

Diseños experimentales caseros para la enseñanza de conceptos electromagnéticos en el Tecnológico Nacional de México

Homemade experimental designs for teaching electromagnetic concepts in the National Technological of Mexico

Alberto Sánchez Moreno

Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica, Querétaro, México.

Omar Jaimes Gómez

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México DF, México.

Fredy Jiménez Rojas, Claudia Odilia Magallán Muñoz

Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato, México.

José Luis Álvarez López

Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica, Querétaro, México.

Resumen

En el presente artículo se describe la construcción de dispositivos experimentales elaborados con materiales de fácil adquisición como apoyo para la enseñanza de algunos conceptos electromagnéticos en el Tecnológico Nacional de México. Basados en un modelo de enseñanza constructivista, se propone que dichos experimentos sean utilizados como parte del proceso de enseñanza, ya que permiten apreciar en forma directa los conceptos que explican adecuadamente los fenómenos naturales, además de propiciar una mejor comprensión de los mismos. Asimismo, conduce al alumno al desarrollo de proyectos, a la búsqueda y adquisición de materiales, al diseño y elaboración del prototipo y por supuesto, a mostrar el concepto de manera plausible.

Palabras clave: didáctica de las ciencias; enseñanza de la física; diseño experimental y experimentos educativos.

Abstract

This paper describes the design of experimental devices made with materials of easy acquisition as support for teaching some electromagnetic concepts in the National Technological of Mexico. Based on a constructivist teaching model, it is proposed that such experiments should be used as part of the teaching process, because they allow directly appreciate the concepts that appropriately explain the natural phenomena, in addition to promoting a better understanding of them. It also leads to the student projects development, the search and acquisition of materials, design and development of the prototype and of course, to show the concept of plausible way.

Keywords: science education; physics education; experimental design an educational experiments.

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la investigación dedicada a la enseñanza y aprendizaje de la Física, existen numerosos trabajos dedicados a cuestionar, de alguna manera, el papel que ha jugado la enseñanza tradicional de las ciencias básicas, entre ellas la Física (Hake, 1998; Benítez y Mora, 2010; Mendez, 2012; Elizondo, 2013). En todos ellos se manifiesta la necesidad de cambiar la forma tradicional de dar clase por otras metodologías que logren el tan ansiado aprendizaje significativo de los conceptos que involucra el estudio de la ciencia (Moreira, 1997, 2009, 2012). Estas estrategias, aunque de diferente índole, van desde el diseño de unidades didácticas hasta el aprendizaje por descubrimiento (Garriz, 2007; Baro, 2011; Vera, Rivera y Fuentes 2013) manifestando, explícita o implícitamente, la necesidad de que el docente tenga una actitud responsable y de alto compromiso, ignorando la práctica tradicional y común de dar su "clase", es decir, que abandone el papel protagónico de informador principal, expositor y transmisor de conocimientos. La nueva presencia del profesor en el aula deberá orientarse a la de un expositor de contenidos significativos, que promueva una sana discusión de los conceptos con los alumnos, director de investigación, creador y solucionador de conflictos cognitivos, asesor, promotor del cambio y, finalmente, formador de personas.

46

Dentro de este contexto de enseñanza y aprendizaje de la Física, y en especial del electromagnetismo, se percibe la manera en que los conocimientos han evolucionado y con ello transformado nuestra forma de pensar y de vivir; en contraparte, los contenidos temáticos y los métodos de enseñanza no han sufrido cambios sustanciales. Por otro lado, y con base en nuestra experiencia diaria como docentes del área de Física, reconocemos que su estudio resulta difícil y poco atractivo para la mayoría de los estudiantes.

Esta propuesta pretende promover un mejor aprendizaje de los conceptos fundamentales del electromagnetismo pensando en las diferentes carreras de ingeniería que utilizan estos conocimientos, fortaleciendo la comprensión y aplicación de los principios en el funcionamiento de los instrumentos y dispositivos tan generalizados en el desarrollo de nuevas tecnologías de la ciencia moderna.

En el desarrollo del trabajo se considera una estrategia de enseñanza experimental que le permita al alumno apropiarse de los conceptos estudiados, sometiéndolo a un proceso de "descubrimiento orientado", es decir, que mediante la guía del docente aprenda que la experimentación implica una comprobación

de los modelos abstractos que describen a la naturaleza, y que la observación detallada de los fenómenos físicos motiva a la reflexión y cuestionamiento del conocimiento de la misma, actividades fundamentales para adquirir un aprendizaje significativo, entendido éste último como aquél en el que se integra el conocimiento nuevo, o la explicación del maestro, a lo que el que aprendiz ya sabe (Ausubel, 2000).

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección II se discute la importancia de la experimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje; la sección III está dedicada a plantear la propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de algunos conceptos electromagnéticos; la sección IV está dedicada a las conclusiones y sugerencias; finalmente, se presenta un apéndice con secuencias didácticas en la construcción de otros dispositivos.

2. EXPERIMENTACIÓN Y DIDÁCTICA

El problema de la enseñanza y aprendizaje de la Física tiene varias vertientes; sin embargo, las principales se enfocan en el docente, quien carece de estrategias didácticas –que influyan en el alumno– (Pozo y Gómez, 2009), y por supuesto en el estudiante, el cual enfrenta serias dificultades al tratar de comprender los conceptos de la Física, en especial los que se refieren al electromagnetismo. Lo anterior tal vez se deba a concepciones erróneas, por falta de interés o falta del desarrollo adecuado de sus habilidades matemáticas.

En el caso de la enseñanza por parte del profesor, se han encontrado dos posturas igualmente cuestionables:

1. La primera de ellas parte del supuesto de que todo el trabajo deberá ser asumido por el docente, convirtiendo con ello al alumno en un mero espectador; esta es la enseñanza de tipo tradicional (Pozo y Gómez, 2009). Por supuesto, esto trae como consecuencia que el alumno no entienda cabalmente los conceptos porque únicamente se dedica a repetirlos –en el mejor de los casos– sin tomar en consideración cómo se llegó a ellos, cómo aplicarlos correctamente o en la situación en que deba hacerlo.
2. La otra posición es el de la enseñanza por descubrimiento, que considera –siguiendo una de las corrientes del constructivismo– que el alumno deberá ser capaz de descubrir por sí mismo a través de sus experiencias (con la ayuda de un experimento) los conceptos fundamentales de la Física. El problema de esta forma de enseñanza es que olvida que la

dificultad esencial a la que deben enfrentarse los alumnos es la de la idealización ya que ésta no se descubre a través del experimento. Lo que el experimento sí hace es validar la teoría de la que se parte para explicar los fenómenos naturales estudiados.

Aunque existen opiniones en contra de utilizar la experimentación para la enseñanza y aprendizaje de la Física (Ausbel, Novak y Hanesian, 1983; Pérez, 1983; Hodson, 1994; Vázquez, Acevedo, A., Manassero y Acevedo, P. 2001), también existen aspectos a favor que permiten concluir que la experimentación es muy importante en la forma de abordar la enseñanza de la misma, porque ella posibilita comprobar la teoría aprendida previamente en clase (aprendizaje significativo por recepción) con las teorías aceptadas en la Física (Pozo y Gómez, 2009). Además, lo anterior capacita a los alumnos a observar de manera crítica, cualidad fundamental a desarrollar en el proceso enseñanza aprendizaje (Garritz, 2007; Contreras y Díaz, 2007; Miranda, 2009; Massoni y Moreira, 2010; Mora y Aguilar, 2011; Cruz y Espinosa, 2012; Cañizares, 2014).

48

Se ha observado que en las diferentes instituciones educativas, y en particular los Institutos Tecnológicos del país pertenecientes al Tecnológico Nacional de México (TecNM), se tiene alguno de los dos problemas siguientes: en el mejor de los casos se cuenta con un laboratorio que carece de dispositivos experimentales o, en el peor de los escenarios, ni siquiera se tiene un laboratorio (Sebastia, 1987).

La falta de un laboratorio profesional que permita comprobar los conceptos físicos aprendidos en el salón de clase, ha motivado a muchos docentes a pedir a sus estudiantes que elaboren dispositivos experimentales con este fin. Sin embargo, en las juntas de academia del área de ciencias básicas de los Institutos Tecnológicos, los docentes manifiestan, a través de comunicaciones personales, la minuciosa labor y responsabilidad al tratar de planear estas actividades debido a que se requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Elaboración previa de los materiales con la finalidad de asegurar que el estudiante no tenga dificultad al construirlos.
- Comprobar que los materiales son de fácil adquisición.
- Verificar que los dispositivos muestren el fenómeno deseado realizando pruebas con anterioridad.

Es importante mencionar que las necesidades y dificultades específicas de los docentes, como en este caso particular, no ha sido objeto de estudio por parte del Tecnológico Nacional de México, lo que permite un área de oportunidad para la innovación educativa. Aunque exista la asignatura de Diseños Experimentales en la mayoría de las carreras de ingeniería de los Institutos Tecnológicos, ésta se orienta básicamente en la aplicación de conceptos básicos de la experimentación, así como el análisis estadístico en el proceso de investigación científica para la toma de decisiones (Tecnológico Nacional de México [TecNM], 2014).

Por tales motivos, es importante una revisión de la retícula en los tiempos asignados a las materias de física de las carreras de ingeniería, no sólo para cubrir los contenidos disciplinares en forma –en donde se trata de optimizar al máximo los tiempos de las actividades de aprendizaje y enseñanza– si no para poder implementar experiencias educativas como la que se sugiere.

De esta manera el docente, al construir el dispositivo experimental (que dejará de tarea), tendrá la oportunidad de medir los tiempos de construcción y la facilidad en la adquisición de los materiales. Una vez construido el dispositivo, es fundamental verificar el correcto funcionamiento del mismo y si realmente se percibe el fenómeno deseado, ya que en este tipo de materiales didácticos el margen de error es mayor por los componentes utilizados. Descuidar el punto C propiciaría en el estudiante el efecto pedagógico contrario al deseado. El docente también tiene que trabajar elaborando una práctica que se adecue al dispositivo experimental y que lleve al aprendizaje deseado.

En el presente trabajo se describen los cuatro dispositivos experimentales para la propuesta didáctica de enseñanza y aprendizaje de los conceptos electromagnéticos. Por lo anterior, se descubrieron y solucionaron problemas que los alumnos podrían enfrentar durante la fase de construcción, lo que permite afirmar que los dispositivos descritos en el artículo, aparte de ser sencillos de construir, son de bajo costo.

En esto radica la principal innovación de la propuesta, porque no sólo se menciona la importancia de la experimentación y de la construcción de los dispositivos a utilizar sino también de cómo hay que hacerlos siguiendo instrucciones muy descriptivas. Además, se logra que el alumno sea en gran medida un reproductor de las investigaciones pasadas que llevaron a cabo los creadores de la Física. Parte de lo anterior es lo que se explica en el próximo apartado y lo que se conoce como “investigación dirigida” (Pozo y Gómez, 2009).

3. PROPUESTA DIDÁCTICA

En el contexto de los Institutos Tecnológicos pertenecientes al Tecnológico Nacional de México, se solicita ofrecer una educación bajo el enfoque de competencias (Zapatero et al., 2004) que está fundamentada en la teoría constructivista (Gimeno y Pérez, 2008). Conforme a esta teoría, el desarrollo de habilidades y destrezas se adquiere como resultado de que primeramente se haya recibido una enseñanza por recepción, ya que el alumno deberá enfrentarse con las dificultades que la idealización trae consigo en cualquiera de sus conceptos, siendo éstos adquiridos significativamente de esta forma.

Por ejemplo, el concepto de carga eléctrica no es inmediato a nuestra experiencia cotidiana, porque al existir en dos grupos (positivas y negativas) los objetos en condiciones normales no manifiestan la existencia de ella ni de su interacción con otras del mismo o diferente tipo (Serway, R.A. y Jewett, J.W., 2005). Esto hace necesario que el docente, mediante una discusión dirigida, haga que los estudiantes se enfrenten a un conflicto cognitivo (Gimeno, J. y Pérez, A., 2008) por medio de un acercamiento progresivo de las ideas de éstos a los conceptos científicos. Para ello, es necesario establecer las relaciones que existe entre la nueva información de la teoría que se les va a presentar, producto de una idealización de la naturaleza, con los conocimientos presentes en sus estructuras conceptuales. Es importante no olvidar el hecho de que cuando exista un conflicto entre los conceptos previos del alumno con los de la ciencia formalmente aceptada, se deberá hacer evidente la ineficacia de las teorías alternativas de éste en relación con el poder explicativo y predictivo de la ciencia establecida.

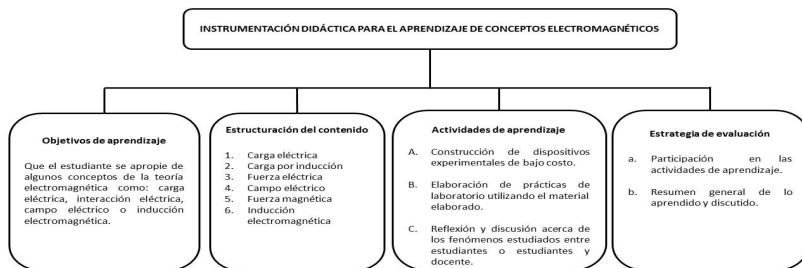
50

La manera más eficaz de lograr lo anterior es someter los conocimientos del alumno, y los de la ciencia, al proceso experimental, es decir, hacerle ver que mediante experimentos (con los dispositivos aquí propuestos) la teoría científica discutida en clase se corrobora y, por lo tanto, se valida. Es fundamental que los alumnos reconozcan que sus ideas previas acerca de estos fenómenos, ni explican ni hacen una predicción sobre los resultados en los experimentos efectuados. Lo anterior es lo que se llamó un conflicto cognitivo (Gimeno y Pérez, 2008), que es también en gran medida una investigación dirigida (Pozo y Gómez, 2009) porque se está situando a los alumnos en un contexto similar al que vive un científico (desde el punto de vista metodológico y actitudinal) pero bajo la supervisión del profesor, quien fungirá como “director de investigación”.

De todo lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que este modelo de enseñanza es constructivista porque, en el caso de la evaluación, se observa que las actividades son un instrumento más al servicio del aprendizaje y no tanto un criterio de selección como sucede en el conductismo (Hernández, 2007). En esta concepción también se resalta el carácter social del proceso de resolución, pues se está fomentando la comunicación y el diálogo entre los mismos alumnos y con el profesor. Esto ayuda indudablemente a la comprensión de los procedimientos, de las actitudes y los conceptos que tanta relevancia tienen en el modelo constructivista.

Considerando la importancia que tiene el desarrollo de experimentos en la asimilación y comprensión de los conceptos de Física, la instrumentación didáctica, figura 1, contiene como actividades de aprendizaje, además de las prácticas experimentales, el diseño y elaboración de prototipos con materiales de fácil adquisición.

FIGURA 1
Esquema de la instrumentación didáctica

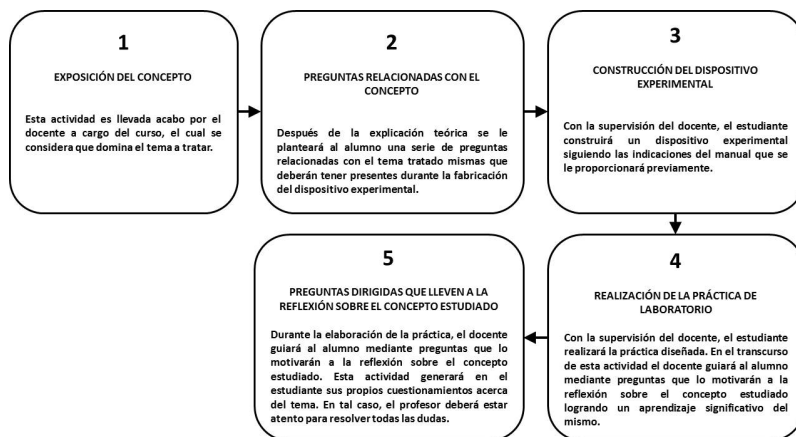


Fuente(s): Elaboración propia.

A continuación se mencionan los cuatro dispositivos a construir y su vínculo con el concepto físico a ejemplificar. El primero de ellos, un electroscopio, está relacionado con el entendimiento del concepto de inducción electrostática y de carga eléctrica; el segundo, un péndulo electrostático, se emplea para la fuerza electrostática; finalmente, un motor eléctrico y una bobina inductiva, son requeridos para el concepto de inducción electromagnética.

Las actividades de aprendizaje propuestas las enmarcaremos en una serie de pasos que en conjunto denominaremos “secuencia didáctica” en el sentido natural de considerarla como actividades sucesivas que tienen como fin enseñar, véase figura 2.

FIGURA 2
Secuencia didáctica propuesta



Fuente(s): Elaboración propia.

En esta “secuencia didáctica” están considerados los manuales de fabricación de los prototipos caseros y los manuales de prácticas, fundamentales para comprender mejor los conceptos relacionados con la Física, en particular los del electromagnetismo. Para ejemplificar esta secuencia, se utilizará el primero de los dispositivos caseros: el electroscopio; los otros se describirán en el apéndice al final del trabajo.

El electroscopio es un dispositivo que determina la presencia de las cargas eléctricas y su signo, es decir, permite demostrar si un objeto está o no cargado así como de clasificar el tipo de carga que contiene a través del fenómeno de inducción, frotamiento o contacto. La propuesta es que el estudiante construya un electroscopio con el que observará y aprenderá el fenómeno de inducción electrostática, examinando la atracción o repulsión de las laminillas del mismo, acercando o alejando un objeto cargado, en este caso, una varilla de lucita o acrílico. Mediante diferentes experimentos comprobará que existen dos tipos de carga.

El proceso de enseñanza y aprendizaje sugerido es que el estudiante sea un participante activo, a diferencia de los cursos tradicionales donde el alumno sólo es un receptor pasivo de la información dada por el docente. En nuestro caso, el hecho de que el alumno construya el dispositivo experimental le permitirá cuestionar, por sí mismo, el fenómeno estudiado.

La “secuencia didáctica” en el uso del electroscopio, comienza con la explicación teórica de concepto de carga y las preguntas relacionadas con este concepto, figura 3.

FIGURA 3
Primeros pasos de la secuencia didáctica

1

Carga eléctrica

La carga es una propiedad intrínseca de la naturaleza de tal manera que sólo conocemos sus efectos. De la experimentación sabemos que los objetos se pueden cargar. El frotamiento entre cuerpos hace que se presente la carga. Podemos definir dos tipos de carga: positiva y negativa. La carga negativa es repelida por otra negativa y es atraída por una positiva. Análogamente, la carga positiva es repelida por una positiva y atraída por una negativa.

2

- Experimentalmente, ¿cómo nos damos cuenta que existe carga eléctrica?
- ¿Cómo podríamos darnos cuenta, mediante un experimento, que hay dos tipos de carga?
- ¿Se puede cargar un objeto sin frotarlo?

Fuente(s): Elaboración propia.

El paso 3 de la secuencia es la construcción del dispositivo experimental, para lo cual se le proporciona al estudiante el manual de construcción con las indicaciones del material necesario y las instrucciones para su elaboración. Es importante mencionar que esta actividad se debe de llevar a cabo en el mismo salón de clases y en presencia del docente para garantizar la interacción maestro-alumno fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje, figura 4. En la figura 5 se ilustra el paso 3 de la secuencia didáctica.

FIGURA 4

Paso tres de la secuencia didáctica e instrucciones de construcción del electroscopio

3

Para construir un electroscopio casero se necesita:

- a) Frasco de vidrio con su tapa (de preferencia tapa de plástico).
- b) Un trozo de alambre de cobre.
- c) Cinta adhesiva, tapón de corcho o material aislante.
- d) Papel aluminio.

Los pasos a seguir son:

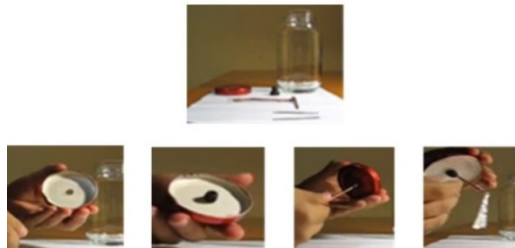
1. Hacer un orificio en la tapa del frasco de manera que pueda pasar el alambre. Si la tapa es metálica aislar el orificio con el tapón de corcho o con cinta de aislar (el metal es un buen conductor y las cargas se desplazan con facilidad).
2. Introducir el alambre por el orificio haciendo por la parte inferior un gancho para sostener las laminas de aluminio y por la parte superior una espiral.
3. Cortar dos trozos de papel aluminio con un tamaño aproximado de 2x4 centímetros (no deben ser muy grandes para que su peso sea despreciable). Hacer en cada lámina de aluminio un pequeño orificio que les permitirá sostenerse en el gancho del alambre.
4. Con el papel aluminio cubrir totalmente la espiral y colocar las láminas de aluminio en el gancho. Finalmente cierre el frasco y listo.

Fuente(s): Elaboración propia.

FIGURA 5

Imágenes del paso 3 en la secuencia didáctica

54



Fuente(s): Elaboración propia.

Una vez construido el electroscopio se procede a realizar la práctica sugerida por el docente. Aquí es importante que el docente esté atento para resolver las posibles dudas o preguntas que le surjan al estudiante durante el desarrollo de la práctica. La figura 6 muestra la práctica propuesta para el electroscopio.

FIGURA 6

Paso 4 de la secuencia didáctica

4

OBJETIVO: Determinar experimentalmente la existencia de los dos tipos de carga eléctrica.

INTRODUCCIÓN: Mediante el uso del electroscopio podemos observar las interacciones que existen entre las cargas eléctricas y comprender el principio de la Ley de Coulomb que nos permite observar estos fenómenos.

MATERIAL REQUERIDO: Una barra de lucita, una barra de vidrio, una piel de conejo, un trozo de lana o de seda y un electroscopio.

PROCEDIMIENTO:

Carga por frotamiento la barra de lucita utilizando la piel de conejo. Pon en contacto la barra cargada y el extremo superior del electroscopio.

a) Asegúrate de que quede cargado el electroscopio. Ahora frota la barra de vidrio con el trozo de lana o de seda y cerciérate que la barra esté bien seca antes de ser frotada. Acerca la barra a la cabeza del electroscopio procurando que no entre en contacto con ella.

b) ¿Qué sucede con las hojas del electroscopio?

c) Sabiendo que la carga de la barra de lucita es negativa, ¿de qué signo es la carga de la barra de vidrio?

Anota tus resultados y discútelos con tus compañeros y profesor.

Fuente(s): Elaboración propia.

FIGURA 7

Imágenes del paso 4 de la secuencia didáctica.



Fuente(s): Elaboración propia.

La secuencia finaliza cuando el docente cuestiona al estudiante acerca de lo observado durante el desarrollo experimental con el propósito de llevarlo a la reflexión sobre fenómeno estudiado. Esta actividad puede ser llevada a cabo de manera simultánea con el paso 4. Algunas de estas preguntas, para el caso del experimento con el electroscopio, se muestran en la figura 8.

FIGURA 8

Paso 5 de la secuencia didáctica

5

¿Por qué se separan las hojas del electroscopio?

¿Qué se debe hacer para mantener separadas las hojas del electroscopio?

Si se logra la experiencia anterior, explique las causas.

Fuente(s): Elaboración propia.

56

Finalmente, el docente se encargará de concluir la actividad recapitulando lo más importante y motivando al estudiante a establecer sus propias conclusiones. Es importante mencionar que esta experiencia educativa propuesta, se ha discutido con docentes de los Institutos Tecnológicos en un evento académico regional (Jaimes, 2014) para la aplicación y el intercambio de las experiencias en el aula de aquellos profesores que han tratado de incorporar prácticas similares en su labor profesional. En las comunicaciones personales de los profesores en este evento, se discute que los estudiantes manifiestan mayor interés en los fenómenos electromagnéticos a través de su participación al elaborar los prototipos, se incrementa el deseo de participar en concursos experimentales en diferentes categorías, se aprecia la integración y colaboración por equipos de trabajo y el gusto por reproducir fenómenos vistos de manera teórica.

Además del dispositivo utilizado para ejemplificar la propuesta didáctica, también se puede emplear el generador Van der Graaff, considerado de gran utilidad por los docentes, para estudiar los fenómenos de carga e interacción electromagnética. Es importante destacar que la secuencia didáctica se aplica de manera análoga a la ya descrita con anterioridad y que el tiempo aproximado de ensamblado es de tres horas siguiendo el diseño de la guía de construcción que aparece en el siguiente sitio web del centro adscripción de los autores (<https://sites.google.com/site/cienciasbasicasciidet/>).

4. CONCLUSIONES

A lo largo de todo el artículo se ha tratado de mostrar la necesidad y la posibilidad de incorporar el diseño y elaboración de dispositivos caseros en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Apoyados por una “secuencia didáctica”, se ejemplifica el uso de los dispositivos fabricados considerando que la propuesta se enmarca en los dominios constructivistas porque las actividades están dirigidas al aprendizaje fomentando la interacción profunda entre todos los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje lo que facilita el entendimiento de los procedimientos, las actitudes y los conceptos.

También se considera que la propuesta planteada genera en los alumnos mayor interés por los fenómenos electromagnéticos. Además, promueve el trabajo en equipo, posibilita la verificación y el intercambio de inquietudes conceptuales, despierta el deseo de mejorar los prototipos así como de participar en concursos de creatividad y, por supuesto, aumenta la comprensión de los conceptos involucrados.

Se diseñaron cuatro prototipos experimentales de bajo costo. En la sección III se describen los pasos en la construcción de uno de ellos (el electroscopio), así como su utilización en la secuencia didáctica considerando que es el de mayor interés. La descripción del diseño y fabricación del resto de los dispositivos se encuentra en el apéndice al final del artículo. También se hace referencia a un sitio de interés en la institución de adscripción de los autores en donde se desarrolla una secuencia didáctica para otro dispositivo experimental de valor educativo: el acelerador Van der Graaff.

Actualmente, se está trabajando en dispositivos para el estudio de la Mecánica, de tal manera que en ambos casos, Mecánica y Electromagnetismo, se ponga a prueba la propuesta didáctica mediante un experimento de doble ciego y así comprobar plenamente su eficacia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.

AGRADECIMIENTOS

O.J., F.J. y C.M., desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) la beca otorgada para realizar los estudios de especialización. Agradecemos también al CIIDET por ofrecer cursos de capacitación para profesores

en activo que de alguna forma han logrado cambiar nuestra forma de ver el proceso de enseñanza y aprendizaje. F.J. y C.M. agradecen también al ITC por el apoyo institucional.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (2a. ed.). México: Trillas.
- Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Baro C. A. (2011, Marzo). Metodologías activas y aprendizaje por descubrimiento. *Innovación y Experiencia Educativas, Dep. Legal: GR 2922/2007, 40*. ISSN 1988-6047.
- Benítez, Y. y Mora C. (2010). Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Rev. Cub. Fis. 27(2A)*, 175-179.
- Cañizares, Y. (2014, diciembre). Propuesta para impartir la didáctica de la física empleando estrategias de enseñanza y aprendizaje. *Revista: Avances en supervisión educativa, 22*. ISSN: 1885-0286. Recuperado de www.adide.org/revista
- Contreras, A. y Díaz, Q.V. (2007, septiembre-diciembre). La enseñanza de la ciencia. *Laurus: Revista de Educación, 13(25)*, 114-145, ISSN: 1315-883X.
- Cruz, J.C. y Espinosa, V. (2012, febrero-mayo) Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 35*. ISSN0124-5821. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/>
- Elizondo, T. Ma. S. (2013, enero-junio). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria, 3(5)*. Nuevo León, México.
- Garritz, A. (2007). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Bol. Soc. Quím. Méx., 1(1)*, 67-72.
- Gimeno, J. y Pérez, A. (2008). *Comprender y Transformar la Enseñanza*. Madrid, España: Morata.
- Hake, R. (1998). Interactive engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys. 66 (1)*, 64-74.
- Hernández, P. (2007). *Diseñar y enseñar: teoría y técnicas de la programación y el proyecto docente*. Madrid, España: Narcea.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias, 12*, 299.
- Jaimes, O. (2014, agosto). *Diseños experimentales caseros para la enseñanza de conceptos electromagnéticos*. III Jornadas Académicas de Ciencias Básicas

- del Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica, Querétaro, México. Recuperado de <https://sites.google.com/site/cbtercerasjornadas/programageneral>
- Méndez, C. D. (2012). El aprendizaje cooperativo y la enseñanza tradicional en el aprendizaje de la física. *Educación y Futuro*, 27, 179-200, ISSN: 1576-5199.
- México. Tecnológico Nacional de México (2014). Recuperado de <http://www.tecnm.mx/>
- Miranda, C. (2009). Propuesta didáctica para el aprendizaje en el laboratorio basado en resolución de problemas reales. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra*. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 377-380.
- Mora, M. y Aguilar, F. (2011). Propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje del conceptos físicos básicos a partir del uso del video de ciencia ficción y prácticas de aula demostrativas. *Revista Científica*, 13. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/1313>
- Moreira, M. A. (1997). *Meaningful learning: a subjacent concept*. Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos, España, 19-44.
- Moreira, M. A. (2009). *Aprendizaje significativo de las ciencias: Condiciones de ocurrencia, progresividad y criticidad*. II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 28 al 30 de octubre de 2009, La Plata, Argentina. Un espacio para la reflexión y el intercambio de experiencias. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.612/ev.612.pdf
- Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Revista Currículum*, 25, 29-56, ISSN: 1130-5371.
- Pérez, D.G. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 1, 26-33.
- Pozo, J. y Gómez, M.A. (2009). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid, España: Morata.
- Sebastia, J. M. (1987). ¿Que se pretende en los laboratorios de física universitaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 196-204.
- Serway, R.A. y Jewett, J.W. (2005). *Física. Para Ciencias e Ingenierías, Vol. 2*. México: Thomson.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.
- Vera, F., Rivera, R. y Fuentes, R. (2013). Galería de Galileo: Videos de experimentos para la enseñanza de la Física. *Estudios Pedagógicos XXXIX*, 1, 143-151, ISSN: 0718-0705.
- Zapatero, A., García, C.A., Macías, H.F., Pérez, E., Chabolla, J.M., Nájera, E. y Orozco, A. (2004). *Modelo educativo para el siglo XXI. Sistema Nacional de Educación Tecnológica*. México: Editores e Impresores Foc. S.A. de C.V.

APÉNDICE

Aquí se describe de manera general la secuencia de pasos a seguir para la construcción de un péndulo electrostático, un motor y un generador caseros. Se sugiere que se realice esta actividad en grupos de trabajo de 3 a 5 integrantes. Es pertinente que el grupo de estudiantes se relacione con la búsqueda y compra de los materiales necesarios y, por supuesto, que arme el prototipo y lo ponga en marcha. La fácil adquisición y bajo costo de los implementos requeridos garantiza su remplazo o reajuste necesario para su buen funcionamiento en caso de que pudieran estropearse.

PÉNDULO ELECTROSTÁTICO

FIGURA 9

Secuencia didáctica para la construcción de un péndulo electrostático

<p>El experimento de Coulomb consiste en cargar dos esferas mediante frotamiento que al acercarlas, con la misma carga, se repelen. Este es el experimento más general para comprender la naturaleza eléctrica de la materia y sus efectos; es una forma de cuantificar esta propiedad fundamental de la materia.</p>
<p style="text-align: center;">Material</p> <p>Hilo de seda, pegamento, dos pelotas de ping-pong, hojas de aluminio, transportador y flexómetro.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 1</p> <p>Si contamos con todos los materiales, solo habrá que forrar las pelotas de ping-pong con el aluminio (aluminizarlas) y pegar con cuidado el hilo a ellas procurando que queden bien sujetos.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 2</p> <p>Se busca un punto en común y se sujetan las esferas con el hilo procurando que queden al mismo nivel.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 3</p> <p>Sobre uno de los hilos se hace coincidir el cero del transportador.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 4</p> <p>Se frota la regla de acrílico con la piel de conejo y se acerca sin tocar la pelota. El proceso se repite para la segunda bola.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 5</p> <p>Finalmente, se observa el fenómeno de repulsión y el péndulo está listo.</p>



PASO 1



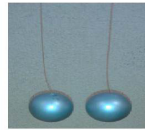
PASO 2



PASO 3



PASO 4



PASO 5

Fuente(s): Elaboración propia.

MOTOR ELÉCTRICO

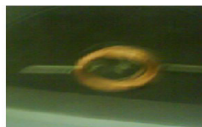
FIGURA 10

Secuencia didáctica para la construcción de un motor eléctrico

<p>El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la repulsión que presenta un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente. Son máquinas eléctricas rotatorias. Sus fundamentos teóricos se establecen en el principio de inducción electromagnética.</p>	
<p>MATERIAL</p>	
<p>Un imán tipo dona de 5" de diámetro, pegamento, alambre magneto calibre # 20, cable de conexión (rojo y negro), dos ménsulas de 1" , dos clavos de 1", hoja de aluminio o cobre, cinta de aislar , una caja vacía de CD, un caudín, pinzas, cúter y un eliminador de 6 V.</p>	
<p style="text-align: center;">PASO 1</p> <p>El primer paso es formar la bobina con el alambre magneto. Para un diámetro de 1 ½" 25 vueltas serán suficientes.</p>	<p style="text-align: center;">PASO 5</p> <p>Para formar las escobillas, nuevamente cortamos dos tiras pequeñas de la hoja de cobre y las fijamos con pegamento muy cerca de uno de los postes. Hacemos la conexión soldando con el caudín la tira de cobre y el cable rojo (desnudo). Se repite el proceso para el cable negro.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 2</p> <p>Luego se hace el rotor pegando los clavos sobre la bobina procurando que se encuentren alineados. Esperar que queden bien fijos.</p>	<p style="text-align: center;">PASO 6</p> <p>Conectamos las puntas del cable al eliminador de 6 V y enseguida aislamos con cinta.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 3</p> <p>Cubrimos los clavos con cinta de aislar dejando libre los extremos. De la hoja de cobre cortamos dos tiras para formar los contactos que se pegarán en uno de los extremos procurando que no estén juntos.</p>	<p style="text-align: center;">PASO 7</p> <p>Montamos el rotor y probamos que gire sin dificultad procurando que haya un buen contacto entre las escobillas y las terminales del eliminador.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 4</p> <p>Formado el rotor se monta sobre los orificios de las ménsulas en posición vertical para tomar las distancias. Enseguida fijamos las ménsulas a la caja de CD con el pegamento esperando que queden adheridas.</p>	<p style="text-align: center;">PASO 8</p> <p>Conectamos el eliminador a la línea de 120V y acercamos el magneto. Enseguida notamos que el motor funciona.</p>



PASO 1



PASO 2



PASO 3



PASO 4



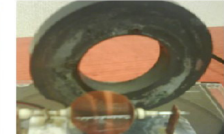
PASO 5



PASO 6



PASO 7



PASO 8

Fuente(s): Elaboración propia.

GENERADOR ELÉCTRICO

FIGURA 11

Secuencia didáctica para la construcción de un generador eléctrico

<p>El generador eléctrico es un dispositivo que transforma la energía magnética en energía eléctrica por medio de la generación de una corriente eléctrica a partir del campo magnético de un electroimán. En general, los generadores son máquinas eléctricas rotatorias. Algunas veces se usan solo para elevar el potencial como en este caso. Sus fundamentos teóricos se establecen en el principio de inducción electromagnética.</p>	
<p>MATERIAL</p> <p>Tubo de PVC de 2" de diámetro, alambroón de hierro mediano, alambre magneto calibre # 20, cable de conexión, foco de 12 V, cinta de aislar, cautín, pinzas y cúter.</p>	
<p style="text-align: center;">PASO 1</p> <p>El primer paso es rellenar el tubo de PVC con el alambroón y enseguida enrollar el alambre magneto alrededor del tubo de PVC para formar la bobina 1.</p>	<p style="text-align: center;">PASO 4</p> <p>Se aíslan las uniones de las bobinas formadas con cinta y se coloca un vaso de unicel en la parte inferior de la bobina mayor, donde se encuentra la conexión al cable de corriente. Finalmente tenemos el dispositivo completo como se observa en la figura.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 2</p> <p>Luego se hacen las conexiones tomando un extremo del alambre magneto al cable de conexión y soldamos con el cautín. Se vuelve a repetir la misma operación con el otro extremo de la bobina 1.</p>	<p style="text-align: center;">PASO 5</p> <p>Para probar el efecto de inducción, es necesario introducir la segunda bobina dentro de la primera y anotar sus observaciones sin conectar.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 3</p> <p>Se formará una segunda bobina de un diámetro de 4" con 30 vueltas de alambre magneto de # 20. Para conectar el foco es necesario limpiar el barniz del alambre magneto y soldar (con el cautín) en el punto superior un extremo y a la base metálica el otro (tener cuidado de que no se junten).</p>	<p style="text-align: center;">PASO 6</p> <p>Conecta las terminales de la bobina 2 a la línea de 110 V y repite el paso 5.</p>

62



PASO 1



PASO 2



PASO 3



PASO 4



PASO 5



PASO 6

Fuente(s): Elaboración propia.