

---

---

## LAS CORRIENTES DE INDUCCIÓN.

SEÑORITA DIRECTORA:

SEÑORES: COMPAÑERAS:

Sólo al contemplar el variado espectáculo de la naturaleza, bajo la hábil guía de nuestros maestros, tiene explicación para nosotros el mundo en que vivimos; sólo así ligamos nuestra existencia con los demás seres, haciéndonos hermoso y grato el estudio, puesto que la ciencia no es sino el conocimiento y clasificación de los fenómenos relacionados entre sí.

En efecto, tómese uno de esos grupos de fenómenos homogéneos, estúdiense sus leyes de producción, y resultará cada una de las ciencias, ó mejor dicho, cada uno de los aspectos del saber humano.

Si pues la ciencia no se produce ni vive sino en el campo de la naturaleza, el estudio de la naturaleza es el revelador de toda ciencia: he aquí el interesante y trascendental objeto de la Física.

El entendimiento humano, entregado á la contemplación de los fenómenos que se producen á su alrededor y que afectan sus sentidos, aplica primeramente su actividad á los fenómenos físicos como primer objeto de su conocimiento, y sólo más tarde el ingenio humano levantará su vuelo para exten-

der el ejercicio de su inteligencia á las regiones abstractas; pero nadie negará, á riesgo de perderse en lucubraciones locas, que todo conocimiento científico parte de un fenómeno físico, y que es la naturaleza campo y taller de donde toda ciencia toma material y elementos para constituirse y operar.

Pero es imposible extender nuestra contemplación á todo el vasto y hermoso campo de la naturaleza, como no es posible tampoco extender la vista en un momento dado á todo el horizonte; forzoso es limitar ese campo, y siendo innumerables los puntos de vista desde los cuales podemos hacer partir nuestra mirada, he aquí por qué serán inagotables los temas que en la exposición de nuestros estudios se aprovecharán en nuestra amada Escuela, por sus afortunadas hijas. Y cuánto agradecimiento experimentamos por tales bienes hacia nuestros maestros al contemplar los nuevos conocimientos que por su enseñanza adquirimos, como desconocidas regiones en que la inteligencia se extasía.

Al presentaros, pues, nuestras disertaciones, obedecemos con placer los mandatos de nuestros superiores, y cada una de nosotras se afana por presentar á la consideración siempre indulgente de nuestro ilustrado auditorio, los frutos de nuestra exploración en la enseñanza recibida; si bien habéis de perdonarme, os lo ruego, que sea tan pobre mi cosecha, pero piso apenas los primeros linderos de los campos del estudio.

Mil gracias, señores, desde luego, por vuestra indulgencia.

¡Cuán grato es á nuestra alma expresar sus sentimientos, pues le son tan naturales como á los campos sus flores y á los colosos lapídeos sus nieves!

Pero si me he proporcionado un placer al cumplir con vosotros mi deber de gratitud, permitidme también que prorrumpa en un suspiro de dolor!

Si Dios creó la naturaleza para contemplarla, el alma sufre cuando no es contemplada á su vez, cuando no son aceptadas sus ofrendas; y hoy sufre mi alma, ¡maestro mío! porque no estáis con nosotros, porque no puedo haceros oír vuestro elo-

gio y rendiros mi afecto, pues como fuisteis bueno, hoy habríais sido no menos indulgente al escucharme.

¡Se ha puesto el sol de vuestra inteligencia; deja velado el cielo de nuestro mundo científico, pero queda vuestra enseñanza en nuestras almas como hermosa luz crepuscular que durará tanto como la vida de vuestras discípulas, porque únicamente desaparecerá entre las tenebrosidades de la noche en que hayamos de partir á ese cielo donde brillan las virtudes y el talento de las vidas fecundas!!

Pues bien; mi sabio é ilustre maestro, D. Manuel Ramírez, me honró la última, encomendándome expusiese como medio de ejercitar vuestra benévola atención una de las manifestaciones originadas por el agente más poderoso que hasta hoy se conoce, por ese agente universal, si me lo permitís, puesto que su existencia se revela en toda energía, en todo movimiento y en todo acto de la vida; de ese agente, en fin, llamado Electricidad, proclamada hoy la reina del siglo XX, cuyos decretos futuros no presagiamos, ni sospechamos, pero que sin duda habrán de ser sorprendentes en sus manifestaciones, sublimes en su aplicación.

Nada os diré de su origen, divino como lo es todo, al existir por voluntad del Creador; su existencia es anterior al hombre, bastando recordar, para comprobar su antigüedad, que por su brillo, majestad y poder, desde los tiempos heroicos se puso en el Olimpo á disposición del dios de los dioses.

Tampoco os relataré su eterna reproducción, explicada como la del género humano, por el dualismo de su sér, en la doble naturaleza positiva y negativa.

No, mi exposición reseñará á grandes rasgos la electricidad en lo que tiene de más útil y fecundo, en lo que conforme al espíritu moderno de las sociedades, pudiéramos decir más comunicativo, más altruista y simpático, en su poder por influencia ó sea en la forma de inducción, es decir, en la electrificación de un cuerpo buen conductor, por la influencia de un cuerpo ya electrizado.

El ilustre físico inglés Faraday fué quien en 1831 dió princi-

pio al estudio de la influencia de las corrientes eléctricas, haciendo una hélice con dos hilos aislados que enrolló paralelamente en un cilindro de madera.

En seguida unió los extremos de uno de dichos hilos á los polos de una pila de diez elementos y los extremos del otro á un galvanómetro muy sensible. Cuando quedó establecida la comunicación y circuló la corriente, no se notó ningún efecto en el galvanómetro. Faraday, no contento con esto, aumentó los elementos de la pila hasta veinte, pero tampoco obtuvo éxito. Después de repetidos experimentos, Faraday notó que la aguja hacía un ligero movimiento siempre que cerraba el circuito.

Estas observaciones le indujeron á deducir que al atravesar la corriente de la pila el primer hilo debía engendrar en el segundo una corriente semejante que sólo duraba un instante.

Al fin, después de experimentar prolijamente, Faraday descubrió las siguientes leyes:

1ª Toda corriente que se cierra ó empieza provoca en un circuito inmediato una corriente instantánea inversa ó de dirección contraria.

2ª Toda corriente al cesar, alejarse ó disminuir de intensidad, origina una corriente instantánea directa ó de su misma dirección.

Para demostrar estas leyes se usa un carrito en que van enrollados juntamente dos alambres de cobre aislados con seda. Los cabos del uno terminan en dos botones unidos á un galvanómetro; los del otro van á otros dos botones, de los cuales uno va al polo positivo de una pila y el otro se comunica con el mercurio contenido en una cubeta; el reóforo negativo de la pila se conserva en la mano. Cada vez que se acerca el reóforo libre al mercurio, indica el galvanómetro en su circuito correspondiente una corriente de dirección contraria de la que produce la pila. La desviación del galvanómetro es momentánea; su aguja vuelve en seguida á la posición que tenía, indicando que dura un solo instante la corriente inducida. Si se abre la corriente, el galvanómetro se desvía

en dirección contraria á la anterior. Si la corriente inductora pasa por una caja de resistencias y se hace que varíe con rapidez la intensidad del circuito, á cada variación corresponde una corriente inducida de distinta dirección.

Lo mismo sucede cuando la corriente inductora se acerca ó se aleja, variando así la intensidad de su acción, como se hace ver acercando bruscamente un carrito recorrido por la corriente de una pila, á un carrito unido á un galvanómetro y retirándolo del mismo modo.

Hay que advertir que para que haya una fuerza electro-motriz inducida no es necesario que el circuito secundario esté cerrado; cuando un punto cualquiera de un conductor está sometido á la inducción se origina una fuerza electro-motriz en este punto.

Consideremos lo que pasa en un conductor simple:

Sea un conductor arrollado en espiral; cuando se le envía una corriente á través de este conductor, no se establece inmediatamente; cuando el potencial ha adquirido cierto valor y su porción vecina es aún nula, la corriente induce en esa porción del conductor una fuerza electro-motriz de sentido contrario, que viene por inducción de la corriente principal.

Estos efectos de inducción del conductor sobre sí mismos, llevan generalmente el nombre de self-inducción ó de inducción propia y son análogos á la inercia en mecánica; de manera que así como no se puede poner instantáneamente un cuerpo pesado en movimiento ó ponerlo en reposo cuando se le ha dado cierta velocidad, tampoco se puede producir ó interrumpir la corriente de una manera instantánea. Por esto algunas veces se ha dado el nombre de inercia eléctrica á la inducción propia. Se cree que la extracorrente sea debida á la inercia junto con la gran velocidad que lleva el fluido eléctrico, de donde proviene, al abrir la corriente, un efecto mecánico muy parecido al que se observa cuando se cierra de golpe la llave por donde sale con gran velocidad el agua de una cañería. La presión sobre la llave y paredes del tubo aumenta considerablemente por la velocidad adquirida del líquido, y és-

te, comprimido en el primer instante, reacciona luego por su elasticidad subiendo y bajando. Así también valiéndose de un interruptor muy rápido, la intensidad de la extracorrente presenta una serie de oscilaciones rápidas, pasando por varios valores máximos y mínimos, cada uno de menor amplitud y mayor duración que el anterior.

En cuanto á la inducción electro-magnética, se prueba ésta uniendo al galvanómetro dos extremos del alambre enrollado en un carrete hueco, en cuyo eje se mete con rapidez un imán ó se saca de él.

Usando en lugar de un imán un electro-imán, se juntan las acciones del hierro dulce imantado y del carrete, siendo mayor el efecto.

Todos los fenómenos de inducción, cualquiera que sea su origen, están sujetos á la ley dada por el físico ruso Lenz, de quien tomó su nombre. Puede formularse así: «Si una corriente constante pasa por un circuito ó conductor cerrado, se desarrolla en éste una corriente inducida; la dirección que lleva es tal, que por su acción electro-dinámica tiende á oponerse al movimiento relativo de los dos circuitos.»

La ciencia es una buena amiga que corresponde al afecto que se le consagra; y si la naturaleza proporciona al sabio materia de estudio para su gabinete, de éste sale el sabio con algún problema con que interrogar á la naturaleza: así, siendo la tierra un campo magnético, era de presumirse que pudiera dar origen á corrientes inducidas. Faraday probó ser así, poniendo en el meridiano magnético una espiral de cobre con el eje paralelo á la aguja de inclinación y cuyos extremos iban á parar á un galvanómetro. La aguja de éste se desviaba invirtiendo bruscamente la espiral.

Como la ciencia es fecunda, y apenas encontrada una ley se busca su inmediata aplicación inventando demostraciones objetivas que la realicen, la inducción eléctrica ha dado origen á diversos aparatos que pueden reducirse á los siguientes grupos:

1º Aparatos destinados á producir corrientes eléctricas por

el influjo de un campo magnético en un circuito convenientemente dispuesto. El campo magnético lo forman ó imanes permanentes ó electro-imites; al primer grupo corresponden las máquinas magneto-eléctricas, y al segundo las dinamo-eléctricas.

2º Transformadores, en los que las corrientes originadas en los del grupo anterior, desarrollan por inducción, otras de aplicación más ventajosa.

3º Teléfonos y balanzas de inducción.

Las máquinas magneto-eléctricas, que constituyen el primer grupo, rara vez se emplean; sólo sirven para experiencias de gabinete. En la industria se usan casi exclusivamente las dinamo-eléctricas, que para igual potencia ocupan mucho menor volumen, pues los electro-imites dan campos magnéticos de mayor intensidad, á la cual es proporcional la fuerza electro-motora de inducción.

Tomaré como tipo la máquina magneto-eléctrica de Clarke. Se compone de un poderoso imán fijo sobre una plancha de madera; delante de él hay dos carretes en los que se ha enrollado un alambre de cobre aislado con seda. Los ejes de los carretes son de hierro dulce y están unidos por medio de una armadura del mismo metal.

Los dos carretes pueden girar rápidamente al rededor de un eje por medio de dos poleas y una cuerda sin fin.

Veamos cómo se produce la corriente. Supongamos que al principio los ejes de los carretes están frente á los polos del imán. Los ejes se iman por influencia y presentan á los polos del imán dos polos de nombre contrario. Se hace girar el aparato, los ejes se alejan del imán y su imitación por influencia disminuye: á causa de esto, circula una corriente inducida directa en el alambre de los carretes y persiste mientras dura el alejamiento. En el momento en que los carretes quedan á 90º la imitación es nula. Continuando el movimiento de rotación, empieza á producirse y aumentar la imitación, y entonces circula por el alambre una corriente inducida inversa. Pero como los ejes tienen ahora un magnetismo con-

trario al que tenían antes, las corrientes inducidas inversas en el período actual son del mismo sentido que las corrientes directas del período precedente. Cuando los ejes quedan de nuevo en dirección horizontal su imanación es máxima y va decreciendo hasta los  $90^\circ$  en que es nula. Las corrientes inducidas vuelven á ser inversas y entonces cambian de sentido. Se ve pues que el hilo de los carretes es recorrido por una corriente constante; pero que cambia de sentido á cada media revolución.

El eje de rotación se prolonga en un eje de marfil que lleva dos chapas de cobre, aisladas mutuamente. Una chapa comunica con el extremo anterior del hilo de los carretes y otra con el posterior. Cuando se ponen en comunicación con este sistema los dos resortes colectores, se observa que á cada media vuelta de cada una de las dos chapas pasa sucesivamente de un resorte á otro, lo que se verifica en el momento preciso en que las corrientes inducidas cambian de dirección, de tal manera que cada resorte recibe siempre una corriente en el mismo sentido, así es que el circuito exterior resultará recorrido por una sucesión de corrientes que invariablemente tendrán el mismo sentido.

Los efectos que esta máquina produce pueden reducirse á dos: 1º Efectos caloríficos, y 2º Efectos fisiológicos ó conmoción nerviosa que causa la corriente al pasar por el cuerpo de una persona. En los efectos fisiológicos es bueno hacer intervenir la extracorrente.

El segundo grupo de aparatos de aplicación lo forman los transformadores. Su utilidad es muy apreciada en la transmisión de la electricidad para el alumbrado á mucha distancia del generador, pues para que la tensión no baje por la resistencia de los cables más del dos por ciento, variación tolerada, deben ser aquéllos de considerable diámetro, lo que aumenta mucho su costo. Se podría evitar ese inconveniente usando corrientes de potencial muy alto; pero son peligrosos, así para los empleados de la fábrica como para los abonados.

Los transformadores resuelven la cuestión sin ese peligro. Un primer transformador situado en la fábrica y unido á un alternador, da corrientes inducidas de alta tensión y escasa intensidad que van por el cable de la línea, cuyo diámetro puede así reducirse mucho, y otros transformadores colocados en las casas de los abonados ó cerca en lugar seguro, reducen las corrientes de la línea á la tensión é intensidad que pida el sistema de lámparas adoptado. Entre un transformador y otro es fácil hacer la línea inaccesible á los curiosos, con lo que desaparece todo peligro.

Es muy á propósito para dar idea de los transformadores el carrete de Ruhmkorff, uno de de los primeros que se conocieron. Consta de un gran carrete con gruesos discos de ebonita ó de vidrio por bases, en el que va arrollado un alambre de cobre delgado y muy largo forrado de seda. En su eje hueco lleva el carrete un electroimán, cuya hélice magnetizante se une á un pequeño mecanismo llamado interruptor, que cierra y abre alternativamente y con gran rapidez la corriente de algunas pilas que pasan por él, imanando y desimanando así el electroimán.

Es éste un haz de alambre de hierro dulce, barnizado de goma laca, en el cual se arrolla en espiral un hilo de cobre bastante grueso forrado de seda, el cual forma el circuito primario y termina en dos botones, adonde van los reóforos de la pila.

Encima del circuito primario, y separado de él por el tubo de ebonita, se arrolla otro alambre más delgado y más largo forrado de seda, formando varias capas sobrepuestas, y éste es el circuito secundario. Sus extremidades están unidas por dos botones al excitador general.

Cada vez que se cierra ó abre la corriente del circuito primario se desarrolla en el secundario una fuerza electromotora que determina en cada espira la diferencia de potencial correspondiente, y de todas estas diferencias juntas resulta un potencial considerable capaz de vencer grandes resistencias.

El interruptor es de varios sistemas, pero el más usado es

el de Foucault ó de mercurio. Se compone de una palanca de primer género, sostenida por un vástago vertical. La palanca lleva en un extremo una pieza de hierro dulce y en el otro una aguja de platino, cuya punta penetra en un vaso con mercurio.

Cuando está cerrada la corriente, imanado el electro-ímán atrae la armadura de hierro dulce y la palanca oscila, con lo que la punta de platino deja de tocar al mercurio y se interrumpe la corriente.

Mas desimanado en el acto el electro-ímán, vuelve la palanca á la posición que tenía y circula la corriente.

Este interruptor puede dar de cincuenta á sesenta oscilaciones por segundo.

Los conmutadores son aparatos que acompañan al carrete y otras máquinas, y sirven para cerrar ó abrir las corrientes y también para invertir su dirección. Son muy usados los de Bertin y Ruhmkorff.

Experiencias de diversos géneros se hacen con el carrete de Ruhmkorff: caloríficas, químicas, fisiológicas, mecánicas y luminosas. Me detendré en estas últimas.

Es muy vistosa la descarga del carrete de inducción en los tubos de vidrio en los que se ha hecho el vacío hasta la presión de dos milímetros ó un milímetro de mercurio, y á cuyas extremidades se sueldan alambres de aluminio ó de platino, que, atravesando el vidrio, penetran en el interior y hacen de reóforos (tubos de Geissler, de Gassiot, etc).

Todo el tubo se ilumina con una luz suave de color diferente, según el gas que contiene, y aun no carece de influjo el diámetro del tubo y el grado de enrarecimiento. Si en el tubo hay substancias fluorescentes ó una parte de él pasa por otro más grueso que las contiene, toman coloraciones características: azul la disolución de sulfato de quinina, verde la fluoresceína y el nitrato de urano, rosado el sulfato de cobalto, etc.

El mismo tubo se colora de verde muy hermoso, cuando al fabricarlo se le incorporó un compuesto de urano.

Los sulfuros de los metales alcalino-térreos y muchos cuerpos encerrados en los mismos tubos, se ponen fosforescentes con diversos tintes, que varían con la temperatura, estado molecular, etc.

El brillo que ilumina los tubos de Geissler, al pasar por ellos la descarga, no tiene igual intensidad en todo el tubo, es una sucesión de capas, discos ó cuentas alternativamente luminosas y oscuras, en cuya forma muy extraña en algunos casos, lo mismo que en su coloración, influyen: el diámetro del tubo, el grado de enrarecimiento y la intensidad de la corriente.

Con frecuencia se forman en el interior del tubo, entre dos capas ó estratos, depósitos metálicos permanentes, que provienen de las partículas que la electricidad arrastra á los electrodos. Las capas ó estratos no están fijas, tienen movimiento propio mayor donde más ancho es el tubo, como se nota viéndolos por reflexión en un espejo prismático.

La estratificación en la descarga en los tubos Geissler también se nota en la corriente de las pilas de muchos elementos.

Hemos llegado á los aparatos que constituyen el tercer grupo; pero siendo tan usual y conocido el teléfono, así como los llamadores ó campanas eléctricas, en los que tanto partido se saca de las balanzas de inducción, ahorrándoos mayor molestia me excusaré de describir su funcionamiento.

Grandioso y fecundo es el tema encomendado á mi incompetencia, pues basta referir que entre las grandes aplicaciones de la inducción se encuentran: el telégrafo, los rayos X y los motores eléctricos.

Asuntos todos dignos del estudio y exposición de mis inteligentes compañeras; sólo me permitiré añadir algunas líneas en gracia de la moderna aplicación entre nosotros, de los motores eléctricos.

Se da en general el nombre de motor eléctrico á toda máquina ó aparato movido por la electricidad, que transmitiendo á otros el movimiento puede hacer de motor.

Los motores eléctricos que hoy utiliza la industria, salvo

algunos fundados en las propiedades del campo magnético giratorio, no se diferencian en lo esencial de las máquinas dinamo-eléctricas.

La ventaja de los motores está en poderse transmitir á grandes distancias la energía eléctrica, por medio de conductores fáciles de instalar y muy duraderos.

Una de las más importantes aplicaciones de los motores eléctricos, que se va extendiendo bastante, es la que se hace de ellos para mover los tranvías, en lugar de la tracción mecánica empleada en los funiculares ó de cables y de la tracción animal ó ferrocarriles de sangre.

De los varios sistemas que se conocen, el más extendido y que es el actualmente empleado en México, es el sistema aéreo de una sola polea, invención del belga Van Depoele, y explotado por las Compañías Sprague y Thomson.

La corriente de dirección constante la da un dinamo cuyo polo positivo se une á la línea y el negativo á los rieles. Aquella es aérea ó tendida en el aire. La forman alambres de siete á ocho milímetros de diámetro, suspendidos por aisladores de porcelana en cables transversales de acero, fijos en postes colocados de trecho en trecho á uno y otro lado de la vía.

Encima de los coches ó vagones se levanta una pértiga de metal, á la que tiende á poner derecha un resorte de acero. En lo alto de la pértiga va el trolley, cuyo eje metálico entra en una vaina ó anillo de grafito, que sirve al mismo tiempo de lubricante y conductor. El alambre de la línea entra en la canal de la polea, que por la presión del resorte para enderezar la pértiga, tiende constantemente á levantar el alambre, lo que hace haya entre ambos un contacto bueno y seguro.

De la pértiga pasa la corriente al regulador ó caja de distribución. A ella van á parar los cabos del circuito motor y de las resistencias auxiliares.

En la base superior del motor lleva un cuadrante y un indicador que se mueve por medio de un manubrio, con el cual el

motorista pone la máquina en movimiento ó la detiene. El cambio en la dirección del movimiento se hace invirtiendo la corriente sólo en uno de los circuitos, que suele ser el inducido, para lo cual basta invertir las escobillas, en lo que no hay inconveniente cuando son aquéllas de carbón cobreado y se aplican al colector en dirección perpendicular.

Los ejes del motor se unen á los del tranvía por engranajes que van dentro de cajas llenas de aceite lubricante. Los motores eléctricos de corrientes eléctricas destinados á los tranvías, en la disposición de los circuitos, se parecen bastante á los dinamos de Siemens y de Gramme, ó tienen algo de una y otra.

Mucho más habría que decir sobre las aplicaciones de la inducción eléctrica, pero no seré yo quien abuse más de vuestra tolerancia, aunque sí deseo que mil y mil de esas sorprendentes aplicaciones las presenciéis dichosamente en la vida.

Descansad, señores. Vos, señor Ministro, colaborador ilustre de la grande obra de la Constitución admirable de nuestro sér político, y vos, insigne pensador y excelso poeta, señor Subsecretario de Instrucción Pública, descansad ya, aunque por breves instantes, pues vuestra vida entera está consagrada al bien de la Patria.

¡Ojalá que las impresiones que os produzca mi escuela amada sean en vuestro ánimo como las rosas que en vuestro camino os hagan menos penosas vuestras labores por la cultura de la juventud, flor hoy, y mañana escudo de nuestra existencia nacional!

Sabéis muy bien, señorita Directora, que de todas quienes confiadamente estamos bajo vuestra bondadosa solicitud os ganáis nuestros corazones; pero ojalá que adquiráis la convicción de que si por afecto procuramos corresponder á nuestros superiores, por nuestra decidida aplicación nos esforzamos en llegar á ser dignas hijas de la Patria!

México, 20 de Julio de 1901.

TERESA R. GÓMEZ.