

Diseño, implementación e impacto de prototipos experimentales para mejorar la enseñanza de la ley de Biot-Savart en estudiantes de ingeniería



Lilia Teresa Carrera de Anda¹, Mario H. Ramírez Díaz²

¹Departamento de Metal Mecánica, Instituto Tecnológico de Parral, Avenida Tecnológico 57, Col. Centro, C.P. 33850, Hidalgo del Parral, Chihuahua, México.

²Departamento de Posgrado en Física Educativa, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Col. Irrigación, C. P. 11500, Ciudad de México.

E-mail: lili.carrerada@gmail.com

(Recibido el 13 abril de 2016, aceptado el 2 de mayo de 2017)

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del diseño y aplicación de una secuencia didáctica basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para el aprendizaje de la Ley de Biot-Savart a través del desarrollo de prototipos experimentales por los estudiantes. El objetivo de la investigación es medir la efectividad del aprendizaje en los alumnos de Ingeniería Mecatrónica y Electromecánica del Instituto Tecnológico de Parral. La investigación se llevó a cabo considerando un grupo experimental y un grupo de control, ambos grupos de la asignatura de Electromagnetismo. El instrumento de evaluación incluyó 27 ítems seleccionados de un cuestionario que fue utilizado en investigaciones hechas por Guisasola y Almudi. Para la evaluación de los resultados se usó el factor de Hake para determinar la ganancia en el aprendizaje tanto en el grupo experimental como en el de control. El análisis de los resultados muestra que el Aprendizaje Basado en Proyecto y el desarrollo de prototipos experimentales favorecen la enseñanza de la Ley de Biot-Savart en la asignatura de Electromagnetismo ya que el "hacer física" fomenta la comprensión y construcción del concepto.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, Física para Ingenieros, Prototipos.

Abstract

In this paper we present the results of educational research to measure the effectiveness of learning the Biot-Savart Law using the Project-Based Learning methodology and development of experimental prototypes. The objective of the research is measurement the learning effectiveness in Electromechanical and Mechatronics Engineering students from Instituto Tecnológico de Parral. The investigation was carried out with Mechatronics Engineering students who served as experimental group and Electromechanical Engineering students as a control group, both groups of trainees subject of Electromagnetism. A 27 items of an instrument that was used in investigations by Guisasola and Almudi were used. In assessing the results Hake factor was introduced to determine the gain in both the experimental group and the control. The analysis results show that the Project Based Learning and development of experimental prototypes is a good method of teaching Biot-Savart law on the subject of Electromagnetism and the "making physics" favors understanding and building concepts.

Keywords: Project-Based Learning, Physics to Engineers, Prototypes.

PACS: 01.50.My, 01.40.Di, 01.85.+f

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día representa un reto la enseñanza de la física para el docente en niveles universitarios, por un lado, los programas extensos que tratan de abarcar un número muy amplio de temas para un solo curso, implican que la profundidad del tema sea insuficiente y, por otra parte, las estrategias didácticas utilizadas para la enseñanza de los temas, como son la transmisión- recepción como único recurso no reflejan un impacto importante en el aprendizaje.

Aunado a esto, influyen también las concepciones alternativas que poseen los alumnos a cerca de los conceptos a tratar en asignaturas como Electromagnetismo. Los estudios sobre concepciones alternativas, confirman que los estudiantes tienen teorías "personales implícitas", y que este conocimiento previo es un factor relevante para el aprendizaje de las teorías científicas. [1].

En particular, en asignaturas relacionadas con Electromagnetismo se presentan dificultades para el aprendizaje de la Ley de Biot Savart, tanto en Ingeniería Electromecánica, así como en Ingeniería Mecatrónica, algunos estudios respecto a las dificultades del aprendizaje

del campo magnético muestran que el empleo de metodologías didácticas como lo es la investigación orientada mejoran el aprendizaje. La evaluación de la aplicación del programa de actividades, muestra que los estudiantes presentan una mejora notable en la forma de plantear y resolver situaciones problemáticas relacionadas con la teoría del campo magnético [2].

Para Aliaie [3] los alumnos se han sentido como verdaderos ingenieros cuando han participado en la concepción de un sistema complejo, por lo que se hace necesario realizar un estudio que pueda mostrar que el desarrollo de prototipos experimentales empleando la metodología basada en proyectos mejora el nivel de aprendizaje y le permite relacionar los conceptos teóricos con el mundo real.

Por lo anterior, es de suma importancia que el alumno adquiera los conocimientos adecuados acerca de la Ley de Biot -Savart ya que esto lo llevará a relacionar dichos temas con la realidad y su entorno, siendo Electromagnetismo una materia fundamental dentro de la retícula de ambas ingenierías, puesto que es la asignatura que da inicio al vínculo del área de electricidad, es preciso que los conceptos queden sustentados de forma clara y correcta ya que esto le permitirá un mejor desarrollo en las materias de ingeniería aplicada.

En este trabajo se muestran los resultados de involucrar de una forma más interactiva a los alumnos Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico de Parral a través del desarrollo de prototipos didácticos mediante una metodología basada en proyectos obteniendo un mejor aprendizaje corroborando lo que ya que diversos estudios respecto a estas metodologías muestran en general pero que no se ha reportado en este tema y en nuestra región.

II. ANTECEDENTES

La investigación de este trabajo está enmarcada en tres aspectos importante: La dificultad para el aprendizaje de campo magnético, el aprendizaje basado en proyectos y el desarrollo de prototipos experimentales. En lo que respecta al primer punto; existen investigaciones donde los hallazgos muestran una clara problemática, según Llancaqueo [4], el concepto de campo es fundamental en Física por cruzar amplios dominios de la disciplina. Se ancla en el concepto matemático de función y usa para describir el comportamiento de toda magnitud física definida en cada punto de una región del espacio y del tiempo, es decir, un campo representa una cantidad medible y variable que depende de dónde y cuándo se haya hecho la medida. En Física clásica, el concepto de campo es fundamental para describir y explicar fenómenos como los electromagnéticos, gravitacionales, de fluidos y de transporte. En los estudios realizados por Guisasola [2] destaca que el concepto de campo magnético y su fuente constituyen cuestiones básicas sin las que no se puede construir una teoría científica de los fenómenos electromagnéticos. Una clara concepción de conceptos básicos como campo o fuentes del campo

magnético, y del modelo unificador de los imanes y la corriente eléctrica como fuentes del campo magnético, es esencial si se quiere iniciar a los estudiantes en una visión científica de los fenómenos electromagnéticos. De los resultados obtenidos en dicha investigación se concluye: hemos constatado razonamientos erróneos y dificultades procedimentales que es necesario abordar desde una enseñanza constructivista. Así pues, un buen conocimiento científico no puede reducirse sólo a aspectos conceptuales, sino que debe haber, al lado de lo anterior, exigencias procedimentales y axiológicas a las cuales también habrá que referirse. En este contexto es claro que el papel del maestro o no está limitado a informar acerca de las teorías físicas, sino proporcionar las herramientas necesarias para que los estudiantes sean capaces de analizar la información que se les proporciona y llevarla a un nivel superior, es decir, validar las teorías mediante métodos científicos y aún más relacionarlas con el medio que los rodea. A este respecto Guisasola [5] menciona, sin embargo, los resultados obtenidos en el aprendizaje de la física no se pueden atribuir exclusivamente a dificultades de tipo conceptual, sino que además es necesario considerar las necesarias habilidades científicas (plantear problemas y discutir su relevancia, formular hipótesis y ponerlas a prueba, obtener evidencias para apoyar las explicaciones, utilizar criterios de coherencia y universalidad...) que se deben enseñar para posibilitar que los estudiantes hagan ciencia. Entre otros factores, esta falta de familiarización con la metodología científica suele producir actitudes negativas hacia el estudio de la física y hace que el número de estudiantes en los cursos de dicha disciplina esté descendiendo drásticamente. La idea de que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias se desarrolle como un proceso de tratamiento de situaciones problemáticas abiertas que los alumnos puedan considerar de interés y que se desarrolle en un contexto similar, dentro de lo posible en cada nivel, al de la investigación científica, es actualmente compartida por un amplio grupo de investigadores en enseñanza de las ciencias [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Por otro lado, las contribuciones hechas por Dávila [16] destacan: El aprendizaje basado en proyectos forman una estrategia de integración donde se utiliza un aprendizaje cooperativo centrado en el estudiante quien construye un conocimiento autónomo en un contexto realista e interesante. El estudiante también participa en el proceso de valoración al evaluar el progreso del proyecto o problema, el desempeño propio, de compañeros, y del mentor. El rol del profesor como mentor y facilitador es uno no tradicional que busca crear independencia en los en los estudiantes y aportar con preguntas dirigidas en vez de contestaciones, siendo éste otro integrante del equipo.

La propuesta de esta investigación es el desarrollo de prototipos experimentales haciendo uso de la metodología basada en proyectos centrada en el campo magnético producido por una corriente estable evaluada por la Ley de Biot-Savart. Las investigaciones respecto a la experimentación con prototipos señalan [17]: “*Que los experimentos de demostración son necesarios para que los estudiantes adviertan que la Física es una Ciencia Natural,*

y que cada teoría debe, finalmente, basarse en las repuestas que la naturaleza proporciona a las preguntas, formuladas de manera adecuada por medio de los experimentos". Sin embargo, la implementación de estos prototipos experimentales, orientados para el aprendizaje como recurso didáctico no termina en el diseño y construcción de uno solo, es necesario pasar a etapas posteriores de validación experimental, elaboración de un manual y de una validación didáctica por parte de los demás profesores y con todo ello tener elementos que permitan establecer una opinión colegiada sobre la pertinencia de su uso en las clases futuras. En lo que respecta a la construcción de prototipos Collazos [18] menciona: el aprendizaje basado proyectos muestra nuevamente que este tipo de estrategia es fructífera para la enseñanza y aprendizaje de la física en estudiantes de ingeniería. La estrategia empleada permite que el estudiante consulte, indague, construya, dimensione y solucione una problemática planteada. El construir un prototipo lleva al estudiante a una apropiación y aplicación de los conceptos de la física; fortalece la abstracción debido a que el estudiante debe utilizar la modelación física como un eje fundamental en el momento de dar solución a la problemática planteada. De igual manera, incentiva la capacidad de análisis y síntesis, cuando el estudiante establece cada una de las partes que integran el prototipo y muestra una aplicación práctica de la teoría.

III. MARCO TEÓRICO

Una condición necesaria para que el proceso enseñanza-aprendizaje se dé en forma adecuada es que el alumno se encuentre motivado por lo que aprende. Sin embargo, en los últimos años se ha detectado una falta de esta, y los estudiosos de la educación lo han atribuido a la monotonía y falta de retos que presenta el enfoque tradicional de enseñanza. Si partimos del precedente de que la enseñanza de la física a nivel superior frecuentemente es de forma magistral (una de las prácticas más utilizadas) en la que el profesor es el centro del proceso, pues se pasa la mayor parte de tiempo hablando, y el alumno simplemente es un receptor que poco alcanza a comprender de lo que se le es expuesto. Se han realizado estudios en los que se estima que tan solo el 5% de lo expuesto por un profesor es recordado por el alumno [19]. Si se considera también que los alumnos poseen un conjunto de conocimientos respecto a un tema en específico y que para lograr un aprendizaje efectivo se requiere que el alumno sea capaz de construir el conocimiento en cuestión, entonces el aprendizaje basado en proyectos se torna una metodología de mucha utilidad para mejorar el aprendizaje ya que esta tiene su fundamentación en la corriente constructivista, es una metodología que permite al alumno emplear ciertas herramientas y son muchas las ventajas que este modelo ofrece al proceso de aprendizaje ya que promueve que los estudiantes piensen y actúen en base al diseño de un proyecto, elaborando un plan con estrategias definidas, para dar una solución a una interrogante y no tan solo cumplir objetivos curriculares. Permite el aprender en la diversidad al trabajar todos juntos.

Estimula el crecimiento emocional, intelectual y personal mediante experiencias directas con personas y estudiantes de ubicados en diferentes contextos.

En el área de la física es fundamental la experimentación, este proceso implica que los alumnos sean capaces de confrontar datos teóricos con datos reales obtenidos a partir de un método científico. El método científico implica a su vez un conjunto de estrategias que generan conocimiento.

Cruz [20] comenta al respecto: Dentro de los procesos didácticos, el uso del experimento, se constituye en herramienta esencial para la enseñanza y comprensión de la física.

Para Cruz [21] en la comprensión de un concepto físico, es necesario conocer su estructura y su funcionamiento que se traduce por la actualización de las relaciones recíprocas existentes entre tres elementos a saber: el modelo físico, el plan fenomenológico de la descripción de la realidad y el aparato matemático formal de la teoría [22].

Según Cervantes [23] la importancia de usar referentes cotidianos en la didáctica de las Ciencias, en particular en la Enseñanza de la Física, ha sido una preocupación constante de los profesores que imparten estas asignaturas y se han propuesto metodologías y estrategias para incrementar el logro y la motivación de los estudiantes, destacando siempre el uso de los recursos experimentales. Por otra parte, en lo que se refiere a las formas de experimentación, se debe tener presente que no existe una separación entre la teoría y las actividades de laboratorio, sino que hay una estrecha relación entre ambas.

Monasterio [24] señala que el desarrollo de actividades experimentales por medio de prototipos elaborados con materiales de fácil acceso, permite que cada estudiante construya su propio material de experimentación y se reconoce la importancia del paradigma de la enseñanza sustentada en constructos y procesos según el cual el conocimiento es "reconstruido", reelaborado e incorporado a los esquemas previos del sujeto cognoscente durante el proceso de aprendizaje [25].

El desarrollo de prototipos para la enseñanza de la física es un área que se está abarcando ampliamente y con muy buenos resultados. Se pueden destacar algunas de las investigaciones como la de Castro [26] y Pacheco [27].

Con estos referentes teóricos en el presente trabajo se describe la aplicación de una estrategia didáctica que utiliza el Aprendizaje Basado en Proyectos a través del desarrollo de un prototipo experimental, para la medición del campo magnético con la finalidad de obtener un mejor aprendizaje del concepto de campo magnético estudiando específicamente de la Ley de Biot-Savart.

IV. METODOLOGÍA

Los alumnos que participan en el estudio pertenecen al área de Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico de Parral, los cuales cursan en el segundo semestre y la materia de Electromagnetismo.

Se trabajó con dos grupos, cada uno de los grupos tiene un total de 24 alumnos; ambos grupos reúnen las condiciones

para aplicar el estudio ya que en el avance curricular han cursado las mismas materias en cuanto a cálculo y programación, asignaturas que serían los requisitos para la asignatura de Electromagnetismo, así que, el nivel de conocimientos para poder ser sometidos a dicho estudio es el adecuado. El estudio que se realizó es del tipo cuasiexperimental, ya que no hay selección al azar de alumnos, uno de los grupos fungió como el grupo experimental y el otro como grupo de control. Se optó por designar al grupo de Ingeniería Mecatrónica como grupo experimental ya que los elementos que se utilizarán para desarrollar el prototipo experimental son más acordes a su área, cabe mencionar que al inicio de la investigación ninguno de los grupos posee los conocimientos acerca de los programas y elementos a utilizar en el desarrollo del prototipo.

En esta investigación se proponen las siguientes variables

Variables Independientes	Variables Dependientes
Desarrollo de Prototipos Experimentales	<ul style="list-style-type: none">• Ganancia conceptual significativa
Metodología basada en Proyectos	<ul style="list-style-type: none">• Impacto en el aprendizaje

Definición de Variables:

1. El desarrollo de prototipos experimentales consiste básicamente en que los alumnos construyan un dispositivo de bajo costo para la experimentación, empleando algunos dispositivos electrónicos de fácil operación, en este caso el prototipo está enfocado a mejorar el aprendizaje respecto al campo magnético específicamente la Ley de BiotSavart.

El desarrollo de prototipos de bajo costo para la constatación de algún fenómeno físico ha arrojado buenos resultados, en la investigación [28]. La implementación de las dos prácticas de laboratorio que permiten la interacción del estudiante con los fenómenos físicos, a través de un prototipo didáctico, como el desarrollado en este trabajo, estimula su creatividad, curiosidad y motivación hacia los conceptos científicos involucrados y sus respectivas aplicaciones. Además, la utilización del prototipo aquí presentado, es guiado por un manual de usuario que presenta una secuencia clara y sencilla de instrucciones, es muy enriquecedora, pues induce al estudiante a practicar el método científico, y permite definir variables, manipularlas, medirlas, tabular sus valores, graficarlas e interpretarlas.

2. La metodología basada en proyectos es una propuesta didáctica que se ha estado utilizando en investigación educativa con muy buenos resultados. El ABP es un modelo de aprendizaje con el cual los estudiantes trabajan de manera activa, planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase.

3. Ganancia conceptual significativa. En base a los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la pretest, postest, evaluación del reporte inicial y final del proyecto. Como primer paso se evaluó el conocimiento previo de los estudiantes. El instrumento utilizado para evaluar el aprendizaje adquirido consiste en un cuestionario que

comprende 27 ítems donde se evalúan los conceptos fundamentales respecto a fuentes de campo magnético hasta la aplicación de la Ley de Biot-Savart, dicho cuestionario fue utilizado por Guisasaola y Almuñá [2] en la investigación: Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. El instrumento fue aplicado como pretest antes de emplear la metodología y como postest una vez que se finalizó el desarrollo del prototipo experimental. Se propusieron una serie de actividades en una secuencia didáctica que permitió a los alumnos a) diseñar el prototipo, b) validarlo y c) emplearlo para realización de prácticas. La propuesta para el diseño del prototipo se llevó a cabo específicamente para constatar la Ley de Biot-Savart donde los materiales empleados para su construcción son de bajo costo y fácil adquisición.

Las actividades que se llevaron a cabo durante la secuencia didáctica son las siguientes:

- 1) Definir los grupos de trabajo (5 estudiantes).
- 2) Dar a conocer a los grupos de trabajo los lineamientos a seguir para definir, ejecutar y presentar los proyectos.
- 3) Aplicar prueba conceptual de entrada (pretest).
- 4) Entregar por escrito el anteproyecto y realizar la presentación oral llevándose a cabo una evaluación formativa a través de una guía de observaciones. Para ello los alumnos investigan y proponen diferentes formas para resolver la problemática.
- 5) Retroalimentación.
- 6) Proponer los materiales y principio de funcionamiento del prototipo que resolverá la problemática.
- 7) Los estudiantes resuelven el problema asignado a cada equipo de forma teórica realizando el análisis y cálculos correspondientes a dicho problema para obtener el valor de las magnitudes que permitirán diseñar el prototipo. Posteriormente realizarán el código de cada problema en MATLAB lo que les permitirá comparar sus resultados y hacer simulaciones.
- 8) Realizar prácticas de forma repetida, con los resultados obtenidos en cada una de ellas hacer una comparación cualitativa con aquellos que se obtienen sin el uso del prototipo y establecer una opinión sobre el funcionamiento del prototipo.
- 9) En forma conjunta (docente y estudiantes) hacer un análisis de los resultados obtenidos para hacer un reajuste en el diseño del prototipo si es necesario.
- 10) Repetir el ciclo experimental.
- 11) Entrega escrita del reporte final del proyecto.
- 12) Prueba conceptual (Postest).

Durante la semana 1 de clases (16 en total) se definieron 5 grupos de trabajo: quedando 4 grupos con 5 integrantes y un grupo con 4; a cada equipo se les asignó de forma aleatoria un problema a resolver, el problema reside en diseñar un prototipo experimental que sea capaz de detectar el campo magnético para hacer una validación de los cálculos hechos teóricamente utilizando la ley de Biot Savart. Dicho prototipo censará el campo magnético producido por una corriente estable y enviará una señal analógica a un software para que muestre los datos obtenidos gráficamente, los problemas asignados consisten en cinco

diferentes configuraciones de conductores de corriente, los cuales son problemas básicos de la Ley de Biot-Savart:

- Prototipo 1: campo producido por un conductor recto.
- Prototipo 2: campo producido por un conductor circular.
- Prototipo 3: campo producido por un conductor con secciones rectas y un arco.
- Prototipo 4: campo producido por un conductor con dos arcos y secciones rectas.
- Prototipo 5: campo producido por un conductor de trayectoria cuadrada.

Una vez que los equipos tienen conocimiento del problema a resolver se les recomienda hacer una investigación acerca de los prototipos existentes para la medición del campo magnético y en base a ello hagan una propuesta para resolver el problema en particular asignado a cada equipo. En la semana 2 se aplicó el pretest al grupo experimental y al grupo de control en forma separada.

Posteriormente se lleva a cabo una introducción del tema ya que para ellos es completamente desconocido lo que se refiere a la Ley de Biot-Savart, se hace la revisión de algunos conceptos necesarios para desarrollar el prototipo y para dar pauta a la propuesta encomendada, para las semanas 3 y 4, los alumnos hacen las propuestas de los prototipos mediante una presentación oral y escrita y se realiza la evaluación. Dentro de las propuestas presentadas los alumnos sugirieron el uso de dispositivos tales como: teslámetro, sondas hall y transformadores de corriente de alta intensidad, equipo con el que no se cuenta en la Institución por lo que no se podía llevar a cabo la experimentación con dichas propuestas, por consiguiente se orientó a los alumnos dándoles información acerca de dispositivos de bajo costo para la realización del prototipo. Básicamente el prototipo estuvo conformado por los siguientes elementos: tarjeta Arduino uno, sensor tipo efecto hall, sensor ultrasónico, cable de comunicación para Arduino(A/B), leds, resistores, protoboard y cables de conexión.

Durante ésta, presentan un diseño previo al prototipo con el cual se daría solución al problema asignado, así como los materiales posibles a utilizar para el desarrollo del mismo y posterior a la presentación de proyectos se les hicieron las recomendaciones pertinentes en cuanto a viabilidad de la elaboración del proyecto. En las semanas 5 y 7, se les da capacitación a los alumnos respecto del software que tendrán que manejar para realizar la programación correspondiente de cada uno de los prototipos, se decidió trabajar en la plataforma de MATLAB ya que MATLAB es un lenguaje de computación técnico de alto nivel y un entorno interactivo para desarrollo de algoritmos, visualización de datos, análisis de datos y cálculo numérico.

También se sugiere el uso de una tarjeta Arduino Uno ya que es de bajo costo en el mercado y de fácil adquisición, además que el software para su programación es de uso libre. Ésta tarjeta será utilizada como servidor, es decir, enviará la señal analógica que detectara el campo magnético por medio de un sensor de efecto Hall a MATLAB, ya que es un software de amplia gama que ofrece la posibilidad de interactuar fácilmente en la adquisición de datos en tiempo

real. La comunicación entre Arduino y MATLAB es a través de un toolbox destinado para este propósito (Figura 1).

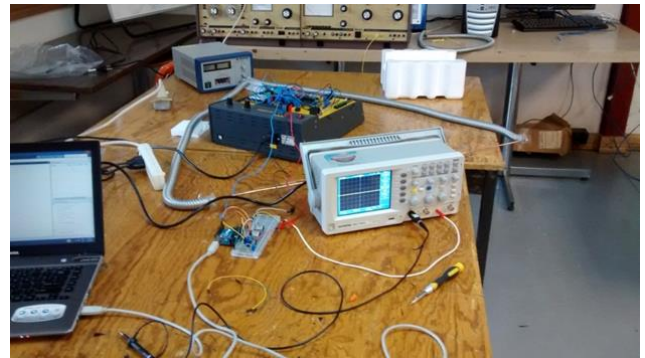


FIGURA 1. Armado del circuito para la configuración de conductor recto.

En las semanas 8 y 9, se establece de forma cualitativa y numérica el valor de las magnitudes que se involucraran en el prototipo para establecer los criterios de funcionamiento del mismo, durante esta semana los alumnos desarrollaron de forma teórica y numérica los valores esperados en la medición del campo magnético correspondiente al circuito a medir en cada caso.

Una vez que realizaron los cálculos de forma manual desarrollaron un programa en MATLAB. Cada uno de los equipos desarrollo el código correspondiente a la configuración de conductor asignado, esto con el fin de tener una referencia de los valores esperados en la medición del campo, además los cálculos arrojados por el programa sirvieron para determinar las dimensiones óptimas del conductor para el diseño del circuito.

A partir de la semana 10 y hasta la 11 se trabajó en la construcción del prototipo, los alumnos implementaron un circuito amplificador para obtener mejores resultados en la medición con el prototipo. Cabe mencionar que los alumnos no tienen conocimiento alguno puesto que no han cursado materias afines al tema. Fue necesario dar una explicación sobre el tema, lo alumnos mostraron interés y motivación de aprender temas que les permitieron visualizar de manera más amplia los objetivos del prototipo.

También durante la semana once se comenzó hacer pruebas del mismo, es decir los alumnos “montaron” el circuito, midieron e hicieron pruebas preliminares hasta la semana 13. Los alumnos tuvieron que realizar una calibración del circuito amplificador antes de poder operar el prototipo como es mostrado en la figura 2 debido a que los componentes utilizados como es el caso del sensor de efecto Hall maneja rangos muy altos alrededor de 1000G y de acuerdo a los cálculos realizados el valor máximo esperado del campo es de 1.0025 G lo que equivale a 1.0025×10^{-4} Teslas, como podemos observar es una cantidad relativamente pequeña y esto hace necesario utilizar el circuito mencionado.



FIGURA 2. Alumnos realizando la calibración del circuito amplificador.

En las semanas 14 y 15 se trabajó en los ajustes del prototipo e interpretación de los resultados arrojados por las mediciones del mismo. En la semana 16 se aplicó el postest en forma conjunta a los dos grupos e hicieron entrega del reporte final.

El instrumento como pretest fue aplicado tanto al grupo de control como al grupo experimental antes de iniciar el tema en clase, con la finalidad de poder comparar los resultados después del tratamiento al grupo experimental; fue aplicado a los grupos por separado. El postest se aplicó a los dos grupos en conjunto una vez que el tema fue visto en clase y que el prototipo fue terminado y realizado el ciclo experimental.

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Los resultados fueron evaluados mediante la ganancia o factor de Hake, con ella se mide el avance conceptual de los estudiantes del Pretest al Postest. De acuerdo con Hake [28], la ganancia normalizada, es dada por:

$$g = \frac{\%(G)}{\%(G)_{max}} = \frac{\%(S_f) - \%(S_i)}{100\% - \%(S_i)}$$

Donde S_f y S_i corresponden a los promedios de postest y pretest respectivamente. A continuación, se presentan los promedios obtenidos por el grupo experimental (GE) y el grupo de control (GC).

	Grupo	Promedio del Pretest	Promedio del Postest
Experimental	G.E	14.48	27.761
Control	G.C	8.414	15.925

Se puede observar que los promedios obtenidos por los dos grupos son considerablemente bajos tanto en el pretest como en el postest, así mismo, hay una diferencia de

conocimientos previos respecto al campo magnético en los dos grupos.

Con base a las respuestas correctas del pretest y el postest se realizó el cálculo de la ganancia normalizada de Hake para cada uno de los ítems y el examen completo. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para la ganancia g del examen completo.

	Grupo	Ganancia
Experimental	G.E	0.1552
Control	G.C	0.0820

Se puede observar que aún y cuando las dos ganancias obtenidas por los grupos participantes en el experimento son relativamente bajas, existe una diferencia significativa en la obtenida por el grupo experimental respecto del grupo de control.

Con la aplicación del pretest se pudo determinar el antecedente de los dos grupos en cuanto al conocimiento previo respecto al campo magnético y la Ley de Biot-Savart. El grupo de experimental obtuvo un promedio de 11.76% y el grupo de control un promedio de 6.89%, ambos promedios son muy bajos, lo que indica que los alumnos poseen muy poco conocimiento respecto al tema. También se puede apreciar que entre los alumnos del grupo experimental y los alumnos del grupo de control no hay diferencia significativa en cuanto a conocimientos previos.

Una de las causas de los promedios bajos obtenidos por ambos grupos es que, un porcentaje considerable de ítems no fueron respondidos, como se mencionó en el capítulo de metodología, el instrumento está conformado por 27 ítems, de los cuales 12 corresponden a preguntas sobre el campo magnético de forma general y los 15 restantes respecto a la Ley de Biot-Savart. De los ítems correspondientes a la Ley de Biot-Savart el 60% no fueron respondidos por el grupo experimental y respecto a al campo magnético en general, el 25%. Se reitera nuevamente que los alumnos tienen un desconocimiento muy elevado del tema, 88.24% por parte del grupo experimental y 93.11% el grupo de control, ello dio pauta para el diseño de la metodología ABP enfocándose en el desarrollo de un prototipo experimental para la medición del campo magnético teniéndose como objetivo mejorar el aprendizaje de campo magnético y Ley de Biot-Savart.

El hecho de que los alumnos hayan desarrollado un prototipo experimental basándose en la metodología ABP les permitió constatar de forma directa una ley física como lo es la Ley de Biot-Savart. Durante el desarrollo del prototipo los alumnos mostraron interés por aprender a diseñar un dispositivo capaz de medir el campo magnético producido por una espira de corriente, misma que fue diseñada por ellos, sin embargo se pudo observar que en los resultados del postest para algunas preguntas se obtuvieron porcentajes muy bajos de respuestas correctas, aún y cuando estaban

directamente relacionadas con los cálculos que ellos realizaron para cada una de las configuraciones de corriente asignadas a los equipo, se puede considerar que estos porcentajes bajos fueron debido a que los alumnos contestaron de forma memorística dichas preguntas, esto debido al desinterés por parte de ellos ya que el postest fue aplicado en los últimos días del semestre y son fechas en que generalmente la carga académica de todas las asignaturas se incrementa.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos al implementar la estrategia didáctica ABP y desarrollo de prototipos experimentales, se recomienda que en la asignatura de Electromagnetismo de las ingenierías de Mecatrónica y Electromecánica se realice primeramente un examen de diagnóstico para considerar las ideas previas que los alumnos tienen respecto a los temas comprendidos dentro del programa de estudio, no solamente al tema de campo magnético sino de todos los temas que comprenden el programa del curso; posteriormente diseñar estrategias alternas al método magistral que ayuden a mejorar el aprendizaje, ya que ésta asignatura juega un papel muy importante dentro de la retícula de dichas ingenierías al ser la base para las materias de aplicación del área eléctrica.

También se recomienda que se estimule a docentes a emplear este tipo de metodología para promover en los estudiantes los métodos afines a la investigación científica, ya que como futuros ingenieros es importante que se desarrollen sus habilidades de análisis para la toma de decisiones. En cuanto al desarrollo de prototipos es importante mencionar que este tipo de actividades estimula la creatividad de los alumnos por lo que es transcendental implementarlas para comprobar leyes físicas a través de estos prototipos, con el fin de que los estudiantes hagan física y de esa manera su aprendizaje sea significativo, por otro lado, el conocimiento se diversifica a otras áreas para llevar a cabo el desarrollo de prototipos, lo que da como resultado que ellos relacionen un concepto teórico con una aplicación real en la que están directamente involucrados.

REFERENCIAS

[1] Aandersee, J., *Research on alternative conceptions in Science*. Handbook of Research on Science Teaching and Learning. (McMillan Publishing Company, Nueva York, 1994).

[2] Guisasola, J., *Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada*, Enseñanza de las Ciencias **23**, 303-320 (2005).

[3] Aliane, N., *Una experiencia práctica de aprendizaje basado en proyecto en una asignatura de robótica*, IEEE-RITA **3**, Núm. 2, (2008).

[4] Llancaqueo, A., *El concepto de campo en el aprendizaje de la Física y en la investigación en educación en ciencias*, *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 11, No. 2, June 2017*

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, **227** -253, (2003).

[5] Guisasola, J., *Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza*, Enseñanza de las Ciencias **21**,79-94 (2003).

[6] Gil, D., *Science learning as a conceptual and methodological change*. European Journal of Science Education **5**, 70-81 (1985).

[7] Duschl, R., *Epistemological Perspectives Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice*, Journal of Research in Science Teaching **28**, 839-858 (1991).

[8] Hodson, D., *In Search of a Meaningful Relationship: An Exploration of Some Issues Relating to Integration in Science and Science Education*, International Journal of Science Education **14**, 541-56 (1992).

[9] Duschl, R. A. y Hamilton, R., *Conceptual change in science and in the learning of science*. International Handbook of Science Education, (Kluwer Academic Publisher, Londres, 1998).

[10] Jiménez-Aleixandre, M., *Diseño curricular: indagación y razonamiento en el lenguaje de las ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **16**, 203-216 (1998).

[11] Viennot, L. y Rainson, S., *Design and evaluation of a research-based teaching sequence: the superposition of electric field*, International Journal of Science Education **21**, 1-16 (1999).

[12] Driver, R., *Establishing the norms of scientific argumentation in classroom*, Science Education **84**, 287-312 (2000).

[13] Verdú, R., Martínez-Torregrosa, J. y Osuna, L. *Enseñar y aprender en una estructura problematizada*. Alambique **34**, 47-55 (2002).

[14] Gil, D., Guisasola, J. Moreno, A. Cachapuz, A. Pessoa de Carvalho, A. Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., Valdés, P., González, E., Gené, A., Dumas-Carré, A., Tricárico, H. y Gallego, R., *Defending constructivism in science education*. Science and Education **11**, 557-571 (2002).

[15] Furió, C., *Learning the electric field concept as oriented research activity*, Science Education **87**/ 640-662 (2003).

[16] Dávila, C., *El aprendizaje basado en problemas y proyectos: Una estrategia de integración*, (Universidad Interamericana de Puerto Rico, San Juan de Puerto rico, 2006).

[17] Rivero, H., *Cómo mejorar mi clase de Física nivel superior* (Editorial Trillas, México, 2004).

[18] Collazos, C., *Prototipo para la Enseñanza de la Dinámica Rotacional (Momento de Inercia y Teorema de Ejes Paralelos)*, Latin American Journal of Physics Education **3**, 619-624 (2009).

[19] Weenk, G., *Learning Pyramid*, (Educational Center, University of Twente, 1999).

[20] Cruz, J., *Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC*, Revista Virtual Universidad Católica del Norte **35**, 105-127 (2012).

[21] Cruz, J., *Importancia de usar tecnología en el desarrollo de prácticas de laboratorio de física mecánica*. Revista Educación en Ingeniería **11**, 1-11 (2011).

Lilia Teresa Carrera de Anda, Mario H. Ramírez Díaz

[22] Campelo, A. José R. y Marín A., José, *Un sistema didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la física*, Revista Brasileira de Enseñanza de la Física **3**, 329-350 (2001).

[23] Cervantes, J., *Alcances y perspectivas del diseño y construcción de prototipos didácticos realizados por estudiantes de ingeniería para su uso en el laboratorio de ciencias experimentales*, Cuarto Foro Nacional de Ciencias Básicas. Selección y perfeccionamiento de profesores. Universidad Nacional Autónoma de México (2010).

[24] Monasterio, R., *Óptica Experimental con materiales Casero o de bajo Costo*, Conferencia Interamericana sobre educación en Física. Tomo II, (Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 2001), pp. 405-419.

[25] Ausubel, D., *Psicología Educativa*, (Editorial Trillas S. A., México, 1983).

[26] Castro, L., *Prototipo didáctico para visualizar la*

trayectoria parabólica de un chorro de agua, Latin American Journal of Physics Education **7**, 429-432 (2013).

[27] Pacheco, M., *Prototipos experimentales: desarrollo y evaluación de competencias en el laboratorio de física*, Latin American Journal of Physics Education **4**, 969-972 (2010).

[28] Marín, E., *Diseño e implementación de equipos portátiles para la explicación de algunos fenómenos de electricidad y magnetismo*. Recuperado el 21 de mayo de 2015, de

http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Electricidad/52.pdf.

[29] Hake, R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. **66**, 64-74 (1998).