

---

---

## **Indicadores de aprendizaje para la enseñanza del concepto de fem en el contexto de la inducción electromagnética**

Oyuela, Diana<sup>1</sup>; Garzón, Isabel<sup>2</sup>

**Categoría 2.** Trabajo de investigación

### **Resumen**

Valorando un análisis conceptual entorno a la fuerza electromotriz (fem) inducida como un instrumento útil para identificar los principales estadios que se deben desarrollar al diseñar un programa de enseñanza, el presente artículo expone el enunciado de seis indicadores de aprendizaje y sus justificaciones. La construcción de estos indicadores y las reflexiones sustentadas, hacen parte de la monografía titulada "la enseñanza del concepto de fem en el contexto de la inducción electromagnética"; en la que se elabora, entre otras cosas, dicho análisis conceptual. Finalmente, se pauta una abstracción acerca de la utilidad para la enseñanza del planteamiento de los indicadores de aprendizaje en la formación de profesores y en el diseño de la enseñanza.

### **Palabras clave**

Indicadores de aprendizaje, fem, inducción electromagnética.

### **Abstract**

Valuing a conceptual analysis environment to the electromotive induced force as a useful tool to identify the main of stages that be developed in the design a curriculum, this article presents the statement of six indicators of learning and their justifications. The construction of those indicators and supported reflections are part of the monograph entitled "teaching the concept of emf in the context of electromagnetic induction"; in which it is made, things inter alia, the conceptual analysis. Finally, an abstraction about the usefulness of the approach to the teaching of the indicators of learning in teacher training and the design of teaching pattern.

---

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica Nacional, diana.oyuela@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Pedagógica Nacional, igarzon@pedagogica.edu.co

**Keywords:** learning indicators, Electromotive force, electromagnetic induction.

## Introducción

El estudio de las fallas conceptuales en la explicación del concepto de fem y la descripción del fenómeno de inducción electromagnética ha sido objeto de numerosas investigaciones (Phillips, 1963; Romer, 1982; Peters, 1983; Thong & Gustone, 2007; Guisasola, J; Almudi, J; Zuza, K, 2010), de acuerdo con lo anterior se puede afirmar que la explicación habitual del concepto de fem inducida dificulta su comprensión por parte de los estudiantes e incluso de los profesores, generando así, las necesidades de replantear la presentación del concepto de fem y de promover una descripción del fenómeno de inducción electromagnética lo más cercana posible a la aceptada científicamente, evitando caer en las dificultades de la explicación tradicional. No obstante, en este documento se da trascendencia a la reflexión hecha por Galili (2006) sobre las dificultades de la presentación habitual del concepto de fem inducida.

En su investigación, Galili señala que la manera como suele ser presentada la fem inducida, incita a los estudiantes a suponer que existen dos clases de fem y además que la diferencia entre ellas es absoluta. Es oportuno aclarar que la fem inducida es una sola y lo que se puede organizar en dos clases es el modo de generarla: fem de transformación y fem de movimiento, adicionalmente para mostrar que la diferencia entre estos dos modos de generar fem inducida no es absoluta, Galili propone hacer uso de observadores inerciales.

Aunque el objetivo de este artículo no se concentra en presentar solución a las fallas conceptuales de las demás investigaciones, si pretende promover un enfoque diferente de la enseñanza del concepto de fem inducida, a través de la respuesta a la problemática base que se resume en determinar: ¿Cuáles son los principales estadios que se deben desarrollar al diseñar un programa de enseñanza del concepto de fem en el marco del fenómeno de inducción electromagnética?

Para el desarrollo de esta problemática, en este artículo se presenta un conjunto de indicadores de aprendizaje que representan los saberes esenciales para la formación de los estudiantes, los cuales favorecen una visión estructural y dinámica de los objetivos de la enseñanza y ayudan a los estudiantes a fijar cuadros de referencia para su aprendizaje. Además y como punto fundamental,

de constituir los elementos que enriquecen, fortalecen y orientan el proceso de enseñanza de la fem inducida.

### **Planteamiento y justificación de los indicadores de aprendizaje**

El concepto de indicador permite determinar los principales estadios que se deben desarrollar al diseñar el programa de enseñanza. Se utiliza esta categoría para especificar los conceptos más significativos y las formas de razonamiento que constituyen los objetivos de aprendizaje para los estudiantes (Guisasla, Montero, & Fernández, 2008).

En este apartado se establecen a manera de enunciado los indicadores de aprendizaje y se presentan las justificaciones de cada uno, basadas en un análisis conceptual plasmado en el primer capítulo de la monografía a la que pertenece la construcción de estos indicadores (la enseñanza del concepto de fem en el contexto de la inducción electromagnética), en dicho análisis conceptual se describen las principales características del concepto de fem y su aplicación en la explicación de los fenómenos de inducción electromagnética.

Por otro lado, en el caso que ocupa al presente trabajo, se considera que una comprensión adecuada del concepto de fuerza electromotriz conlleva un tratamiento más bien familiar de los fenómenos de inducción producidos por imanes y corrientes eléctricas, lo que permite establecer los siguientes indicadores:

**1)** Relacionar el concepto de fem con las propiedades de los generadores de energía eléctrica.

En cada caso donde el término fem es usado, constituye una propiedad de los generadores de energía eléctrica y por ende una medida de la energía que el generador suministra a una unidad de carga.

**2)** Interpretar el concepto de fem como una magnitud que cuantifica una transferencia de energía asociada a un campo no electrostático.

De manera general se puede afirmar que para la teoría electromagnética de campos, la fem es una magnitud que cuantifica una transferencia de energía por unidad de carga asociada a un campo no conservativo, definido para la acción no eléctrica y no conservativa total por unidad de carga de prueba. Por el contrario la diferencia de potencial corresponde con el trabajo realizado al mover la unidad de carga en el espacio donde existe un campo eléctrico conservativo.

**3)** Reconocer la fem de movimiento y la fem de transformación como los dos modos de generar una fem inducida.

Todas las maneras de generar fem inducida se pueden sintetizar en dos causas: la primera, definida como fem de movimiento, consiste en el cambio de orientación o posición de un circuito sumergido en un campo magnético estacionario; la segunda, llamada fem de transformación, consiste en la variación temporal de un campo magnético.

**4)** Aplicar la explicación microscópica para analizar fenómenos de inducción electromagnética.

La teoría electromagnética de campos provee dos análisis teóricos útiles para interpretar los fenómenos de inducción electromagnética: un análisis microscópico en términos de las fuerzas que actúan sobre los portadores de carga.

**5)** Aplicar la explicación macroscópica para analizar fenómenos de inducción electromagnética.

Otro análisis que provee la teoría electromagnética se da en términos macroscópicos, en el cual la generación de una fem se justifica por la variación del flujo magnético en el tiempo. Los dos análisis son válidos para cualquier caso de inducción electromagnética.

**6)** Interpretar el fenómeno de inducción electromagnética usando los observadores inerciales para reconocer el carácter relativo de la fem inducida.

Desde una perspectiva relativista se puede considerar la unificación de los dos modos de generar fem inducida similar a la unificación de los campos eléctrico y magnético cuando se considera la fuerza ejercida sobre una carga eléctrica interpretada por observadores inerciales diferentes. Así como la identificación de la fuerza como magnética o como eléctrica cambia con el cambio de marco de referencia, la generación de la fem inducida cambia con respecto al observador mientras se conserva la fem total como un invariante.

### **Implicaciones en la enseñanza**

Diferentes reflexiones sobre la enseñanza de la física han mostrado que el concepto de fem es conflictivo en los procesos de enseñanza y aprendizaje, esto exige a los profesores, superar el reduccionismo conceptual que se presenta en la enseñanza tradicional del electromagnetismo. Así, en este trabajo a través de la

formulación de los indicadores de aprendizaje se pretende plantear el concepto de fem como una unidad cognitiva útil para describir el fenómeno de inducción electromagnética, fortaleciendo y orientando el proceso de enseñanza que hasta el momento está sostenido en los libros de texto y en los conocimientos de los profesores.

Por otra parte, se puede especular que generalmente quien sabe mucho respecto a una disciplina es un apasionado por ella, sin embargo, no siempre esa pasión disciplinar está acompañada por un compromiso con el aprendizaje de otras personas. En esta dirección, se considera que el buen docente no es aquel que se preocupa únicamente por saber todo acerca de su disciplina, por el contrario, el buen docente es aquel que logra integrar sus conocimientos científicos y pedagógicos, sus ideologías y su experiencia para planificar y desarrollar la enseñanza. Por tanto, en la corriente usada en este artículo, se estiman los indicadores de aprendizaje como base fundamental del diseño de la enseñanza.

En esta oportunidad se otorga mayor interés a la planificación de la enseñanza que a su desarrollo, resaltando que un aspecto no es más importante que otro. Lo que se pretende es descubrir la relevancia de estimar los componentes del aprendizaje antes de planear la enseñanza, desde este punto de vista construir los indicadores de aprendizaje no puede consistir simplemente en elaborar un listado de contenidos y actividades para implementar en el aula. Por consiguiente, enunciar los indicadores tiene como propósito generar una apropiación de cierta ideología que atribuye concepciones legítimas a los elementos, factores, aspectos y sujetos del aprendizaje, esto permite establecer una forma de proceder en la elaboración de una propuesta para enseñar el concepto de fem.

La construcción de los indicadores aquí presentes y las reflexiones sustentadas, hacen parte de una monografía en la que se elabora una secuencia de enseñanza acerca del concepto de fem en la inducción electromagnética en el marco del modelo de aprendizaje como investigación orientada. No obstante, en este artículo la conclusión más significativa radica en resaltar la elaboración de un programa de enseñanza como uno de los procesos más importantes en la formación de los profesores, debido a que este tipo de procesos permite reflexionar acerca del oficio docente y en este la importancia que tiene programar la enseñanza.

---

## Referencias bibliográficas

- Chabay, R; Sherwood, B. (1999). *A unified treatment of electrostatics and circuits*. Center for Innovation in Learning, Carnegie Mellon University, 1-19.
- Einstein, A. (1905). *Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento*. Annalen der Physic. Traducción del inglés al español, del artículo publicado originalmente en alemán, hecha por fue hecha por Gustavo A. Ponce, basado en la traducción de John Walker.
- Feynman, R. (1971). *Lectures on physics, mainly electromagnetism and matter* (Vol. Volumen II).
- Galili, I; Kaplan, D; Lehavi, Y. (2006). *Teaching Faraday's law of electromagnetic induction in an introductory physics course* (Vol. 74). American Journal of Physics.
- Guisasla, J., Montero, A., & Fernández, M. (2008). La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(1), 1604-1 a 1604-8.
- Guisasola, J., Zubimendi, J., Almudi, J., & Ceberio, M. (2007). Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de física en la universidad, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 91-105).
- Guisasola, J; Almudi, J; Zuza, K. (2010). Dificultades de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la inducción electromagnética. *Enseñanza de las ciencias*, 26(2), 1401-1 a 1401-9.
- Guisasola, J; Montero, A; Fernández, M. (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto olvidado en la enseñanza de la electricidad: La fuerza electromotriz. *Enseñanza de las ciencias* 23(1), 47-60.
- Montero, A. (2007). *El concepto de fuerza electromotriz en la interacción de circuitos de corriente estacionaria. Análisis crítico de su enseñanza y propuesta didáctica alternativa*. Editorial de la Universidad de Granada.

- 
- Peters, P. (1983). The role of induced emf's in simple circuits. *American Association of Physics Teachers*, 52(3), 208-211.
- Phillips, M. (1963). Electromotive force and the law of induction. *The Physics Teacher*, 1(4), 155-158.
- Romer, R. (1982). What do "voltmeters" measure? Faraday's law in a multiply connected region. *American Association of Physics Teachers*, 50(12), 1089-1093.
- Thong, R., & Gustone, R. (2007). Some student conceptions of electromagnetic induction. *Research and Quality of Science Education*, 38, 31-44.
- UNESCO. (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. *Publicado por la Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.*
- Varney, R., & Fisher, L. (1980). Electromotive force: Volta's forgotten concept. 48(5), 405-408.