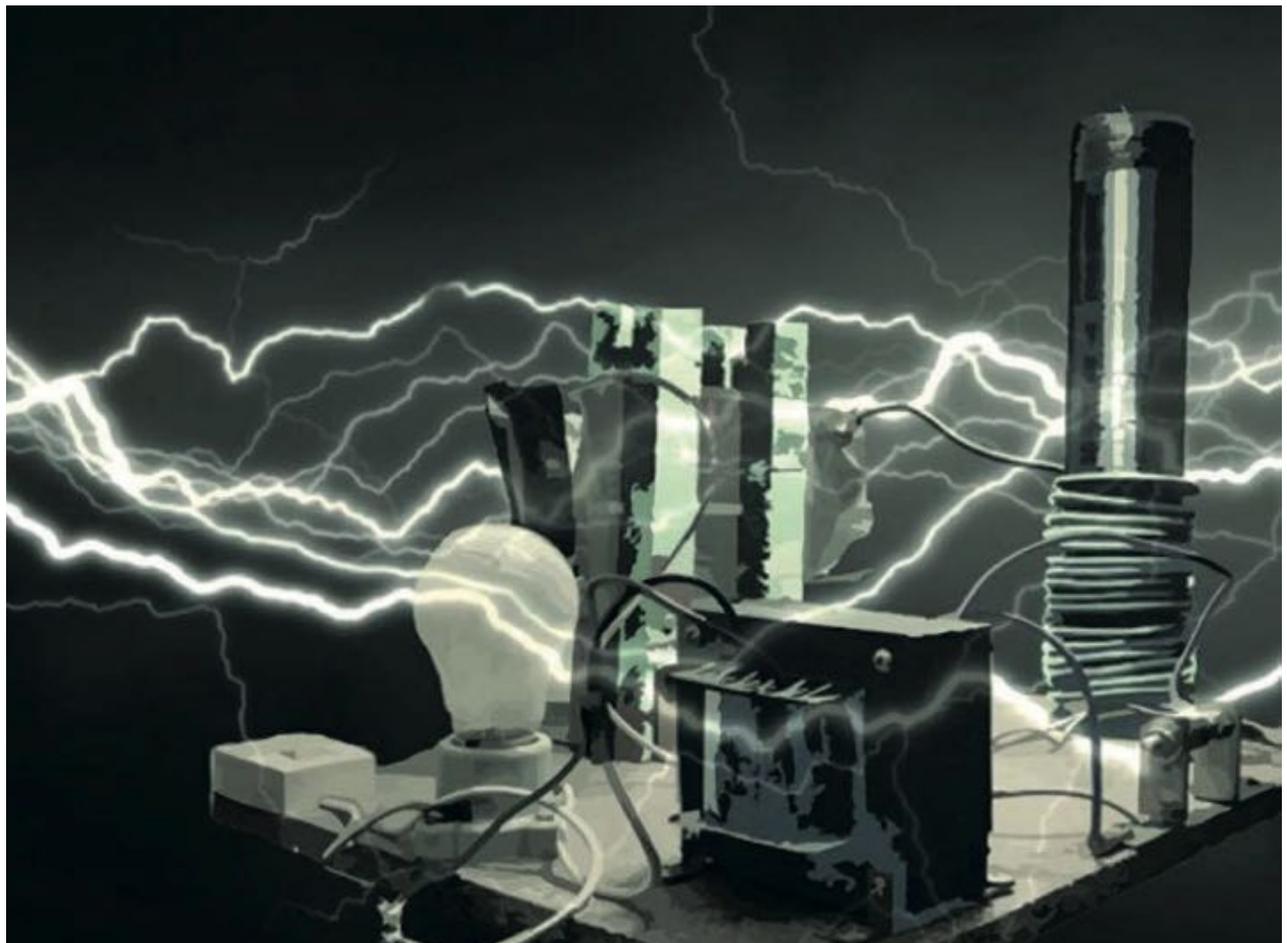


Pre·Impresos **8**

Estudiantes

Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Física - 2015-II • ISSN: 2323-0193



¡El electromagnetismo tiene vida en forma de bobina!
Narrativa sobre la construcción de la bobina de Tesla

Nohora Alejandra Hernández Cepeda / Jhayson León Palacio Rangel



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores



Pre·Impresos **8** Estudiantes

Adolfo León Atehortúa Cruz
Rector

Sandra Patricia Rodríguez Ávila
Vicerrectora de Gestión Universitaria

María Cristina Martínez Pineda
Vicerrectora Académica

Luis Alberto Higuera Malaver
Vicerrector Administrativo y Financiero

Helbert Augusto Choachí González
Secretario General

**Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Física**

Rosa Inés Pedreros Martínez
Directora Departamento

Yecid Javier Cruz Bonilla
Coordinador Licenciatura en Física

John Eduard Barragán Parra
Supervisión de contenido

Juan Carlos Bustos Gómez
Coordinador Editorial

Samuel Eduardo Sediles Martínez
Apoyo editorial

© Universidad Pedagógica Nacional
© Nohora Alejandra Hernández Cepeda
© Jhayson León Palacios Rangel

Portada e Imágenes
Violeta del Pilar León Moreno

Artículos publicados en diferentes medios escritos y referenciados en cada uno de los textos.

ISSN: 2323-0193

Diseño y Preparación editorial
Universidad Pedagógica Nacional
Grupo Interno de Trabajo Editorial 2015

Alba Lucía Bernal Cerquera
**Coordinadora Grupo Interno
de Trabajo Editorial**

Laura Rodríguez Mejía
Editora de Revistas

Impreso por Xpress
Estudio Gráfico y Digital S.A.
Bogotá, Colombia

¡El electromagnetismo tiene vida en forma de bobina!

Narrativa sobre la construcción de la bobina de Tesla

Resumen	3
Introducción	4
Proceso de elaboración de la bobina de Tesla desde una perspectiva técnica	5
Proceso de elaboración de la bobina de Tesla desde una perspectiva conceptual	10
Reflexiones	16
Sobre el rol pedagógico de la bobina de Tesla	16
¿Por qué documentar narrativamente este proceso?	16
Referencias bibliográficas	17
Biografía Nikola Tesla	18

Presentación

La serie *Pre·Impresos Estudiantes* es una iniciativa editorial del Proyecto Comunicación y Publicaciones de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT), cuya idea central es trabajar por la cualificación de la escritura, para dar visibilidad a la producción intelectual de los maestros en formación y en ejercicio. Con esta publicación se busca tender puentes entre los saberes especializados y la cultura en general, además de contribuir al fortalecimiento de la docencia y la investigación en educación.

Asimismo, constituye una estrategia de comunicación que posibilita la circulación adecuada de información y promueve la reflexión sobre temas y actividades inherentes a las ciencias, la matemática, la tecnología y su enseñanza. Con ella también se espera favorecer la integración de los equipos de trabajo y la construcción de relaciones de cooperación entre los diferentes miembros de la comunidad académica de la Facultad.

Estos aspectos, relacionados con los fines misionales de la Universidad Pedagógica Nacional, resultan pertinentes y significativos en la formación de nuevas generaciones de maestros e investigadores en pedagogía, que en su futura práctica profesional afrontarán diversos retos y circunstancias que el entorno social del país le plantea a la educación.

Información:

pre_impresos@pedagogica.edu.co
jcbustos@pedagogica.edu.co
Departamento de Física - UPN

Teléfonos: (57) (1) 3471190 / 5941894 Ext. 242

¡El electromagnetismo tiene vida en forma de bobina!

Narrativa sobre la construcción de la bobina de Tesla

Nohora Alejandra Henández Cepeda

nohorah96@gmail.com

dfi_nhernandezc857@pedagogica.edu.co

Jhayson León Palacio Rangel

jhaysonpalacio@gmail.com

dfi_jpalacior660@pedagogica.edu.co

Resumen

Leer y escribir sobre ciencias resulta complejo y dispendioso; son pocos los escritos que encontramos, y a veces producimos, que brinden un acompañamiento ameno de comprensión en algún tema particular de las ciencias. Por este motivo, dos estudiantes de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional decidimos documentar narrativamente un caso en especial de la física. Relatamos el proceso de elaboración de un prototipo particular de bobina de Tesla desde nuestra perspectiva y experiencia. Así pues, planteamos a la bobina como una herramienta para la enseñanza del electromagnetismo, al permitir una relación entre teoría y práctica. Además, proponemos a la narrativa como una estrategia alternativa para documentar los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciencias.

Palabras clave: bobina de Tesla, enseñanza de la física, fenómeno electromagnético, documentación narrativa.

Abstract

Read and write in science is complex and expensive, few writings we encounter, and sometimes produce, to provide a pleasant accompaniment of understanding in a particular science topic. For this reason, two students of Degree in physics from the National Pedagogical University decided narratively document a particular case of physics. We report the process of developing a particular prototype Tesla's coil from our perspective and experience. Thus, we propose to the coil as a tool for teaching electromagnetism to allow a relationship between theory and practice. In addition, we propose to the narrative as an alternative strategy to document the processes of teaching and learning in science.

Keywords: Tesla's coil, Physics' teaching, electromagnetic phenomenon, narrative documentation.

Introducción

En el presente texto relataremos nuestra experiencia como estudiantes de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, al construir una bobina de Tesla. Para ello, reconoceremos las personas que nos ayudaron con su intervención en diferentes momentos; mostraremos cómo fue el proceso de construcción de nuestra bobina, en concreto, qué nos motivó, qué dificultades y preguntas se generaron y qué logros técnicos alcanzamos; por último, evidenciaremos la forma en la que explicamos el funcionamiento de la bobina.

Así, buscamos que se visibilice nuestro proceso de construcción de conocimiento porque permite reflexionar sobre la concepción de montajes experimentales en el aula, la importancia, en la práctica de un docente, de conocer qué y cómo piensan sus estudiantes y resaltar la escritura en el contexto de la formación de maestros.

La construcción de la bobina fue posible en el contexto de la asignatura de *electromagnetismo II* orientada por el profesor Yecid Cruz, que planteó como trabajo final la elaboración de un montaje experimental. Esta iniciativa nos dio la posibilidad de hacer un prototipo que conjugara teoría y práctica, lo cual se convertiría en un gran reto. Asimismo, el profesor John Barragán nos mostró la bobina y nos sugirió que podría ser apropiada para realizar este proyecto.

Durante el proceso de elaboración de la bobina contamos con el apoyo técnico y teórico de muchas personas que nos aportaron su conocimiento y la información necesaria para realizar este proyecto. Sin su intervención, difícilmente hubiésemos resuelto los obstáculos técnicos y conceptuales que se nos presentaron a lo largo del proceso.

Culminada la elaboración de la bobina, participamos en la primera convocatoria del Salón de la Ciencia, dirigida a todos los estudiantes de la licenciatura que contaran con algún

montaje experimental elaborado por ellos mismos. En este sentido, dicho evento, liderado por la profesora Marina Garzón, es un espacio divulgativo de la actividad experimental de los estudiantes de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional. La convocatoria resultó interesante porque posibilitó a nuestro trabajo un reconocimiento ante una comunidad académica más amplia, como estudiantes de diversos colegios, estudiantes universitarios y docentes de colegio y de universidad.

Posterior al Salón de la Ciencia, se nos planteó la posibilidad de documentar el proceso de construcción de la bobina de Tesla en el contexto del proyecto *Pre-impresos*, que dirige el profesor Juan Carlos Bustos Gómez. Decidimos hacer de esta posibilidad una realidad. Considerábamos que nuestra experiencia sería significativa para compañeros que quisieran construir un prototipo como el nuestro, o que nuestras comprensiones alrededor de los fenómenos que toman lugar en el montaje servirían de base a reflexiones pedagógicas.

La escritura de este proceso nos ha facilitado recordar y reconstruir nuestra experiencia — nos ha hecho *volver* en el tiempo—. El ejercicio de dar vida al pasado a través del escrito fue tan complejo como la elaboración misma de la bobina, no obstante, las reflexiones que nos sugirió son diferentes.

Durante la construcción pensábamos que la parte técnica era lo más complejo, pues la clase de Electromagnetismo no era el espacio que nos acercaba o involucraba, de manera directa, con montajes experimentales para construir nociones sobre las temáticas abordadas en el curso. La clase, que era magistral, era buena en el sentido que nos acercaba a los conceptos propios del curso. El problema, por tanto, fue saber cómo podíamos *formarnos* en la elaboración de prototipos, dado que el *concepto* ya estaba claro.

En *la clase* nunca se nos pidió dar cuenta de nuestras comprensiones sobre los fenómenos de manera escrita, eso, quizás, ayudó a que se afianzara nuestra creencia de que el conocimiento teórico estaba totalmente elaborado y que, haciendo el prototipo, el conocimiento técnico se había desarrollado en buena medida. Sin quererlo, estábamos disociando la teoría de la práctica, pensábamos que en la clase debían formalizarse todos los conceptos propios del *electromagnetismo* y que las habilidades en la construcción de montajes experimentales eran más bien un trabajo autónomo que no tomaba relevancia en el diario vivir de la clase, pues solo se hacía importante al final del curso, para la nota.

La elaboración del escrito fue el medio a través del cual nos dimos cuenta de la manera cómo pensábamos la bobina en el contexto de la clase, además lo convertimos en la herramienta que nos permitió construir conocimiento teórico-práctico alrededor de su funcionamiento.

Escribir sobre cómo construimos la bobina nos invitó a elaborarla de nuevo, pero con palabras. Este escrito nos convocó a describir nuestra experiencia y nos permitió, al realizarla meses después de haberse culminado el prototipo, mirar desde otra postura la construcción. Este fue el espacio que utilizamos para dar cuenta de nuestras comprensiones teóricas sobre el funcionamiento de la bobina, en consecuencia, también fue el espacio que evidenció nuestras falencias en aquello que considerábamos claro.

En la escritura, surgían preguntas como: ¿Por qué conectar esta parte con aquella? ¿Por qué la conexión se da de una forma y no de otra? ¿Cómo sé que eso que veo es una corriente? ¿Cómo sé que lo que veo es consecuencia del fenómeno de *inducción electromagnética*? Escribir nos mostró que los interrogantes en aspectos técnicos encontraban respuesta en la teoría y que podíamos dar sentido a la teoría al reconocer que ciertos fenómenos eran evidentes en

el montaje. Desde esta perspectiva, la narración generó relaciones entre teoría y práctica, aunque de manera atemporal.

Adicionalmente, este ejercicio escritural fue importante porque se convirtió en el medio que explicitó nuestra experiencia y puso de manifiesto nuestras comprensiones. Situamos en un lugar privilegiado la manera en que las personas piensan y construyen conocimiento, por consiguiente, creemos que la elaboración de textos en la clase de ciencias ayudaría al estudiante a dar cuenta de su experiencia y al docente a reconocer la experiencia del estudiante como punto de partida para orientar sus prácticas.

En este escrito planteamos una relación dialógica entre nuestro conocimiento y el conocimiento científico. Así, para el docente, el escrito de sus estudiantes puede ser el medio que le permite conocer qué y cómo piensan un fenómeno y la herramienta a través de la cual él reconoce cómo sus estudiantes establecen un vínculo entre sus conocimientos y el conocimiento científico para dar cuenta de un fenómeno.

El ejercicio escritural resultó importante, como maestros de física en formación, para dar sentido a nuestras prácticas, evidenciar cómo concebimos la ciencia, los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, la importancia de herramientas como montajes experimentales y la elaboración de textos en la construcción de conocimiento en física.

Proceso de elaboración de la bobina de Tesla desde una perspectiva técnica

Llegado cuarto semestre, cursamos una materia del plan de estudios de la Licenciatura en Física llamada Electromagnetismo II, que, como su nombre lo indica, es la continuación del curso de Electromagnetismo. En esta asignatura requeríamos nociones básicas alrededor del fenómeno

eléctrico, ya que, el Electromagnetismo II se enfoca en el estudio del fenómeno magnético, aunque al final del curso se articula el estudio de los dos fenómenos para abordar marcos explicativos de diversas situaciones en física.

El profesor de la asignatura propuso la realización de un proyecto final de corte experimental, que consistió en el desarrollo de un motor, generador o un transformador, en el caso más complejo. Así, cada uno procedió a buscar información sobre cómo hacer un motor o un generador, qué materiales se requerían e, incluso, hicimos un primer intento para elaborarlo, no obstante no nos resultaba interesante.

Hacia mitad de semestre, nos encontrábamos realmente preocupados porque habían transcurrido dos meses y era un hecho que nuestras habilidades para la construcción de motores no eran las deseadas. Además, la idea de hacer un motor no nos parecía del todo atractiva, quizás por las frustradas experiencias durante este tiempo o, simplemente, esperábamos hacer algo que fuese más llamativo.

Un día, nos encontrábamos intercambiando ideas sobre los intentos fallidos alrededor de la construcción del proyecto, cuando el profesor que tenía a cargo el otro grupo de Electromagnetismo II nos mostró, para nuestro asombro, un aparato llamado la *bobina de Tesla*, la cual, al ser conectada a un tomacorriente generaba *chispas*, haciendo que, al acercar una bombilla, esta se iluminara. Este prototipo estaba cuidadosamente elaborado y, por lo poco que lográbamos entender de su funcionamiento, resultaba complejo en términos conceptuales, pero a la vez fascinante: ¡el electromagnetismo clásico tenía vida en forma de bobina!

La bobina había logrado aquello que el motor y el generador no, despertar nuestro entusiasmo. Comenzamos a cuestionarnos: ¿Para qué sirve la bobina de Tesla? ¿Cómo se puede construir un prototipo en particular? ¿Cuáles son y cómo se evidencian los fenómenos electromagnéticos implícitos en el funcionamiento

de la bobina? Decidimos entonces trabajar juntos, pues la construcción de la bobina resultaba costosa y dispendiosa, ambos nos podríamos ayudar tanto en los aspectos técnicos para la elaboración de cualquier montaje experimental, como en la explicación fenomenológica alrededor de su funcionamiento.

En primera instancia, consultamos algunos antecedentes acerca de la construcción de una bobina de Tesla, entre los cuales hallamos una tesis de grado llamada "Construcción y manipulación de la bobina de Tesla. Una herramienta motivadora para el estudio del electromagnetismo (Bonilla y Triana, 2009). Aquí se recurría a conceptos de electromagnetismo relacionados con la bobina de Tesla, para construir un modelo particular de bobina como parte de una estrategia pedagógica. Esta tesis nos proporcionó información sobre los materiales requeridos para su construcción. Así, el paso siguiente era construirla.

De esta manera, iniciamos con el trabajo experimental buscando información para entender mejor el proceso de construcción de la bobina, no fue una tarea fácil, pues si bien había una tesis que describía cuáles eran los materiales, no se encontraba información adicional sobre la manera correcta de ensamblar cada una de las partes. Quizás, nuestro mayor error fue creer que se podían encontrar *recetas* sobre su construcción y no asumir, desde el principio, que a través de este proceso daríamos sentido a los conceptos estudiados durante un año de carrera, es decir, la construcción de la bobina de Tesla implicaba recapitular las ideas de dos cursos de electromagnetismo y aplicarlas de manera técnica en un trabajo experimental.

Encontramos que la bobina se componía de las siguientes partes: un transformador tipo Tesla (D), una resistencia (C), dos embobinados (primario y secundario) (G), un condensador de placas paralelas (F) y un explosor (E). El transformador tipo Tesla se caracteriza por incrementar el voltaje proveniente del tomacorriente, en

nuestro caso, se requería que transformara los 110 V (voltios) AC¹ del tomacorriente hasta llegar a 1500 V AC; un bombillo hace las veces de resistencia y fusible para nuestro modelo específico de bobina, este se dispone en el montaje con el fin de disminuir el flujo de corriente y brindar mayor seguridad a quienes manipulen el proyecto ya que si se sobrecarga el circuito, el bombillo se funde y el circuito se abre; al estar conectado al circuito, el embobinado primario induce al embobinado secundario; el condensador de placas paralelas almacena la mayor cantidad de energía eléctrica para liberarla en el momento justo e impedir el aumento de temperatura en los embobinados; el explosor se compone de dos tornillos separados por una distancia menor a dos milímetros y su función es cerrar el circuito al permitir el paso de corriente eléctrica en dicha distancia.

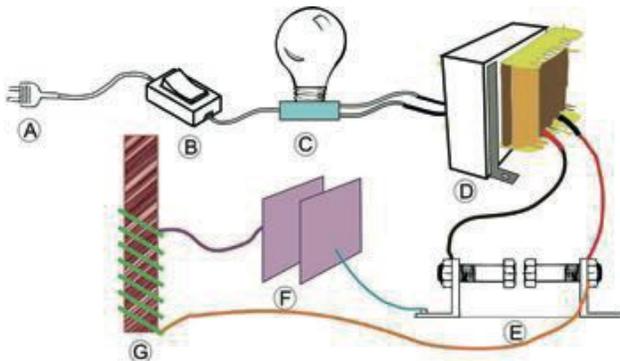


Figura 1. Circuito de la bobina de Tesla

Conocidos los componentes y su respectiva función, nos preocupaba cómo ensamblar este gran y complejo circuito. Gracias a un diagrama que hallamos en la tesis consultada, nos hicimos una idea de cómo conectar cada una de las partes de la bobina. Así, en el gráfico se planteaba que el tomacorriente debía conectarse en serie²

a la resistencia; el cable que recibiría la electricidad desde el tomacorriente debía conectarse de manera directa al bombillo usado como resistencia. Además, si el transformador tiene una conexión destinada para la *entrada* de voltaje y otro dedicado a expulsar un voltaje que ha sido convertido *–salida–*, la resistencia debería conectarse a la entrada de 110 V del transformador. El explosor se conectaría en paralelo a la salida del transformador; cada tornillo del explosor tomaría un cable de donde deben salir 1500 V AC del transformador, de manera que entre los tornillos se produjera un flujo de carga que tiene por objeto *cerrar* el circuito. El explosor, a su vez, se conectaría en serie a uno de los extremos del condensador; dado que el condensador consta de láminas de aluminio a cada lado, en uno de estos se conecta el explosor. Los extremos del embobinado primario serían conectados al otro extremo del condensador y a uno de los bordes del explosor (figura 1).

Terminada la consulta, nos dimos cuenta de que habíamos avanzado en gran forma, gracias a que conocíamos un prototipo particular de la bobina de Tesla, las partes que la componían y la manera como se ensamblarían. Aunque había otros modelos que resultaban técnicamente más sencillos y económicos de elaborar, optamos por el modelo de bobina planteado en la tesis citada, contábamos con información detallada y además representaba mejor los temas vistos en clase.

Encontramos en internet varios videos que describían cuál era el funcionamiento correcto del aparato, es decir, cómo podíamos *observar* el fenómeno, una vez construida la bobina,

1 *Alternate current*, AC por sus siglas en inglés; significa *corriente alterna*.

2 Existen dos tipos básicos de circuitos: *en serie* y *en paralelo*. La diferencia entre estos radica en la manera de conectar los dispositivos y, en ese sentido, en el comportamiento del voltaje y la corriente eléctrica. Los dispositivos que componen un circuito en serie se conectan de extremo a extremo (Wilson y Buffa, 2003, pp. 567-569), es decir, si se tienen tres elementos, el primero de ellos estará conectado

de manera directa a una terminal de la fuente de voltaje, el segundo se conectará al primer elemento y el tercero se conectará al segundo elemento y a la terminal de la fuente restante. De acuerdo con esto, la diferencia de potencial, otorgada por la fuente *fem*, se divide al pasar por cada dispositivo del circuito, en tanto la corriente eléctrica medida en cada uno de estos elementos es igual. Por otro lado, en los circuitos en paralelo todos los dispositivos cuentan con conexiones comunes, de manera tal que cada uno tiene acceso directo a un voltaje tan grande como el producido por la fuente. Sin embargo, esta disposición hace que la corriente se divida por cada conexión común, o unión, existente.

para saber que nuestro montaje experimental funcionaba de manera adecuada. Con todas estas indicaciones nos adentramos en la construcción de la bobina, un montaje experimental común que no difiere de muchos otros en términos técnicos. La diferencia y relevancia de este proyecto radicó en que se constituyó en una herramienta para construir conocimiento.

La bobina se construyó en tres momentos: la elaboración de cada una de las partes que la componen, la identificación de cuáles y cómo son las conexiones entre esas partes, y la conexión entre las partes para armar todo. Comenzamos por el principio, construir un embobinado primario y otro secundario, un explosor, un condensador de placas paralelas; así determinamos el tipo de transformador adecuado para el trabajo.

El embobinado secundario se hizo con alambre de cobre, calibre 22, que se enrollaba alrededor de un núcleo de madera de 3 cm de radio y 30 cm de altura; en consecuencia, fueron necesarias entre 540 y 550 vueltas y aproximadamente 92 metros de alambre. Por su parte, el embobinado primario fue elaborado con alambre de cobre calibre 8, se hicieron 18 vueltas alrededor del embobinado secundario con 3 metros de este alambre. Es importante resaltar que el embobinado primario se encuentra cubierto por una capa plástica que garantiza que no haya contacto directo entre las superficies de ambos embobinados. Además, utilizamos madera como núcleo, aunque en nuestras opciones consideramos el hierro y un tubo de PVC, dado que en el interior de un embobinado como este, el campo magnético es directamente proporcional a la permeabilidad magnética en el espacio libre (constante universal), a la cantidad de espiras y a la intensidad de la corriente que transita por el alambre (ley de Ampere). Así, la geometría de las líneas de campo magnético indica que el valor del campo al interior del embobinado es independiente del material que se utilice como núcleo.



Figura 2. Embobinado primario (color verde) envolviendo al embobinado secundario (color café)

El explosor se elaboraba con dos tornillos, los cuales debían lijarse para quitar el aislante y hacerlos conductores, los cuales permitirían el paso de una corriente eléctrica. Estos debían fijarse a una base de tal modo que las cabezas de cada tornillo quedaran casi unidas para permitir el paso de la corriente eléctrica en el aire.

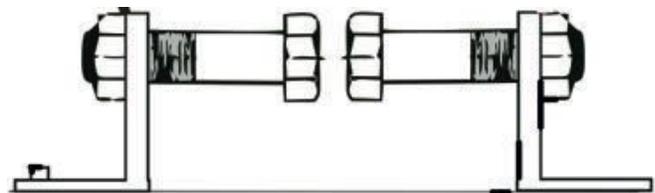


Figura 3. Explosor

El condensador de placas paralelas se conformaba de 12 láminas de papel aluminio y 24 de acetato. Todas las láminas de aluminio debían ser de 9,5 cm por 16 cm, y las de acetato de 9,5 cm por 14 cm. Estas se disponían de manera intercalada: primero se ubicaba una lámina de aluminio y sobre ella dos de acetato, luego una lámina de aluminio más y de nuevo dos de acetato. Dicho proceso se repetía hasta agotar la cantidad de láminas. Las láminas de acetato son más cortas que las de aluminio, pues los extremos del material conductor deben sobresalir a cada lado del condensador de manera que se hagan las conexiones necesarias a este. Las láminas de acetato siempre adoptaban la misma posición, pero las de aluminio debían ubicarse dos centímetros a

la derecha y la próxima lámina de aluminio 2 cm a la izquierda. Tanto al inicio como al final de la secuencia de láminas de acetato y aluminio se ubicaba un vidrio del mismo tamaño de las láminas de acetato, con el fin de aislar el condensador y proteger a quien lo manipule. El condensador estaba ubicado en una base de madera que le daría la estabilidad suficiente para que las láminas no cambiaran de posición y estuvieran lo más compactas posible.

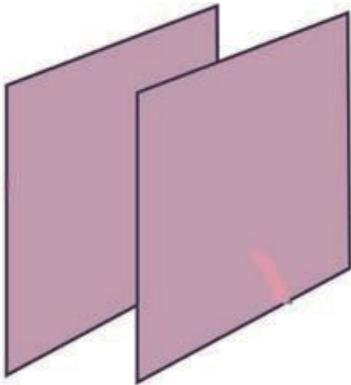


Figura 4. Condensador de placas paralelas

El transformador fue uno de los componentes de la bobina que más retos conceptuales y técnicos nos generó. En primera instancia, nos fue difícil concebir un transformador elevador³ como el descrito en la tesis consultada, ya que solo conocíamos transformadores regulares, como aquellos que utilizamos para cargar el celular; estos toman 110V AC del tomacorriente y los reducen hasta el voltaje que el aparato requiere. Posteriormente, en la búsqueda de un transformador capaz de incrementar el voltaje DC⁴ proveniente del tomacorriente a más de 1000 V AC, hallamos que el transformador que utiliza un horno microondas cumplía con estas características.

3 Un transformador es un aparato capaz de amplificar o reducir voltajes según se requiera en un determinado circuito. Si el transformador aumenta el voltaje, este recibe el nombre de *transformador elevador*, si, por el contrario, lo reduce, es un *transformador de bajada*.

4 Direct Current, por sus siglas en inglés “DC” significa Corriente Directa.

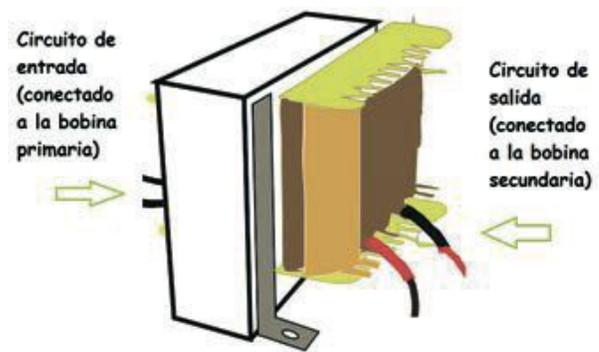


Figura 5. Transformador tipo Tesla

En este punto, habíamos ensamblado cada una de las partes de la bobina y, como ya contábamos con nuestro componente final —el transformador elevador del horno microondas— procedimos a hacer funcionar nuestro proyecto por vez primera. Para confirmar si la bobina trabajaba correctamente, debía generar una chispa continua en el tiempo entre los tornillos que componen el explosor. Pero al permitir el flujo de corriente en la bobina, solo alcanzábamos a ver un resplandor durante un intervalo de tiempo muy pequeño, y luego, nada. En otras palabras, esperábamos que dicha chispa se mantuviera constante (siempre y cuando hubiese flujo de corriente en la bobina), sin embargo, la chispa que logramos ver pasó de tornillo a tornillo en el explosor y se apagó de inmediato; esta no era continua en el tiempo.

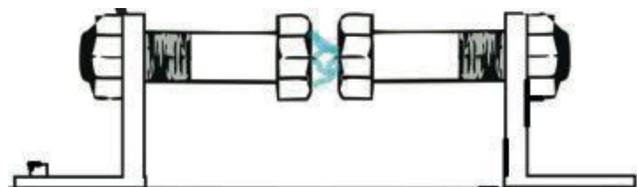


Figura 6. Chispa que debíamos observar de tornillo a tornillo en el explosor

Era evidente que había una falla en alguna parte del montaje, de nuevo revisamos cada una de las conexiones e incluso el tipo de cable utilizado para ellas, el embobinado primario y secundario, la distancia entre los tornillos del explosor y hasta redujimos esa distancia; todo esto en vano, porque el montaje seguía sin funcionar. Considera-

mos, incluso, que el hecho de que se observara solo un resplandor y no una chispa continua en el tiempo era por causa del condensador, por tanto, decidimos construirlo de nuevo y lo ensamblamos en el montaje, no obstante, todo seguía igual: la bobina no funcionaba. Finalmente, el único aparato que faltaba por revisar era el transformador elevador de horno microondas que habíamos conseguido; entender por qué no desempeñaba su *trabajo* de la manera adecuada fue el mayor desafío conceptual.

Comprender la incidencia del transformador en el circuito implicaba nociones básicas sobre las descripciones de los fenómenos ondulatorios y un conocimiento más profundo de la teoría de inducción electromagnética. No obstante, antes de comprender la razón de la incompatibilidad entre este transformador y el circuito, decidimos, por ensayo y error, utilizar otro transformador elevador. Nos dimos cuenta de que necesitábamos un transformador en particular para nuestro proyecto, por lo cual decidimos mandar a elaborar un transformador que amplificara el voltaje y se ajustara a los requerimientos del circuito correspondiente (bobina de Tesla), así, el fabricante precisó que este aparato debía “oscilar a una frecuencia determinada” para funcionar en nuestro circuito; esa fue la primera pista: el transformador de horno microondas funcionaba a una frecuencia de oscilación que no correspondía con nuestro circuito, de ahí que la chispa no perdurara en el tiempo.

Siguiendo las observaciones del técnico, conectamos el transformador al circuito y la bobina de Tesla funcionó por primera vez a la perfección. ¡Lo logramos! Ahora, nuestro reto intelectual era entender cómo funcionaban todas las partes que conformaban la bobina en armonía unas con otras, para lograr encender una bombilla a través de algo que parecía una *conexión inalámbrica*.

Proceso de elaboración de la bobina de Tesla desde una perspectiva conceptual

Debido a que cada una de las partes de nuestro circuito funcionaba con corriente alterna, considerábamos esta idea fundamental para entender los fenómenos electromagnéticos implícitos en el funcionamiento de la bobina.

Entender la corriente alterna nos resultó complejo, dado en varios textos de física encontramos que “AC es un conjunto de cargas eléctricas que oscilan con respecto a un punto de equilibrio periódicamente” (Hewitt, 1999, p. 549), también, que es una corriente oscilatoria dependiente del tiempo, es decir, que circula periódicamente de un lado a otro (Ohanian y Market, 2009), y, en algunos casos, según Sears y Zemansky (1978, y Serwey y Jewett (2009) se la entiende desde una perspectiva matemática como una función que se describe en términos de la función seno y que es la derivada de la carga en el tiempo.

Esta información, a pesar de ser útil al momento de formalizar el fenómeno, era insuficiente, es decir, ¿cómo evidenciábamos experimentalmente aquella afirmación de que AC es dependiente del tiempo u oscilatoria en el tiempo?

En nuestro curso anterior de electromagnetismo aprendimos que cuando una chispa salta de un metal a otro, interactuando con el medio que la rodea (en este caso el aire), expide un color y olor específico. Según esto, podíamos determinar si era corriente eléctrica o un corto. Así, encontramos que la chispa producida en el explosor, que era de color azul y expedía un olor a *tierra mojada* –cuando llueve fuertemente en las zonas con muchas plantas y tierra se puede apreciar este olor (ozono), el cual resulta desagradable–, cumplía con las condiciones que permitían identificarla como una chispa que es en sí misma una corriente eléctrica. Pero, ¿de qué clase de corriente eléctrica estábamos hablando, corriente alterna o corriente directa? Sabíamos

que debía ser alterna, ya que la fuente de voltaje era el tomacorriente y desde estos solo se puede obtener AC. Una razón más para creer esto fue considerar que el funcionamiento del transformador tipo Tesla solo se daba con AC, pues esta era la corriente que permitía la diversidad de fenómenos electromagnéticos en el transformador y que este amplificara voltajes. Además, encontrábamos una razón histórica. Conocíamos que Nikola Tesla es el precursor de la idea de corriente alterna, por tanto, todos los instrumentos manejados para el funcionamiento de la bobina, inventados también por él, funcionaban con AC; resultaba ilógico que un artefacto construido por Tesla, el cual funciona con un transformador —planteado también por él— de alta tensión, tomara vida con corriente directa⁵.

Ahora bien, nos propusimos identificar la prueba experimental que sustentara estas intuiciones, es decir, que evidenciara la naturaleza de la corriente eléctrica. Resultó más sencillo de lo que creíamos. Hallamos dos pruebas de corte experimental. En primer lugar, cuando observábamos —literalmente— una corriente eléctrica que tenía como medio de propagación el aire, dedujimos que el voltaje generador de tal corriente debía ser muy grande, tan grande como producido con nuestro transformador. En este momento, sabíamos que los transformadores funcionaban con AC, por lo tanto solo producirían corriente de esta clase. En segundo lugar, el sonido y la luminiscencia producidos por la chispa fueron factores esenciales. El sonido generado por la corriente a su paso por el aire en ocasiones era más fuerte que en otras, esto indicaba que la corriente al viajar de un tornillo al otro era diferente en cada instante de tiempo, de lo contrario hubiésemos escuchado un mismo tono en un intervalo de

tiempo considerable. Además, la luminiscencia producida por la chispa, observándola desde una misma distancia, se hacía unas veces más resplandeciente que en otras, en consecuencia, dedujimos que la corriente no era constante en el tiempo, más bien, oscilaba de manera que el resplandor observado se repetía unas cuantas veces durante un intervalo de tiempo, eran como pulsos de luminiscencia⁶.

La corriente eléctrica alterna la asociamos a un fenómeno de variación. Esta idea generó más inquietudes, pues dichos cambios los entendimos como *pulsos* de energía. Este planteamiento nos obligó a introducirnos en un concepto que nos resultaba novedoso después de haber comprendido mejor lo que *corriente alterna* implicaba: la frecuencia. Este concepto sería fundamental en nuestro proceso de dar sentido al fenómeno de corriente alterna, y elemental en nuestro intento de entender aquella afirmación de *circuitos oscilantes*.

Si consideramos un puñado de partículas —electrones, en este caso— que son *bombeadas* por una fuente de voltaje, tal como una bomba hace mover el agua en los ductos, esas partículas en movimiento configuran lo que conocemos como corriente eléctrica. Ahora, si contáramos las veces que cierta cantidad de partículas pasa por un punto en un intervalo de tiempo, es posible hablar de la frecuencia con la cual la fuente ha generado la corriente. Cuando la cantidad de partículas medidas en un intervalo de tiempo es la misma en cada una de las mediciones realizadas, hablamos de corriente continua. Si, por el contrario, al realizar varias mediciones, por ejemplo, diez en un segundo, hallamos que la cantidad de partículas que pasan por un punto, en la primera medición, es igual al de la quinta y la décima medición, pero

5 La corriente directa es generada por baterías tan comunes como una pila. En este tipo de corriente los electrones se dirigen de un lugar a otro —según la polaridad de la pila— de manera constante, es decir, la cantidad de electrones que fluyen en una sección es siempre la misma, de ahí que la corriente directa permanece sin variar en el tiempo.

6 Si la chispa o corriente eléctrica, en este caso particular, fuese constante en el tiempo, la luminiscencia producida por esta debería verse de manera análoga a la luz producida por un apuntador láser, es decir, la luz dirigida de un tornillo al otro habría de concentrarse de igual manera a como la luz se concentra al apuntar con un señalador láser.

diferente al de la segunda, tercera, cuarta, sexta medición, y así sucesivamente, decimos que el fenómeno hallado tiene una frecuencia de 3 Hz⁷. Así es como entendemos que la corriente alterna, generada por una *fem*⁸ (fuerza electromotriz) alterna, tiene una frecuencia de 60 Hz.

En esta etapa, le habíamos dado sentido a diferentes conceptos al tratar de concebirlos dentro del funcionamiento mismo del montaje, en consecuencia, nos encontrábamos preparados para entender cómo la corriente alterna permitía que este circuito oscilante⁹ convirtiera esta señal AC en ondas electromagnéticas¹⁰ de determinada frecuencia (en luz), al interactuar con un capacitor, un embobinado primario y secundario, un transformador y un explosor.

Conforme avanzábamos en la construcción de explicaciones del fenómeno de estudio, encontramos que estas se hacían cada vez más abstractas: ¿Por qué se le denominaba a nuestro circuito *oscilante*? ¿Se debía esto a la naturaleza de la corriente que circulaba por nuestra bobina?

Para responder tales cuestionamientos, comenzamos por dar cuenta del funcionamiento de los aparatos que constituían la bobina de Tesla. De esta manera, desvelamos las construcciones alcanzadas sobre el funcionamiento del transformador elevador para luego ahondar en el comportamiento del condensador de placas paralelas y el embobinado.

7 Hertz (hercio) es la unidad física utilizada en el sistema internacional de medida para indicar frecuencias; 1 Hz (Hertz) de frecuencia equivale a una repetición de algún fenómeno en un segundo.

8 La *fem* o fuerza electromotriz es la *fuerza* necesaria para permitir el flujo de cargas eléctricas en un circuito.

9 En términos generales, los circuitos oscilantes se componen de un embobinado y un capacitor, nuestro circuito cuenta con dos elementos adicionales, un transformador y un explosor. Un montaje como el descrito se alimenta de energía eléctrica en forma de corriente alterna de determinada frecuencia y es capaz de producir energía en otra frecuencia.

10 Las ondas electromagnéticas son la propagación de la energía a través de campos eléctricos y magnéticos inducidos que oscilan por el espacio con el mismo ritmo de oscilación que la corriente que la genera (Hewitt, 2004)

El transformador elevador fue indispensable en este circuito, ya que la generación de electricidad inalámbrica era posible al provocar grandes diferencias de potencial (voltaje). Dado que nuestra preocupación era entender el funcionamiento del transformador, debíamos conocer sus partes y acudir a los principios físicos que describen cómo estos se relacionan y dan cuerpo al transformador.

Un transformador consta de dos bobinas ubicadas en un núcleo de hierro —nuestras bobinas no se conectaban entre ellas—. A una bobina se le denominó primaria y a la otra secundaria. La bobina primaria se conectó con una fuente de voltaje —a la cual se le denominó *circuito de entrada*—; el embobinado secundario, por su parte, no se encontraba conectado a alguna fuente de voltaje. La conexión del embobinado secundario se daba con el explosor (circuito de salida) y se hizo para generar continuidad en el circuito (figura 5).

Descrito el montaje, nos preguntábamos cómo el transformador lograba convertir voltajes si los dos embobinados que lo componían nunca se conectaban. Para entender esto, acudimos a la conclusión dada por Hans Oersted, en 1819, según la cual toda corriente eléctrica genera un campo magnético. El campo magnético podía variar en el tiempo de acuerdo con la naturaleza de la corriente eléctrica que lo producía, es decir, si la corriente era directa entonces el campo magnético no cambiaba, por el contrario, si la corriente era alterna el campo magnético generado cambiaba en el tiempo.

Según lo anterior, la ley de Faraday resultó importante para explicar cómo se afectaban los embobinados aun cuando no se tocaban. Esta ley predice que un campo magnético variante produce una fuerza electromotriz (voltaje) sobre un embobinado de cierta cantidad de espiras, de manera que una corriente eléctrica alterna fluye por este. Así, cuando conectábamos el circuito de entrada del transformador

a una fuente de voltaje alterna, provocábamos que una corriente alterna tomara lugar en el embobinado primario, y, por supuesto, se generara un campo magnético variante capaz de inducir una diferencia de potencial tan grande como para que fluyera corriente eléctrica alterna (AC) en el embobinado secundario.

El voltaje generado en el segundo embobinado o circuito de salida dependía del voltaje aplicado al circuito de entrada y del número de vueltas de cada embobinado. Según Hewitt (1999), “cuando el número de vueltas del embobinado primario es menor que el secundario, el voltaje inducido es mayor y se habla, entonces, de un transformador de subida o elevador”.

Por tanto, la naturaleza de la corriente eléctrica resultó ser un factor relevante, ya que intervenía en el comportamiento de los dispositivos que conformaban el circuito. En este sentido, si el transformador recibía corriente alterna del tomacorriente produciría voltaje alterno y, en consecuencia, corriente alterna. La corriente que generábamos, a través del mecanismo expuesto, circulaba desde la conexión de salida en donde había una bifurcación, hasta el explorador y el condensador de placas paralelas.

El condensador de placas paralelas se alimentó, debido a la conexión en uno de sus extremos, por la corriente proveniente del transformador; dado que la corriente eléctrica era alterna, el comportamiento del condensador de placas paralelas varió sustancialmente en relación al caso de un condensador alimentado con corriente continua.

La afirmación anterior sugería que debíamos comprender, en primer lugar, el funcionamiento del condensador cuando se alimentaba con corriente continua, ya que esto nos permitiría establecer un precedente del funcionamiento de nuestro condensador, que se alimentaba con corriente alterna. En el caso en el cual la fuente de voltaje era una batería que generaba corriente continua, el condensador se conectaba a la batería y hacia posible la circula-

ción de esta clase de corriente en el circuito. Tal acción permitió que se depositara carga positiva sobre una placa del condensador y carga negativa sobre la otra hasta que el voltaje incrementara. Cuando el voltaje del condensador era igual al de la batería, el proceso descrito se detenía y provocaba equilibrio eléctrico en el condensador.

Ahora bien, si el capacitor se alimentaba de corriente alterna, como en nuestro caso, la situación cambiaba. En principio consideramos una fuente alterna de voltaje, en la bobina de Tesla la fuente era el transformador conectado al capacitor de placas paralelas. La corriente que tal *fem* hizo que se depositaran cargas negativas en una placa y positivas en la otra durante un pequeño intervalo de tiempo —este dependía directamente de la frecuencia de la corriente eléctrica—. Transcurrido este ciclo, el voltaje se invertía al igual que la dirección de circulación de la corriente. Este cambio configuró una nueva disposición del sistema: la polaridad de las placas se invirtió, es decir, si en un momento inicial una placa estaba cargada positivamente, un momento después, esta estaba cargada negativamente. Estas oscilaciones de corriente y de cargas eléctricas se repetían cada medio ciclo con la frecuencia de la fuente de voltaje *fem*.

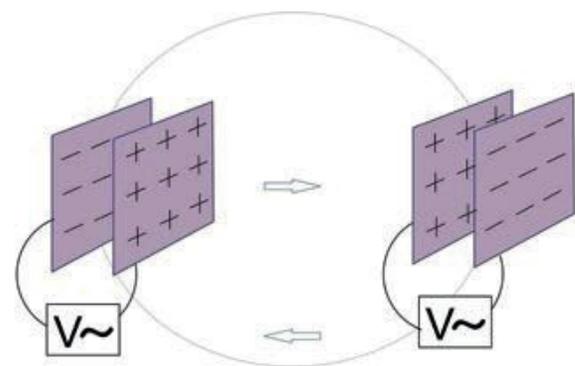


Figura 7. Funcionamiento capacitor de placas paralelas

A este punto habíamos comprendido el funcionamiento del condensador, por lo que, en la construcción de explicaciones del funcionamiento de la bobina, el siguiente paso era

poner en juego en este circuito el embobinado primario y su acción sobre el secundario, además de concebir cómo actuaba el condensador para el funcionamiento del embobinado. A partir de la relación que habíamos establecido entre el transformador y el condensador, nos dispusimos a analizar cómo el condensador afectó el embobinado primario para después describir la acción de este sobre el embobinado secundario.

Para tales fines, supusimos, en principio, que el condensador estaba cargado eléctricamente al almacenar energía eléctrica entre sus placas. Tan pronto como transcurría un intervalo de tiempo igual a la frecuencia de oscilación del circuito, el capacitor comenzaba a descargarse a través del inductor o embobinado primario (Halliday y Resnick, 1982). Como ya habíamos mencionado, nuestro condensador se cargaría y descargaría de acuerdo con la frecuencia de la fuente que lo alimentó, en este caso la frecuencia estaba dada por el transformador (60 Hz). Lo anterior nos ubicaba a las puertas de un ciclo: conforme el condensador se descargaba, la energía eléctrica almacenada en el campo eléctrico dentro de él disminuía, ya que se hacía transitar una corriente eléctrica alterna por el embobinado primario permitiendo la generación de un campo magnético variante —alrededor de este embobinado— a la par de un campo eléctrico en el mismo lugar. De acuerdo con la ley de inducción electromagnética de Faraday¹¹, ahora, contábamos con un campo electromagnético que incrementaba su magnitud conforme el campo eléctrico en medio de las placas del condensador, disminuía.

Ciertamente, el fenómeno que nos garantizaba tener corriente alterna transitando por el embobinado primario era el de un campo magnético y eléctrico variante que incrementaba a razón de la disminución del campo eléctrico

entre las placas. Al darse la descarga del condensador, el proceso inverso tomaba lugar; la energía almacenada en el campo electromagnético disminuía hasta que el campo eléctrico entre las placas del condensador incrementaba.

Dicho fenómeno recibe el nombre de *oscilación electromagnética*, dado que es un proceso cíclico en el tiempo que puede perdurar si se proporciona automática y periódicamente suficiente energía de una fuente exterior (Halliday y Resnick, 1982).

Continuando con las relaciones entre pares, transformador/condensador, condensador/embobinado primario, analizamos la acción del embobinado primario sobre el secundario. Es de aclarar que el embobinado secundario era la única parte de la bobina que nunca se conectó a alguno de los otros componentes de esta. Tal situación técnica nos disponía cautelosos frente a su papel. ¿Cómo era posible que este embobinado permitiera luminiscencia de una bombilla en sus cercanías, aun cuando no estaba conectado con alguna parte de la bobina?

De nuevo, tal pregunta hizo que propusiéramos explicaciones basadas en los principios físicos, para dar cuenta de qué manera se generaban campos magnéticos y eléctricos en nuestro circuito. Nuestra comprensión sobre el fenómeno nos permitía asegurar a este punto que por el embobinado primario circulaba una corriente alterna. Según Ohanian y Markert (2009) las ecuaciones de Maxwell describen cualitativamente la inducción mutua de los campos eléctricos y magnéticos: todo campo magnético variable genera un campo eléctrico y, dado que la corriente eléctrica que circula por el embobinado primario es alterna, este campo eléctrico será alterno, lo cual permitirá la aparición de un campo magnético, y así sucesivamente.

De acuerdo con esto, reconocimos que el campo magnético variante era capaz de alterar el espacio que le circundaba, en consecuencia, al acoger al embobinado primario y al embobi-

¹¹ La ley de inducción electromagnética de Faraday señala que el cambio del flujo de campo magnético en el tiempo genera una fuerza electromotriz, *fem*, capaz de provocar la circulación de una corriente eléctrica por un circuito.

nado secundario, este estaba en la capacidad de producir una fuerza electromotriz o voltaje alterno sobre el embobinado secundario, aun cuando no existía ninguna conexión alámbrica. Tal situación, nos permitía asegurar que se inducía la circulación de una corriente alterna por el segundo embobinado, lo cual posibilitaba el fenómeno cíclico de generación de campos magnéticos y eléctricos.

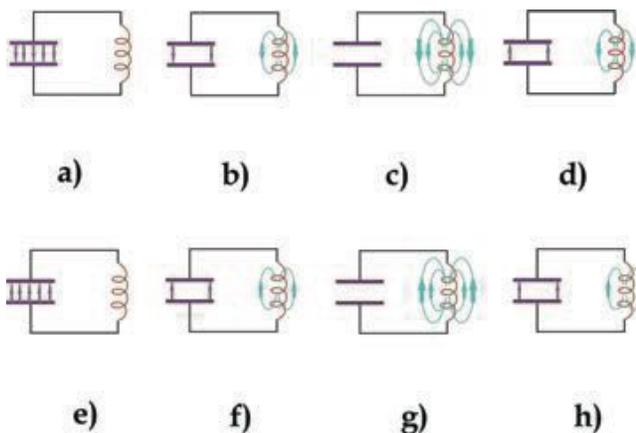


Figura 8. Proceso que muestra cómo se manifiesta el campo eléctrico y magnético en el embobinado

Hasta este momento, habíamos reconocido la línea de transmisión recorrida por la onda electromagnética alrededor del circuito oscilante, justo antes de interactuar con la bombilla. Pero, ¿por qué era importante para la comprensión del funcionamiento de nuestra bobina la idea de onda electromagnética?

En nuestro caso, la onda electromagnética emitida por la bobina era un tipo de onda capaz de producir alteraciones eléctricas en el interior de una bombilla para que se generara luz¹² sin necesidad de contacto directo entre la bombilla y el embobinado.

Una vez situábamos a la bombilla cerca al embobinado secundario, observábamos que una chispa se dirigía desde el embobinado

hasta la parte conductora de la bombilla, tal chispa era visible. Cuando la onda electromagnética, en forma de chispa, interactuaba con la bombilla, circulaba una corriente eléctrica en el interior de esta, lo que facilitó su encendido.

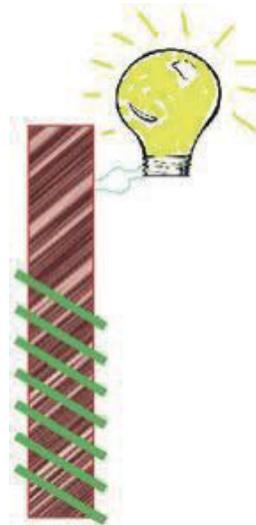


Figura 9. Bombilla encendiéndose al acercarse al embobinado

Encender una bombilla sin necesidad de conexiones entre esta y un generador de electricidad, constituyó una de las aplicaciones más trascendentales de la bobina de Tesla, pues este prototipo generaba grandes cantidades de voltaje que alteraban las condiciones del espacio circundante a la bobina. En síntesis, el fenómeno podría explicarse como la capacidad de la bobina para convertir al aire en un medio conductor de ondas electromagnéticas.

De acuerdo con las comprensiones que habíamos logrado hasta el momento, entendimos la idea de Nikola Tesla como revolucionaria, pues al pensar que podemos perturbar el espacio con un campo electromagnético se hace posible concebir el principio bajo el cual se rige la tecnología Bluetooth, wifi, radio y celular en la actualidad: una persona dentro de un campo podrá ser afectada por dicha perturbación y obtener beneficios de su posición privilegiada en el espacio.

¹² La luz es una onda electromagnética de los límites de frecuencia de $4,3 \times 10^{14}$ y 7×10^{14} vibraciones por segundo, la onda electromagnética resultante activará las *antenas eléctricas* de la retina del ojo, haciendo a la luz, una onda electromagnética visible (Hewitt, 2004).

Reflexiones

Sobre el rol pedagógico de la bobina de Tesla

Recapitulando, aquí describimos cómo construir un prototipo particular de la bobina de Tesla y cómo en este proceso las motivaciones, dudas y problemas determinaron una manera de dar sentido a las leyes físicas dentro del montaje experimental y al montaje dentro de las leyes.

¿Para qué sirve la bobina de Tesla?, ¿cómo se puede construir un prototipo en particular?, y ¿cuáles son y cómo se evidencian los fenómenos electromagnéticos implícitos en el funcionamiento de la bobina? Estos fueron algunos de los cuestionamientos que orientaron la reconstrucción narrativa de esta experiencia. Con este relato aspiramos haber respondido los interrogantes planteados y, sobre todo, haber logrado mostrar una perspectiva de trabajo sobre la documentación de la construcción de conocimiento en ciencia.

En el proceso de elaboración del montaje surgieron muchas preguntas, intentar responderlas nos exigió llegar a un nuevo nivel de conceptualización de los fenómenos físicos implícitos en el montaje, lo que contribuyó significativamente a desarrollar nuestra capacidad de explicarlos. Por esto, consideramos que la construcción de montajes experimentales para la comprensión de fenómenos en la física es una estrategia relevante.

Hemos puesto en juego nuestras dudas e inquietudes más profundas alrededor de la elaboración de la bobina de Tesla con el objetivo de que se reconozca cómo, en calidad de estudiantes de la Licenciatura en Física, construimos conocimiento a partir del establecimiento de un problema concreto que generó, en aras de su entendimiento, relaciones entre la teoría y la práctica. Desde esta perspectiva pretendemos que, como fundamento de todo proceso de enseñanza en física, se plantee a manera de objetivo cómo los estudiantes establecen rela-

ciones entre la experimentación y los principios y leyes físicas para dar sentido a la experiencia dentro de la teoría y a la teoría dentro de la experiencia. En consecuencia, el mejor medio que encontramos para hacer valer nuestra voz fue expresándonos a través de una documentación narrativa¹³.

¿Por qué documentar narrativamente este proceso?

La investigación narrativa es propia de los contextos educativos, se configura como un método de investigación en comunidades académicas: particularmente se usa para documentar procesos pedagógicos al permitir a los docentes dar sentido a su acción dentro del aula, a través de la explicación de las intenciones, motivos y propósitos que les llevan a actuar de una u otra manera. Así, la narración nos permitió reconstruir una experiencia que consideramos pedagógicamente significativa para problematizarla e interrogarla.

Cuando reflexionamos sobre experiencias pasadas lo hacemos desde una mirada diferente (desde el ahora), por eso es posible ser crítico frente a lo que sucedió y someterlo a discusión. La narración toma sentido en el grupo académico docente ya que cada relato evidencia una postura, derivada de una experiencia pedagógica particular, con la cual otro docente puede identificarse y plantear una discusión que forme parte de la construcción de saberes pedagógicos. Desde esta perspectiva, el relato sobre la construcción de la bobina de Tesla tiene sentido en el contexto de la Licenciatura en Física porque nos permitió reconstruir los sentidos pedagógicos de las prácticas educativas desde la posición de maestros en formación (Suárez, 2006).

La documentación narrativa, la cual hemos practicado por vez primera en este escrito, se plantea como “un método investigativo que da

¹³ En este caso, la documentación narrativa se refiere al relato de un caso particular más no a la investigación cualitativa que precede la construcción de un relato como este (Larrosa *et al.*, 2008).

la posibilidad al sujeto de poner en juego su subjetividad para dar cuenta del objeto de estudio” (Bolívar, 2002, p. 2). Así, el relato resulta tan importante como la elaboración misma de la bobina, ya que, gracias a esta logramos profundizar, entender y explicar mejor la mayoría de los fenómenos electromagnéticos implicados.

Aunque la narración no se dio simultáneamente al proceso de construcción de la bobina de Tesla, nos permitió recrear los escenarios pasados en los cuales nosotros (sujeto) y la bobina (objeto) nos relacionamos para construir un saber teórico-práctico. Cuando el sujeto analiza retrospectivamente su experiencia lo hace de una manera crítica, pues debe reordenar y reinterpretar todo aquello que ahora ve desde su nueva experiencia para configurar, de nuevo, un sentido (Larrosa et al., 2008).

En consecuencia, la originalidad de este trabajo radica en que los autores hemos documentado narrativamente una experiencia en ciencias lejos de los estereotipos propios de la documentación en esta área del conocimiento. Nos planteamos la ciencia y su enseñanza como una construcción social en la cual los autores tienen voz y son capaces, por tanto, de permitir debates, tensiones e inquietudes en un grupo académico. De acuerdo con lo anterior, entendemos y sugerimos a la documentación narrativa como una herramienta para fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciencias.

Referencias bibliográficas

Bolívar, A. (2002). “¿De nobis ipsis silemus?”: Epistemología de la investigación biográfico-narrativa en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* 4(1). Recuperado el 15 de septiembre de 2015 de: <http://redie.uabc.uabc.mx/vol4no1/contenido-bolivar.htm>.

Bonilla, C. y Triana, C. (2009). *Construcción y manipulación de la Bobina de Tesla. Una herramienta motivadora para el estudio del electromagnetismo*. Tesis de pregrado. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Halliday, R. y Resnick, R. (1982). Oscilaciones electromagnéticas. En: *Física* (pp.299-308). México: Trans-Editions, Inc., Jhon Wiley & Sons, Inc.

Hewitt, P. (1999). *Física Conceptual*. 3a. ed. México: Addison Wesley Longman.

Hewitt, P. (2004). *Física Conceptual*. 9a.ed. México: Prentice Hall.

Larrosa, J., Morral, Ferrer, V., Lara, N., Conelly, M., Clandinin, J., y Greene, M.. (2008). *Déjame que te cuente: Ensayos sobre narrativa y educación*. Buenos Aires: Laertes Educación.

Ohanian, H. y Markert, J. (2009). *Física para ingeniería y ciencias*. México: McGraw-Hill.

Sears, F. y Zemansky, W. (1978). *Física*. Madrid: Addison Wesley Publishing Co. Inc.

Serwey, R. y Jewett, J. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna*. México: Cenage Learning. Editors, S.A.

Suárez, D. et al. (2006). Documentación narrativa de experiencias pedagógicas. Una manera de indagar el mundo y la experiencia escolares. *Entre Maestr@s* 6(16), 1-14.

Wilson, J. y Buffa, A. (2003). *Física*. 5a. ed. México: Pearson Prentice Hall.

Biografía Nikola Tesla

Nikola Tesla, uno de los más brillantes científicos de la historia, se destacó como físico, matemático e ingeniero. Su mente creativa e innovadora lo llevó a dejar un legado como inventor, quien no fue tan apreciado en su época como lo es hoy día. Nació en el Imperio austrohúngaro, hoy Croacia, en 1856, y falleció en Estados Unidos hacia 1943.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX se produjo una revolución en la mayoría de los campos de la ciencia, la cual proporcionó herramientas a una nueva generación de inventores. Nikola Tesla fue uno de los beneficiados, ya que logró recrear muchas de sus concepciones. Entre sus ideas más famosas se encuentra la *corriente alterna*; la naturaleza de ese tipo de electricidad permitió a Tesla contribuir a la humanidad con sus inventos.

Tesla logró obtener cerca de 300 patentes para sus inventos alrededor del mundo. Varias de estas no están listadas y se han descubierto algunas en sus archivos privados. Existe un número mínimo de 278 patentes atribuidas a Tesla en 26 países que han sido verificadas. Muchas de ellas fueron expedidas en los Estados Unidos, Reino Unido y Canadá, otras fueron aprobadas en países más pequeños. Algunos de los dispositivos ideados por Tesla no fueron puestos bajo la protección de patentes.

Entre sus inventos más famosos se encuentran el altavoz¹, el motor asíncrono², la bobina de Tesla³, el generador eléctrico⁴, el control remoto⁵, el motor de corriente alterna⁶, el radiotransmisor⁷ y la radio⁸ (medio de comunicación). Estos,

- 1 Nikola Tesla desarrolló un dispositivo que, según algunos, era un repetidor telefónico o amplificador que es considerado como el primer altavoz.
- 2 Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna.
- 3 Una bobina de Tesla es un tipo de transformador resonante que produce altas tensiones de elevadas frecuencias (radiofrecuencias).
- 4 Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica.
- 5 Un control remoto o mando a distancia es un dispositivo electrónico usado para realizar una operación remota (o telemando) sobre una máquina.
- 6 Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.
- 7 Un radiotransmisor es un dispositivo electrónico que, mediante una antena, irradia ondas electromagnéticas que contienen información, como ocurre en el caso de las señales de radio, televisión, telefonía móvil o cualquier otro tipo de radiocomunicación.
- 8 La radio es un medio de comunicación que se basa en el envío de señales de audio a través de ondas de radio, si bien el término se usa también para otras formas de envío de audio a distancia como la radio por Internet.

no fueron reconocidos por la sociedad como útiles en la época en que fueron inventados, pues no existían elementos de uso cotidiano que requerían ese tipo de tecnología. Solo después de los años 1940, las ideas de Tesla comenzaron a verse involucradas en los avances tecnológicos para la comunidad, como por ejemplo: radio, altavoces, televisores, automóviles y demás lujos que se hicieron presentes en la vida de los países de primer mundo.

Puesto que sus inventos no se vendían a un precio considerable como para vivir de ellos, Tesla se vio obligado a trabajar como un empleado más para la compañía Edison Electric Light Co., que pertenecía a uno de sus más grandes rivales, Thomas Alva Edison. Así, arruinado y sin dinero, en su deseo por seguir inventando, comenzó a pedir prestadas grandes sumas de dinero para invertir en sus proyectos, muchos de los cuales nunca logró concretar debido a la carencia de recursos económicos, pues invertía el dinero en muchos trabajos a la vez hasta agotarlo, sin capital para poder completar alguno de ellos, no recuperaba la inversión y tampoco podía devolver el dinero. Fue así como sus sueños de ayudar al mundo se iban a ver opacados. Se ganó la desconfianza y el desprecio de los inversionistas que lo apoyaban.

Tesla vivía rodeado de inventores que quisieron destacar a como diera lugar, aun si eso significaba arruinar a sus competidores. Así, sufrió desde el robo de sus inventos, antes de ser patentados, hasta el desprestigio por murmuraciones.

Finalmente, Tesla pasó su último cuarto de vida agobiado por sus deudas, solitario y menospreciado de quienes lo conocían, lo cual lo llevó a un desequilibrio mental que lo aislaría por completo de la sociedad. Fue así como el gran inventor Nikola Tesla cayó en el olvido y fue opacado por sus competidores.

Bibliografía

Biblioteca Pleyades (diciembre de 2001). *Encuentro con un genio desconocido, Nikola Tesla*. Recuperado de: <http://www.bibliotecapleyades.net/>

Roldán, J. (2006). *Nikola Tesla, el hombre que iluminó al mundo*. Autores científico-técnicos y académicos.

ACERCA DE LA SERIE PRE·IMPRESOS

La serie *Pre·Impresos Estudiantes* es un proyecto de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT) de la Universidad Pedagógica Nacional que divulga a través de la comunicación escrita la producción intelectual de los autores, destacando sus experiencias y reflexiones respecto de los temas inherentes a sus campos disciplinares específicos y su enseñanza. Por tanto, configura un espacio de visibilidad y reconocimiento público del trabajo de los maestros en formación y en ejercicio adscritos a la FCT.

La escritura en el ámbito de las ciencias y la tecnología

La comunicación es un aspecto fundamental de los procesos de cognición que construye relaciones de fuerza e identificación entre las personas y define el lugar de cada individuo en un grupo. Así, toda relación social se funda en el intercambio de ideas, pues cuando hablamos y escribimos también damos forma al mundo. Por tanto, la conformación de comunidades académicas tiene un carácter social y comunicativo, proceso en el que la palabra escrita contribuye a la socialización de las ideas; dado que, la comunicación de la ciencia se realiza en lengua natural.

¿Qué es un impreso?

Los Pre-impresos son una publicación previa que se utilizan en comunidades académicas para difundir el trabajo de sus miembros y contribuir a la formación de futuros investigadores, apoyando la cualificación de sus procesos escriturales.

Origen

Este proyecto editorial también constituye un espacio académico de formación y cualificación docente, que se inspiró en un trabajo similar que realiza el grupo *Física y Cultura* del Departamento Física de la FCT, con trabajos de profesores, desde principios de la década de 1990, con el fin de promover la circulación de las ideas de los profesores adscritos a este grupo de investigación.

Objetivos

Pre·Impresos Estudiantes promueve el fortalecimiento de la actividad académica en dos dimensiones; como **proceso de formación escritural** de los futuros maestros de ciencias, matemática y tecnología, y como **iniciativa editorial** que se traduce en una publicación seriada que divulga la producción intelectual de los estudiantes de la FCT.

El carácter del proceso realizado y el acompañamiento escritural que se brinda desde el proyecto hacen de esta experiencia una actividad académica de formación docente, con proyección en la práctica pedagógica e investigativa que contribuye a:

- Apoyar los fines misionales de la Universidad de investigar, producir y difundir conocimiento profesional docente, educativo, pedagógico y didáctico, además de propiciar una interacción con la sociedad para aportar a la construcción de nación.
- Propiciar una mayor conciencia lingüística, al poner de relieve la relación entre ciencia y lenguaje en el proceso de construcción textual, que requiere el desarrollo de la capacidad discursiva y habilidades comunicativas.
- Fortalecer la comunidad académica de la Facultad, al visibilizar las líneas de trabajo de los grupos de investigación de las diferentes unidades académicas.

Características

Pre·Impresos Estudiantes es un proyecto institucional de carácter extra curricular en el que pueden participar los estudiantes de los diferentes programas de la Facultad que quieran vincularse, ya sea, de manera individual o en grupo. El proceso de acompañamiento que se brinda exige compromiso y disciplina de los participantes, para la cualificación de su proceso escritural. Los temas a trabajar pueden cobijar una amplia gama de aspectos relacionados con las disciplinas —las ciencias, la matemática, la tecnología— y su enseñanza, así como, con la educación en general, ya sean reflexiones de carácter epistemológico y/o pedagógico, entre otras posibilidades.

Se puede participar con un amplio tipo de formatos de escritura, como por ejemplo: artículos, ponencias, módulos didácticos, cartillas, ensayos, crónicas, experiencias de aula, diarios, informes de investigación, por solo mencionar algunos. El proceso de elaboración, edición y publicación final de cada documento se ajusta al tiempo requerido por los autores para culminar esta labor. La publicación se hace en forma de cuadernillos monográficos de circulación digital, indexados en motores de búsqueda. La convocatoria es permanente y, por lo tanto, no hay fechas de cierre.

Sobre los Autores

Nohora Alejandra Hernández Cepeda es egresada de la Escuela Normal Superior Distrital María Montessori. Realizó prácticas pedagógicas en el Liceo Femenino Mercedes Nariño y en la Escuela Normal Superior Distrital María Montessori durante el segundo semestre del año 2011 y primer semestre del 2012, respectivamente. Actualmente cursa sexto semestre de Licenciatura en Física en la Universidad Pedagógica Nacional. En el año 2015 participó en el Salón de la Ciencia con el montaje experimental de la Bobina de Tesla y se encuentra vinculada en el proyecto de divulgación de la actividad experimental de la Licenciatura denominado Ruta de la Ciencia: Feria Itinerante.

Jhayson León Palacio Rangel obtuvo su título de bachiller en la Escuela Normal Superior Distrital María Montessori. Durante el segundo semestre del año 2011 y primer semestre del 2012 llevó a cabo prácticas pedagógicas en el Liceo Femenino Mercedes Nariño y en la Escuela Normal Superior Distrital María Montessori con estudiantes de cuarto y quinto grado. Actualmente, se desempeña como estudiante de la Universidad Pedagógica Nacional, donde cursa sexto semestre de Licenciatura en Física. Participó, en el primer semestre del año 2015, como expositor en el Salón de la Ciencia con el montaje experimental de la Bobina de Tesla y es miembro del proyecto de divulgación de la actividad experimental de la Licenciatura denominado Ruta de la Ciencia: Feria Itinerante. Sus intereses son estudiar los conceptos implicados en los fenómenos electromagnéticos y la pertinencia de su construcción histórica para la enseñanza de la física.

<http://revistas.pedagogica.edu.co>