

# Propuesta didáctica para la enseñanza de electromagnetismo basada en competencias

## Competency-based education to teach electromagnetism

Cecilia Culzoni<sup>1</sup>, Adriana Lescano<sup>1</sup>, Norma Demichelis<sup>1</sup>, Gabriel Bircher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional, Acuña 49, CP 2300 Rafaela, Santa Fe, Argentina.

\*E-mail: [ceciliaculzoni@gmail.com](mailto:ceciliaculzoni@gmail.com)

Recibido el 15 de junio de 2020 | Aceptado el 15 de setiembre de 2020

### Resumen

Implementar la educación por competencias en carreras de Ingeniería requiere diseñar, poner en práctica y evaluar propuestas didácticas específicas. A pesar de que el electromagnetismo es un tema particularmente abstracto para su estudio, existen pocos casos en la bibliografía consultada donde se relaten experiencias para su enseñanza según la educación por competencias. En este trabajo se propone abordar el tema Ley de Ampère, dentro de Electromagnetismo, a través de actividades de trabajo colaborativo basadas en competencias en la asignatura Física II para carreras de Ingeniería en la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Se detallan las competencias que se abordaron tanto desde lo científico tecnológico, como desde lo social; así como el criterio de evaluación. Se propuso a los estudiantes un proyecto para construir un dispositivo que muestre el funcionamiento de un artefacto de uso industrial basado en la Ley de Ampere. Los alumnos fueron evaluados utilizando rúbricas y luego se realizó una encuesta a los alumnos y un cuestionario a los docentes de la cátedra para conocer su opinión sobre el trabajo con resultados alentadores que muestran el interés de los estudiantes por este tipo de metodología. Se detectaron aspectos a mejorar por los propios docentes que implementarán el método el próximo año. Este estudio presenta innovaciones y nuevas alternativas para los diseños didácticos que fueron positivas y requieren que se continúe con su profundización.

**Palabras clave:** Competencias; Electromagnetismo; Propuesta didáctica; Ingeniería.

### Abstract

Competency-based education in undergraduate engineering courses entails designing, implementing, and assessing specific teaching methods. Although electromagnetism is a particularly abstract topic to study, there are a few cases related to its teaching within the proposed methodology in the literature. The present paper addresses Ampère's Law through collaborative project learning within the subject Physics II in undergraduate engineering courses at Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). It details the necessary skills required for the proposal, as well as the assessment criteria. Students were asked to work on a project consists of the building of a mechanism that shows the working of an industrial machine, based on Ampère's Law. They were evaluated using rubrics and, in turn, teachers' and students' opinion was requested through a questionnaire and a survey respectively. The findings were encouraging and showed teachers' and students' interest in this practice; all groups of learners managed to pass the work and achieved the proposed competencies. Some improvements will be made next year by teachers themselves applying this method. This study expresses new voices and presents an alternative perspective on educational designs. However, it is necessary to go deeper into this educational approach with the aim of improving the science educational method.

**Key words:** Competency-based education; Electromagnetism; Proposal; Engineering undergraduate courses.

## I. INTRODUCCIÓN

### A. La educación por competencias en ingeniería

Como afirma Jacques Delors (1996) en su libro *La educación encierra un tesoro*, “la educación a lo largo de la vida se basa en cuatro pilares: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos, aprender a ser”. Estas cuestiones son básicas a la hora de diseñar propuestas didácticas que sean capaces de transmitir conocimientos teórico-prácticos y de ofrecer al estudiante de Ingeniería la posibilidad de acercarse a los desafíos de la profesión, con una mirada capaz de integrar aspectos técnicos y humanos. Desde las asignaturas del ciclo básico de las carreras de Ingeniería, es posible comenzar con este proceso de modificación de las prácticas docentes, con el objeto de encauzarlas hacia una enseñanza centrada en el alumno.

En este sentido, las universidades argentinas han suscripto un documento conocido como *Libro Rojo* del CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería), donde se expresa que el ingeniero no solo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos, sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc., que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo (CONFEDI, 2018).

Es así que las Facultades de Ingeniería, en general, y la Universidad Tecnológica Nacional, en particular, se han comprometido en cambiar hacia una formación del ingeniero basada en competencias. Para favorecer el desarrollo de competencias, se requiere tener claridad sobre cuáles son las competencias que deben ser consideradas en todos los estudios de ingeniería. Ello supone pensar la formación de grado del ingeniero desde el eje de la profesión, es decir, desde el desempeño, desde lo que el ingeniero efectivamente debe ser capaz de hacer en los diferentes ámbitos de su quehacer profesional y social en sus primeros años de actuación profesional (Crimelo, 2013).

En relación con la definición de competencias y con la de educación basada en competencias, el proyecto Alfa Tuning establece competencias como las “*capacidades que todo ser humano necesita para resolver, de manera eficaz y autónoma, las situaciones de vida. Se fundamentan en un saber profundo, no sólo saber qué y saber cómo, sino saber ser persona en un mundo complejo y cambiante*” (Lescano, Demichelis, Culzoni, y Alegre, 2019). La formación basada en competencias requiere asumir una nueva forma de enseñar, con propuestas que trasciendan la división y la segmentación, con el fin de abordar la realidad en sus múltiples dimensiones.

Según Cerato y Gallino (2013), existen dos tendencias en relación con la educación basada en competencias, que serían: el desarrollo de capital humano, que propone el tratamiento de competencias para el desempeño de las actividades o funciones de las personas en su puesto de trabajo, y el desarrollo humano, que propone la adquisición de competencias que fortalezcan en forma integral a las personas y su inserción en la sociedad.

*Los desafíos en la educación son los dirigidos a aplicar modos y metodologías de estrategias de enseñanza, que tiendan a una educación transdisciplinaria, desarrollo de habilidades metacognitivas, más que acumulaciones de conocimientos de hechos. Saber qué hacer con lo que se sabe, formación de pensamiento esencialmente científico, apertura al pensamiento intuitivo, creatividad, formación de valores, dar respuesta a las necesidades de diversos agentes sociales, etc. En síntesis, desarrollar competencias para el Desarrollo Humano Integral.* (Cerato y Gallino, 2013)

El Libro Rojo del CONFEDI establece las competencias tecnológicas y sociales, políticas y actitudinales de egreso para las carreras de Ingeniería:

#### Competencias tecnológicas

1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería;
2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería;
3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería;
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería;
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos o innovaciones tecnológicas.

#### Competencias sociales

6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo;
7. Comunicarse con efectividad;
8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global;
9. Aprender en forma continua y autónoma;
10. Actuar con espíritu emprendedor.

Desde una mirada de la psicología podemos tomar los conceptos de Howard Gardner, en Lozano Días (2010), cuando en *Las cinco mentes del futuro* habla de las cinco capacidades de la mente que idealmente deben ser cultivadas en el futuro, en la escuela, en la sociedad y en el ámbito laboral. Este enfoque desde la psicología puede relacionarse con la necesidad del desarrollo de competencias para la formación del ingeniero. Las cinco mentes son:

1. La mente disciplinada
2. La mente sintética
3. La mente creativa
4. La mente respetuosa
5. La mente ética

La mente disciplinada es aquella que sabe utilizar el modo de pensar de las principales áreas de conocimiento humano (matemáticas, historia, arte, etc.). Es capaz de transferir este estilo de pensamiento a su área profesional y a su vida cotidiana, se autoevalúa y se actualiza. Un efecto de gran relevancia que resulta de cultivar la comprensión disciplinar estriba en el hecho de que lograrla genera el deseo de ampliar la comprensión, o, lo que es lo mismo, de seguir aprendiendo (Lozano Días, 2010).

Desarrollar esta capacidad de la mente desde la enseñanza significa trabajar en el logro de las competencias tecnológicas que necesitan del conocimiento disciplinar para posibilitar la concreción de proyectos y la resolución de problemas que den respuestas a los requerimientos de la sociedad. Siguiendo a Lozano Días (2010) la mente sintética está relacionada con la capacidad de manejar grandes cantidades de información y establecer conexiones entre ellas. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería, así como gestionarlos, ejecutarlos y controlarlos requiere precisamente de una integración entre el conocimiento disciplinar y la capacidad mental de sintetizar y aplicar la información correctamente. La mente creativa se encuentra en estrecha relación con la competencia de contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos o innovaciones tecnológicas, y esta es una de las características específicas del ingeniero. *“La mente respetuosa acepta las diferencias existentes entre los seres humanos, aprende a vivir con ellas y valora a quienes forman parte de esos grupos”* (Lozano Días, 2010). Estas capacidades mentales, sumadas a la mente ética se pueden ver reflejadas en las competencias sociales, políticas y actitudinales ya enunciadas.

Un reto que enfrentan los docentes es generar propuestas educativas que permitan que los alumnos ejecuten actividades que incorporen competencias genéricas y específicas, lo más similares posibles a las que se enfrentarán en el mundo profesional. Como señalan Martínez *et al.* (2013) es especialmente necesario tener en cuenta que las actividades de aprendizaje permitan integrar competencias genéricas y específicas. En síntesis, *“el desarrollo de la Educación Superior en general y en el caso del ingeniero en particular, para enfrentar nuevos paradigmas y desafíos”* (Cerato y Gallino, 2013).

## B. Objetivos

El objetivo general fue diseñar y evaluar una propuesta didáctica basada en la educación por competencias para el estudio del electromagnetismo dentro de la cátedra Física II para carreras de Ingeniería Civil, Electromecánica e Industrial en la Facultad Regional Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional.

Los objetivos específicos fueron, en primer lugar, diseñar una propuesta didáctica basada en la educación por competencias para abordar el tema Ley de Ampere. Y, en segundo término, evaluar dicha propuesta a través de instrumentos que recojan la opinión de los estudiantes y profesores.

## C. La Ley de Ampère: conceptos fundamentales

La Ley de Ampère permite calcular el campo magnético neto  $\mathbf{B}$  (1) como efecto de las corrientes que circulan por conductores encerrados en una curva imaginaria denominada espira amperiana y que constituye una trayectoria cerrada. La integral de línea del campo magnético  $\mathbf{B}$  en un contorno cerrado, o circulación de  $\mathbf{B}$  es igual a la suma algebraica de las corrientes encerradas o enlazadas por la curva amperiana multiplicadas por la permeabilidad del espacio libre.

La dirección del campo en un punto es tangencial al círculo que encierra la corriente. El campo magnético disminuye inversamente con la distancia al conductor.

La fórmula para expresar la Ley de Ampere es:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$$

Donde:

**B**: vector campo magnético

**dl**: vector segmento infinitesimal del trayecto de integración

$\mu_0$ : permeabilidad del espacio libre

**I**: corriente neta encerrada por la curva amperiana

En la forma en que se ha enunciado, la ley de Ampère resulta ser válida solo si las corrientes son estables y no están presentes materiales magnéticos ni campos eléctricos que varíen con el tiempo. Además, hay que tener en cuenta que su validez es sólo para corrientes enlazadas o concatenadas con la curva amperiana, es decir, el campo es el creado por todo el circuito cerrado en el cual circula la corriente. (Kofman y Concari, 2000). Esta ley se considera más fundamental que la Ley de Biot y Savart, y conduce a una de las cuatro ecuaciones de Maxwell (Resnick, Halliday y Krane, 2007).

El estudio de esta ley física se realiza dentro de la materia Física II para carreras de Ingeniería, en la unidad de Electromagnetismo. El problema detectado es que a los estudiantes les resulta dificultoso relacionar estos conceptos físicos con sus aplicaciones en la industria o en dispositivos utilizados en la vida diaria. Si bien en todos los libros de Física se pueden encontrar aplicaciones, problemas y diferentes ejemplos este problema se pudo observar en la cátedra a lo largo de los años. Por tal motivo y, teniendo en cuenta los nuevos requerimientos de las competencias a desarrollar por los estudiantes de Ingeniería, es que se decidió diseñar una propuesta didáctica basada en el aprendizaje por proyectos colaborativos y que tenga como objetivo poder desarrollar algunas de las competencias tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales planteadas en el Libro Rojo del CONFEDI.

## II. METODOLOGÍA

### A. El diseño didáctico

Durante el año 2019 se implementó en la cátedra Física II para carreras de Ingeniería en la Facultad Regional Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional una nueva propuesta que pretende abordar algunas de las competencias requeridas por el Libro Rojo del CONFEDI en la enseñanza del electromagnetismo.

Luego de una primera instancia de clases teóricas expositivas cuyo objetivo es la formulación, demostración y aplicación de la Ley de Ampere complementadas con problemas de aplicación tradicionales del tipo conocido como de "lápiz y papel" se propuso a los estudiantes una actividad que consta de las siguientes etapas:

1. Investigación bibliográfica de diferentes productos tecnológicos que basan su funcionamiento en los fenómenos físicos estudiados. Se seleccionaron cuatro dispositivos o productos que basan su funcionamiento en electroimanes: una llave termomagnética, un timbre, una grúa para levantar chatarra y un clasificador de metales.
2. Identificación de las partes que constituyen el dispositivo como elementos esenciales de una situación compleja.
3. Aplicación de los conocimientos teóricos de Física para comprender el funcionamiento del dispositivo.
4. Realización de un modelo físico acotado estableciendo las variables que influyen en su funcionamiento.
5. Construcción del modelo teniendo en cuenta aspectos de diseño y conocimientos anteriores, especialmente sobre circuitos eléctricos.
6. Realización de mediciones usando sistemas de adquisición de datos, graficando, expresando correctamente los resultados y ofreciendo alternativas de mejora.
7. Realización de un informe en formato video o presentación con software disponible y exposición frente a docentes y alumnos de la cátedra, acerca de los resultados obtenidos.

TABLA I. Enumeración de las competencias a desarrollar específicas de física en carreras de Ingeniería.

<i>Científico - Tecnológicas de Física en carreras de Ingeniería</i>	<i>Sociales, políticas y actitudinales</i>
Plantear, analizar y resolver problemas físicos experimentales.	Demostrar hábitos de trabajo necesarios para el desarrollo de la profesión tales como el trabajo en equipo, el rigor científico, el autoaprendizaje y la persistencia.
Utilizar programas de computación para el procesamiento de información.	
Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias y construir modelos simplificados para comprender su funcionamiento.	Comunicar conceptos y resultados científicos en lenguaje oral y escrito ante sus pares y en situaciones de enseñanza y divulgación.
Aplicar el conocimiento teórico de la física a la realización de experimentos.	
Mostrar destrezas experimentales y métodos adecuados de trabajo en el laboratorio.	
Buscar, interpretar y utilizar literatura científica.	

### A. Implementación de la propuesta

En primer lugar, se dictaron clases expositivas teórico-prácticas sobre el tema en estudio. Luego se les propuso a los estudiantes el nuevo trabajo experimental que reemplazó dos trabajos prácticos de laboratorio tradicionales y que fue evaluado por competencias. Se propusieron cuatro problemas que se sortearon entre los 13 grupos de alumnos ya existentes para realizar las prácticas de laboratorio.

Problema 1. ¿Cómo funciona un interruptor termomagnético? ¿En qué fenómenos físicos se basa? ¿Podría describir detalladamente en qué casos actúa y qué protección le brindaría? Usos industriales o domiciliarios. Diseñe una experiencia realizable en el laboratorio o en su casa y construya un dispositivo que muestre el fenómeno electromagnético en el que se basa este tipo de interruptor. No es necesario que construya un interruptor, sólo que muestre el fenómeno físico en el cual se basa.

Problema 2. ¿Cómo funciona una grúa para levantar chatarra? ¿En qué fenómenos físicos se basa? ¿Podría describir detalladamente cuáles son las características del diseño que le permiten levantar más o menos peso? Usos industriales. Diseñe una experiencia realizable en el laboratorio o en su casa y construya un dispositivo que muestre el fenómeno electromagnético en el que se basa la grúa.

Problema 3. ¿Cómo funciona un separador de metales magnéticos? ¿Qué fenómenos físicos utiliza? ¿Podría describir detalladamente en qué casos se usa? Usos industriales. Diseñe una experiencia realizable en el laboratorio o en su casa y construya una maqueta que muestre el fenómeno electromagnético en el que se basa.

Problema 4. ¿Cómo funciona un timbre? ¿Qué fenómenos físicos utiliza? ¿Podría describir detalladamente cuáles son las características del diseño que le permiten tener diferentes sonidos y volumen del sonido? Usos industriales o domiciliarios. Diseñe una experiencia realizable en el laboratorio o en su casa y construya un dispositivo que muestre el fenómeno electromagnético en el que se basa.

Se les entregó a los alumnos la propuesta por escrito donde se especificaban las tareas a realizar de la siguiente forma: "Cada grupo tendrá que realizar una investigación donde se pueda responder a las preguntas planteadas, realizando un video en el cual se muestren los resultados, justificaciones físicas, y la realización de la experiencia. También tendrá que mostrar la experiencia realizándola durante la exposición. Es importante que se muestre la medición del campo magnético generado por el dispositivo que se construya y que también se expongan todas las variables que afectan al fenómeno y como se tuvieron en cuenta en el diseño y construcción del dispositivo".

Se sortearon los temas entre los grupos de modo que el mismo tema le tocó a tres o cuatro grupos. Se dieron tres semanas para realizarlo y luego se efectuó una exposición general de todos los grupos para evaluar el trabajo. Cada grupo tuvo diez minutos de exposición y luego el profesor podía realizar preguntas.

Durante el período de trabajo los alumnos asistieron al laboratorio de física para realizar consultas. La mayoría de los grupos construyó su maqueta en el laboratorio con materiales propios y otros provistos por la facultad, como fuentes de energía, instrumentos, sensor de medición de campo magnético y otros. La evaluación se realizó mediante una rúbrica que se dio a conocer a los estudiantes con anterioridad. Se tuvo en cuenta el criterio de que "los estudiantes deben ser evaluados utilizando criterios, normativas y procedimientos que se hayan publicado y que se apliquen de manera coherente" (Moya, 2015). Se diseñó una rúbrica analítica basada en criterios con una matriz de valoración por cada competencia concreta que se subdividió en indicadores.

Para cada indicador se construyó una tabla de valoración cualitativa y cuantitativa de tres niveles. Para confeccionar la rúbrica se utilizó el programa *Corubric*, de acceso libre, disponible en <https://corubric.com/index.php>

**TABLA II.** Rúbrica de evaluación donde se muestran los indicadores y descriptores para una competencia. Las otras se han trabajado de la misma manera.

<i>Indicadores</i>	<b>Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias y construir modelos simplificados para comprender su funcionamiento. (25%)</b>		
	<i>Descriptores</i>		
Identifica los elementos esenciales de una situación compleja (40%)	Identifica todos los elementos (100%)	Los identifica parcialmente (50%)	No los identifica (0%)
Realiza las aproximaciones necesarias (30%)	Las realiza completas y todas bien. (100%)	Las realiza parcialmente. (50%)	No logra realizarlas (0%)
Construye un modelo físico adecuado a cada caso (30%)	Lo construye completo y adecuadamente. (100%)	Lo construye parcialmente. (50%)	No logra construirlo. (0%)

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una evaluación formativa durante el trabajo de los grupos en el laboratorio, observando la conducta de los integrantes, los indicadores sociales y de trabajo en equipo, el uso del material del laboratorio, el lenguaje utilizado, la participación individual y dentro del equipo.



**FIGURA 1.** Se muestran fotografías de estudiantes trabajando en el laboratorio durante el armado de los dispositivos.

Esta evaluación se completó con dos instancias: una realizada durante la presentación oral, donde se evaluaron cada una de las competencias enunciadas y la otra con la corrección detallada de las presentaciones escritas a cargo de docentes de la cátedra.

Todos los grupos lograron identificar las partes constituyentes del sistema complejo (dispositivo) a estudiar y construir un modelo físico que pueda cumplir la misma función que dicho dispositivo de manera simplificada. Pudieron construir una bobina que al ser alimentada con corriente continua se transformaba en un electroimán que cumplía con la función específica de cada aparato. En varios casos se adicionó la posibilidad de variar la intensidad de la corriente de modo de obtener un campo magnético variable. De este modo un concepto abstracto como el de campo magnético pudo comprenderse y hasta visualizarse a través de observar su funcionamiento en un objeto concreto. Para construir las maquetas que simulaban, a modo de modelo físico, el artefacto en estudio los alumnos tuvieron que diseñar, medir, construir, probar y volver a corregir cada una de ellas. Este proceso forma parte de las actividades propias del ingeniero, haciendo realidad las competencias relacionadas con el saber hacer. Algunos grupos lograron concretar maquetas más elaboradas y complejas integrando conocimientos anteriores de Física I como accionamientos hidráulicos. Estas actividades requirieron de la asistencia al laboratorio donde utilizaron instrumentos de medición, lo

[www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF)



cual permitió abordar la competencia específica de física de demostrar destrezas experimentales y métodos adecuados de trabajo en el laboratorio. La competencia utilizar programas de computación para el procesamiento de información fue trabajada mediante el uso de un sistema de adquisición de datos con software para la medición de campo magnético. Se ha podido trabajar en un enfoque sistémico y complejo como sugieren Cerato y Gallino (2013) como un aspecto necesario en la Educación Superior en general y en el caso del ingeniero en particular.

Con el objetivo de realizar una autoevaluación de la nueva propuesta didáctica, se diseñó un cuestionario para los alumnos que participaron y preguntas a los docentes de la cátedra. Estos cuestionarios fueron revisados y validados por pares.

Cuestionario destinado a los estudiantes:

1. ¿Sabías qué hacer cuando fuiste al laboratorio?
2. ¿Tenías claro cuáles iban a ser los aspectos a evaluar?
3. ¿Crees que te serviría ver trabajos de años anteriores para saber mejor qué hacer?
4. ¿Cuánto crees que ayudan en tu aprendizaje los trabajos de laboratorio?
5. ¿Qué tipo de práctica de laboratorio te gusta más?
6. ¿Qué te generó este trabajo práctico?
7. ¿Cómo fue tu aprendizaje respecto a otros TP?
8. ¿Lograste visualizar el fenómeno físico Ley de Ampere?
9. ¿Cuál fue tu mayor dificultad al realizar el trabajo?
10. Nombra alguna cosa que hayas aprendido con este TP.
11. ¿Cómo mejorarías este TP?

Cuestionario destinado a los docentes de la cátedra:

1. ¿Consideras que este tipo de trabajo les ha permitido a los alumnos relacionar un concepto físico como la Ley de Ampere con sus aplicaciones prácticas?
2. ¿Crees que los alumnos se han visto más motivados al aprendizaje con esta metodología que con las tradicionales?
3. ¿Consideras que este tipo de trabajos favorece el aprendizaje teórico-práctico de los distintos temas?
4. ¿Consideras que es factible continuar aplicando esta metodología en años siguientes?
5. ¿Sería posible proponer un proyecto que integre más cantidad de contenidos como sugieren algunos alumnos?
6. Este tipo de proyectos ¿constituye una evaluación de qué tipo en relación con las tradicionales?
7. ¿Podrías sugerir algunas mejoras para implementar este tipo de trabajos el año próximo?

Se envió el cuestionario a todos los alumnos por medios digitales (*WhatsApp* o correo electrónico). De un total de 70, 51 respondieron la encuesta, o sea, un 73 %, lo cual consideramos que es un valor suficientemente representativo de la opinión de los estudiantes. Se presentan los resultados de las preguntas en gráficos:

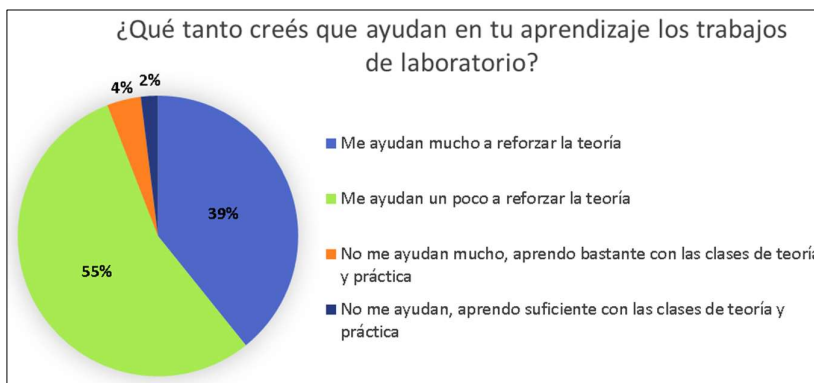


FIGURA 2. Opinión de los alumnos en relación con la forma en que los T.P. de laboratorio ayudan en su aprendizaje.

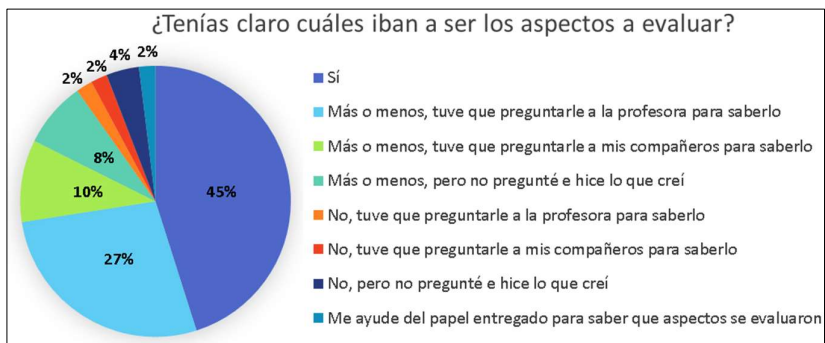


FIGURA 3. Referente a si los estudiantes tenían claro cuáles serían los aspectos a evaluar en la propuesta.

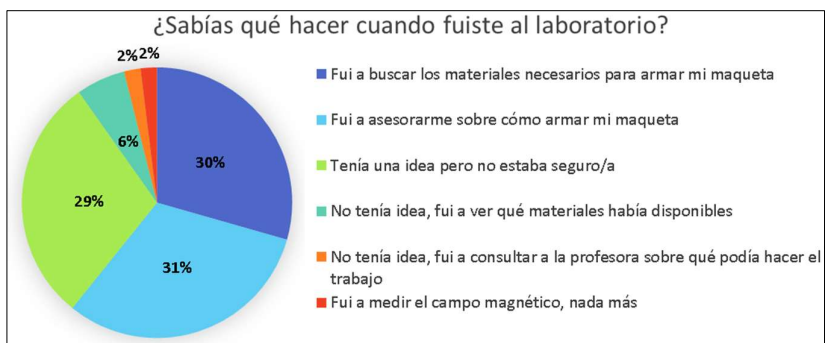


FIGURA 4. En relación con si los estudiantes sabían qué tenían que hacer cuando fueron al laboratorio.

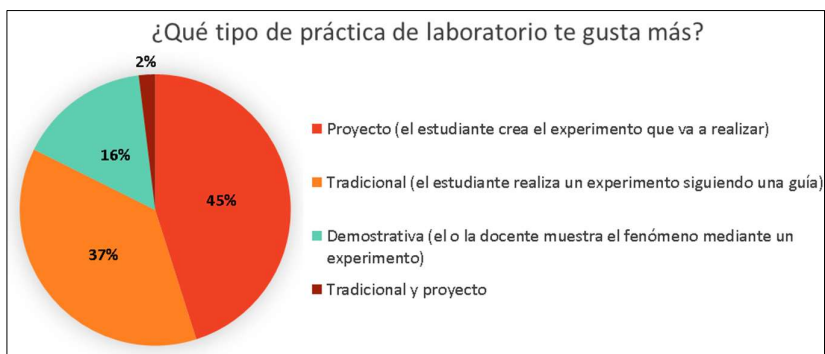


FIGURA 5. Opinión de los alumnos respecto a los diferentes tipos de prácticas de laboratorio.

De la primera pregunta se puede deducir que la mayoría de los alumnos leyeron la consigna entregada, buscaron información previa y asistieron al laboratorio en busca de asesoramiento y de los materiales e instrumentos necesarios para realizar las mediciones. Muy pocos asistieron al laboratorio sin ninguna información. Los docentes y auxiliares de laboratorio observaron que la mayoría de los alumnos realizó un desarrollo previo o plano de su maqueta e incluso llevaron materiales propios para completar con los del laboratorio. La mayoría de los alumnos manifiesta que tenía claro los aspectos a evaluar o que se ayudó en este sentido con la rúbrica que se les entregó, lo cual da cuenta de la importancia de entregar la rúbrica de evaluación previamente. El 45% de los alumnos reveló que le gusta más trabajar por proyectos, y un 37% que prefiere las prácticas tradicionales. El 95 % de los estudiantes manifestó que las prácticas de laboratorio en general le ayudan a comprender la teoría. Esto demuestra la necesidad de continuar y mejorar este tipo de clases.





FIGURA 6. Opinión de alumnos respecto de ver trabajos de años anteriores.



FIGURA 7. Valoración de la propuesta didáctica por parte de los alumnos.



FIGURA 8. Opinión de los alumnos respecto a cómo les resultó el aprendizaje con este proyecto.

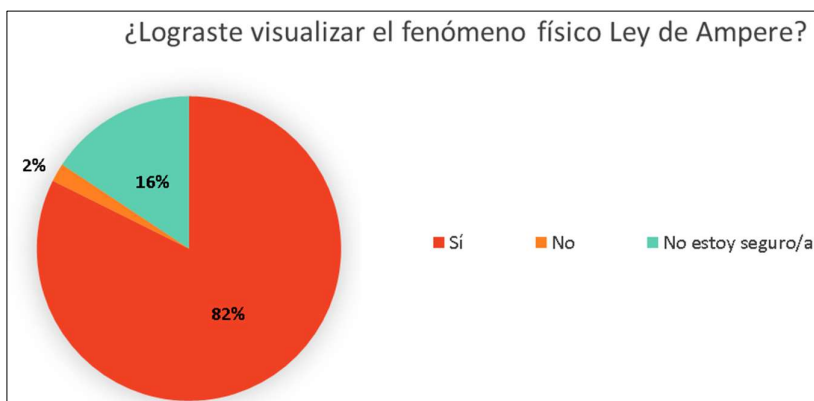


FIGURA 9. Respuesta a si se logró visualizar el fenómeno conocido como Ley de Ampère.

Si bien los alumnos manifiestan que les serviría ver trabajos de años anteriores, la idea es justamente trabajar la competencia de innovación y creatividad, con lo cual este aspecto estará todavía sujeto a evaluación de los docentes. La mayoría expresa que le gustó esta forma de trabajo por ser diferente, lo cual demuestra que el factor innovación desde la práctica docente es valorado. En una sociedad altamente impactada por las tecnologías, donde los cambios son constantes, poder ofrecer diferentes alternativas de aprendizaje puede constituir un factor motivador para el estudiantado. A su vez otros alumnos aseguran que esta práctica los motivó a aprender más y a interesarse en el tema. También hubo quienes manifestaron que les resultó igual a las otras, pero en mucha menor cantidad.

El 67% de los alumnos sostiene que aprendió mucho en esta práctica, al igual que en los trabajos prácticos de laboratorio anteriores, lo cual refuerza la idea ya planteada de la importancia de este tipo de propuestas didácticas. Un 25% manifiesta que aprendió más que en las prácticas anteriores. Esto habilita una profundización en el estudio de cuáles son las tareas que desarrollan los alumnos que generan ese mayor aprendizaje. El 82% de los alumnos asegura que logró visualizar el fenómeno físico llamado Ley de Ampere, lo cual constituye algo muy importante y el logro de uno de los objetivos principales de esta propuesta.

En relación con la última pregunta, los alumnos sugirieron las siguientes mejoras:

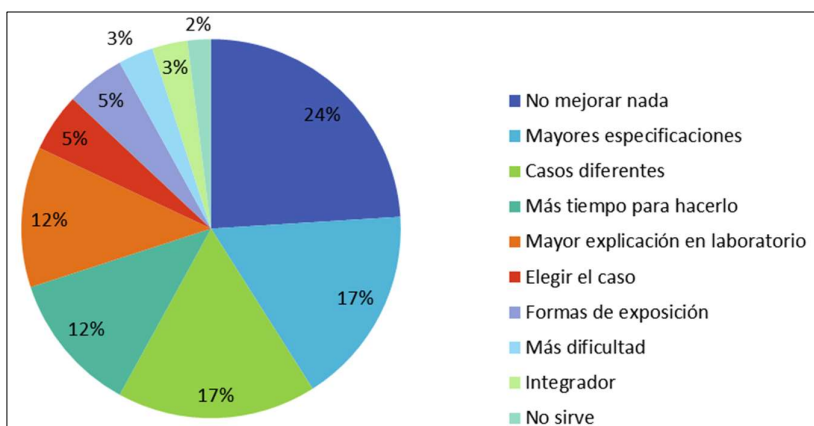


FIGURA 10. Sugerencias de mejoras por parte de los estudiantes.

Los docentes de la cátedra evaluarán las sugerencias, pero se puede observar que muchas de ellas apuntan a mejorar y fortalecer esta propuesta, proponiendo que integre mayor cantidad de contenidos, que tenga mayor variedad de casos de estudio, que contenga más explicaciones y que los alumnos dispongan de más tiempo de trabajo.

Los docentes respondieron que consideran que la propuesta didáctica ayudó a muchos alumnos a fortalecer la relación entre los conceptos físicos y sus aplicaciones prácticas. Sostienen, además, que la motivación es una de las principales virtudes de este tipo de trabajos y que favorece el aprendizaje teórico-práctico, al igual que los trabajos prácticos de laboratorio tradicionales. Se acordó que es posible continuar con esta propuesta y que sería positivo integrar mayor cantidad de contenidos de la asignatura en cada proyecto, a la vez que de otras materias. Respecto a la evaluación, los docentes sostienen que la evaluación del proyecto se complementa con las evaluaciones tradicionales

que la cátedra realiza y se sugiere para próximos trabajos mayor énfasis en los conceptos físicos y menos en información accesoría.

#### IV. CONCLUSIONES

Es posible concluir que, tanto los docentes de la cátedra como los estudiantes, han considerado la propuesta como innovadora y motivadora; se logró relacionar los contenidos teóricos con sus aplicaciones en Ingeniería y comprender mejor los fenómenos físicos estudiados, y se han desarrollado en los estudiantes habilidades metacognitivas.

La construcción de los dispositivos permitió aplicar los conocimientos teóricos en una actividad concreta, posibilitando a los alumnos saber qué hacer con lo que se sabe, acercándolos al futuro quehacer profesional. Se han abordado aspectos propios de la mente disciplinada, observando el deseo de ampliar la comprensión del fenómeno físico a través de la construcción de un dispositivo que permita observarlo. De este modo se hizo realidad la consigna impulsada por el CONFEDI, la cual sostiene que la competencia de *saber hacer* requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje, para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo (CONFEDI, 2018).

Durante la experiencia se ha promovido el desarrollo de competencias sociales como el desempeño eficiente en equipos de trabajo; habilidades para comunicarse efectivamente en forma oral y escrita; aprendizaje en forma continua y autónoma; y actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social. Éstas se evidenciaron durante el armado del sistema elegido, en los informes escritos y en las exposiciones orales. El trabajo en equipo estuvo destinado a favorecer el desarrollo de la mente respetuosa y las competencias sociales, políticas y éticas, en concordancia con la propuesta de desarrollar competencias para el Desarrollo Humano Integral, como expresan Cerato y Gallino (2013).

También se abordaron competencias específicas en relación con la Ley de Ampère y científicas y tecnológicas propias de la asignatura Física II, que se pudieron observar durante el armado de la grúa para levantar chatarra, el interruptor termomagnético, el separador de metales magnético y el timbre. Al analizar un sistema complejo, dividirlo en sus partes constituyentes y generar un modelo físico que pueda representarlo, se trabajó el desarrollo de la mente sintética. Y al diseñar un prototipo se introdujo a los estudiantes en aspectos propios de la Ingeniería como el diseño y el cálculo.

El trabajo posibilitó integrar dos temas de una misma asignatura y utilizar varios conceptos que se habían explicado en Física I, además de la resolución de integrales que son contenidos de Análisis Matemático. Se considera que es posible plantear nuevas actividades que integren contenidos de diversas materias del ciclo general de conocimientos básicos.

Como mejoras a implementar, se considera importante destacar la necesidad de focalizar en las explicaciones de los conceptos físicos, así como integrar mayor cantidad de contenidos de Física en el proyecto propuesto. También se plantea la necesidad de que la rúbrica pueda dividirse en mayor cantidad de descriptores que permitan establecer calificaciones más detalladas. Otro de los aspectos que requiere mayor capacitación es el uso de grandes cantidades de información adecuadamente, manejando fuentes científicas o tecnológicas.

Esta propuesta didáctica se continuará aplicando introduciendo las mejoras sugeridas, ya que permite trabajar muchas de las competencias solicitadas dentro de una metodología centrada en el alumno.

Como líneas de trabajo a futuro, se recomienda implementar y evaluar diferentes propuestas basadas en proyectos con evaluación por competencias aplicando rúbricas, para que otros docentes también puedan implementarlas y avanzar en el conocimiento de los aspectos que producen aprendizajes más significativos.

#### REFERENCIAS

Cerato, A. y Gallino, M. (2013). Competencias genéricas en carreras de ingeniería. *Ciencia y Tecnología*, 13, 83-94.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina "Libro Rojo de CONFEDI"*. Recuperado de [https://confedi.org.ar/download/documentos\\_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf](https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf)

Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Madrid, España: Santillana y Ediciones UNESCO.

Giordano Lerena, R. y Crimelo, S. (2014). Competencias en ingeniería y eficacia institucional. *Ingeniería solidaria*, 9, 119-127.

Kofman H. A. y Concari S. B. (2000). *Dificultades conceptuales con la ley de Ampère: análisis bibliográfico y simulación como propuesta*. Recuperado de <http://www.fiq.unl.edu.ar/galileo/download/documentos/ampere.pdf>

Lescano, A., Demichelis, N., Culzoni, C. y Alegre, L. (2019). Propuestas para desarrollar competencias en el tema Óptica Geométrica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 457-463.

Lozano Días, A. (2010). Reseña de “Las cinco mentes del futuro” de Gardner, Howard. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 15, 431-432.

Martínez, M., Amante, B., Cadenato, A. y Rodríguez, R. (2013). Una propuesta de evaluación de competencias genéricas en grados de Ingeniería. *Revista de Docencia Universitaria* Vol.11 (Número especial, 2013), 113-139.

Moya, D., Álvarez Ortiz, M., Andrés Abellán, M., Bernabéu Cañete, R., Botella Miralles, O., Copete Carreño, M. A., Ferrandis, P., Gómez Ladrón de Guevara, R., González Piqueras, J., López Serrano, F. R., Lucas Borja, M. E., Monreal Montoya, J. A., Orozco Bayo, E., Pulido García, L., Selva Denia, M., Tendero Lora, A., Villén Altamirano, J. y García Morote, F. A. (2015). *Evaluación de competencias de aprendizaje mediante rúbricas en el grado de ingeniería forestal y del medio natural*. Recuperado de <http://blog.uclm.es/uvtnetwork/files/2013/03/Evaluaci%C3%B3n-de-competencias-de-aprendizaje.pdf>

Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K. S. (2007), *Física. Volumen 2 (5ª ed.)*. México: Continental.