

# Experiencia educativa sobre la utilización de un experimento lúdico y contraintuitivo en el estudio de la ley de Faraday y Lenz

David Molina  
Sandra Motta

Recibido 27 de octubre de 2011, Aprobado 6 de diciembre de 2011

## Resumen

Son ampliamente conocidas las dificultades que tienen los estudiantes en el aprendizaje de fenómenos relacionados con el electromagnetismo (Guisasola, 2003). En el presente artículo, se propone la realización de una actividad experimental que se caracteriza por ser lúdica y contraintuitiva, con el fin de analizar su impacto en el aprendizaje de conceptos referentes a la inducción magnética. Esta actividad experimental es planteada a estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO). Los resultados muestran que la implementación de esta estrategia favorece la comprensión de los conceptos relacionados con la inducción magnética.

## Palabras clave

Experimento contraintuitivo o disonante, inducción magnética, dificultades de aprendizaje, tubo de Lenz.

## Abstract

Are well known the difficulties that have the students in the learning of electromagnetism phenomena (Guisasola, 2003). In this paper we develop an experimental setup (in a non-formal point of view) in order to analyze the magnetic induction laws of magnetism. This experimental setup it is proposed to engineering students of UNIMINUTO. The results show that the strategy increases the understanding of the concepts about magnetic induction.

### Keywords

*Counterintuitive or dissonant experiment, magnetic induction, learning difficulties, Lenz's pipe.*

## I. Introducción

Es aceptado que las experiencias educativas que involucren actividades lúdicas inducen una mejor disposición por parte de los estudiantes a los nuevos conceptos que se les pretende compartir, al mejorar el ambiente de aprendizaje en el cual se desarrollen las diferentes actividades propuestas (Andreu, 2011) (Benítez, 2010).

En particular, los fenómenos electromagnéticos presentan una gran dificultad en su aprendizaje debido a que varios de los conceptos involucrados son altamente abstractos construidos a través de procesos de transformación en el plano histórico y en el del formalismo matemático (Bradamente, 2007) y la mayoría de las veces los ejercicios y los experimentos tradicionales no logran afianzar los conceptos claves del tema a tratar y por tanto se hace necesario proponer estrategias que se presenten como nuevas alternativas en la enseñanza del electromagnetismo.

En el presente artículo se propone una actividad experimental concebida con la intención de no viciar al estudiante en un pensamiento mecánico concentrado en fórmulas y datos numéricos (Neto, 2001); por esta razón se eligió el montaje denominado "Tubo de Lenz". Éste se caracteriza por que su fenomenología es sorpresiva y va en contra de la intuición del estudiante (Barbosa, 2009), con el fin de desarrollar la capacidad de observación, abstracción y argumentación.

El presente artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: inicialmente se caracteriza la población de participantes, se realiza la descripción minuciosa de la actividad contraintuitiva implementada. A continuación se muestra el análisis desde la perspectiva de los estudiantes, inferidos de lo registrado en un instrumento de observación diseñado para la actividad, de donde se obtendrán los resultados que se expondrán al final del escrito.

## II. Caracterización de la población

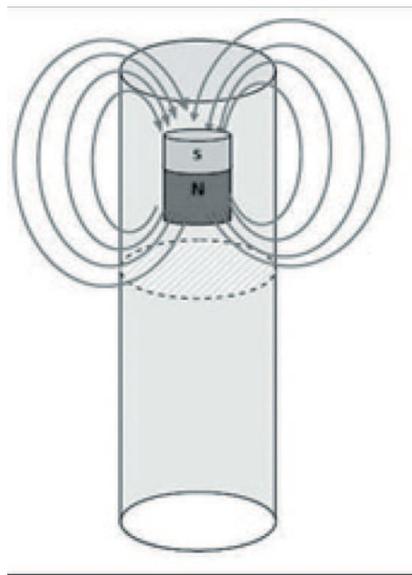
Los participantes en las diferentes pruebas conforman un grupo de 40 estudiantes con conocimientos básicos de física mecánica y, de electricidad y magnetismo, pertenecientes a UNIMINUTO. En particular ya habían abordado experimentos acerca de la ley de Faraday y realizado problemas

típicos de cálculos de FEM y de direcciones de corriente inducidas también empleando la ley de Lenz. De la totalidad, el veinticinco por ciento de los estudiantes que participaron contaba con una calificación promedio, mayor a 3.5 en la asignatura de electricidad y magnetismo para ingenieros. Las pruebas fueron realizadas al final del semestre con lo cual se esperaba que los estudiantes tuviesen un acervo de conceptos suficientes, que les permitiera argumentar con cierta propiedad sus puntos de vista.

## III. Descripción de la actividad

El estudio del electromagnetismo se considera uno de pilares más importantes de la ciencia y la tecnología, que abarca un cúmulo de conocimientos bastante extenso y por lo mismo resulta complejo abordar de manera profunda en un curso para estudiantes universitarios de pregrado en ingeniería. El presente trabajo se ha centrado en el tema específico de la Inducción Electromagnética. Puesto que las leyes de Faraday y Lenz describen este fenómeno, serán estas el fundamento con el que se aborde el experimento propuesto.

El experimento utilizado en el estudio de la ley de Faraday y Lenz consiste en la comparación de la caída de un imán de neodimio de 4000 Gauss en forma cilíndrica y de un tornillo no imantado a través de un tubo de aluminio y de acrílico de 1 m de largo y 2 cm de diámetro interno, de tal forma, que ni el imán ni el tornillo rocen con las paredes de los tubos.



**Figura 1:** Imán descendiendo dentro de un tubo de aluminio. En el esquema se representa las líneas de campo magnético y su flujo a través de un área específica. **Fuente:** autores 2011

Es de notar que el imán no queda adherido al tubo de aluminio debido a que este no es de material ferromagnético, sin embargo, al caer por el tubo se observa una clara diferencia de tiempo de caída en comparación del tiempo de caída de un metal no imantado a través del tubo de aluminio. El aumento del tiempo de caída del imán es explicado a partir de la ley de Faraday y de Lenz, (véase sección V).

## IV. Metodología

Antes de que los estudiantes llevaran a cabo el experimento se planteó la situación de manera general y se les solicitó que respondieran algunas preguntas referentes al experimento expuesto. Luego de realizado el experimento, se les solicitó contestar las mismas preguntas con el fin de contrastarlas con las realizadas a priori. Adicionalmente, a los estudiantes se les planteó un nuevo experimento, denominado péndulo de Waltenhofen, con el cual se pretende identificar con más claridad el impacto que la actividad tiene en el aprendizaje de los conceptos físicos relacionados con la inducción magnética.

## V. Descripción Física

Se procede ahora a analizar lo que sucede en la caída del imán y del tornillo no imantado por cada tubo.

Debe recordarse la ley de Faraday: La FEM inducida en una espira cerrada es igual a la menos variación temporal del flujo de campo magnético. En forma más concreta se tiene (M. Alonso, 1970):

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Donde  $\varepsilon$  es la fuerza electromotriz inducida y  $\Phi$  es el flujo magnético a través de una superficie apropiada. Con base en esta ley es posible explicar el retardo de la caída del imán a través del tubo de aluminio. Supóngase la superficie transversal indicada en la figura 1, si se elige el vector área hacia abajo y al tener en cuenta que el imán cae de la forma que se indica en la figura la variación del flujo magnético será positivo provocando una fuerza electromotriz  $\varepsilon$  de signo opuesto. Lo anterior implica la creación de una corriente en dirección de las manecillas del reloj que a su vez induce un campo magnético hacia arriba, oponiéndose al

aumento de flujo magnético. Es decir que el efecto neto del fenómeno de inducción es oponerse a lo que lo causó (Ley de Lenz). (F. Sears, 2005)

Es necesario hacer hincapié en el hecho que aunque es cierto que el imán cae libremente por el tubo de acrílico, no significa que no haya FEM inducida en este material, pero debido a su baja conductividad la corriente creada es despreciable al igual que el campo magnético inducido, por lo tanto, no es cierto que “no suceda nada” en la caída del imán en medio del material dieléctrico. A pesar de que esto se evidencia en la ley de Faraday, ninguno de los estudiantes lo mencionó en sus respuestas.

De la ley de Faraday se observa inmediatamente que si no hay campo magnético no habrá FEM inducida, por lo tanto, en la caída del tornillo por cualquiera de los dos tubos no se genera ni FEM ni campo magnético inducido.

La primera pregunta que se les hizo a los estudiantes consistía en explicar que sucedería con el imán en caída dentro del tubo de aluminio (fuerzas, aparte del peso, que experimenta, tiempo de caída).

Las respuestas *a priori* de los estudiantes se clasificaron en las siguientes categorías:

1. No relaciona las leyes de Faraday y Lenz con la caída mencionada y concluye en todos los casos que no pasa nada con la caída del imán
2. Menciona la ley de Lenz o Faraday pero no la utiliza de forma correcta y concluye en todos los casos que no pasa nada con la caída del imán
3. Indican que no hay ningún tipo de interacción debido a que ninguno de los tubos es ferromagnético.
- 4.

Categoría	Porcentaje
1	10
2	80
3	10

**Tabla 1:** Porcentaje de estudiantes que contestaron según las categorías extraídas de las respuestas de los participantes. **Fuente:** autores 2011

El anterior resultado evidencia la “no reflexión” sobre estas dos leyes a pesar que todos los estudiantes habían realizado los experimentos y ejercicios habituales respecto a estas leyes; más aún, ninguno

mencionó el hecho de la existencia de la fuerza electromotriz en el tubo aislante.

La siguiente pregunta intentaba guiar a los estudiantes a un análisis un poco más detallado de la experiencia. Se indagó sobre si el flujo magnético, a través de una superficie imaginaria que encerraba un camino que pasa a través del tubo como se muestra en la figura 1 variaría cuando cae el imán. La totalidad de los estudiantes respondieron que variaba debido al movimiento del imán, sin embargo, ninguno corrige su respuesta previa.

Luego se procedió a realizar la experiencia. Los estudiantes discutieron y analizaron lo sucedido con base en la ley de Faraday y Lenz. El tiempo dado proporcionó la oportunidad de cuestionamiento, reflexión e interiorización sobre las leyes tratadas al verlas en acción. De nuevo, respondieron las preguntas y se mostró una mejor comprensión de las leyes de Faraday y Lenz. Las respuestas se clasificaron en dos categorías

1. Explica el fenómeno observado en base a la ley de Faraday o Lenz de manera clara.
2. Adicionalmente a la ley de Faraday y Lenz como fundamento físico para explicar la experiencia propuesta, menciona que el retardo en el tiempo de caída del imán, es un efecto del principio de conservación de energía.

Categoría	Porcentaje
1	95
2	5

**Tabla 2:** Categorías obtenidas luego de realizar el experimento con los estudiantes. **Fuente:** autores 2011

Al comparar los cuadros 1 y 2 se observan las diferencias entre las respuestas antes y después de realizar la experiencia. Se observa con claridad el efecto positivo que se obtiene en la comprensión de la inducción magnética. Estos resultados podrían ser interpretados como consecuencia de las características particulares que presenta la actividad propuesta.

Finalmente, se realizó una última pregunta que de nuevo contenía todos los conceptos ya discutidos y que hacía explícita la comprensión de las leyes de inducción magnética. Esta consistía en la explicación conceptual del péndulo de Waltenhofen el cual consiste de un péndulo de aluminio o cobre que pasa en el punto más bajo de su trayectoria en medio de dos imanes y por tal razón el péndulo es frenado muy rápidamente.

Las respuestas a la anterior pregunta serán divididas en las siguientes categorías:

1. Utiliza la ley de Faraday y Lenz en su explicación de forma correcta mencionando "circuitos de corriente" aleatorios dentro del material.
2. Utiliza la ley de Faraday y Lenz en su explicación de manera confusa y sin profundidad
3. Dentro de sus explicaciones menciona el principio de la conservación de la energía en virtud de la ley de Lenz

Aproximadamente el cincuenta por ciento de los participantes se encuentra dentro de la primera categoría y solo una persona contestó en virtud del principio de conservación de la energía mostrando una claridad de mayor profundidad a la del resto de participantes. El resto de los estudiantes respondió según la segunda categoría. Estos resultados muestran una mejoría en la comprensión de los conceptos pertenecientes a la inducción electromagnética y por tanto, una influencia positiva de la actividad en el curso de electricidad y magnetismo.

## VI. Conclusiones

- Esta investigación preliminar ha mostrado que las clases y experimentos cotidianos no se muestran como herramientas suficientes en la comprensión de las leyes de Faraday y Lenz.
- Los resultados favorables luego de la práctica y de la explicación del péndulo de Waltenhofen indican una influencia positiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las leyes de Faraday y Lenz. La exigua reflexión e interiorización que los habituales ejercicios y laboratorios inducen en los estudiantes podría ser la falencia en su comprensión de la inducción electromagnética. Sin embargo, en realidad son los enfoques, los espacios y tiempos de la clase los que permiten una u otra metodología. Por esta razón, experimentos como este aunque simples en inversión de tiempo y dinero, posibilitan al estudiante realizar una reflexión menos superficial que lo lleve a una mejor comprensión de la inducción electromagnética.
- Finalmente, cabe mencionar que los resultados no fueron totalmente satisfactorios. Un porcentaje importante de los estudiantes no alcanzó el grado de comprensión deseada. Lo

cual abre interrogantes frente a posibles mejoras en el método con el que se realizó la prueba; adicionalmente, se deben considerar los aspectos individuales de cada estudiante, los cuales son imperceptibles para el alcance de esta investigación preliminar, pero que juegan un rol importante y pueden explicar algunas de las falencias que persisten luego de la prueba.

## VI. Referencias

- [1] Alonso, M. & Finn, E. (1970). Física: Campos y Ondas. EEUU: Fondo educativo interamericano.
- [2] Andreu, M. & García, M. (2000), Actividades Lúdicas en la enseñanza de LFE: el juego didáctico, I congreso internacional de español parafines específicos, Amsterdam, recuperado el 16 de Mayo de 2011, de [http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/ciefe/pdf/01/cvc\\_ciefe\\_01\\_0016.pdf](http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/ciefe/pdf/01/cvc_ciefe_01_0016.pdf)
- [3] Barbosa L. & Talero, P. (2009), "La compuerta mágica: Descripción de un flujo discrepante en dos globos elásticos interconectados", en Latin American Journal of Physics Education, vol.. 3, núm 1, pp. 135-139
- [4] Bradamente, F. & Viennot, L. (2007), "Mapping Gravitational an magnetic field with children 9-11: Relevance difficulties and prospects" en International Journal of Science Education, vol. 29, núm 3, pp. 349-372.
- [5] Benitez, G. S. (2010), "Las estrategias de aprendizaje a través del componente lúdico", en marco ELE (11).
- [6] Guisasola, J.; Almudí, J. & Ubimendi, J. (2003), "Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo electromagnético y elección de los objetivos de enseñanza", en Enseñanza de las Ciencias, 21(1), pp. 79-94.
- [7] Neto, A. J. (2001), "Disonancias pedagógicas en la resolución de problemas de física: una propuesta para su superación de raíz Vygostkiand", en Enseñanza de las ciencias, 19(1), pp. 21-30.
- [8] Sears, F. & Zemansky, M. (2005), Física Universitaria, Volumen 2, Pearson educación.

**David Julián Molina Beltrán**, Lic. en Física Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", docente de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Áreas de interés Física Hadrónica, en particular modelos de potencial en mesones, y Didáctica de la física. Miembro del grupo de investigación de Campos y Partículas de la Universidad Nacional de Colombia en la línea de Física Hadrónica y del grupo Investiciencias en Uniminuto.

**Lic. Sandra Yaneth Motta**. Especialista en Docencia de la Física de la Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Docente Corporación Universitaria Minuto de Dios e-mail: [smotta@uniminuto.edu](mailto:smotta@uniminuto.edu)