

Una propuesta didáctica para enseñar el fenómeno de inducción electromagnética en el nivel secundario

Didactic sequence to teach the phenomenon of electromagnetic induction at the secondary level

Yesica Inorreta¹, Bettina Bravo² y Silvia Bravo^{3,4}

¹ Facultad de Ingeniería de Olavarría, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. Del Valle 5737, CP 7400, Olavarría, Buenos Aires. Argentina.

² CONICET - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. Del Valle 5737, CP 7400, Olavarría, Buenos Aires. Argentina.

³ Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800. San Miguel de Tucumán, Tucumán. Argentina.

⁴ Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, Rivadavia 11050. San Miguel de Tucumán, Tucumán. Argentina.

*E-mail: yesica.inorreta@fio.unicen.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta y describe una propuesta de enseñanza diseñada para favorecer el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética (IE) en el nivel secundario. La misma fue diseñada teniendo en cuenta diversos aspectos, tales como los lineamientos curriculares oficiales, los resultados de investigaciones sobre concepciones y razonamientos de estudiantes, y las contribuciones relacionadas con la forma en que se aprende y se enseña ciencias, así como la potencialidad de las TIC para favorecer el aprendizaje deseado. La propuesta fue implementada en un curso con estudiantes de 17-18 años de edad, implicándolos en el uso de distintos recursos tecnológicos.

Palabras clave: Inducción electromagnética; Enseñanza; Propuesta didáctica; Nivel secundario.

Abstract

This paper presents and describes a teaching proposal designed to promote the learning of the phenomenon of electromagnetic induction (IE) at the secondary level. It was designed taking into account various aspects, such as: the official curricular guidelines, the results of research on conceptions and reasoning of students and the contributions related to the way in which science is learned and taught, as well as the potential of the ICT to promote the desired learning. The proposal was implemented in a course with students aged 17-18, involving students in the use of different technological resources.

Keywords: Electromagnetic induction; teaching; Didactic proposal; Secondary level.

I. INTRODUCCIÓN

Indudablemente, el mundo contemporáneo se caracteriza por el rápido y vertiginoso avance científico-tecnológico, el cual ha transformado nuestra sociedad de manera significativa. En este contexto, es crucial que los ciudadanos tengan el derecho de no ser manipulados, de comprender los fenómenos que les afectan y de intervenir de manera crítica y activa en los procesos sociales. Esto requiere adquirir conocimientos científico-tecnológicos y desarrollar la habilidad de utilizarlos de manera coherente y argumentativa, como una herramienta estratégica.

Motivar el aprendizaje de las ciencias y la tecnología en la educación secundaria siempre ha sido un desafío para los educadores. El esfuerzo cognitivo, intencional y consciente que implica aprender ciencias a menudo se enfrenta a la pregunta recurrente de "¿y esto para qué me sirve?", lo cual puede desalentar a algunos estudiantes a embarcarse en el aprendizaje de estos conocimientos considerados indispensables para su inserción en la sociedad actual, en el mundo laboral o en carreras STEM.

El estudio del fenómeno de la Inducción Electromagnética puede resultar altamente beneficioso para fomentar la ansiada alfabetización científica y motivar el aprendizaje de la Física, ya que constituye la base de muchas tecnologías y dispositivos eléctricos que utilizamos a diario, como generadores, transformadores y motores eléctricos, así como las comunicaciones inalámbricas. Este enfoque puede despertar el interés de los estudiantes por las ciencias y motivarlos a explorar más en este campo, al mismo tiempo que les brinda la oportunidad de construir nuevos conocimientos a través de la problematización.

A su vez, el fenómeno de la inducción electromagnética es un tema de gran importancia académica, ya que sintetiza diferentes leyes de la electricidad y el magnetismo. La naturaleza plurivariable y sistémica de los conceptos y leyes asociados, como el concepto de flujo magnético y la ley de Faraday, exige considerar tanto las funciones espaciales al calcular los flujos, como las funciones temporales al determinar la intensidad de las fem inducidas. Plantea así a los estudiantes la necesidad y la oportunidad de desarrollar un pensamiento y una forma de construir conocimientos coherentes con los fundamentos científicos, habilidades que podrán aplicar en el aprendizaje de otros conceptos, leyes, modelos y teorías. Finalmente, el carácter empírico de la ley de Faraday permite adoptar una metodología coherente con la práctica científica como medio para construir conocimientos en el aula, fomentando no solo un conjunto de conocimientos conceptuales, sino también un enfoque científico en el proceso de aprendizaje.

La investigación educativa ha revelado que los estudiantes de diferentes niveles educativos enfrentan dificultades significativas al intentar comprender los conceptos, modelos y leyes que explican el fenómeno de la inducción electromagnética (Naizaque Aponte, 2013; Almudí, Zuza y Guisasaola, 2016; Braunmüller, Bravo y Juárez, 2019; Catalán, Caballero Sahelices y Moreira, 2010; Zuza, Almudí y Guisasaola; 2012). Una de las dificultades identificadas se relaciona con la comprensión del concepto de flujo magnético. Por ejemplo, los estudiantes tienden a concebirlo como una sustancia física que fluye en un circuito, en lugar de comprenderlo como una medida de la cantidad de líneas de campo magnético que atraviesan una superficie, cuya intensidad depende de múltiples variables (magnitud del campo magnético, el área de la superficie "atravesada" y la orientación de las líneas de campo con relación a la superficie). Otra dificultad común radica en la falta de distinción entre el nivel empírico y el nivel interpretativo en el estudio del fenómeno. En el nivel empírico/fenomenológico, se utilizan conceptos como campos y voltajes para describir y medir los fenómenos observados y los estudiantes suelen manejar estos conceptos sin grandes dificultades. Sin embargo, surgen dificultades al intentar realizar interpretaciones más abstractas de estos conceptos en el nivel interpretativo, donde se exploran las relaciones causales (espaciales y temporales) y se explican los mecanismos subyacentes. En este nivel, los estudiantes tienden a utilizar razonamientos reduccionistas y monovariados, basados en causalidades lineales simples, lo que los lleva a atribuir la producción de inducción electromagnética únicamente a la existencia de un campo magnético, sin comprender que se requiere un cambio en el flujo magnético para inducir una corriente eléctrica.

Reconocida la importancia de la enseñanza de la temática y las dificultades asociadas a su aprendizaje, hemos desarrollado una propuesta de enseñanza que busca no sólo promover la comprensión de los conceptos y leyes asociados, sino también la complejización del modo de conocer y razonar de los estudiantes y el desarrollo de la habilidad de aplicar ese conocimiento de manera coherente y argumentativa para resolver problemáticas que involucran saberes científico-tecnológicos. De esta manera, buscamos realizar una contribución concreta a la alfabetización científico-tecnológica de los estudiantes a quienes se dirige nuestra propuesta.

La propuesta de enseñanza (PE) se implementó en un curso de 6.º año de Educación Secundaria (17–18 años) conformado por 31 alumnos, de una escuela de gestión privada de la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina. Su implementación involucró un total de 8 semanas, de tres horas semanales.

II. LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

Para favorecer el aprendizaje buscado, se diseñó una propuesta de enseñanza (PE) siguiendo la metodología de enseñanza denominada IDAS, por las iniciales de las etapas didácticas que contempla (Iniciación, Desarrollo, Aplicación y Síntesis). IDAS es una metodología centrada en el estudiante y basada en el aprendizaje, que busca promover la comprensión de conceptos, leyes y teorías relacionadas con la ciencia, así como promover el desarrollo de habilidades relacionadas con la resolución de problemas y el uso crítico y estratégico de las tecnologías de la información y la comunicación (Bravo, Pesa y Braunmüller, 2022). El potencial de esta propuesta para favorecer el aprendizaje de las Ciencias en nivel secundario ha sido validado en múltiples trabajos de investigación realizados por el equipo de trabajo que integran las autoras del presente (Inorreta, Braunmüller, Bravo, 2019; Inorreta, Bravo y Bravo; 2021). IDAS contempla cuatro instancias didácticas que persigue objetivos propios e involucra metodologías características, las cuales se describen a continuación, contextualizadas en la PE sobre IE diseñada.

A. Iniciación

El objetivo de la etapa de iniciación es motivar a los estudiantes a aprender sobre el tema que se abordará, animándolos a expresar sus ideas y evaluar su poder explicativo. También se busca despertar su interés por conocer los conceptos, modelos y leyes científicas relacionadas, en este caso, con IE. Reconocer las ideas previas de los estudiantes al comenzar a abordar un tema es crucial, ya que les permite construir nuevos conocimientos a partir de ese punto de partida, y para el docente, brinda indicadores concretos para diseñar acciones que fomenten el desarrollo de ese pensamiento inicial de los estudiantes. Para facilitar la explicitación de esos conocimientos, se plantean problemas que suscitan diversas creencias y explicaciones por parte de las estudiantes, basadas en sus experiencias personales y académicas. En la tabla I se describe y ejemplifica cómo se organizó esta instancia para el caso de la enseñanza del fenómeno de IE.

TABLA I. Instancia de iniciación de la PE sobre IE.

Objetivos	<p>Que los estudiantes...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recuperen ideas previamente abordadas acerca de circuitos eléctricos simples, incluyendo los elementos que los componen y la función de cada uno, conceptos que resultarán fundamentales para el abordaje del nuevo tema. • Expliciten sus conocimientos sobre el fenómeno de IE y cómo se puede utilizar para encender una lámpara mediante el uso de imanes. • Reconozcan las posibles imprecisiones, inconsistencias y falta de claridad que suelen estar presentes en sus ideas y que se motiven por aprender las ideas científicas propuestas al respecto.
Contenidos involucrados	Elementos que conforman un circuito y parámetros que los caracteriza; campo magnético: naturaleza y características; flujo de campo magnético y ley de Faraday.
Habilidades a desarrollar	Análisis, explicación, interpretación y predicción de situaciones que involucran al fenómeno de IE; interpretación del funcionamiento de dispositivos tecnológicos (como un generador eléctrico simple).
Dinámica	Las actividades se resuelven inicialmente de forma individual (para que cada estudiante sea consciente de sus propios conocimientos) y luego se comparten las ideas y respuestas ante pares y docentes.
Rol docente	En esta etapa, el rol docente consiste en estimular a los estudiantes a expresar sus ideas y compartirlas con el grupo, con el objetivo de que puedan explicarlas, confrontarlas y defenderlas. En este momento no se pretende corregirlas ni presentar las ideas científicas, sino ayudar a los alumnos a reconocer lo que piensan y comprender el poder explicativo de sus propias ideas. Para ello el docente debería proporcionar contextos en los que estas ideas no son válidas o resultan insuficientes, de manera que reconozcan la necesidad de ampliarlas y/o corregirlas para poder explicar y resolver diferentes situaciones y problemas.
Ejemplo de actividad propuesta	<p>Un gran desafío</p> <p>Imagina que una amiga, que estudia Ingeniería, te cuenta que en una clase de Física lograron encender una lámpara sin conectarla a una pila, batería o red domiciliaria.</p> <p>Te desafía a que propongas cómo hacerlo usando los siguientes materiales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Representa con un dibujo cómo usarías los materiales para cumplir con el desafío. 2. Explica la función que cumple cada elemento: Imán, Cables y Lámpara <p>¿Magia? No, ¡ciencia!!</p> <p>A) En la experiencia "Inducción electromagnética experimentos" (disponible en https://www.youtube.com/watch?v=sgyUHOUmyK0) se conecta una bobina (un enrollado de alambres de conductores) a un galvanómetro (instrumento cuya aguja se mueve cuando circula corriente por el circuito). Como puede observarse, se logra generar una corriente haciendo mover el imán en el interior de la bobina.</p>



1. Si en lugar de un galvanómetro hubiese conectada una lámpara: ¿qué crees habría sucedido?
 2. En base a tus ideas ¿cuál crees que es la causa para que se genera una corriente eléctrica en el experimento analizado?
- B) El generador eléctrico es una de las aplicaciones más importantes del fenómeno de inducción electromagnética. En el video “Generador” (disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=6O7sgJpeSPE>) puedes apreciar un generador casero y en “El laboratorio electromagnetismo” (disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/faraday>) puedes simular su funcionamiento. En base a tus ideas ¿por qué crees que se encienda la lámpara?
- C) Si se cambiara la lámpara del experimento por otra que requiere mayor energía eléctrica para brillar, ¿Qué modificaciones le harías al experimento a fin de lograr que esta lámpara se encienda? Justifica tu respuesta.

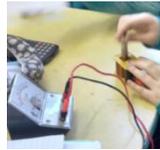
B. Desarrollo

En la etapa de desarrollo, se abordan los conocimientos y habilidades relacionados con la Física. Se proponen diferentes tareas a los estudiantes, entre las que se destacan la realización de experimentos reales y virtuales, que implican la observación y descripción de fenómenos, la identificación de variables y el reconocimiento y modelado de las relaciones entre ellas. Estas tareas están vinculadas al diseño o montaje de experimentos, recolección y registro de datos, análisis e interpretación de resultados, y elaboración de conclusiones basadas en evidencia. Asimismo, se les insta a reflexionar sobre situaciones cotidianas utilizando leyes y modelos aportados por las ciencias. Con estas actividades, se busca que los estudiantes, trabajando en colaboración y con la guía del docente, observen, investiguen, formulen hipótesis y evalúen sobre la base de evidencias. Como resultado, se espera que se acerquen a los conceptos, modelos y leyes que permiten interpretar los fenómenos estudiados. A partir de las dudas, preguntas y conclusiones que surjan de sus investigaciones, el docente formaliza los conceptos y leyes asociadas, favoreciendo así un aprendizaje centrado en el estudiante. En la tabla II se describe y ejemplifica cómo se organizó esta instancia.

TABLA II. Instancia de desarrollo de la PE sobre IE.

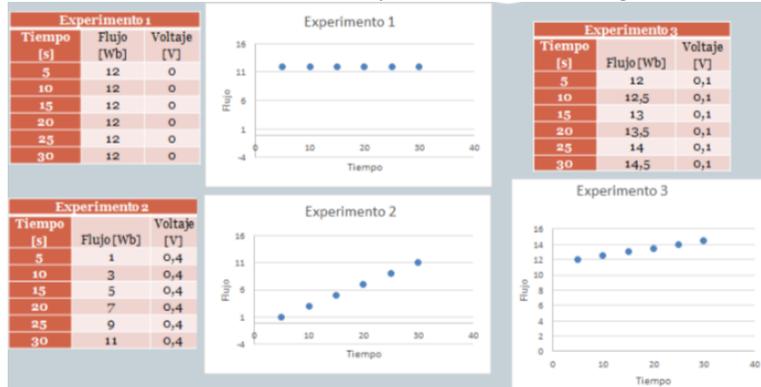
Objetivos	<p>Que los estudiantes...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidencien experimentalmente el fenómeno de inducción electromagnética (IE). • Reconozcan las variables y procesos asociados a la generación del fenómeno de IE y con ello, las condiciones que deben darse para que este suceda (variación de flujo magnético en el interior de la espira). • Construyan y formulen la ley de Faraday a partir de una metodología coherente con la científica.
Contenidos involucrados	Flujo de campo magnético. Ley de Faraday.
Habilidades a desarrollar	Montaje de experimentos. Manipulación de materiales. Uso de instrumental específico. Emisión de hipótesis. Observación. Análisis de datos experimentales. Modelado de relación entre variables. Elaboración de conclusiones en base a experiencias. Interpretación de información aportada en distintos formatos: simulaciones, tablas y gráficos.
Idea de la ciencia escolar	<ul style="list-style-type: none"> • El fenómeno de IE sucede cuando varía el flujo magnético en el interior de una superficie, lo cual puede lograrse provocando un movimiento relativo imán - espira, cambiando el área de la espira, la intensidad y/o dirección del campo magnético. • El flujo magnético se define como la cantidad de líneas de campo magnético que atraviesa una superficie cerrada (en este caso delimitada por la espira). Para el caso de un campo magnético uniforme $\Phi = B \cdot \cos\theta \cdot A$ (donde Φ corresponde a la magnitud del flujo magnético, $B \cos\theta$ a la intensidad de la componente del campo magnético perpendicular al área de la espira y A el área de dicha espira). • La ley de Faraday establece que la magnitud del voltaje que se establece por IE en una espira conductora es directamente proporcional a la rapidez con que cambia el flujo magnético en el interior de la misma.
Dinámica	En esta instancia prevalece el trabajo grupal y cooperativo como medio para resolver las situaciones problemáticas propuestas que, en su mayoría, implican el desarrollo de actividades experimentales.
Rol docente	En esta etapa, el docente desempeña el papel de guía y moderador, alentando y orientando la resolución de las actividades propuestas y la socialización de conclusiones para, a partir de ellas, formular los conceptos y/o leyes involucradas estimulando siempre la participación activa de los estudiantes y la construcción colectiva de saberes.

Un grupo de estudiantes de Física realizaron una serie de experimentos que consisten en mover un imán en la cercanía de un circuito compuesto por cables y una lámpara, tal como se muestra en la figura.



En estos experimentos midieron, con la ayuda de sensores, el flujo magnético generado en la espira y el voltaje que se establece en ella (y que provoca la generación de una corriente).

En estos experimentos se obtuvieron los resultados que se muestran en las siguientes tablas y gráficos:



Ejemplo de actividad propuesta

- Analiza los datos obtenidos en el experimento 1 y 2 y responde:
 - ¿Se habrá encendido la lámpara en el experimento 1? ¿Y en el 2? Justifica tu respuesta.
 - ¿Por qué en el primer caso el voltaje es nulo y en el segundo caso no?
 - Concluye sobre la/s condición/es que debe/ darse para que se establezca un voltaje en la espira. Escribe tus conclusiones en lenguaje coloquial y simbólico.
- Analiza los datos obtenidos en los experimentos 2 y 3:
 - ¿Por qué crees que los valores de voltaje son distintos?
 - ¿Por qué crees que el valor de voltaje generado en el experimento 3 es MENOR que en el experimento 2?
 - Calcula la variación de flujo que se produce entre dos valores consecutivos de la tabla 2, registrados con una diferencia de 5 segundos.
 - Repite los cálculos para dos valores consecutivos de la tabla 3 (siempre registrados con una diferencia de 5 segundos).
 - Compara los valores hallados en c)i) y c)ii) ¿Qué conclusiones puedes obtener? ¿Se condice con la respuesta que diste en los incisos a) y b)?
- Calcula la rapidez con que cambia el flujo en cada experimento (compárala con la magnitud del voltaje generada en cada caso:
 - ¿Qué conclusiones puedes obtener?
 - Expresa, usando el lenguaje coloquial y simbólico, la relación hallada entre la magnitud del voltaje generado y la rapidez con que cambia el flujo magnético dentro de la espira donde este se induce
- Trabajando de forma similar a lo que lo hicieron Faraday y Lenz (dos científicos que estudiaron el fenómeno de inducción electromagnética hace muchos años), en la actividad anterior han esbozado la ley que lleva su nombre (¡Felicitaciones por eso!). Aplica dicha ley para resolver el siguiente problemita: Si la lámpara de la figura requiere de 12 V para brillar: ¿A razón de cuántos Wb/s deberá variar el flujo en el interior de la bobina?

C. Aplicación

En la etapa de aplicación, se brinda a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos para resolver problemas que implican la toma argumentada de decisiones en situaciones relevantes tanto para ellos como para su entorno. Esta etapa es crucial no sólo para consolidar la comprensión de los conceptos, leyes y modelos involucrados, sino también para desarrollar habilidades relacionadas con el uso consciente y coherente de esos conocimientos en diferentes contextos y situaciones. En la tabla III se describe y ejemplifica cómo se organizó esta instancia.

TABLA III. Instancia de aplicación de la PE sobre IE.

Objetivos	Que los estudiantes utilicen los conocimientos abordados hasta el momento para resolver diversas situaciones problemáticas que involucran al fenómeno de IE.
Contenidos involucrados	Flujo magnético. Ley de Faraday.

Habilidades a desarrollar	Uso coherente y consistente de las ideas construidas para explicar fenómenos y el funcionamiento de dispositivos tecnológicos sencillos. Resolución de problemas .
Idea de la ciencia escolar	Para generar voltaje por IE es necesario: - una fuente de campo magnético y una espira conductora (circuito cerrado); - que el flujo magnético varíe en el interior de la espira (variando la posición fuente – espira; la magnitud del campo, el área de la espira, por ejemplo). La magnitud de Voltaje que se establece es directamente proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético en el interior de la misma.
Tareas	Resolución de situaciones problemáticas (de resolución cuali y cuantitativa) que involucran la utilización de la ley de Faraday y conceptos asociados.
Dinámica	En esta instancia se estimula el trabajo grupal y cooperativo como medio para resolver las situaciones problemáticas propuestas que demandan el uso del saber construido. Las mismas se secuencian de forma tal que las primeras demandan una explicación cualitativa del fenómeno, utilizando lenguaje coloquial. Luego se presentan situaciones que demandan el cálculo de flujo magnético, la identificación de la causa de su variación y, finalmente, el cálculo del voltaje inducido. Además, las problemáticas presentadas varían en su grado de especificidad, desde aquellas más cerradas que admiten la aplicación directa de la ley de Faraday, hasta aquellas más abiertas y contextualizadas. Ante estas últimas, los estudiantes deben buscar datos, decidir qué procedimientos utilizar, aplicar de manera criteriosa el marco teórico abordado, y encontrar y evaluar los resultados obtenidos.
Rol docente	Nuevamente el docente cumple el rol de guía y moderador, estimulando la resolución del problema, esclareciendo estrategias para resolverlos exitosamente, aclarando dudas conceptuales, poniendo a consideración del grupo distintas propuestas de resolución y resultados hallados, para, hacia la finalización de la instancia, sintetizar las ideas y procedimientos utilizados.
Ejemplo de actividad propuesta	Imagina que estás participando en un concurso de diseño de vehículos eléctricos. Tu objetivo es desarrollar un sistema de carga inalámbrica para el automóvil del futuro. Para lograrlo, decides utilizar el fenómeno de inducción electromagnética. 1. Para tu diseño, cuentas con una bobina receptora instalada en el vehículo y una estación de carga. La idea es que el automóvil pueda estacionarse sobre la estación de carga y se genere por inducción una corriente en la bobina receptora del vehículo, cargando así la batería. Decide qué elementos podría haber en la estación de carga y cómo debería proceder el conductor del auto para cargar la batería de su vehículo. Justifica tu respuesta y realiza un esquema que represente tu propuesta 2. El voltaje necesario para cargar la batería de un automóvil de manera efectiva puede variar dependiendo del tipo de batería y del diseño del sistema de carga. Sin embargo, como referencia general, la mayoría de los vehículos eléctricos requieren voltajes de carga en el rango de 300 a 400 voltios. a) Evalúa la posibilidad de que se cargue la batería de un automóvil en “tu” estación de carga, considerando los siguientes datos: - la bobina receptora de un automóvil que va a la estación tiene un área de 0.2 metros cuadrados y un número de espiras de 100; - en la estación se puede producir un cambio en el campo magnético de 0.3 teslas por segundo b) Si no es posible generar el voltaje deseado, propone posibles modificaciones de la bobina receptora y/o de la central de carga.

D. Síntesis

La instancia de síntesis es un momento crucial para que docente y alumnos evalúen los aprendizajes propiciados por la enseñanza. Esto no implica que la evaluación se considere reducida a una única instancia final. Por el contrario, desde la PE-IDAS se concibe que cada una de las actividades realizadas en las etapas anteriores otorgan datos a alumnos y docentes para poder regular los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Pero sí se considera este momento final como uno especialmente propicio para que los estudiantes sean conscientes de qué han aprendido (y qué falta por aprender) como así también de cómo aprendieron. Esto es, de cuáles fueron los cambios en sus puntos de vista, en su manera de pensar, de planificar la resolución de un problema, de abordar situaciones no conocidas, de fundamentar teóricamente resultados, entre otras muchas más. Se busca así favorecer que los estudiantes desarrollen actitudes críticas sobre el propio proceso de aprendizaje (reconociéndose como los principales artífices del mismo) e identifiquen y reconozcan aquellas herramientas que les resultaron útiles y podrán seguir usando para seguir aprendiendo.

Para favorecer el alcance de estos objetivos, las tareas involucradas en esta instancia, invitan a los alumnos a comparar sus ideas iniciales con las compartidas luego de la enseñanza y analizar las características de uno y otro modo de conocer. A su vez se propone la resolución de problemáticas que contemplan situaciones “novedosas” con el fin de que, junto al docente, puedan también evaluar la capacidad desarrollada respecto del uso de las nuevas ideas para resolver diversos problemas. En la tabla IV se describe y ejemplifica cómo se organizó esta instancia.

TABLA IV. Instancia de síntesis de la PE sobre IE.

Objetivos	Que los estudiantes autoevalúen qué aprendieron (y qué falta por aprender) y usen las ideas construidas para enfrentar y solucionar situaciones problemáticas desafiantes.
Contenidos involucrados	Flujo magnético. Ley de Faraday.
Habilidades a desarrollar	Evaluar ideas iniciales a la luz del conocimiento construido e identificar estrategias que favorecieron el aprendizaje. Utilización de las ideas construidas para explicar fenómenos y el funcionamiento de dispositivos tecnológicos sencillos.
Idea de la ciencia escolar	La señalada en las instancias anteriores.
Tareas	Resolución de situaciones problemáticas de resolución cuali y cuantitativa (en formato papel y mediante un videojuego) que involucran la utilización de la ley de Faraday y conceptos asociados.
Dinámica	Dado el componente metacognitivo de esta instancia, las actividades se plantean para ser realizadas primero individualmente y luego compartidas las respuestas y reflexiones con los pares y el docente.
Rol docente	En esta instancia el docente tiene la función de estimular y acompañar la evaluación realizada por los estudiantes. Así también será su función mostrar explícitamente qué han aprendido, en qué sentido y de qué manera su conocimiento se desarrolló/complejiza (analizando comparativamente las ideas compartidas por la mayoría antes y después de la enseñanza) como así también la importancia de haber aprendido esta temática (en función de su potencialidad para explicar múltiples fenómenos y dispositivos de uso cotidiano, a diferencia del saber más intuitivo compartido antes de aprender al respecto).
Ejemplo de actividad propuesta	<p>Conjunto de preguntas en el videojuego, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para encender una lámpara, ¿se necesita conectarla a una fuente de energía eléctrica como una pila o a un imán?; • Para generar una diferencia de potencial en una espira conductora, ¿se puede colocar un imán en la cercanía y variar continuamente el área de la espira?; • ¿Un flujo magnético cambiando rápidamente en el tiempo en el interior de una espira conductora, genera en ella una diferencia de potencial mayor que si el mismo flujo cambia lentamente?; • Un dinamo de bicicleta consiste en un mini generador que se usa para encender una pequeña lámpara. Para encender una lámpara de 12V, ¿el ciclista deberá pedalear más lento que para encender una de 10V?

La figura 1 muestra imágenes de los estudiantes resolviendo algunas de las actividades propuestas.



FIGURA 1. Diversas instancias de aplicación de la PE en el aula.

III. CONSIDERACIONES FINALES

La metodología implementada ha recibido una evaluación positiva tanto por parte de estudiantes como de docentes, quienes destacaron su eficacia para fomentar el aprendizaje de contenidos científicos y tecnológicos. En la última etapa del proceso de evaluación, se aplicó un cuestionario que presentó situaciones problemáticas con enfoque cualitativo y cuantitativo. Los resultados analizados hasta el momento están dejando en evidencia que la mayoría de los estudiantes abrían comprendido el fenómeno del IE, en tanto, fueron capaces de explicar sus ideas fundamentadas en el conocimiento científico. Posteriormente, se llevó a cabo una encuesta a los estudiantes, donde resaltaron que las simulaciones, experiencias y presentación de actividades les resultaron especialmente útiles para comprender el fenómeno. Los participantes expresaron su interés en el tema, ya que les permitió adquirir conocimientos sobre el funcionamiento de varios dispositivos tecnológicos, como micrófonos, autos eléctricos, guitarras eléctricas y generadores eléctricos, entre otros.

En conclusión los resultados obtenidos son alentadores y respaldan la continuidad de este enfoque educativo en futuras intervenciones didácticas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación que financia el PICT "Desarrollo Iterativo de propuestas didácticas para la enseñanza y el aprendizaje de la física" en cuyo marco se lleva a cabo la investigación presentada. También a la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA y a estudiantes, docentes y directivos del Colegio Nuevas Lenguas en cuyas aulas se implementa la PE diseñada.

REFERENCIAS

- Almudí, J., 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.
- Bravo, B., Pesa, M. y Braunmüller, M. (2022). IDAS: una metodología de enseñanza centrada en el estudiante para favorecer el aprendizaje de la física. *Revista brasileira de Ensino de Física*, 44.
- Braunmüller, Bravo y Juárez (2019). La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética (IE) en el ciclo básico de carreras de Ingeniería. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(extra), 97–105.
- 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.
- Inorreta, Y., Braunmüller, M. y Bravo, B (2019). La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética en educación secundaria. *Cuarto Simposio Virtual de Enseñanza de las Ciencias. Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Univ. de Buenos Aires*.
- Inorreta, Y., Bravo, B., & Bravo, S. (2021). La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética en el nivel secundario. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33, 357–365. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35585>
- 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 2021.
- 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), 175-19.