

ACTIVIDAD DE ARTICULACIÓN INTERDISCIPLINARIA: DESCARGA DE UN CAPACITOR COMO PUENTE ENTRE MATEMÁTICA Y FÍSICA EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA

Torroba Patricia, Costa Viviana, Devece Eugenio y Porcel de Peralta Benjamín

Unidad de Investigación en Metodologías Alternativas para la Enseñanza de las Ciencias-UIDET IMApEC - Departamento de Ciencias Básicas - Facultad de Ingeniería – UNLP - 1 y 47, La Plata – Bs. As. – Argentina
vacosta@ing.unlp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En el marco del Proyecto "Articulación en las Ciencias Básicas para Carreras de Ingeniería" y del Grupo de Investigación IMApEC del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), se han desarrollado diversas estrategias interdisciplinarias que integran matemática, física y tecnología. Estas acciones buscan fomentar competencias esenciales en los estudiantes de ingeniería mediante un enfoque innovador y colaborativo.

En la formación de los futuros ingenieros, varias son las innovaciones educativas que se proponen con el objetivo de lograr aprendizajes significativos, adquirir habilidades, entre otras. Además, se destaca la importancia de profundizar en la integración durante el proceso educativo de matemática y física. Así lo destacan, Pepin, Biehler & Gueudet (2021), en "Mathematics in Engineering Education: A Review of the Recent Literature", que ofrece una visión general de las prácticas actuales en la enseñanza de matemáticas dentro de la educación en ingeniería, analizando recursos y prácticas innovadoras que pueden influir en la reforma curricular. También, Dominguez, De la Garza, Quezada-Espinoza & Zavala (2023), en "Integration of Physics and Mathematics in STEM Education: Use of Modeling" donde evalúan la efectividad de un enfoque pedagógico para estudiantes de primer año de ingeniería al diseñar un curso integrado de física y matemáticas basado en el modelado.

En resumen, la vinculación entre física y matemática en el ciclo básico, resulta fundamental para desarrollar habilidades de análisis, modelado y resolución de problemas. Estas disciplinas no solo proporcionan las herramientas necesarias para entender fenómenos físicos, sino que también constituyen la base para la comprensión de procesos ingenieriles. En un plan de estudios donde los contenidos son "compartimentados" en materias, esa vinculación, en general, no surge espontáneamente por parte de los estudiantes, si no que tienen que ser los mismos docentes los que la faciliten, logrando enfoques de aprendizaje más amplio.

En este contexto, se diseña e implementa una actividad interdisciplinaria con el objetivo de articular conceptos de matemática, física y tecnología a través del fenómeno de la descarga de un capacitor, trabajando además en tareas/problemas/desafíos más cercanos a los de la vida real de un ingeniero.

La propuesta, es desarrollada en el aula de Matemática B (segundo semestre) e incluye la participación conjunta de docentes de ambas disciplinas. Durante la experiencia, los estudiantes experimentan en tiempo real, la descarga de un capacitor en función del tiempo, registrando los valores mediante sensores.

A partir de estas mediciones, se introducen las leyes de Kirchhoff (Seway, 1999) para modelar el fenómeno y se deduce la ecuación diferencial de primer orden que describe el proceso de descarga. La actividad se complementa con una tarea optativa, en la que los estudiantes resumen la experiencia, plantean preguntas, analizan los datos experimentales con GeoGebra y validan los resultados teóricos, ajustando los valores experimentales con la solución exponencial de la ecuación diferencial deducida.

Además, de este modo, se anticipa (de un modo sencillo) un conocimiento de Física II (tercer semestre), como es el concepto de un circuito eléctrico denominado RC (constituido por un elemento denominado capacitor y una resistencia) que se modela matemáticamente con

herramientas de ecuaciones diferenciales de primer orden, contenido de Matemática B (Costa, 2025) aportándole a este último una connotación importante para su estudio en lo que respecta a su uso en la física para modelar fenómenos.

Además, la actividad refuerza la relevancia de las ecuaciones diferenciales en el modelado de fenómenos físicos e ingenieriles, fortaleciendo una perspectiva interdisciplinaria clave en la formación de futuros profesionales.

El trabajo presentado describe el desarrollo de la actividad, los resultados obtenidos y una conclusión que subraya la relevancia de implementar estrategias que integren contenidos de física y matemática, incorporando tecnología para potenciar el desarrollo de competencias esenciales en la formación de ingenieros.

DESARROLLO

La implementación de la Actividad interdisciplinaria comienza con una planificación conjunta entre docentes de matemática y física, autores del presente artículo. En una etapa previa, los profesores de ambas disciplinas (integrantes de IMApEC) se reúnen para analizar los contenidos a articular, identificar puntos de convergencia y definir las estrategias más adecuadas para presentarlos en el aula. En estos encuentros, se toman las decisiones clave sobre la dinámica de la clase, el diseño de materiales didácticos y la integración de la tecnología. Además, se confecciona un Trabajo de Investigación (optativo) para realizar en grupos que consta de dos partes, una previa a la Actividad, con el objetivo que los estudiantes investiguen por su cuenta previamente conceptos que se utilizarán y otra parte posterior a la experiencia en el aula, con el objetivo de profundizar el análisis y reforzar los aprendizajes, y servir de recurso evaluativo de la efectividad de la experiencia.

La actividad se lleva a cabo en el curso de Matemática B y comienza con la presentación de los profesores de Física, quienes introducen el tema y destacan su carácter interdisciplinario. A continuación, se describe la plaqueta que se utilizará, la cual ha sido diseñada por los docentes de la cátedra de Física II y construida por el personal del área técnica de la Facultad. Este dispositivo incluye varios circuitos, entre los cuales se encuentra un capacitor, que inicialmente está cargado y conectado a una resistencia, como se indica en el recuadro en la parte derecha de la Figura 1. Además, se incorpora un sensor, ubicado en la parte inferior izquierda de la Figura 1, que permite registrar en tiempo real los datos de la descarga, los cuales se representan en la parte superior izquierda de la misma figura. El uso de estos dispositivos favorece el aprendizaje y resulta motivador en los jóvenes debido al alto grado de alfabetización digital que poseen (Raviolo, Álvarez, y Aguilar 2011).

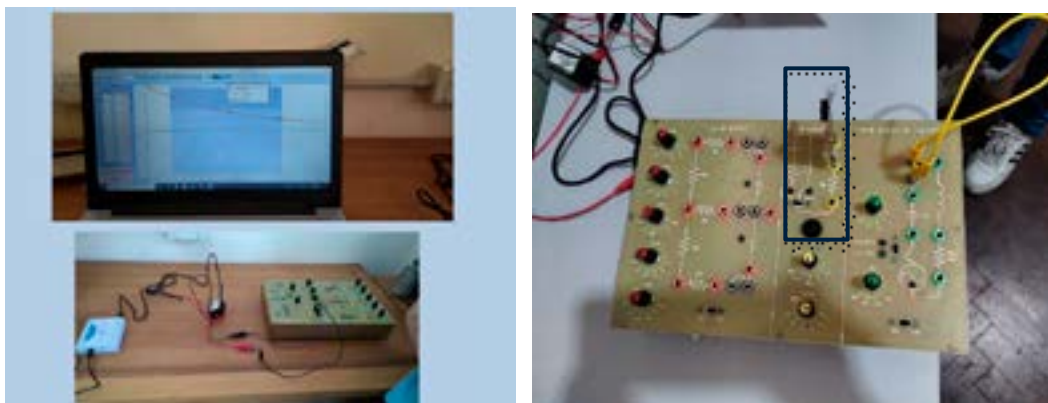


Figura 1: Capacitor e imagen que muestra los valores en tiempo real de su descarga.

Durante la actividad, los estudiantes observan la descarga del capacitor en tiempo real. Los datos registrados por el sensor, diferencia de potencial V que es proporcional a la carga, son proyectados en un gráfico en función del tiempo y ajustados mediante una curva de caída exponencial (Figura 2).

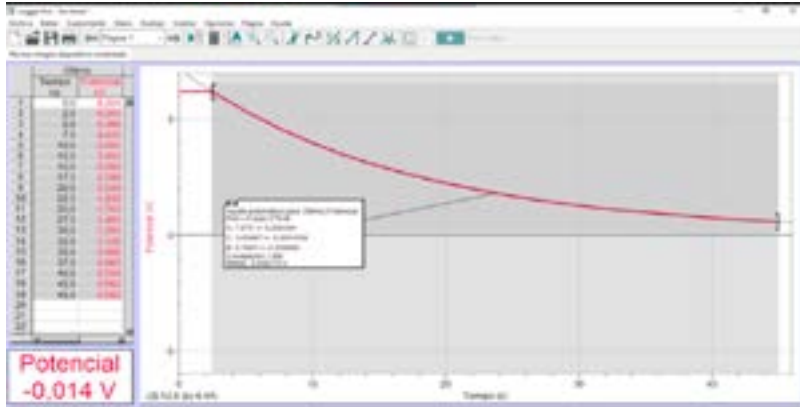


Figura 2: Gráfico de caída exponencial que ajusta los datos de una tabla de valores de tiempo y valores de carga del capacitor.

Paralelamente, los profesores de física, presentan el circuito RC desde el punto de vista teórico, explican qué es un capacitor, las componentes que intervienen (https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_all.html?locale=es) para que pueden utilizarse en la vida cotidiana. A continuación, discuten la ecuación diferencial que describe el fenómeno, la cual se construye utilizando las leyes de Kirchhoff (Seway, 1999) y contextualizan el experimento dentro de su disciplina (Figura 3), presentado todo en forma sencilla y anticipando contenidos de Física II.

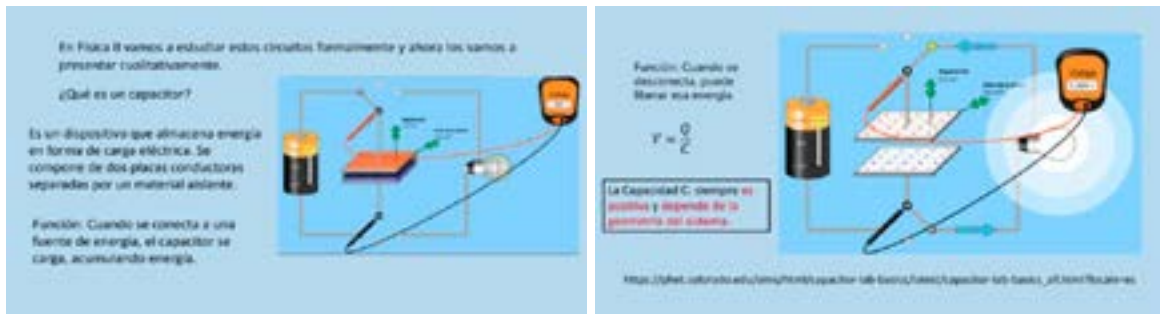


Figura 3: Explicación teórica del experimento realizado.

Luego se construye la ecuación diferencial de primer orden que modela el circuito, y con la intervención de los profesores de matemática, los estudiantes la resuelven utilizando la técnica de separación de variables, contenido estudiado en Matemática B (Figura 4), obteniendo como solución analítica una función de tipo exponencial decreciente.

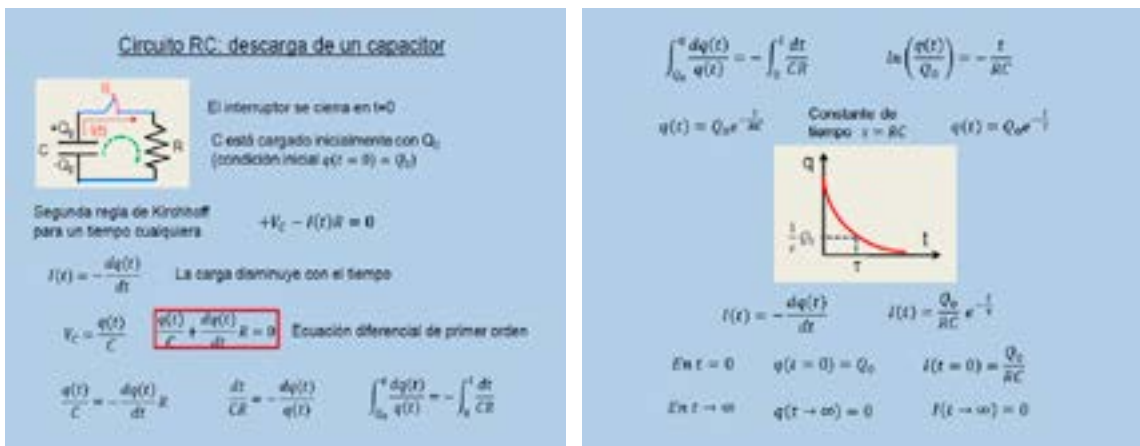


Figura 4: Modelado matemático y resolución de la ecuación diferencial.

Luego, se contrastan los datos experimentales obtenidos y su ajuste (Figura 2) con la solución analítica de la ecuación diferencial (Figura 4), validando el modelo y otorgándole un significado a la matemática utilizada en la resolución de problemas de la física.

Finalmente, como actividad complementaria, los estudiantes, organizados en grupos, pueden realizar un Trabajo de Investigación opcional. Esta actividad tiene un doble propósito: por un lado, fomentar la integración de los conocimientos adquiridos durante la experiencia; por otro, brindar a los docentes una herramienta para evaluar su efectividad.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

A continuación, se detalla un resumen de los resultados del *Trabajo de Investigación* que los estudiantes presentan previo y posterior a la actividad.

La *Parte 1* del Trabajo de Investigación, considerada como investigación previa y realizada antes de la visita de los profesores de Física II, los estudiantes organizados en grupos de dos, investigan los conceptos fundamentales sobre capacitores, guiados por las consignas siguientes.

Trabajo de Investigación: Parte 1 (Previo a la Actividad)

1. Definición y características: Explorar qué es un capacitor, sus características principales y su función en circuitos eléctricos.
2. Aplicaciones: Identificar tipos de circuitos donde se utilizan capacitores y su relevancia en el almacenamiento temporal de energía. Además, describir al menos dos aplicaciones prácticas relacionadas con campos de la ingeniería.
3. Preguntas y dudas: Formular al menos tres preguntas surgidas durante la investigación, estimulando su curiosidad y preparación para la segunda parte del trabajo.

La *Parte 2*, a realizar luego de la experiencia en el aula, incluye las siguientes consignas.

Trabajo de Investigación: Parte 2 (Posterior a la Actividad)

1. Modelado matemático: Plantear la ecuación diferencial que describe la descarga de un capacitor en un circuito RC, utilizando las leyes de Kirchhoff y considerando los parámetros involucrados (resistencia, capacitancia, voltaje inicial).
2. Resolución analítica: Resolver la ecuación diferencial con un valor inicial dado.
3. Experimentación y ajuste: Cargar los datos experimentales en una tabla en GeoGebra, crear una lista de puntos y ajustarlos mediante una curva exponencial. Con el ajuste, estimar los parámetros del circuito y calcular los tiempos para los cuales la descarga sería del 30 % y del 1 % de la carga inicial. Graficar, la solución teórica en GeoGebra, contrastar entre datos experimentales y el modelo teórico, estimar los parámetros del circuito.

Las Partes 1 y 2, son entregadas por los estudiantes en el sitio de una Tarea en el Classroom de la clase, y los resultados obtenidos se sintetizan a continuación.

Resultados Parte 1:

En torno al inciso 1: *Definición y características: Explorar qué es un capacitor, sus características principales y su función en circuitos eléctricos*, los estudiantes mencionan lo siguiente:

“Un capacitor, también conocido como condensador, es un componente fundamental en electrónica que almacena energía en forma de un campo eléctrico entre dos placas conductoras separadas por un dieléctrico. Además, que sus “Características principales” son:

- Capacitancia (C): Capacidad de almacenamiento, depende del área de las placas y el material dieléctrico. Se mide en Faradios (F).
- Voltaje (V): Diferencia de potencial entre las placas.
- Carga (Q): Relación entre carga, capacitancia y voltaje: $Q = C \cdot V$.
- Funcionamiento:
 - Carga: Al aplicar un voltaje, se acumula carga en las placas creando un campo eléctrico en el dieléctrico.
 - Descarga: La energía almacenada fluye hacia la carga conectada, equilibrando el voltaje.
 - Permiten el paso de corrientes alternas y bloquean las corrientes continuas.

En relación a sus "Usos y Aplicaciones de Capacitores", mencionan que: los capacitores tienen múltiples aplicaciones en circuitos electrónicos debido a su capacidad de almacenamiento temporal y control de energía: Circuitos de filtro; Circuitos osciladores; Circuitos de temporización; Circuitos amplificadores; Arranque de motores y en Cámaras fotográficas.

En relación a las preguntas o dudas que les surgen a los estudiantes, ellos presentan las siguientes:

- ¿Qué materiales dieléctricos se usan comúnmente y cómo afectan al rendimiento de los capacitores?
- ¿Cómo varía la vida útil de un capacitor en función de las condiciones ambientales, como la temperatura o la humedad?
- ¿Qué nuevas tecnologías están surgiendo en el campo de los capacitores para mejorar su eficiencia energética?
- ¿Qué es la capacitancia?
- ¿Cómo puede ser conectado un capacitor?
- ¿Qué riesgos existen al manipular capacitores?
- ¿Cómo es posible que al producirse un campo eléctrico se pueda almacenar energía? Nos resulta un concepto verdaderamente abstracto.
- ¿Tienen un límite de vida útil? ¿Se va desgastando su capacidad de almacenar energía?

Resultados Parte 2:

En la Parte 2, todos los estudiantes logran presentar en detalle la deducción de la Ecuación Diferencial del fenómeno a partir de utilizar las leyes de Kirchhoff, brevemente explicadas por la docente de Física II, y su correcta resolución (utilizando herramientas teóricas de Matemática B), como es el método de separación de variables.

Luego resuelven correctamente la consigna que continúa, cargan en GeoGebra los datos observados en clase (duración de 45 segundos - Figura 5), utilizan la herramienta "Ajuste exponencial" en GeoGebra y obtienen la función ajuste: $f(t)=6.807 \cdot e^{-t/18.187}$. A continuación, utilizan tal función, para calcular el valor experimental: $\tau \approx 18.187$ s. y estiman el tiempo de descarga al 30 % y al 1 % de la carga inicial: obteniendo un tiempo de 20.78 seg. y de 79.49 seg. respectivamente. En conclusión: el tiempo de descarga para un 30% de la carga inicial es aproximadamente 1,2 veces la constante de tiempo (τ), y para un 1% es aproximadamente 4,6 veces la constante de tiempo.

En resumen, los resultados muestran que los estudiantes logran una comprensión sólida de los conceptos fundamentales sobre capacitores en la Parte 1 del trabajo, identificando su función, características y aplicaciones. Además, formulan preguntas que evidencian un interés genuino en el tema. En la Parte 2, los estudiantes deducen correctamente la ecuación diferencial de descarga de un capacitor aplicando las leyes de Kirchhoff y resuelven con el método de separación de variables. Luego, emplean GeoGebra para ajustar datos experimentales a una función exponencial, obteniendo valores coherentes con la teoría.

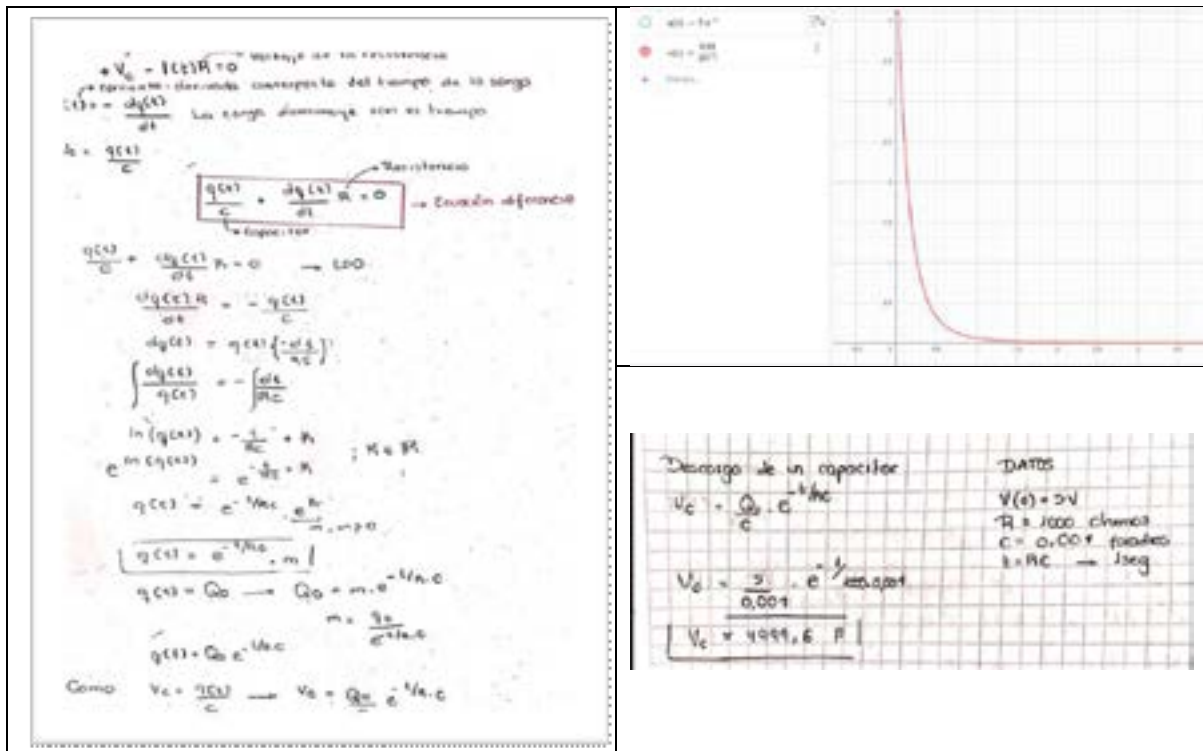


Figura 5: Algunas resoluciones de los estudiantes.

CONCLUSIONES

La experiencia desarrollada evidencia la importancia de articular matemáticas, física y tecnología en la formación de ingenieros, facilitando la comprensión de fenómenos y el desarrollo de habilidades de modelado y resolución de problemas. A través del estudio de la descarga de un capacitor, los estudiantes aplicaron leyes de Kirchhoff y ecuaciones diferenciales en un contexto experimental real, mostrando motivación e interés en la actividad. La evaluación de los trabajos entregados refleja un manejo adecuado de los conceptos, aunque con diferencias en la precisión del análisis experimental. Esta iniciativa interdisciplinaria destaca la necesidad de que los docentes promuevan conexiones entre las materias para lograr aprendizajes más integrados y significativos.

BIBLIOGRAFÍA

Costa, V. (2025). Libro de Cátedra - Matemática B. Facultad de Ingeniería de la UNLP. <https://www.inq.unlp.edu.ar/catedras/descargar.php?id=67111>

Domínguez, A., De la Garza, J., Quezada-Espinoza, M., & Zavala, G. (2023). Integration of physics and mathematics in STEM education: Use of modeling. *Education Sciences*, 14(1), 20. https://www.mdpi.com/2227-7102/14/1/20?utm_source=chatgpt.com

Pepin, B., Biehler, R. & Gueudet, G. Mathematics in Engineering Education: a Review of the Recent Literature with a View towards Innovative Practices. *Int. J. Res. Undergrad. Math. Ed.* 7, 163–188 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8>

Raviolo, A.; Álvarez, M. y Aguilar, A. (2011). La hoja de cálculo en la enseñanza de la Física: re-creando simulaciones. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24 (1), pp. 97-107.

Serway, R. (1999). Física, volumen II, Mac Graw Hill