que giren (hecho experimental), y ese movimiento puede modificar la resistencia de un circuito. Ese es el caso de las partículas metálicas. Una mezcla de limaduras muy finas de níquel y de plata con mercurio, en estado normal tiene sus partículas en completo desorden y revueltas, no existiendo entre ellas sino un contacto muy ligero é irregular, constituyendo un aislador entre dos discos de metal entre que esté situada. Pero en cuanto las ondas electro-magnéticas penetran en su seno se colocan todas las partículas en la misma dirección, quedando formando filas apretadas, sometidas á una presión y estableciéndose una especie de cohesión entre ellas que produce el contacto eléctrico y se transforma en un cuerpo buen conductor; puede dar paso á una corriente eléctrica intensa que en estado normal no admite (hecho experimental).

¡Una *vibración etérea* electro-magnética ondulando una corriente! Hé ahí la base del microfóto.

Ya no es la vibración sonora, la vibración del aire, la que produce solo variación de conductibilidad eléctrica en una masa de partículas; partículas de carbón, de negro de humo, en el micrófono. Es también la vibración etérea la que produce las mismas variaciones; únicamente que son en partículas de otra naturaleza.

Disminuyamos la longitud de onda electro-magnética, lleguemos á la media milésima de milímetro, lleguemos á la luz, al rayo luminoso y los efectos han de persistir; pero la mezcla de partículas metálicas resulta grosera para rayos tan delicados, para ondas tan pequeñas. Las partículas tienen que ser mucho menores, sus distancias interparticulares mucho más reducidas. Deben ser moléculas, y sus distancias las de la cohesión. Constituirán un cuerpo sensible á las mismas influencias. Ahí tenemos al selenio, que obedece á las ondas luminosas; al telurio.... y á otros no descubiertos.

A nadie extraña que la vibración del aire pueda hacer oscilar la placa del teléfono; es un dinamismo tangible. Pero decir que la vibración de sustancia tan sutil y quizá hipotética, como el éter, pueda transmitir su dinamismo al *teléfono de luz*, se creará por muchos una utopía.

Dentro de poco las dudas se desvanecerán. Cuando esas vibraciones *del éter* transporten *caballos de fuerza* á creer lo que dice la prensa ha prometido Tesla, se verá que pedimos mucho menos para el telefóto. ¿Y cómo no creerlo, si hoy transportamos la energía por un cable, por una *corriente eléctrica* y la corriente *no existe*; lo único que existe es la transmisión del dinamismo por los dieléctricos, y si algo penetra en el cable es para disiparse, para perderse energía?

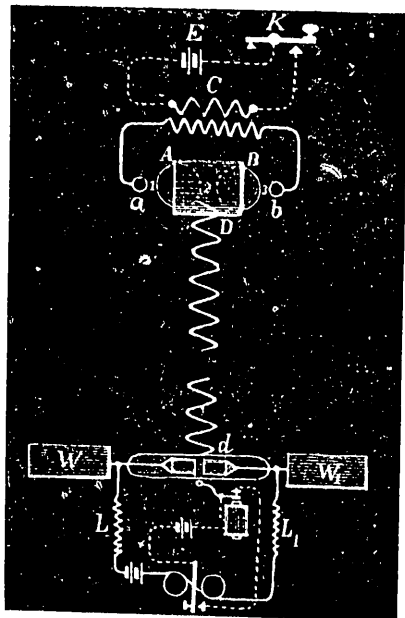
A través de los dieléctricos, ese dinamismo se propaga á poca distancia; se absorbe pronto la energía. En los límites del dieléctrico se absorbe poca, se transmite la perturbación eléctrica á gran distancia. Y límites del dieléctrico son las paredes de los túneles, que en él perforamos

tendiendo en su seno un alambre metálico; ahí lo *macizo* es el aire; el *hueco* una masa de hierro ó de cobre.

Dijimos existía íntima relación entre el telefoto y el telégrafo de Marconi. Digamos sobre éste dos palabras sin entrar en detalles.

En la estación de partida un *vibrador eléctrico* de Hertz modificado por Righi.

Figura 16.



En la línea un rayo electro magnético producido por el vibrador, que marcha en línea recta, cuya longitud de onda es de 1,20 metros y su número de vibraciones 250 millones por segundo. Deja sentir su influencia á más de 12 kilómetros.

En la estación de llegada, un circuito local, del que forman parte dos piezas de plata dentro del tubo de cristal *d*, separadas medio milímetro; este intervalo está ocupado por la mezcla de que antes hablamos: partículas de níquel y de plata con mercurio.

Su funcionamiento.—Mientras hay rayo electro-magnético hay corriente en el circuito local de la estación de llegada; porque la mezcla de partículas se hace buena conductora como dijimos. Cuando aquél no existe ésta se hace aisladora y cesa la corriente local.

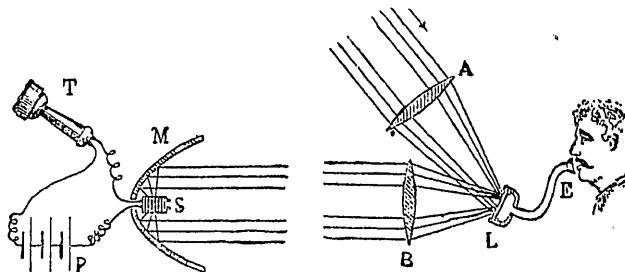
Las interrupciones cortas ó largas (puntos ó rayas Morse) del rayo electro-magnético se obtienen interrumpiendo la corriente primaria de la bobina de inducción del *vibrador* en la estación de partida.

Cuando esa mezcla aisladora no obedezca solo al *ser* y *no ser* del rayo electro-magnético, sino que sea más ó menos conductora, según la intensidad de dicho rayo, se podrán transmitir, no ya corrientes interrumpidas, sino corrientes ondulatorias y por tanto la voz telefónica.

Transmitir la voz *sin hilos*, por intermedio de un rayo electro-magnético se había conseguido ya en un caso particular de éste; cuando la longitud de onda del rayo era de media milésima de milímetro, ó sea cuando el rayo se convertía en luminoso. El fotófono de Bell, inventado en 1880, no era más que eso mismo. Un *vibrador eléctrico*, que era un foco de luz en la estación de partida. Un rayo electro-magnético, que era un rayo de luz entre ambas estaciones. Un circuito local, con su aislador polarizable (el selenio) en

la estación de llegada. Las modificaciones de intensidad del rayo electro-magnético eran producidas por las vibraciones de la voz que hacían variar la curvatura de la placa vibrante en que se reflejaba aquél.

Figura 17.



En el circuito local de la estación de llegada había un teléfono que transformaba en voz las ondulaciones de la corriente.

Volvamos al telégrafo Marconi. Cortemos la figura 16 por la mitad del rayo electro-magnético *Dd*; hagamos girar 180° las dos mitades de la figura y unamos el circuito local *LL* con la corriente primaria *C* de la bobina de inducción. Ese circuito, que era local, supongamos que se alarga y es ahora la corriente de la línea por dos alambres. Lo que era estación de partida se transforma para nuestro caso en de llegada y viceversa.

En la estación nueva de partida llega á *d* un rayo electro-magnético (ó la resultante de varios); se produce una corriente variable en intensidad en el circuito de la línea.

En la estación de llegada esa corriente es la primaria de la bobina de inducción; su resultado un rayo electro-magnético *D* cuyas variaciones de intensidad corresponden á las del rayo *d* de la estación de partida.

Especializad esos rayos electro-magnéticos haciéndolos luminosos y está resuelto gran parte del problema del telefoto.

Lo mismo que hemos hecho con el telégrafo Marconi, hagamos con el fotófono de Bell, y tendremos en la estación de partida rayos de luz y el selenio; en la línea una corriente eléctrica ondulatoria; en la estación de llegada una placa vibrante que hará variar la intensidad de un rayo de luz al reflejarse en ella.

Se nos dirá que para llegar á este resultado que ya sabíamos y es el fundamento de los telefotos actuales, no necesitábamos dar tanto rodeo. Sin embargo, no hemos perdido nada en establecer la semejanza entre la luz y la electricidad, porque hemos visto el problema desde un punto más elevado, en toda su generalidad; y en establecer la analogía entre el telefoto y el telégrafo Marconi, porque nos falta aun lo principal, lo que venimos persiguiendo, la manera de influir la *dirección de la vibración transversal eléctrica* en la corriente eléctrica; y eso lo veremos mejor ahora después de las precedentes consideraciones.

Limaduras metálicas.—Hemos visto el efecto que producen las ondas electro-magnéticas sobre una mezcla de mercurio y partículas de níquel y plata. No es esto propiedad única de esta mezcla. Es una propiedad general de las partículas metálicas.

Para explicarlo recordemos que un rayo electro-magnético orienta á un anillo circular de alambre, porque se desarrolla en él una corriente inducida que cambia de sen-

tido en cada semi-período, pero como á la fuerza magnética le sucede lo mismo, resulta que el anillo se orienta siempre en la misma dirección.

En las moléculas metálicas se pueden desarrollar también corrientes inducidas alrededor de su ecuador. No otra cosa son los imanes; conjunto de moléculas orientadas, cada una de las cuales está rodeada de una corriente circular por su ecuador, corriente que conservan eternamente si por una fuerza extraña no se destruye, como los astros no cesan de moverse en sus órbitas.

Unas moléculas están dotadas de esas corrientes circulares; son las que pertenecen á los metales magnéticos. La imantación no efectúa más trabajo que el orientarlas y entonces sus efectos se suman; no se destruyen.

Otras moléculas de otros metales, no tienen tales corrientes, pero pueden inducírseles y un caso de inducción es el citado. Si esas moléculas están constituyendo un trozo de metal, se inducirán, pero lo probable es que no se puedan orientar porque no se lo permita la elasticidad de la fuerza de cohesión molecular, cuya elasticidad existe en los metales magnéticos.

Pero si las moléculas en lugar de formar un cuerpo, constituyen limaduras, partículas metálicas, éstas ya tienen más facilidad para orientarse al desarrollarse en ellas la corriente inducida.

Se realizan las dos condiciones necesarias. Para que exista corriente, el que sea buena conductora, que sea metálica. Para que se oriente fácilmente, que el metal esté reducido á partículas tenues.

En resumen, las limaduras metálicas, se orientan bajo la influencia de los rayos electro-magnéticos, y la dirección depende de la *dirección de la vibración transversal* de la onda.

Mientras están bajo esa influencia, las moléculas metálicas (dotadas de corriente propia y orientadas) son lo mismo que las moléculas magnéticas. Veamos la relación que existe entre la imantación (orientación de moléculas) y la resistencia ó conductibilidad eléctrica del metal á que pertenecen.

Según Lucchi, la resistencia eléctrica aumenta en el sentido de la imantación (ó sea de la orientación) y disminuye en el sentido perpendicular.

Se comprende, pues, que orientándose las moléculas metálicas en sentido perpendicular al plano del rayo electro-magnético, la conductibilidad en sentido transversal (como se utiliza en el resonador del telégrafo Marconi) aumenta.

Paso á los rayos luminosos.—Estos efectos de los rayos electro-magnéticos, deben subsistir en su caso particular, los luminosos, aunque variarán algo las condiciones. En efecto, se mezcla azufre cristalizado en polvo con un cuerpo buen conductor como el sulfito de plata ó el grafito pulverizado, y se obtiene una masa de conductibilidad sensible á la luz.

Se sustituyen los diminutos cristales de azufre por otros de selenio (malos conductores); y el sulfito de plata por el mismo selenio en otro estado alotrópico buen conductor y se obtiene otro cuerpo sensible á la luz: el selenio en su variedad de aspecto metálico.

Y por analogía podemos decir, como antes, que la polarización de sus moléculas se verificará también en relación con la *dirección de la vibración transversal* del rayo luminoso, y que la conductibilidad eléctrica es distinta en

cada dirección, dependiendo del sentido de la polarización ó orientación molecular.

Si atravesamos al selenio por tres corrientes perpendiculares entre sí, la conductibilidad en cada una de ellas dependerá de dicha polarización, y, en último resultado, de la *dirección de la vibración transversal* luminosa del éter.

Hasta ahora no se ha observado quizá esta propiedad en el selenio porque no hacía falta. ¿Existe?

Si no existe, lo natural y lógico es que haya cuerpos ó mezclas que gocen de esa propiedad; ¡hay que buscarlos.

La *intensidad* ya sabemos influye en el selenio. Tenemos, por tanto, *intensidad y dirección* traducidas en tres corrientes ondulatorias. La *intensidad* es factor común que afecta á las tres corrientes. La *dirección* resulta de las intensidades relativas de cada una.

Coexistencia de corrientes perpendiculares.—Puede asaltar la duda de si podrán recogerse independientemente tres corrientes perpendiculares. La experiencia lo confirma en el caso de dos corrientes en el fenómeno de Faraday, en un cristal de flint, ó en el fenómeno de Hall.

Estación de llegada.—Esas tres corrientes ondulatorias deben poder modificar convenientemente la vibración de un rayo luminoso en la estación de llegada para que se reconstituya la imagen.

No entraremos en largas consideraciones, aunque el asunto se presta, por no fatigar al lector que haya tenido la paciencia de seguirnos.

Diremos concisamente, que las corrientes eléctricas modifican las propiedades ópticas de los cristales piezoeléctricos por efecto de la dilatación microscópica que sufren bajo su influencia sus moléculas, modificando las propiedades del rayo luminoso que los atraviesa.

¿Y los colores?—Sabemos que *color* de un rayo luminoso es lo mismo que decir número de vibraciones por segundo. Actualmente se estudian las variaciones de la resistencia eléctrica variable de las limaduras metálicas en relación con la *frecuencia* de las ondas electro-magnéticas incidentes. De éstas se pasará á las luminosas.

Telefoto teórico.—En la estación de partida un simple cristal de la sustancia X atravesado por tres corrientes eléctricas.

En la estación de llegada unos gemelos de teatro con una microscópica lámpara incandescente en su interior y cuyos oculares son de un cristal piezoeléctrico Z atravesado por tres corrientes.

Conclusión.

Y al llegar aquí, repitamos la observación que hicimos al principiar este artículo. No pretendíamos dar ninguna solución; si se buscara esto, se encontraría quizás aún mucha fantasía en lo que va escrito. Deseábamos solo demostrar la *posibilidad* de que se encuentre una solución al problema planteado tal como lo hicimos; y para ver esa posibilidad tómense en cuenta tan solo los raciocinios y los hechos experimentales citados.

Esas vibraciones tan rápidas, esas leyes tan complicadas de su variación en dirección ó intensidad, esas influencias directas tan débiles, pudieran hacer desanimar en sus tentativas y ensayos al que persiga la solución del problema.

No debe buscarse la transformación directa de la energía luminosa en eléctrica y ésta en luminosa. Debe solo

buscarse que efectos pequeños produzcan resultados grandes como en el micrófono, modificando cosas establecidas. Que la débil y microscópica orientación molecular, por ejemplo, de un cristal haga variar en gran escala la resistencia que se opone al paso de una corriente eléctrica.

Debe también tenerse en cuenta que no es lo mismo crear una ley física que limitarse á que la naturaleza la recoja y la imponga á otra energía, automáticamente, sin darnos cuenta de su forma, de las modificaciones de sus variables, etc.

Compárese la máquina parlante de M. Faber con el teléfono de Bell. ¡Qué complicación, qué ingenio derrochado para conseguir, tocando un teclado, producir la voz humana; articular los sonidos y hacer hablar á una máquina! Se necesitó conocer la ley de la palabra y producirla mediante mil combinaciones.

Y en cambio, para recoger tan solo esa complicada ley é imponerla otra vez al aire ¡qué sencillez en el teléfono! Una placa de hoja de lata, un imán y una bobina.

A lo mismo hay que tender en el telefoto; la sencillez más extremada, los órganos indispensables para poner en relación á la luz con la electricidad y á la electricidad con la luz.

No es preciso, como algunos han propuesto, copiar al órgano de la visión humana. ¿Acaso el teléfono copió las piezas del oído medio, las células ciliares del órgano de Corti, los corpúsculos nerviosos bipolares, etc.? Copió tan sólo la membrana, el tímpano, y no pasó de ahí.

Cuando consigue Lippmann que la vibración etérea deje la huella material de su paso en el espesor de la película de un cliché, y allá quedan grabadas esas longitudes de onda de fracciones de milésimas de milímetro, cuando ondas de la misma familia remueven partículas y moléculas de los cuerpos, cuando se puede decir que empieza ahora el reinado de las ondas electro-magnéticas que tan gran revolución han de traer á la ciencia ¿vamos á arrojar la palabra imposible sobre el descubrimiento de la transmisión de las vibraciones etéreas que resuelva el problema tal como lo hemos planteado?

Los progresos en esta materia se suceden rápidamente. Suspendamos este estudio, que día llegará en que podamos aportar más datos.

MANUEL MALUQUER.

Madrid 24 de Agosto de 1897.

REVISTA EXTRANJERA

El puente de Alejandro III

El 20 de Agosto último se celebró la subasta del puente de Alejandro III, cuyas obras deben hallarse terminadas al inaugurarse la Exposición universal de 1900, y de las cuales hemos hablado antes de ahora en estas columnas.

La contrata comprende toda la parte metálica de la obra, incluso el montaje, tanto del puente propiamente dicho, como del viaducto de acceso.

El puente es un arco único con triple articulación, cuya luz, medida entre los paramentos de los estribos, es de 109 metros. Es oblicuo respecto á las márgenes, formando su eje con la margen de los Campos Elíseos un ángulo de 83°38'.

El ancho del puente es de 40 metros, y está dividido en un firme de 20 metros y dos andenes de 10 metros cada uno.

La longitud total entre los extremos opuestos del tablero es de 107^m,50. La rasante se compone de dos rectas con pendientes de 0,02 y de un arco de círculo tangente á ellas, cuya cuerda tiene 32 metros.

El arco se compone de 15 cerchas, constituida cada una de dos semi-arcos ó ménsulas simétricas respecto al eje vertical que pasa por la clave y situadas en planos verticales paralelos al eje del puente; estas ménsulas se apuntalan mutuamente por el intermedio de una articulación y se apoyan sobre los estribos, también por medio de articulaciones.

La separación de las cerchas de eje á eje es de 2^m,857 y la flecha de los arcos 6^m,28.

La curva de intradós de los arcos es una circunferencia de 275 metros de radio que pasa á 0^m,45 por debajo de la articulación de la clave y á 0^m,50 debajo de las articulaciones de los arranques.

La altura de los arcos es variable; decrece de 2 metros á 1^m,50 desde los arranques á los riñones; se reduce á 0^m,75 en la clave en los arcos intermedios y á 0^m,95 en los extremos.

La sección en los arcos intermedios es una doble T, cuya alma tiene una altura variable y el espesor constante de 0^m,05.

En los arcos extremos la sección es en \square de altura variable y el alma de espesor constante como en las cerchas intermedias.

Los largueros y montantes de las cerchas y las viguetas son piezas de sección en doble T.

El firme y los andenes están sostenidos por placas de palastro roblonadas sobre viguetas sostenidas directamente por las cerchas principales ó sobre largueros, en la parte central, y en las partes laterales por el intermedio de montantes verticales y largueros.

Los arriostramientos están constituidos en la parte central por las viguetas del piso, y en las laterales, por piezas transversales y cruces de San Andrés, que ligan entre sí los montantes verticales que sostienen los andenes.

En prolongación del puente propiamente dicho hay un viaducto de acceso en cada margen, separado del tramo principal por una junta de dilatación; se componen de cuatro tramos pequeños. Sus cerchas están situadas en prolongación de las del puente y están arriostradas entre sí por otras cerchas paralelas al eje del río.

Excepto los arcos y los cojinetes de apoyo, todas las piezas son de acero laminado; los arcos metálicos, las articulaciones y los cojinetes, de acero fundido. Cada uno de los arcos de acero moldeado ó forjado deberá provenir de una misma fábrica. Sólo las piezas de los bordes de los andenes y las que no tienen otro objeto que decorar la obra serán de fundición.

El acero fundido deberá ser de grano fino, exento de facetas y de manchas. Los roblones han de ser de acero laminado, con diámetro uniforme, admitiéndose únicamente una tolerancia de 0^m,001 cerca de las cabezas.

Para las pruebas de tracción con el acero laminado, el esfuerzo inicial será de 24 kilogramos por milímetro cuadrado, haciéndose los ensayos en barras cuadradas de 0^m,02 de lado y 0^m,20 de longitud, que deberán quedar sometidas á aquel esfuerzo durante diez minutos. Las cargas adicionales serán de medio kilogramo y se añadirán cada 30 segundos; se aumentará la carga