



Buscando un aprendizaje significativo de la Ley de Faraday en estudiantes de bachillerato

Méndez-González Tiffani^{a,b}, Villavicencio-Torres Mirna^{a,b}

^aDepartamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

^bMaestría en Docencia para la Educación Media Superior (Física). Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

ARTICLE INFO

Received: 17 octubre 2019
Accepted: 23 enero 2020
Available on-line: 01 mayo 2020

Keywords: Educación Media Superior, Ley de Faraday, Ambientes lúdicos, Aprendizaje significativo.

E-mail addresses:
fanniux12@ciencias.unam.mx
mirmavt@ciencias.unam.mx

ISSN 2007-9842

© 2020 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Teaching electromagnetism, and particularly Faraday's Law, implies many problems generated mainly by the lack of motivation and the use of concepts with high abstraction and math tools that usually the students do not handle. Thus, teachers must face the continuous challenge of getaway from traditional class and design new teaching strategies which not only bring students closer to this topic and their innumerable applications but at the same time motivate them to reach significant learning. In this work, we present the design and implementation of a didactic strategy to teach Faraday's law which is based on the creation of a ludic environment of learning. The proposed activities were designed in such a way that without neglecting the formal teaching of concepts involved, it is promoted the development of critical and analytical thinking, as well as significant knowledge. Besides, there are presented the obtained results until now.

Enseñar electromagnetismo, y en particular la Ley de Inducción de Faraday, a estudiantes de bachillerato conlleva diversos problemas originados principalmente por la falta de motivación de los estudiantes en la clase de Física, el uso de conceptos que tienen un alto grado de abstracción y el empleo de herramientas matemáticas que muchas veces los estudiantes no manejan. Por ello, los profesores deben enfrentar el desafío continuo de alejarse de la clase tradicional y diseñar nuevas estrategias de enseñanza que no sólo acerquen a los estudiantes a este tema y sus innumerables aplicaciones, sino que al mismo tiempo les motiven y les permitan alcanzar un aprendizaje significativo. En el presente trabajo, se presenta el diseño e implementación de una estrategia didáctica, basada en la creación de un ambiente lúdico de aprendizaje y el aprendizaje situado, enfocada a la enseñanza de la Ley de Faraday. Se discuten algunas de las actividades propuestas en las que, sin dejar de lado la enseñanza formal de los conceptos involucrados, se promueve el desarrollo de un pensamiento crítico y analítico, así como de un aprendizaje significativo. Además, se presentan los resultados obtenidos hasta el momento.

I. INTRODUCCIÓN

En México, la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en el nivel medio superior en México son todo un reto tanto para los estudiantes como para los docentes, debido principalmente a que la mayoría de los primeros suelen considerar a la ciencia como algo ajeno a su quehacer cotidiano y a la tendencia de los segundos por emplear métodos tradicionales de enseñanza, en donde el profesor es transmisor del conocimiento y el estudiante es un receptor pasivo.

En el caso de la Física, y en particular del electromagnetismo, la enseñanza se complica aún más debido al alto grado de abstracción de los conceptos involucrados y al empleo de las matemáticas como el lenguaje natural que permite

describir en unas cuantas ecuaciones una gran diversidad de fenómenos que pueden observarse en la naturaleza. Es decir, además de las dificultades que los profesores encuentran en la enseñanza del electromagnetismo en la clase de Física, se encuentran ante los problemas de aprendizaje que los estudiantes han desarrollado en sus asignaturas de matemáticas. Ante esto, es innegable la necesidad de diseñar e implementar estrategias didácticas innovadoras en las que se empleen nuevos recursos, como la creación de ambientes de aprendizaje adecuados, y herramientas como las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), de forma que no sólo se favorezca el aprendizaje significativo, sino que también se motive a los estudiante en la búsqueda de una explicación científica a lo que observa en el contexto en el que se desarrolla, independientemente de sus intereses personales.

Uno de los conceptos de mayor relevancia en el electromagnetismo, debido a sus incontables aplicaciones en el desarrollo de la tecnología que se utiliza en la vida cotidiana, es la Ley de Faraday, en la que se establece que la variación con el tiempo del flujo de campo magnético que atraviesa a una espira genera en ésta una fuerza electromotriz (fem) y por lo tanto una corriente eléctrica. Así pues, es gracias a esta ley que se construyen los generadores eléctricos que producen la corriente eléctrica que llega a los hogares y se explica el funcionamiento de muchos de los dispositivos eléctricos que se encuentran al alcance de la mayoría de la población.

Esta cercanía entre las aplicaciones de la Ley de Faraday-Lenz y el contexto en el que se desarrollan los estudiantes la convierten en un tema obligatorio a tratar en todo curso Física, ya sea introductorio o especializado, de cualquier nivel educativo. Sin embargo, a pesar de que el concepto se presenta en los diferentes niveles educativos y se realiza una gran divulgación sobre sus alcances, la enseñanza de la ley de Faraday continúa siendo un dolor de cabeza para profesores y alumnos, principalmente porque en ella se encuentran involucrados otros conceptos como los de: campo eléctrico conservativo y no conservativo, campo magnético, flujo de campo magnético, fuerza electromotriz (fem) y Fuerza de Lorentz; que muchas veces el estudiante no comprende del todo debido a su alto grado de abstracción. Por otro lado, la importancia de la Ley de Faraday va más allá de sus aplicaciones. Desde el punto de vista teórico e histórico, representa un cambio no sólo en el pensamiento científico, sino también en el ámbito social, pues a través de sus aplicaciones es posible observar como el desarrollo de la ciencia tiene un fuerte impacto sobre el desarrollo de la sociedad. En el ámbito de la Física, el establecimiento de la ley de Faraday constituyó la construcción de una primer teoría de unificación, al mostrar que los fenómenos eléctricos y magnéticos están intrínsecamente relacionados, al mismo tiempo que estableció la necesidad de una teoría de la relatividad. De hecho, el análisis de esta ley desde diferentes sistemas de referencia motivó a Einstein a desarrollar la Teoría Especial de la Relatividad (Griffiths, D. J., 1989).

Ahora bien, los programas de las asignaturas de Física del bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México se encuentran en constante revisión y cambio con la finalidad de mantenerlos actualizados e incluir nuevas metodologías de enseñanza. De esta forma, la última versión del programa de la asignatura de Física III, que se imparte en el primer año de bachillerato, se diseñó de forma que

“el alumno desarrolle habilidades para la investigación como: la creación de modelos a través de la observación, la formulación de hipótesis, el manejo de variables, etc., de forma que pueda comprender, interpretar y analizar los fenómenos físicos que puede percibir en su entorno. Por otra parte, se espera que al analizar las aportaciones de la física en diferentes ámbitos del quehacer científico y en el desarrollo tecnológico el estudiante logre comprender los retos y problemas a los que se enfrenta la sociedad, así como las diversas formas que existen para resolverlos, con la conciencia de que de los desarrollos científicos y tecnológicos surgen implicaciones sociales que obligan a tomar decisiones que se deben analizar para emitir juicios y actuar de manera responsable. Finalmente, se espera que el alumno valore el trabajo colaborativo para el logro de metas y respete las opiniones de los demás como vía de enriquecimiento de ideas y fomento a la tolerancia”.

Tomando en cuenta lo anterior, se incluyó en la unidad número dos el tema “*Generación de Energía Eléctrica*”, en donde se debe discutir la Ley de Faraday-Lenz.

Con la intención de mejorar el aprendizaje de este punto y apoyar la labor del docente, en este trabajo se presenta el diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza de la Ley de Faraday, en la que a través del desarrollo de actividades lúdicas y la enseñanza contextual, en donde el estudiante encuentra una relación directa entre el conocimiento que se le presenta con situaciones cercanas a su entorno, se se facilita la comprensión de ésta y el alcance de un aprendizaje significativo.

Cabe mencionar que, aunque esta estrategia, en la que además se establece un ambiente de aprendizaje lúdico y colaborativo, fue implementada en una institución en la que se sigue un modelo educativo constructivista, también puede aplicarse para la enseñanza del tema en cualquier institución de educación media superior sin importar el modelo educativo que se siga.

II. MARCO TEÓRICO

II.I EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Según Ausubel, el aprendizaje significativo se alcanza cuando el alumno relaciona las ideas expresadas por el profesor o educador de forma no arbitraria sino sustancial con lo que ya sabe, de tal forma que el material que aprende logra ser altamente significativo para él. De aquí que para que el aprendizaje sea significativo es importante que el docente genere, a través del diseño e implementación de estrategias didácticas, un ambiente que lo propicie.

Ausubel, al igual que otros teóricos cognoscitivistas, postuló que el aprendizaje es un proceso de reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas que el aprendiz posee en su estructura cognitiva. Así mismo, concibe al estudiante como un actor activo y plantea que el aprendizaje es sistemático y organizado, ya que es un fenómeno complejo que no puede reducirse a simples asociaciones memorísticas. Aunque esta concepción establece la importancia del aprendizaje por descubrimiento, en donde el estudiante descubre nuevos hechos, forma conceptos, infiere relaciones y genera productos; también considera que no todo el aprendizaje en el aula se da a través del descubrimiento en sí, sino que apoya el aprendizaje verbal significativo, que permite el dominio de los contenidos conceptuales curriculares impartidos en las escuelas (Díaz-Barriga y Hernández, 2002).

En la búsqueda de un aprendizaje significativo es necesario tomar en cuenta dos dimensiones: el modo en que se adquiere el conocimiento y la forma en que el conocimiento es incorporado en la estructura cognitiva del estudiante.

En la primera dimensión se consideran dos tipos de aprendizaje posibles: por recepción y por descubrimiento, mientras que en la segunda se considera que el conocimiento puede incorporarse ya sea por repetición o significativamente. Cuando esas dos dimensiones interactúan se generan las *situaciones del aprendizaje escolar*, en las que se da lugar al aprendizaje por:

- a) recepción repetitiva,
- b) descubrimiento repetitivo,
- c) recepción significativa,
- d) descubrimiento significativo,

donde ninguna de estas formas es estática o definitiva pues constantemente evolucionan debido a la interacción constante entre la acción docente y los planteamientos de enseñanza, así como la actividad cognoscente y afectiva de los estudiantes (Díaz-Barriga y Hernández, 2002).

A diferencia de la primera infancia y la edad preescolar, en donde la adquisición de conceptos y proposiciones se da principalmente por descubrimiento, a través de la experiencia empírica y concreta, en la enseñanza media y media

superior los estudiantes ya poseen un pensamiento abstracto, o formal, con el que pueden emplear de forma adecuada las proposiciones verbales y así aprovechar el cúmulo de conocimientos que han adquirido previamente. Por tanto, en el bachillerato es de suma importancia que el estudiante alcance un aprendizaje significativo en lugar del repetitivo que se tiene muchas veces en el aula, ya que a través del primero podrán adquirir una gran cantidad de conocimientos integrados, coherentes, estables y con sentido para los alumnos. Entonces, el aprendizaje significativo

Es aquel que conduce a la creación de estructuras de conocimiento mediante la relación sustantiva entre la nueva información y las ideas previas del estudiante (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 39).

Cuando se llega al aprendizaje significativo se pasa de la repetición memorística de contenido inconexos a construir un significado de tal manera que lo aprendido tiene sentido y relevancia y puede aplicarse en situaciones tanto académicas como cotidianas.

Ahora bien, para llegar al aprendizaje significativo se necesita de ciertas condiciones. En primer lugar, el alumno debe estar dispuesto a aprender significativamente y una vez que esto ocurre, el docente debe intervenir para que así ocurra. Otro aspecto importante a considerar es la forma en la que se diseñan los materiales de estudio así como las experiencias educativas.

Para lograr que el aprendizaje sea significativo se puede hacer uso del aprendizaje situado, que es aquel en el que la enseñanza se centra en prácticas educativas auténticas que requieren ser coherentes, significativas y propositivas. Hendricks (2001) propone que desde una visión situada, el educando debe aprender involucrándose en el mismo tipo de actividades que realizan los expertos en diferentes campos de conocimiento. Si consideramos una visión vigotskiana, el aprendizaje implica que se entiendan e internalicen los símbolos y signos de la cultura y grupo social al que se pertenece, y es entonces que los estudiantes se apropian de prácticas y herramientas culturales al interactuar con otros más experimentados.

Algunas de las estrategias didácticas que se basan en el aprendizaje experiencial o situado y que pueden emplearse cuando se busca que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo son:

- El aprendizaje centrado en la solución de problemas auténticos.
- El análisis de casos (case method).
- El método de proyectos.
- Las prácticas situadas o aprendizaje in situ en escenarios reales.
- El aprendizaje en el servicio (service learning).
- El trabajo en equipos cooperativos.
- Los ejercicios, demostraciones y simulaciones situadas.
- El aprendizaje mediado por las nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTIC).

Todas ellas están enfocadas en la construcción del conocimiento mediante contextos reales, en el desarrollo de las capacidades reflexivas y críticas y en el pensamiento de alto nivel, además de la participación en las prácticas sociales mismas de la comunidad.

Ya que en palabras de J. D. Novak: “*El conocimiento humano es construido; el aprendizaje significativo subyace a esa construcción*”, es decir, se alcanza un aprendizaje significativo anclando conocimientos previos al conocimiento nuevo, en este trabajo se plantea una estrategia didáctica en la que se busca anclar el conocimiento de los estudiantes sobre la generación de la energía eléctrica con la ley de Faraday.

II.2. LAS ACTIVIDADES LÚDICAS COMO ELEMENTO MOTIVADOR

Diversos estudios indican la importancia del empleo de actividades lúdicas y la carga emotiva en la enseñanza de las ciencias experimentales dada la naturaleza del desarrollo del cerebro del adolescente.

Por ejemplo, Johan Huizinga afirma que se aprende mejor aquello que produce gozo y alegría. Según este autor, el juego “*permea todas las manifestaciones humanas y sus relaciones con el mundo, define el comportamiento y el desarrollo humanos en los ámbitos sociales, culturales, afectivos y, por supuesto, educativos, todos ellos relacionados con la construcción de conocimiento*”, haciendo notar también que el juego ha tenido una gran relevancia en la construcción de la civilización humana. Por otro lado, Piaget y Vigotsky también señalaron lo valioso de las actividades lúdicas en el aprendizaje. Para Piaget, el juego facilita la comprensión de aquello a lo que se le ha asignado un rol o papel al agregarle un significado social, mientras que Vigotsky señala que el juego es una herramienta que ayuda a la creación de la Zona de Desarrollo Próximo.

De igual forma, ayuda a vincular entre lo que conoce el alumno, es decir, aquello que es cotidiano a él y aquello que se desea que se aprenda, tal y como lo menciona Di Modica:

Desde esta perspectiva, el juego incursiona en una zona de frontera que garantiza continuidades, especialmente en tres sentidos; a) como experiencia cultural, facilita el pasaje a otros universos de significación, b) como acción y lenguaje aporta contenidos y textos alfabetizadores y c) como herramienta didáctica promueve procesos cognitivos y dialógicos. (Di Modica, 2007, p. 2)

Y así, en el ámbito de la educación lúdica, los aprendizajes que se desarrollan dentro de un ambiente en el que haya una transformación de los sentidos debe tomar relevancia, tal y como hace mención el neuropedagogo Carlos Alberto Jiménez

En lo pedagógico, el objeto de estudio de este problema no debe ser la transmisión de conocimiento o la enseñanza, sino la comprensión y de manera muy especial entender al hombre como sujeto lúdico, biológico, síquico, social y cultural. No obstante, se hace necesario cambiar radicalmente el concepto que tenemos de educación, muy ligada al de la instrucción, e introducirnos más bien al de formación, comprensión o desarrollo humano, donde deben primar los sujetos colectivos lúdicos y luego el conocimiento. (2008, p.31)

Suponiendo que el uso de metodologías que incluyan el juego pueden ser muy útiles en la búsqueda de un aprendizaje significativo, en este trabajo se implementaron algunas actividades cuya finalidad fue motivar a los estudiantes al mismo tiempo que se facilitaba la comprensión de conceptos que poseen un alto grado de abstracción.

II.3. APRENDIZAJE DE LA FÍSICA A TRAVÉS DE LA EXPERIMENTACIÓN

En las asignaturas de Física, la experimentación puede ser un importante recurso didáctico que fomenta el aprendizaje. A través del experimento se enfrenta al estudiante al fenómeno físico a estudiar y se le pueda motivar a generar un formalismo (Murulanda y Gómez, 2006).

La experimentación cualitativa y cuantitativa desarrolla la curiosidad, da lugar a la discusión, demanda reflexión, la realización de hipótesis, así como un espíritu crítico; desarrolla la habilidad para analizar resultados y a expresarlos correctamente. Además, favorece la percepción del alumno para relacionar a la ciencia y la tecnología, aunque dichas particularidades no deben ser solo atribuidas a la experimentación, sino a la investigación en general, donde la experimentación es una parte fundamental, pero no la única (Carrascosa, 2006).

Ahora bien, a pesar de la importancia que tiene la implementación de actividades experimentales en la enseñanza de la Física, en muchos cursos se suele separar la teoría del laboratorio desaprovechando las bondades de éste último. El laboratorio es el lugar ideal para la demostración cuantitativa mediante la experimentación, para aclarar conceptos, para verificar o inducir leyes, es en sí el espacio perfecto para aprender a utilizar los conocimientos en situaciones reales (Riveros, 1995). Por otra parte, es bien sabido que muchas veces la motivación que tiene el profesor para trabajar con actividades experimentales se evapora cuando no tiene acceso al material, el espacio o el tiempo necesarios para llevarlas a cabo.

Considerando que las actividades experimentales, si son utilizadas de manera adecuada y oportuna, suelen ser una herramienta motivadora y a la vez útil para el acercamiento de los estudiantes a la ciencia, haciendo notar que la ciencia, y en particular la física, es un conjunto de fenómenos que se dan en la naturaleza y que las matemáticas involucradas en dichos fenómenos son sólo una representación del mismo, en la estrategia didáctica que se propone se incluyen experimentos demostrativos sencillos de realizar con materiales fáciles de conseguir de forma que los estudiantes pueden repetirlos fuera del aula.

II.4 LA ENSEÑANZA DE LA LEY DE FARADAY Y SU PROBLEMÁTICA

Aunque la aplicación de los conceptos básicos del electromagnetismo es fundamental no sólo para comprender un gran número de fenómenos naturales bien conocidos por los estudiantes, sino también para explicar el desarrollo y funcionamiento de la tecnología que caracteriza el actual estilo de vida, la enseñanza del electromagnetismo, y en particular de la Ley de Faraday, en la educación media superior se encuentra ante diversos problemas. Es usual que los estudiantes tiendan a diferenciar lo que aprenden en clase con lo que observan a su alrededor, colocando a la clase de Física como un sitio poco interesante en el cual se aprenden conceptos muy alejados del mundo real. Aunado a esto, la enseñanza del electromagnetismo implica el manejar conceptos con un alto grado de abstracción y herramientas matemáticas, que, aunque han sido revisadas en los cursos respectivos no son manejadas con soltura por los alumnos.

Una enseñanza tradicional en donde se utiliza una clase magistral que fomenta la memorización y en donde los estudiantes son actores pasivos cuya única función es recibir información no funciona por lo que estas dificultades han llevado a que diversos autores propongan estrategias didácticas, basadas en diferentes metodologías, pero con el fin común de fomentar el aprendizaje significativo. Se ha propuesto el empleo de las TIC, o de la experimentación en el aula y virtual (Mukhopadhyay, 2006). En esta estrategia se hará hincapié a la enseñanza basada en la creación de ambientes lúdicos de enseñanza considerando que este tipo de ambientes favorece la motivación y con ello el aprendizaje significativo.

En la enseñanza de la ley de Faraday se han encontrado diversos problemas:

- a) Dado que los profesores tienden a discutir la ley de Faraday utilizando los típicos experimentos en donde se tiene un imán que se mueve en presencia de una espira, o bien, explican el funcionamiento de un generador eléctrico en el que las espiras se mueven en presencia de un campo magnético fijo, los estudiantes suelen pensar que para la generación de corriente siempre es necesario tener movimiento, ya sea que las espiras o imanes se estén moviendo.
- b) Los estudiantes no comprenden si se trata de una corriente inducida, o que una corriente que es fuente de un campo magnético puede inducir una corriente. (Maloney, P. O. et. al., 2001)
- c) La información que los estudiantes pueden encontrar en los libros de texto no siempre es la más adecuada pues las argumentaciones que se presentan no son suficientemente claras para un alumno. Así pues, prevalece la ausencia o presencia explícita de las distintas formas de representar simbólicamente la relación entre las diversas variables del modelo que se presenta y su decodificación puede resultar un obstáculo para la construcción de significados por parte de los estudiantes. (Catalán, L. et al 2009)

III. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Los objetivos de la estrategia didáctica que se presenta son:

Que los estudiantes

1. Conozcan experiencias de inducción magnéticas en espiras y solenoides atravesados por campos magnéticos.
2. Conozcan experiencias de inducción magnética en circuitos que se mueven en un campo magnético estacionario.
3. Conozcan experiencias de inducción magnética producidos por una combinación de los efectos anteriores.
4. Puedan explicar que un campo magnético variable con el tiempo puede producir corriente eléctrica en un circuito situado en sus alrededores y puedan justificar que la fuerza que actúa sobre las cargas que se mueven se debe a un campo eléctrico inducido no conservativo
5. Sepan que un circuito en movimiento dentro de un campo magnético estacionario experimenta una fem inducida y que la fuerza que actúa sobre las cargas es debida al campo magnético
6. Conozcan que la inducción electromagnética puede producirse por una combinación de los efectos anteriores y que la Ley de Faraday es un enunciado que engloba ambos efectos para explicar los fenómenos de inducción

En búsqueda de un aprendizaje significativo y considerando que el profesor tiene por tarea suministrar situaciones de aprendizaje desempeñándose como un mediador entre el contenido y el alumno, se diseñó una secuencia didáctica en la que cada uno de los conceptos presentados son vinculados a experiencias previas de los estudiantes. Esta estrategia se aplica en 4 sesiones, las que se desarrollan las siguientes actividades:

Día 1

Se realiza un examen diagnóstico de opción múltiple y preguntas abiertas (anexo 1) con el objetivo de conocer los conocimientos previos de los estudiantes. Posteriormente, para fomentar el aprendizaje colaborativo, se hace una revisión de las respuestas por equipos y finalmente de forma grupal. Esta sesión permite al docente no sólo evaluar los conocimientos previos de los estudiantes, sino también determinar cuáles son los conceptos en los que debe poner mayor atención durante la implementación de la estrategia.

Día 2:

Se da una breve explicación de la Ley de Faraday, haciendo hincapié en los puntos más importantes como, por ejemplo:

- La variación con el tiempo del flujo de campo magnético que atraviesa una espira genera en ella una fem que induce una corriente
- Puede obtenerse una corriente circulando en una espira si ésta se hace girar en presencia de un campo magnético homogéneo.
- Se puede obtener corriente circulando a través de una espira acercando o alejando de ella un imán. El mismo resultado se obtiene si se deja fijo el imán y se acerca, o aleja, el imán.

Para detonar la revisión y discusión de los conceptos fundamentales del electromagnetismo involucrados en la Ley de inducción de Faraday, así como para fomentar el trabajo colaborativo, se realiza una pequeña demostración experimental. Para ello, se utiliza un generador eléctrico casero elaborado con un tubo de cartón, alambre magneto, diodos led e imanes de neodimio (Figura 1). Cabe mencionar que el generador ha sido cubierto con el fin de invitar a los estudiantes a que elaboren hipótesis sobre la forma en la que se ha construido.

Se muestra a los alumnos que este generador es de fácil construcción pues sólo se necesita enrollar el alambre al tubo, conectar al alambre los diodos y colocar los imanes en el interior del tubo. En los extremos del tubo se colocan

bolas de unicel para evitar que los imanes se salgan, pues para hacer que los leds se enciendan deberán agitarse en el interior.

Durante la demostración los alumnos deben contestar un cuestionario con el cual se busca que los alumnos, en equipos, aterricen las ideas principales obtenidas al observar el experimento. Para cerrar la sesión, se discuten algunas de las aplicaciones de la ley de inducción de Faraday, procurando que éstas estén ancladas a las experiencias cotidianas de los estudiantes. De preferencia se busca que estas aplicaciones muestren la importancia que ha adquirido la interdisciplinariedad.

Como parte de la evaluación se les pide a los alumnos que elaboren, en equipo, una infografía sobre alguna de las aplicaciones discutidas en la sesión. Para la elaboración de esta actividad se les proporciona la dirección de páginas electrónicas en donde pueden investigar cómo se hace una infografía y pueden encontrar plantillas de acceso libre.



Figura 1. Generador casero utilizado en la estrategia didáctica.

Día 3:

Se realiza la actividad “Basta electromagnético” buscando que a través de ésta el alumno reconozca e identifique los conceptos fundamentales de la teoría electromagnética que dan lugar a la Ley de Inducción de Faraday. En esta actividad los alumnos deben escribir en la columna que así se demande el término eléctrico, magnético, la ley del electromagnetismo, una aplicación directa, así como una unidad de medida física correspondiente a la letra que haya sido seleccionada al decir “basta” cuando un alumno mentalmente repita el abecedario. Se asignan puntos si es respuesta única (200), si todas las respuestas son distintas (100), si otro equipo da la misma (50) y si hay más de dos equipos con la misma respuesta (25).

Además, se juega a la “papa caliente” actividad en la que se realizan preguntas con cierto y falso, así como preguntas abiertas para aterrizar y puntualizar los conceptos e ideas principales de relevancia que pudieran no haber quedado claros durante las actividades realizadas en la implementación de la presente estrategia didáctica. Este juego permite al final de la sesión discutir en forma grupal las respuestas erróneas.

Día 4:

A manera de cierre y con el fin de evaluar los conocimientos adquiridos y no adquiridos, así como conocer el impacto generado por la intervención, se realiza un posttest de opción múltiple y preguntas abiertas (anexo 2), el cual es diferente al cuestionario de diagnóstico aplicado en el primer día, en el que se abordan exclusivamente temas de magnetismo y teoría electromagnética. También se incluye una hoja de opinión libre en la que el alumno exprese lo que piensa sobre la estrategia implementada.

Cabe resaltar que se ha fomentado la formación de equipos con el fin de que los estudiantes se vean inmersos en un ambiente colaborativo que les permite discutir y contrastar ideas entre ellos.

IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Esta estrategia didáctica fue implementada en un grupo de bachillerato constituido por 54 estudiantes, con edades entre 14 y 16 años, que cursaban la asignatura Física III del programa académico de la Escuela Nacional Preparatoria de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ya que esta estrategia se aplicó al final del curso, en cuatro sesiones de 120 min. cada una, se consideró que los estudiantes ya conocían el concepto de fuerza eléctrica entre partículas cargadas y campo eléctrico, así como el concepto de campo magnético, flujo de campo magnético y Fuerza de Lorentz.

Los resultados obtenidos fueron bastante alentadores: la aplicación de la estrategia didáctica mostró resultados positivos pues los estudiantes, en su mayoría, obtuvieron mejores resultados en el posttest en comparación con el pretest, lo cual puede ser visualizado en la Figura 2:

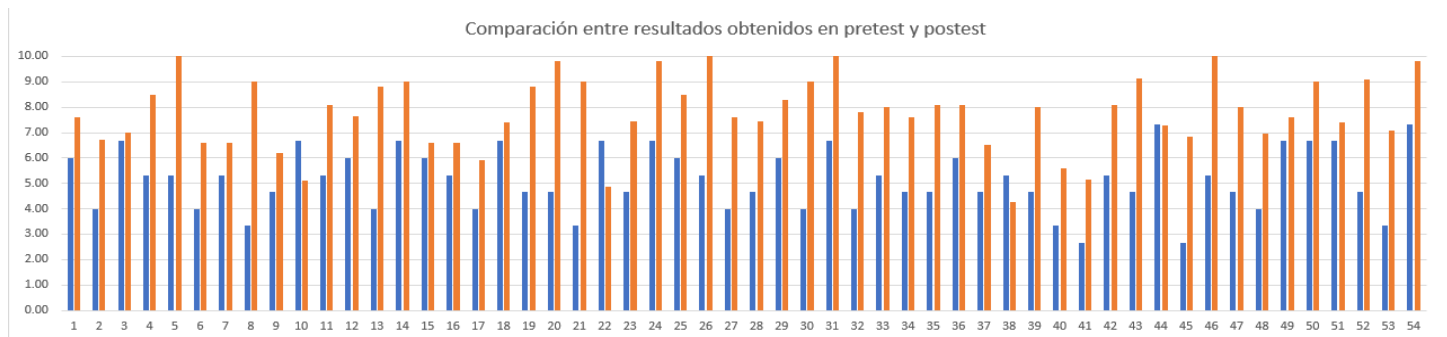


FIGURA 2. Comparación entre resultados obtenidos en el pretest y en el posttest para cada alumno.

Como se puede observar, aunque el pretest (barras azules) no fue el mismo al posttest (barras naranjas), en general los resultados obtenidos son mejores en el posttest que en el pretest. Para el pretest se obtuvo un promedio grupal de 5.17, mientras que para el posttest se obtuvo un promedio grupal de 7.72, de forma que se puede afirmar que los resultados obtenidos son satisfactorios.

En cuanto a las actividades realizadas durante la intervención, los resultados a resaltar para cada actividad son las siguientes:

1. Para la demostración con el generador eléctrico casero, el análisis de las respuestas de los cuestionarios proporcionados a los estudiantes permitió determinar los conceptos físicos con los que los alumnos relacionan a fenómenos de inducción electromagnética, así como las aplicaciones en su entorno con las que están familiarizados.

De los 10 equipos que se formaron, sólo 2 equipos confirmaron conocer que la ley de Faraday se emplea en la generación de electricidad y en el funcionamiento de motores eléctricos. Los equipos restantes negaron conocer aplicaciones de la ley de inducción electromagnética.

2. Respecto a las infografías elaboradas por los estudiantes sobre las aplicaciones de la ley de inducción electromagnética, se logró el propósito de la misma. Los estudiantes vincularon el concepto físico con situaciones que les son familiares. Esto les llevó a concluir que la física les es útil en su entorno y se propició el trabajo colaborativo.
3. A través del “Basta electromagnético” se promovió el trabajo colaborativo, así como la vinculación de los conceptos trabajados durante la intervención a leyes físicas y sus aplicaciones directas. Esta actividad ayudó a vincular los conceptos revisados y con sus aplicaciones en el entorno de los estudiantes.
4. La actividad de la “papa caliente” permitió determinar qué conceptos o ideas importantes con respecto a la ley de inducción electromagnética no habían quedado claras durante las actividades realizadas. Esta actividad permitió cerrar de forma amena la intervención.



Figura 3. Fotografía de los estudiantes trabajando en la revisión del pretest.

IV. CONCLUSIONES

La implementación de una estrategia didáctica en la que se estableció un ambiente lúdico y se realizó una actividad experimental demostrativa, contrastando con la clase tradicional de Física, fue de gran ayuda para promover el aprendizaje significativo de la Ley de Faraday en estudiantes de educación media superior. Los estudiantes pudieron no sólo apreciar los alcances de esta ley en el desarrollo de la tecnología que tienen a su alcance, sino que además concluyeron que la Física en general se encuentra más cercana a ellos de lo que pensaban. Se promovió el trabajo colaborativo. Gracias a los resultados obtenidos y a las observaciones realizadas durante la intervención, se tiene material y evidencias suficientes para mejorar la estrategia aquí presentada para futuras implementaciones, esperando obtener mejores resultados que los que se poseen hasta ahora.

AGRADECIMIENTOS

Tiffani Méndez agradece el apoyo financiero a CONACyT-MÉXICO, mientras que Mirna Villavicencio agradece el apoyo a DGAPA – UNAM a través del proyecto PAPIME P104917

REFERENCIAS

- Carrascosa, J. et al (2006), *Papel de la actividad experimental en la educación científica*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, En:
https://www.researchgate.net/publication/285649791_Papel_de_la_actividad_experimental_en_la_educacion_cientifica/citation/download (Consultado el 09 de septiembre del 2019).
- Catalán, L. Caballero C. y Moreira, M. A. (2009) Los libros de texto usados por los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual de la inducción electromagnética. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 3, 656.
- Díaz-Barriga, F. (2003). *Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo*, Revista Electrónica de Investigación Educativa, Vol. 5, No. 2, México. En: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85> (Consultado el 10 de septiembre del 2019).
- Díaz-Barriga, F., Hernández, G. (2002), *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*, McGrall Hill, Distrito Federal, México. (pp 35 - 39).
- Di Modica, R. M. (2007). *Tiempo de jugar, tiempo de aprender*. Ponencia presentada en el II Congreso Internacional y VII Nacional de la Asociación Argentina de Semiótica.
- Griffiths, D. J. (2009) *Introduction to Electrodynamics*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Jiménez Vélez, C. (2008). *El juego, nuevas miradas desde la neuropedagogía*. Bogotá, co: Editorial Aula Abierta Magisterio.
- Hendricks, C. (2001). Teaching causal reasoning through cognitive apprenticeship: What are results from situated learning? *The Journal of Educational Research*, 94 (5), 302-311.
- Huizinga, J. (2007) *Homo ludens*. El libro de bolsillo-Alianza editorial. Madrid. En:
<http://zeitgenoessischeaesthetik.de/wp-content/uploads/2013/07/johan-huizinga-homo-ludens-espan%CC%83ol.pdf>
(Consultado el 15 de mayo 2018).
- Maloney, P., O’Kuma, T. L., Hieggelke, C. J. & Van Heuvelen, A. (2001) Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Am. J. Phys.* 69, S12; doi: 10.1119/1.1371296.
- Melo, M. (2014). *El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales*. En: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732014000300004 (Consulta:05 de septiembre del 2019).
- Mukhopadhyay, S. C. (2006). Teaching electromagnetics at the undergraduate level: a comprehensive approach. *Eur. J. Phys.* 27 727
- Murulanda, J. (2006), *Experimentos en el aula de clase para la enseñanza de la física*. Revista de la Sociedad Colombiana de Física, Vol. 38, N° 2, En:
https://www.researchgate.net/publication/28116752_Experimentos_en_el_aula_de_clase_para_la_ensenanza_de_la_fisica
(Consultado el 09 de septiembre del 2019).

Riveros, H (1995), *El papel del laboratorio en la enseñanza de la física en el nivel medio superior*, Perfiles Educativos, 68, Distrito Federal, México. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13206806> (Consultado el 09 de septiembre del 2019).

ANEXOS

ANEXO 1. PRETEST

Instrucciones: El siguiente cuestionario es para saber que tanto dominas ciertos temas. Recuerda que no perjudica en tu calificación, pero si nos ayuda a saber que temas se tienen que reforzar para futuros temas más complejos. Responde con pluma negra o azul, seleccionando la opción que consideres sea correcta y escribiendo lo que consideres correcto en la pregunta abierta. ¡Éxito!

1. Supón que frota tu cabeza con un globo, los cabellos se te levantan cuando alejas o acercas el globo después de frotarlo en tu cabeza debido a:
 - a) La electrostática.
 - b) La fuerza gravitacional.
 - c) Diferencia de cargas.
 - d) Diferencia de polaridad.
2. Todos los días, a Juan le gusta jugar con una esfera cargada negativamente y observar lo que ocurre. Él dice que siente la fuerza eléctrica de la esfera debido a:
 - a) La energía eléctrica.
 - b) La carga eléctrica.
 - c) El potencial eléctrico.
 - d) El campo eléctrico.
3. Imagina que estás cargado positivamente, ¿hacia dónde apuntan tus líneas de campo?
 - a) Apuntan hacia afuera y hacia adentro de mí.
 - b) Apuntan hacia mí.
 - c) No apuntan hacia ningún lado.
 - d) Apuntan hacia afuera de mí.
4. La profesora de física está revisando el tema de cargas eléctricas con sus alumnos de 4to año de la Escuela Nacional Preparatoria, a lo que para eso utiliza un Generador Van de Graaff y lo carga. Para hacer la demostración, acerca al generador una regla de metal. ¿cuál de las siguientes afirmaciones es la que ocurre?
 - a) La regla se calienta y quema a la profesora.
 - b) La regla se carga y le da un toque a la profesora.
 - c) La regla cambia de color.
 - d) La regla cambia de color por las cargas.
5. Las baterías que utiliza el control de tu TV son de ciertos “volts” ¿a qué se refiere ese término?

- a) A la energía eléctrica.
 - b) Al potencial eléctrico.
 - c) A la potencia eléctrica.
 - d) A su capacidad de carga.
6. En las series navideñas antiguas, cuando un foquito ya no servía, toda la serie dejaba de funcionar, por lo que se tenía que probar foco por foco para encontrar el foco que fallaba. La serie navideña es un tipo de circuito eléctrico aplicado. ¿Con qué concepto de física podrías saber la resistencia de los foquitos?
- a) La 1ª ley de Newton.
 - b) La ley de Faraday.
 - c) La ley de Ohm
 - d) La ley de conservación de la energía.
7. Cuando conectas un foco en tu casa, ¿qué es lo que pasa por el contacto?
- a) Electrones.
 - b) Luz.
 - c) Energía eléctrica.
 - d) Carga.
8. La conexión eléctrica en tu casa está diseñada de tal forma que cada componente es independiente de las demás, es por eso que cuando enciendes la luz de tu cuarto, solo enciende esa y no la de la cocina. ¿qué tipo de circuito es?
- a) Serie
 - b) Paralelo.
 - c) Mixto
 - d) Cerrado.
9. Imagina que juegas con imanes. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:
- a) Todos los metales son magnéticos.
 - b) Los polos diferentes se atraen y los que son iguales, se repelen.
 - c) Los aislantes son magnéticos.
 - d) Los polos iguales se atraen y los que son diferentes, se repelen.
10. Imagina que estás experimentando en el laboratorio de física y que tienes un alambre por el cual pasa corriente eléctrica. Ahora, cerca del alambre haces pasar una brújula, ¿qué crees que ocurra?
- a) La brújula va a cambiar de color.
 - b) La brújula se va a cargar.
 - c) La brújula va a cambiar la dirección en la que apunta.
 - d) La brújula se va a calentar.
11. En los aceleradores de partículas como los del CERN o los que tienen en el Instituto de Física de la UNAM, es común que se utilicen imanes. Las partículas que aceleran en estos lugares están cargadas, ¿qué crees que les hagan los imanes a las partículas?

- a) Las frenan debido a la fuerza eléctrica.
- b) Las aceleran debido a la fuerza magnética.
- c) Las aceleran debido a la fuerza eléctrica.
- d) Las desvían debido a la fuerza magnética.

12. Un compañero de clase asegura que las puertas de los refrigeradores tienen aluminio bajo la capa plástica blanca de las orillas. Quieres comprobarlo, pero sabes que no puedes maltratar el refrigerador o tus papás se van a enojar, entonces se te ocurre:

- a) Pasarle un foco para ver si prende.
- b) Medir si pasa corriente por la puerta.
- c) Frotar la puerta con un globo y ver si hay electrostática.
- d) Pasar un imán y ver si se siente atracción magnética.

13. Estás en el laboratorio y tu profesor les proporciona una espira con un cierto número de vueltas (conductor en forma de bobina), una barra de imán y un multímetro. Conectas la bobina al multímetro y mueves el imán dentro de la bobina. Lo que observas es:

- a) Un voltaje inducido que es directamente proporcional al número de vueltas de la espira.
- b) Un campo magnético variable.
- c) Un voltaje inducido que es inversamente proporcional al número de vueltas de la espira.
- d) Un campo magnético constante.

14. El ejercicio anterior se rige por:

- a) La segunda ley de la termodinámica.
- b) La ley de Faraday.
- c) La ley de conservación de la energía.
- d) La ley de Ampère.

15. Escribe con tus propias palabras lo que dice la ley de Inducción de Faraday y da un ejemplo de aplicación de la misma.

ANEXO 2. POSTTEST

Instrucciones: Responde con pluma negra o azul, seleccionando la opción que consideres sea correcta y escribiendo lo que consideres correcto en las preguntas abiertas. ¡Éxito!

1. Imagina que estás experimentando en el laboratorio de física y que tienes un alambre por el cual pasa corriente eléctrica. Ahora, cerca del alambre haces pasar una brújula, ¿qué crees que ocurra?
 - e) La brújula va a cambiar de color.
 - f) La brújula se va a cargar.
 - g) La brújula va a cambiar la dirección en la que apunta.
 - h) La brújula se va a calentar.

2. En los aceleradores de partículas como los del CERN o los que tienen en el Instituto de Física de la UNAM, es común que se utilicen imanes. Las partículas que aceleran en estos lugares están cargadas, ¿qué crees que les hagan los imanes a las partículas?
 - e) Las frenan debido a la fuerza eléctrica.
 - f) Las aceleran debido a la fuerza magnética.
 - g) Las aceleran debido a la fuerza eléctrica.
 - h) Las desvían debido a la fuerza magnética.

3. Estás en el laboratorio y tu profesor les proporciona una espira con un cierto número de vueltas (conductor en forma de bobina), una barra de imán y un multímetro. Conectas la bobina al multímetro y mueves el imán dentro de la bobina. Lo que observas es:
 - e) Un voltaje inducido que es directamente proporcional al número de vueltas de la espira.
 - f) Un campo magnético variable.
 - g) Un voltaje inducido que es inversamente proporcional al número de vueltas de la espira.
 - h) Un campo magnético constante.

4. El ejercicio anterior se rige por:
 - e) La segunda ley de la termodinámica.
 - f) La ley de Faraday.
 - g) La ley de conservación de la energía.
 - h) La ley de Ampère.

5. Indica si los siguientes enunciados con verdaderos (V) o falsos (F):
 - e) Los conductores con corriente eléctrica generan magnetismo. _____
 - f) Se induce corriente cuando se mueve un foco cerca de un conductor estacionario . _____
 - g) Se induce corriente si se mueve un conductor en un campo magnético estacionario. _____
 - h) Entre mayor número de vueltas de alambre tenga en una bobina, mayor será el voltaje inducido. _____

 - i) La cantidad de voltaje inducido no depende de la rapidez con la que las líneas de campo magnético entren o salgan de la bobina. _____

