

La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de Inducción Electromagnética (IE) en el ciclo básico de carreras de Ingeniería

The teaching and learning of the phenomenon of Electromagnetic Induction (EI) in the basic cycle of engineering careers

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Mariné Braunmüller¹, Bettina Bravo² y Mabel Juárez¹

¹GIDCE, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Av. Del Valle 5731, CP 7400Olavarría, Buenos Aires. Argentina.

²CONICET–GIDCE, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Av. Del Valle 5731, CP 7400Olavarría, Buenos Aires. Argentina.

E-mail: mbraunmu@fio.unicen.edu.ar

Resumen

Se implementó un trabajo de investigación exploratorio con el fin de indagar qué y cómo aprenden estudiantes de nivel universitario conceptos, leyes y teorías relacionadas con la inducción electromagnética, cuando se guía su aprendizaje con una propuesta especialmente diseñada. Dicha propuesta sienta sus bases en los principios teóricos sobre enseñanza y aprendizaje aportados por la psicología cognitiva y atiende a las dificultades encontradas por otros investigadores sobre el tema. Es objetivo de la presente comunicación, compartir el diseño de la propuesta de enseñanza y la investigación desarrollada durante su implementación, junto a los resultados encontrados y las conclusiones arribadas.

Palabras clave: Inducción electromagnética; Aprendizaje; Propuesta didáctica; Nivel universitario.

Abstract

An exploratory research work was implemented in order to investigate what and how university level students learn concepts, laws and theories related to electromagnetic induction, when their learning is guided by a specially designed proposal. This proposal is based on the theoretical principles of teaching and learning provided by cognitive psychology and addresses the difficulties encountered by other researchers on the subject. The purpose of this communication is to share the design of the teaching proposal and the research developed during its implementation, together with the results found and the conclusions reached.

Keywords: Electromagnetic induction; Learning; Didactic proposal; University level.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de los fenómenos asociados al electromagnetismo ocupa un lugar central en los diseños curriculares oficiales tanto de educación secundaria como universitaria, en modalidades y carreras relacionadas con la ciencia y la tecnología. En tal sentido, y puntualmente en el caso de las carreras de Ingeniería como las que se dictan en la Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO) de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), el electromagnetismo se aborda en el segundo curso de Física perteneciente al ciclo básico de todas las modalidades (ingeniería electromecánica, química, industrial, civil y agrimensura).

La inducción electromagnética (IE) es una temática de gran importancia a nivel académico porque y tal como lo afirman Almudí y otros (2016), en ella se conjugan y sintetizan de forma creativa, diferentes

leyes de la electricidad y del magnetismo y su comprensión permite a los ciudadanos¹ tomar decisiones fundamentadas sobre diversas aplicaciones tecnológicas presentes en su vida cotidiana. Pero, trabajos de investigación como los realizados por Guisasaola y otros (2008; 2010); Zuzay otros (2012); Almodí García y otros (2013); Catalán y otros (2010) y Naizaque Aponte (2013) muestran evidencias de las dificultades de aprendizaje y de la existencia de concepciones alternativas en estudiantes con relación al fenómeno de IE. En tal sentido hallan que:

- presentan inconvenientes para imaginar y representarse mentalmente el fenómeno (lo que da cuenta de que están poco familiarizados con el mismo);
- presentan dificultades para razonar en términos de las fuerzas que aparecen en la inducción electromagnética;
- tienen problemas en la identificación de los factores asociados a la generación de una fem inducida y tienden a asociar la IE con el campo magnético o flujo magnético (y no con la variación de flujo);
- no logran un aprendizaje comprensivo de la ley de Faraday: no le otorgan significado físico ni la aplican correctamente;
- presentan dificultades para comprender entidades u objetos matemáticos (como integrales de superficie, volumen, trayectoria y los conceptos de flujo y circulación de un campo vectorial) que aparecen en la formalización de las leyes de IE. Además, tienen dificultad de aplicar en el contexto de las clases de Física lo aprendido en las clases de Matemática.

En el contexto de la FIO y a partir de un trabajo piloto realizado recientemente (Braunmüller y otros, 2018) se encontraron resultados concordantes. Dicho trabajo implicó el análisis del rendimiento² que 719 estudiantes de dicha facultad presentaron al resolver los problemas planteados en las instancias de evaluación parcial de la asignatura Física II durante el período 2013 – 2017. Cada problema involucró una de las temáticas desarrolladas en dicha asignatura: Electrostática, Magnetismo; Inducción Electromagnética; Circuitos eléctricos (CC y CA); Ondas electromagnéticas y Óptica (geométrica y física).

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico, el cual permitió evidenciar la temática que presentó menor calificación a lo largo del tiempo, lo que a fines de los objetivos del estudio realizado se interpretó como la que implica mayor complejidad de aprendizaje. Los resultados hallados se muestran en la figura 1. Allí puede observarse que la temática inducción electromagnética es la que presentó menor rendimiento y la única en la que este parámetro resultó inferior al 50%.

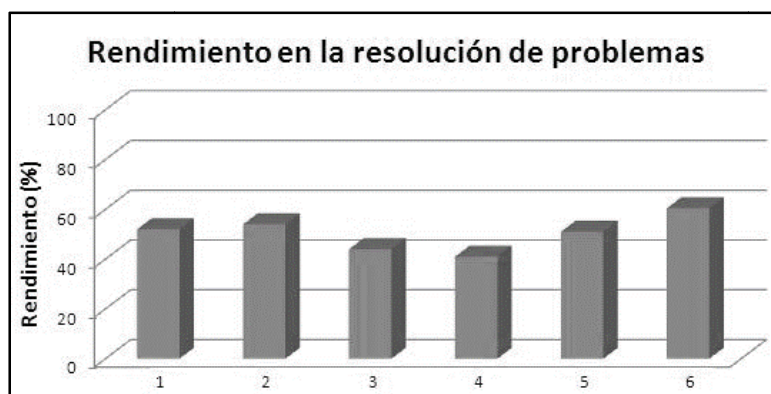


FIGURA 1. Rendimiento de los alumnos según unidades temáticas [1. Electrostática, 2. Circuitos eléctricos CC y CA, 3. Magnetismo, 4. Inducción electromagnética, 5. Ondas electromagnéticas, 6. Óptica] y el.

Se interpreta que este resultado se vincula con la complejidad que presenta a los estudiantes aprender al respecto del fenómeno de IE (tal como lo advierten los trabajos antes mencionados), por lo que resulta entonces necesario indagar acerca de los obstáculos que deben sortear los estudiantes, para decidir con fundamento, cómo diseñar la enseñanza.

Ante esta situación surgen distintos interrogantes como: ¿qué procesos cognitivos implican para los estudiantes aprender los conceptos y leyes asociados a la IE, a partir del saber que han construido previo a su enseñanza? ¿Qué obstáculos deben superar al hacerlo? ¿Cómo diseñar la enseñanza para ayudar a los

¹Se utilizará el género masculino para hacer referencia a ambos sexos como grupo de población, con la finalidad de facilitar la lectura y la redacción, sin intención de discriminación ni de uso sexista del lenguaje.

² Rendimiento = (puntaje obtenido/puntaje esperado) x 100.

alumnos a superar dichos obstáculos y favorecer el aprendizaje deseado?

Para dar respuestas a estas preguntas, se diseña un proyecto de investigación a partir del cual se está elaborando la tesis de Maestría³ de la primera autora, cuyo objetivo general es indagar qué, cómo y ante qué estrategias de enseñanza los estudiantes construyen un saber coherente con el de la Física con relación al fenómeno de IE. En la instancia inicial de dicho proyecto, se implementó un trabajo de investigación exploratorio con el objetivo de poder indagar qué y cómo aprenden los alumnos de nivel universitario conceptos, leyes y teorías relacionadas con la inducción electromagnética, cuando se guía su aprendizaje con una propuesta especialmente elaborada en el marco de esta investigación y que atiende a las dificultades encontradas por otros investigadores y al marco teórico de referencia adoptado por el grupo de trabajo, el cual se desarrolla en el siguiente apartado.

Es objetivo de la presente comunicación compartir el diseño de la propuesta de enseñanza y el trabajo de investigación exploratorio desarrollado durante su implementación, junto a los resultados encontrados y las conclusiones arribadas.

II. FUNDAMENTOS

Enmarcados en una postura constructivista se reconoce a los sujetos como los principales actores del proceso de aprendizaje, quienes construyen nuevos conocimientos a partir de los que ya poseen. En el caso de las alumnas y los alumnos del nivel universitario estos conocimientos son producto de un aprendizaje formal (el que desarrollaron durante su escolarización) e informal (el que generaron como consecuencia de su interacción con su entorno físico y social). Como se mencionó, numerosas investigaciones didácticas dejan de manifiesto que, aún después de la educación preuniversitaria, el conocimiento que suelen compartir estudiantes con relación a los fenómenos físicos (entre ellos el de IE) es un conocimiento pre-científico, más coherente con un saber intuitivo que con uno coherente con el que expresa la Física como ciencia, conocimiento que justamente se pretende enseñar. Dicho saber intuitivo es construido principalmente a partir de la experiencia y la información aportada por los sentidos y se basa en supuestos ontológicos, epistemológicos y conceptuales diferentes a los que subyacen a la construcción del conocimiento científico (Pozo, 2001; Chi y otros, 2012; Vosniadou, 2012).

En tal sentido, y atendiendo a lo propuesto por Pozo y Gómez Crespo (1998), al saber intuitivo se lo puede caracterizar en términos de los principios: conceptual de dato (ya que los fenómenos y hechos se describen en función de propiedades y cambios observables); ontológico de estado (en tanto se interpreta el mundo en función de estados de la materia, desconectados entre sí) y epistemológico de realismo ingenuo (dado que concibe que la realidad es como la vemos y, por ende, no se concibe lo que no se percibe).

Desde este contexto y tal como lo proponen Salinas de Sandoval y Sandoval (1996) y Bravo (2007) suelen usarse razonamientos monoconceptuales (en tanto se supone que los fenómenos dependen de una sola variable) no sistémicos (no se consideran efectos mutuos entre elementos involucrados) y reduccionistas (se atiende más a las propiedades que a las funciones de los elementos involucrados en el fenómeno). Al conocimiento científico en tanto, se lo puede describir en término de los principios: conceptual de interacción (dado que las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción); ontológico de sistema (ya que los fenómenos se interpretan a partir del conjunto de relaciones complejas que forman parte de un sistema) y epistemológico de constructivismo (ya que se concibe que el conocimiento es una construcción que nos proporciona modelos para interpretar la realidad pero que no son la realidad misma). Los modos de razonar asociados al conocimiento científico resultan ser pluriconceptuales, sistémicos y no reduccionistas.

Aprender ciencias implica entonces un complejo cambio ontológico, epistemológico y conceptual que no tiene asociado necesariamente el abandono ni la sustitución de las ideas más intuitivas sino la construcción de otras más complejas y la re-significación de las más primitivas (Pozo, 2001). Esto conlleva a que convivan en la mente del sujeto que aprende múltiples representaciones sobre un dominio dado. Desde este contexto, aprender el saber de la ciencia en general (y de la Física en particular) no sólo requiere interpretar los conceptos, leyes, modelos, teorías que ésta propone sino también aprender a gestionar las ideas que el sujeto dispone y a aplicarlas con consistencia y coherencia para resolver exitosamente los problemas (de índole científico-tecnológica) a los que se enfrenta.

Para favorecer un aprendizaje de la física como el descrito, se adopta para el diseño de la propuesta didáctica (PD) eje de este trabajo, una secuencia que contempla cuatro momentos claves para los procesos de enseñanza y aprendizaje: iniciación, desarrollo, aplicación, y síntesis (IDAS), a saber:

- **Iniciación:** momento en que alumnos y docente reconocen las ideas iniciales (sostenidas por quién

³ Maestría en Enseñanza de las Ciencias Experimentales. UNCPBA.

aprende), ideas a partir de las cuales se construirán los nuevos saberes;

- Desarrollo: donde los estudiantes en forma cooperativa y guiados por su docente construyen conocimientos coherentes con el saber científico y aprenden a resolver problemas haciendo uso de ellos;
- Aplicación: donde las nuevas ideas y habilidades son utilizadas en múltiples contextos a fin de consolidar los nuevos saberes y usarlos con conciencia, consistencia y coherencia para resolver problemas;
- Síntesis: donde a partir de actividades metacognitivas y bajo la guía del docente, los alumnos reflexionan sobre qué y cuánto han aprendido (intentando clarificar aquellos procesos que le permitieron aprender más y mejor) y qué es lo que aún queda por aprender.

Esta secuencia sienta sus bases en los principios teóricos aportados por la psicología cognitiva contemporánea (antes descriptos) y su potencialidad para favorecer el aprendizaje de la Física, ha sido validado en distintos momentos y con diversas investigaciones (véase, por ejemplo, Bravo y otros, 2012; Bravo y Pesa, 2016).

III. LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA: características e implementación

La propuesta de enseñanza diseñada se implementó en la asignatura Física II, que pertenece al ciclo básico de las carreras de Ingeniería (Química, Civil, Industrial, Electromecánica y Agrimensura) que se dictan en la FIO. Esta es una asignatura cuatrimestral cuya carga horaria es de 120 horas (8 horas semanales). El desarrollo tradicional de esta materia implica tres momentos para el tratamiento de los temas: clases teórico-prácticas; instancias de resolución de problemas y prácticas de laboratorios (reales y virtuales). Respetando dicha organización y la secuencia IDAS antes mencionada, se diseñó la propuesta de enseñanza sobre IE cuya implementación involucró tres clases (de 4 hs cada una).

La etapa de iniciación implicó que los alumnos respondieran a tres problemáticas. La primera de ellas estaba asociada al reconocimiento del fenómeno de inducción electromagnética; la segunda implicó el análisis de las variables involucradas en la producción del mismo y la descripción cualitativa de las interacciones que deben darse entre dichas variables para que éste ocurra. La tercera requirió un análisis más cuantitativo del fenómeno de IE en tanto los estudiantes no sólo debían explicar cómo y porqué se produce sino también decidir cómo proceder para que la fem generada en una espira por IE, sea máxima. Una vez que los alumnos respondieron a las actividades, el docente retomó las respuestas elaboradas y las puso a consideración del gran grupo dejando en evidencia a la luz de las leyes de electricidad y magnetismo antes analizadas, aquellos aspectos científicamente incorrectos (como el hecho de pensar que un imán puede comportarse con fuente de diferencia de potencial eléctrico) o incompletos (asumir que la IE se genera por la mera presencia de un campo magnético).

La instancia de desarrollo implicó en un primer momento, la recuperación del concepto de flujo de un campo vectorial (temática que se aborda en la asignatura Análisis Matemático II cuya cursada es correlativa a Física II). La importancia de esta recuperación radica en el hecho que los trabajos de investigación consultados revelan que los estudiantes tienen inconvenientes para interpretar dicho concepto, al menos en el contexto de las clases de Física, lo que se vuelve un obstáculo para interpretar el fenómeno de IE que suele reducirse al cambio del campo magnético. En un segundo momento de esta etapa de desarrollo, se analizó el fenómeno que se produce cuando se genera en el espacio un flujo magnético variable y el efecto de la IE en un circuito cerrado (fem y corriente inducidas). Para reconocer la generación del fenómeno, los estudiantes realizaron en pequeños grupos experimentos sencillos (imitando las experiencias de Faraday) y el docente utilizó ante el gran grupo, simulaciones^{4,5} con el objetivo de ayudarlos a reconocer las líneas de campo; el flujo magnético que atravesaba la espira en los experimentos y el cambio del flujo magnético que se producía al variar la posición relativa imán–espira. Una de estas simulaciones⁶, permite manipular las distintas variables de las cuales depende la IE y en consecuencia (confinado este fenómeno en un circuito), la magnitud de la fem inducida: área de la espira, número de vueltas, magnitud del campo magnético, orientación de la espira en el campo. Apoyándose en dicha simulación, el docente finalmente presentó la Ley de Faraday. Luego y en el último momento de esta fase, se abordó la ley de Lenz. Para motivar su estudio y facilitar su comprensión se utilizó como recurso un video⁷ donde se aprecia el efecto de las corrientes parásitas que se establecen en un tubo de cobre como consecuencia de un imán que cae

⁴ Se potencia en la propuesta el uso de simulaciones y laboratorios virtuales ponderando su virtud de permitir a los estudiantes visualizar (en la pantalla de los dispositivos digitales) fenómenos y procesos físicos; interactuar, manipular y transformar objetos en la interfaz de la aplicación y hasta realizar experiencias simuladas de difícil ejecución en el laboratorio.

⁵ http://laplace.us.es/wiki/index.php/Espira_cuadrada_que_gira_en_un_campo_magn%C3%A9tico

⁶ <https://phet.colorado.edu/es/simulation/faraday>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=ddq2dhmCkHg>

por el interior del mismo.

La instancia de aplicación comenzó con el docente proyectando ante el gran grupo otro video⁸ donde se puede ver la construcción y el funcionamiento de una linterna inalámbrica casera y motivó a que los alumnos intentaran elaborar una explicación de este último. Luego y trabajando en pequeños grupos, los estudiantes resolvieron una serie⁹ de ejercicios y problemas que involucraron el concepto de flujo de campo magnético, la ley de Faraday y la ley de Lenz, en distintas situaciones. La secuencia de los problemas (en cuanto a la inclusión en orden de los temas y a la complejidad gradual) se condice con la organización del abordaje/desarrollo teórico del tema.

En la instancia de síntesis se presentó a los alumnos tres problemáticas que debieron resolver en forma individual. Luego el docente ante el gran grupo y con la participación activa de los estudiantes, resolvió dichas problemáticas en el pizarrón y guio su proceso de autoevaluación. La fase de síntesis culmina con la instancia de examen parcial, correspondiente al régimen de cursada/evaluación establecida para la asignatura. Este parcial involucra cuatro problemas teórico-prácticos, uno de ellos de IE.

Como se enunció, paralelamente a la implementación de esta propuesta de enseñanza, se desarrolló un trabajo de investigación exploratorio cuyas características se describen a continuación.

IV. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EXPLORATORIO

Para caracterizar el conocimiento y el aprendizaje del grupo de estudiantes al que fue dirigida la propuesta de enseñanza especialmente diseñada, se analizó en instancias claves de la instrucción:

- ¿Qué saben respecto del fenómeno estudiado? Lo que implicó determinar qué tipo de modelo explicativo comparten y utilizan con mayor frecuencia y
- ¿cómo lo saben? Lo que implicó inferir los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que subyacen a sus ideas y los esquemas de razonamiento que activan para elaborar explicaciones y resolver problemas.

Para ello se optó por un diseño pretest-intervención-postest y una metodología cualitativa, que implica analizar exhaustivamente las respuestas elaboradas por los estudiantes en cada instancia de análisis (antes y después de implementada la PD), generar esquemas conceptuales (involucrando los conceptos y relaciones reconocidas por ellos) que representen el modelo explicativo y los modos de razonar implicados e inferir los principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales subyacentes. Este análisis cualitativo se complementa con otro cuantitativo que permite evaluar la frecuencia con que los alumnos utilizan los distintos modos de conocer detectados y caracterizar así el conocimiento del grupo en cada instancia de análisis.

A fin de estudiar el aprendizaje experimentado por los estudiantes ante la implementación de la propuesta de enseñanza, se realizó un análisis interpretativo individual y general de sus respuestas buscando establecer en qué medida evoluciona su conocimiento inicial en conocimiento científico. La comparación cuali y cuantitativa del saber de los alumnos antes y después de la enseñanza, permitió concluir al respecto. La triangulación de datos provenientes de los distintos análisis propuestos, posibilitó establecer conclusiones acerca de cómo aprenden los estudiantes ante la propuesta de enseñanza implementada.

A. Sujetos

La propuesta diseñada se implementó en un curso de Física II de la FIO conformado por 79 estudiantes inscriptos. De ellos, 32 estuvieron presentes en la instancia de pre y postest y concurren asiduamente a clase. A los fines de la investigación realizada, se consideraron las producciones de dichos estudiantes.

B. Los instrumentos de recolección de datos

Para obtener datos que permitan conocer cómo interpretan el fenómeno de IE los alumnos a los cuales fue dirigida la enseñanza, se diseñaron actividades que involucren situaciones problemáticas conocidas por ellos y cuya resolución les resultase significativa. Fueron validadas por expertos de la UNCPBA y puestas a prueba con alumnos del último año de la carrera de Profesorado de Física del Instituto de Formación Docente N° 22. A partir de dicha implementación, se analizó el tiempo que demandaba la resolución de las mismas, la claridad de las consignas y su pertinencia para obtener los datos necesarios.

⁸<https://www.youtube.com/watch?v=2hv2JN8d8OA&feature=youtu.be>

⁹Conforman lo que se denomina en el marco de la asignatura el Trabajo práctico de problemas (TPP).

Con la actividad propuesta en la instancia pretest (coincidente con la instancia didáctica de iniciación de la propuesta de enseñanza) se les solicitó a los alumnos que expliquen cómo puede encenderse una lámpara usando alambre de cobre y un imán y cómo proceder para generar la máxima fem posible, manipulando esos elementos. En la instancia postest (coincidente con la instancia didáctica de síntesis) se les presentó dos problemas: uno de índole más cualitativa donde debieron enunciar las condiciones (elementos y fenómenos) necesarios para que se genere el fenómeno de IE y otro de índole más cuantitativa, donde debieron aplicar la Ley de Faraday-Lenz para resolver la situación. Las actividades propuestas en estas instancias se presentan en el Anexo.

V. RESULTADOS

Se organizó las ideas manifestadas por los estudiantes al elaborar sus respuestas en la instancia pretest, en cuatro categorías. En la categoría 0 se agruparon aquellas respuestas que denotaron el desconocimiento del fenómeno de inducción electromagnética. En la categoría I, aquellas ideas incorrectas desde el punto de vista científico, basadas en hechos o datos y razonamientos reduccionistas, que los lleva a asumir por ejemplo que el imán o el campo generado por él, actúa como fuente de diferencia de potencial al igual que una pila o batería. Se agruparon en esta categoría respuestas del tipo: *“el alambre es un conductor, por lo que hace que la energía del imán vaya a la lámpara y haga que funcione”*.

En la categoría II se reunieron ideas a las que subyacen razonamientos de causalidades lineales simples, que los lleva a concebir, por ejemplo, que la fem inducida se genera gracias a la existencia de un campo magnético variable en el tiempo, sin reconocerse el resto de los procesos y variables involucradas. Se agruparon en esta categoría respuestas del tipo: *“si se bobina el imán con alambre, el imán genera un campo en el alambre de cobre que genera una corriente”*. En la categoría III se agruparon aquellas ideas coherentes con las de la ciencia, pero que por algún motivo resultan incompletas. Se incorporó aquí la respuesta que dio un alumno que fue capaz de explicar cualitativamente el fenómeno (reconociendo correctamente a los elementos involucrados y los procesos que se llevan a cabo) pero no así, de reconocer y utilizar la relación cuantitativa (establecida por la Ley de Faraday) que vincula a las variables involucradas en la generación de la fem. Dicho alumno respondió: *“el imán genera un campo magnético variable en el punto donde está el bobinado del conductor y genera un movimiento de cargas”*.

En esta instancia inicial, la categoría 0 fue utilizada por 6 estudiantes; la I por 4, la II por 21 y la categoría III por 1. Al analizar las respuestas elaboradas por los estudiantes en la instancia postest, se pudo utilizar las mismas categorías definidas en el pretest y sólo se debió incluir la IV que contempla la idea científica. Ésta implica concebir que resulta posible inducir una fuerza electromotriz (fem) en un circuito cerrado, si se varía en el tiempo el flujo magnético que atraviesa el área delimitada por dicho circuito. Variar el flujo magnético en el tiempo implica: variar la intensidad del campo magnético en el cual está inmerso el circuito, modificar el área que define el circuito, mover dicho circuito en una zona donde exista un campo magnético constante o la combinación de todas estas acciones. La intensidad de la fem inducida resulta proporcional a la intensidad del cambio del flujo magnético en el tiempo (Ley de Faraday). En esta instancia final, la categoría 0 fue usada por 2 estudiantes; la II por 1; la III por 11 y la IV por 18 (la categoría I no fue usada). La figura 2 muestra la frecuencia con que las categorías definidas fueron utilizadas por el grupo de estudiantes antes y después de implementada la enseñanza.

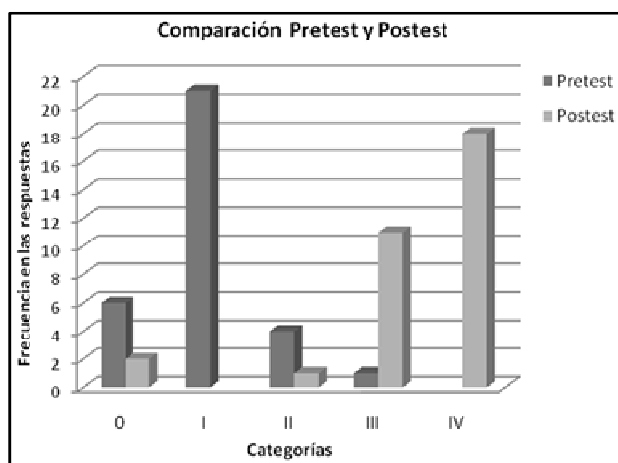


FIGURA 2. Gráfico comparativo del uso de distintas categorías antes y después de la enseñanza.

Como puede observarse, antes de la enseñanza el grupo de estudiantes tendía a usar ideas incorrectas e incompletas para explicar la generación de una fem por el fenómeno de IE. Luego de la enseñanza, en tanto, más del 80 % de las respuestas se agrupó en las categorías III y IV lo que implica que aumentó la tendencia a utilizarla ley de Faraday para explicar el fenómeno analizado. Los cambios detectados darían cuenta del aprendizaje experimentado, el cual implicó el paso de un desconocimiento del fenómeno (y el uso de ideas intuitivas para intentar interpretarlo) al uso de modelos abstractos y razonamientos plurivariados.

VI. CONCLUSIONES

Atendiendo a los objetivos propuestos para el trabajo de investigación exploratorio llevado adelante, se halló que inicialmente los estudiantes tendieron a explicar el fenómeno en términos de hechos y datos y razonamientos reduccionistas, usando ideas incorrectas desde el punto de vista de la Física. En tanto, luego de la enseñanza usaron con mayor frecuencia las ideas comprendidas en las categorías III y IV, que involucran el uso de modelos sistémicos y modos de razonar coherentes con los de la Física. Se interpreta a estos cambios como un indicativo que los estudiantes habrían construido un saber coherente con el de esta disciplina científica con relación al fenómeno de IE. Habría ayudado a dicha construcción:

- la incorporación en el proceso de enseñanza de una instancia inicial donde ellos individualmente primero y con la guía del docente luego, pudieran explicitar y analizar sus concepciones;
- un segundo momento donde se aborda el fenómeno experimentalmente (de forma real y virtual) haciendo alusión explícita a las distintas variables que intervienen y a los procesos que ocurren;
- un tercer momento donde los estudiantes trabajando en pequeños grupos y bajo la guía de los docentes, resolvieran situaciones que implican elaborar explicaciones y resolver problemas cuali y cuantitativos de creciente complejidad y apertura;
- y una cuarta etapa donde al igual que en la inicial, evaluaran sus ideas al finalizar la enseñanza (y previo a la instancia de evaluación formal).

No obstante, cabe destacar que un importante porcentaje de respuestas elaboradas en la instancia post-est fueron agrupadas en la categoría III, que involucran ideas coherentes con las de la ciencia, pero incompletas. Haciendo un análisis más exhaustivo de estos casos, se observó que la mayoría de los estudiantes que usaron estas ideas (8 de 11) lograron elaborar una explicación cualitativa del fenómeno, pero tuvieron inconvenientes en aplicar cuantitativamente la ley de Faraday.

Estos resultados dejan en evidencia la naturaleza de algunos de los obstáculos que los alumnos deben superar al aprender y que deben ser tenidos en cuenta al diseñar la enseñanza. Atendiendo a ello, actualmente el grupo de trabajo se encuentra rediseñando esta propuesta inicialmente compartida con el grupo de alumnos, la que será nuevamente implementada en el presente ciclo lectivo. La evaluación del aprendizaje que ésta propicie, será objetivo central de la tesis de maestría que está elaborando la primera autora de este trabajo.

REFERENCIAS

Almudí García, J., Ceberio Garate, M., Zubimendi Herranz, J. (2013). Análisis de los argumentos elaborados por los estudiantes de cursos introductorios de física universitaria ante situaciones problemáticas pertenecientes al ámbito de la inducción electromagnética. *Memorias del IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, del 9 al 12 de septiembre de 2013, Girona.

Almudí, J. M., Zuza, K., Guisasola, J., (2016). Aprendizaje de la teoría de inducción electromagnética en cursos universitarios de física general. Una enseñanza por resolución guiada de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 7-24.

Braunmüller, M., Bravo, B. y Tenaglia, M (2018). ¡Este tema es más difícil! Alumnas y alumnos con problemas en Física. *III JECICNaMa*, del 19 al 22 de septiembre de 2018, Bernal, Buenos Aires.

Bravo B. (2007). La enseñanza y el aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria. Universidad Autónoma de Madrid. España. Disponible en: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1973/5029_bravo_bettina.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Sitio consultado en julio de 2019.

Bravo, B. y Pesa, M. (2016). El cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias. Un estudio de los procesos involucrados al aprender sobre la luz y la visión. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 258-280.

Bravo, B., Pesa, M. y Pozo, J.I. (2012). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. un estudio sobre “qué, cuándo y cuánto” aprenden los alumnos acerca de la visión. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 87-110.

Catalán, L., Caballero Sahelices, C., y Moreira, M. A. (2010). Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la Inducción electromagnética. Un estudio de caso. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4(1), 126-142.

Chi, M., Roscoe, R., Slotta, J., Roy, M., y Chase, C. (2012). Misconceived Casual Explanations for Emergent Processes. *Cognitive Science*, 36(1), 1-61. Disponible en: <https://education.asu.edu/chi-m-t-h-roscoe-r-slotta-j-roy-m-chase-m-2012-misconceived-causal-explanations-emergent-processes-0> Sitio consultado en julio de 2019.

Guisasola, J., Almudí, J. M., y Zuza, K. (2008). Explicaciones de los estudiantes de primer curso de ingeniería sobre los fenómenos de inducción electromagnética. *Revista de Enseñanza de la Física*, 21(2), 33-47.

Guisasola, J., Almudí, J.M., y Zuza, K. (2010). Dificultades de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la inducción electromagnética. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(1), 1401-1/1041-9.

Naizaque Aponte, N. (2013). Diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de la inducción electromagnética. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. <http://bdigital.unal.edu.co/39628/1/1186696.2013.pdf> Sitio consultado en julio de 2019.

Pozo, J.I. (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.

Pozo J.I. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

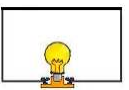


Salinas de Sandoval, J. y Sandoval, J. (1996). Explicación de colores resultantes: modos de razonar subyacentes. *Revista Enseñanza de Física*, 10(2), 32-34.

Vosniadou, S. (2012). Reframing the Classical Approach to Conceptual Change: Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. *Second International Handbook of Science Education*, 1, 119-130.

Zuza, K., Almudí, J. M., y Guisasola, J. (2012). Revisión de la investigación acerca de las ideas de los estudiantes sobre la interpretación de los fenómenos de Inducción electromagnética. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 175-196.

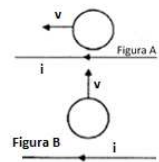
ANEXO

A. PRETEST

<p>TARJETA 1 Considerando un circuito como el representado en la figura: “¿Puede encenderse la lámpara sin utilizar la red eléctrica, un capacitor, una pila o una batería?” Si crees que SI, indica qué elementos necesitarías y EXPLICA qué harías para lograr que la lámpara se encienda. Si crees que NO, explica por qué.</p>	
<p>TARJETA 2 Con los materiales mostrados en la figura (imán, alambre de cobre), es posible encender la lámpara sin conectarla a una pila, batería, capacitor o red domiciliaria. 1. Propone qué harías para lograr encender la lámpara, con los materiales dados. Realiza un dibujo o esquema, que acompañe tu respuesta. 2. Explica la función que cumple cada uno de los elementos para hacer posible que la lámpara se encienda. 3. Explica el fenómeno físico involucrado.</p>	
<p>TARJETA 3 Esta simulación te muestra una experiencia simulada en un laboratorio virtual. La imagen capturada de la pantalla muestra un instante determinado. 1. Explica por qué crees que se enciende la lámpara. 2. Si se cambiara la lámpara del experimento virtual por otra que requiere mayor diferencia de potencial para disipar la máxima potencia, ¿qué modificaciones le harías al circuito propuesto o al procedimiento empleado, a fin de lograr que esta lámpara se encienda? Justifica tu respuesta.</p>	

B. POSTEST

Problema N° 1: I. Una espira circular de radio R se mueve con velocidad v en las proximidades de un cable que transporta una corriente de intensidad i . **a)** Mientras la espira se está moviendo en la dirección y sentido indicados en la figura A, ¿aparece una corriente en dicha espira? Si tu respuesta es afirmativa, indica cuál es el sentido de la misma y explica detalladamente su origen. **b)** Mientras la espira se está moviendo en la dirección y sentido indicados en la figura B, ¿aparece una corriente en dicha espira? Si consideras que sí, indica cuál es el sentido de la misma y explica detalladamente su origen.



II. Un ciclista coloca en su bicicleta una lámpara que funciona con un voltaje de 6 V y una corriente de 300 mA , la que es “alimentada” por una dínamo conectada a la rueda de su bicicleta. Este dispositivo consiste en una espira circular de 3 cm radio y 100 vueltas de alambre, que gira en un campo magnético de 100 mT . ¿Qué frecuencia tiene que alcanzar la dínamo en su movimiento para que se establezca en los extremos de la lámpara, la máxima diferencia de potencial para la cual fue fabricada?