

La mecatrónica en la formación básica: innovación en el laboratorio para aprender física en ingeniería y tecnicatura en mecatrónica

Lautaro Morel Penco¹; Cristina Cayetano^{1*}

1. Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAL), Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Concordia, Entre Ríos, Argentina

*E-mail: cristina.cayetanoarteaga@uner.edu.ar

PALABRAS CLAVES

Mecatrónica
Formación
Dispositivos
Estudiantes

RESUMEN

Los estudiantes que ingresan a Ingeniería y Tecnicatura en Mecatrónica lo hacen con altas expectativas sobre su futuro profesional, pero suelen frustrarse al ver que las aplicaciones prácticas aparecen recién en los años avanzados. Este trabajo propone una innovación en el Ciclo Básico, integrando contenidos de Física I y II con el diseño de dispositivos didácticos basados en Arduino. Se desarrollaron actividades prácticas como la representación gráfica de la carga y descarga de un capacitor mediante un microcontrolador ATmega32U4, permitiendo visualizar fenómenos físicos en tiempo real. Esta propuesta busca que los estudiantes sean protagonistas del proceso, al diseñar, programar y experimentar, lo que favorece su aprendizaje y motivación. La accesibilidad actual de estas tecnologías permite escalar la implementación y reemplazar prácticas demostrativas pasivas por talleres activos. Para evaluar el impacto, se utilizó la metodología TRL (Technology Readiness Level) y una encuesta breve para conocer la percepción de los alumnos respecto a los contenidos y su relación con la mecatrónica. Los resultados fueron positivos, demostrando la efectividad de este enfoque y sugiriendo su posible aplicación en otras asignaturas del Ciclo Básico.

Mechatronics in early engineering education: laboratory-based innovation for teaching physics in engineering and technical programs

KEYWORDS

Mechatronics
Education
Devices
Students

ABSTRACT

Students entering Mechatronics Engineering and Technical degree often have high expectations about their professional future, but become discouraged when they realized that practical applications are addressed only in advanced years. This work proposes an educational innovation in the Basic Cycle, integrating contents of Physics I and II with the design of didactic devices using Arduino. Practical activities were developed, such as the graphical representation of the charging and discharging cycles of a capacitor using an ATmega32U4 microcontroller, allowing real-time visualization of voltage variations. This approach encourages students to take an active role by designing, programming, and experimenting with physical phenomena and their mechatronic applications, enhancing their motivation and learning. The increasing accessibility of these technologies makes it feasible to scale up the number of kits for classroom use, moving away from passive demonstrations toward hands-on experimentation. To evaluate the outcomes, we applied the Technology Readiness Level (TRL) methodology and conducted a short survey to assess students' comprehension and their perception of the integration between physics and mechatronics. The results show a successful implementation, supporting the idea of extending this teaching strategy to other courses within the Basic Cycle of Mechatronics programs..

1. Introducción

La carrera de Ingeniería en Mecatrónica representa una propuesta innovadora para estudiantes del litoral argentino, en un contexto donde los avances tecnológicos demandan profesionales altamente capacitados para enfrentar los desafíos de la Industria 4.0. Sin embargo, uno de los problemas recurrentes en las carreras tecnológicas es la baja motivación de los estudiantes en los primeros años, debido a la escasa presencia de contenidos aplicados o vinculados con el quehacer profesional.

Diversos estudios indican que el involucramiento activo en experiencias prácticas tempranas favorece la retención del conocimiento y fortalece la identidad profesional en formación (Díaz et al., 2019; Torres y Méndez, 2020). No obstante, en muchos programas académicos, las aplicaciones tecnológicas suelen introducirse en etapas avanzadas de la formación, dificultando el vínculo temprano con el perfil de egreso.

En el caso de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), dictada en la Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAL), se observó la necesidad de incorporar estrategias didácticas que integren conocimientos de física con herramientas tecnológicas propias del campo de estudio, tales como microcontroladores y entornos de programación.

En este sentido, la incorporación de prácticas basadas en el paradigma de la educación 4.0, enmarcado en la Revolución Industrial 4.0 (IR4.0), permite articular contenidos conceptuales con aplicaciones reales utilizando tecnologías como Arduino, Internet de las Cosas (IoT), TICs e Inteligencia Artificial (Mecatrónica educativa, 2021).

No obstante, aún persisten desafíos vinculados a la falta de experiencias institucionalizadas que consoliden este enfoque en el Ciclo Básico de las carreras técnicas.

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de innovación educativa que integra contenidos de Física I y II mediante el desarrollo de dispositivos mecatrónicos con Arduino, promoviendo el aprendizaje activo. Se plantea como hipótesis que el uso de herramientas tecnológicas en etapas tempranas favorece la comprensión conceptual y la motivación de los estudiantes hacia la carrera.

2. Materiales y métodos

La propuesta se llevó a cabo en el marco de las materias Física I y Física II de la carrera de Ingeniería

en Mecatrónica, en la Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAL) de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), en Concordia, Entre Ríos. Estas asignaturas pertenecen al Ciclo Básico de la carrera, Física I en el segundo cuatrimestre del primer año y Física II en el primer cuatrimestre del segundo año.

La propuesta surgió a partir de una necesidad detectada por el equipo docente del área de Física para fortalecer las actividades experimentales que permitan el desarrollo de competencias del saber hacer en estudiantes de mecatrónica. Se convocó a estudiantes becarios para diseñar y desarrollar prototipos en base a las actividades prácticas planificadas de la catedra. En 2023 se ejecutó el primer proyecto piloto en Física I, y en 2024 se aplicó un segundo proyecto en Física II. Ambos fueron aprobados institucionalmente como prácticas formativas orientadas por los principios de la educación 4.0, priorizando la vinculación de los contenidos curriculares con herramientas tecnológicas reales.

Implementación del enfoque y desarrollo de prototipos y material didáctico

Se describe a continuación la experiencia desarrollada en 2024 con estudiantes de física II que realizaron trabajos prácticos de laboratorio, organizados en grupos de estudiantes. Los estudiantes diseñaron y ensamblaron prototipos didácticos utilizando placas Arduino UNO, montadas sobre placas protoboard, con el objetivo de visualizar procesos físicos en tiempo real.

La actividad consistió en visualizar en tiempo real el ciclo de carga y descarga de un capacitor electrolítico utilizando una placa Arduino UNO con microcontrolador ATmega32U4. El circuito se diseñó conectando la entrada analógica A0 al cátodo (polo positivo) del capacitor, y el ánodo al GND común de la placa Arduino y la fuente de alimentación. Esta disposición permitió medir el voltaje a través del capacitor durante su carga y descarga mediante la conversión analógica-digital del pin A0.

El voltaje fue visualizado a través del monitor serial y el gráfico (plotter) del entorno de desarrollo Arduino IDE, permitiendo observar el comportamiento exponencial del fenómeno físico.

Para la visualización del ciclo de carga y descarga de un capacitor, se utilizó el conversor analógico-digital (ADC) integrado en el microcontrolador ATmega328P presente en la placa Arduino UNO. Este ADC tiene una resolución de 10 bits, lo que permite medir señales analógicas entre 0 V y 5 V y obtener un valor digital entre 0 y 1023. Esta capacidad fue

aprovechada para registrar el voltaje del capacitor a través del pin A0 y luego graficarlo en tiempo real mediante el monitor serial y el "Serial Plotter" del entorno Arduino IDE.

El circuito fue alimentado con una fuente externa de tensión continua regulable, y no se utilizaron sensores adicionales, ya que la propia placa Arduino fue suficiente para adquirir las señales requeridas. La decisión de trabajar sin sensores adicionales respondió a criterios de simplicidad, bajo costo y disponibilidad de recursos en el laboratorio.

Para mejorar la interpretación del fenómeno, se incorporaron resistencias de distintos valores al circuito. Esto permitió modificar la constante de tiempo del sistema RC y observar cómo varía la velocidad del proceso, facilitando así la comprensión del modelo teórico. Para la programación se utilizó el entorno Arduino IDE, ya que los estudiantes de la cátedra poseen conocimientos básicos en programación orientada a microcontroladores, adquiridos previamente en otras materias del plan de estudios.

Evaluación de resultados

Para analizar el impacto del proyecto en el aprendizaje se aplicó una encuesta a los estudiantes que participaron en la actividad, diseñada con base en escalas de percepción utilizadas en educación y adaptación del modelo de satisfacción del cliente (Dawes et al., 2020). Las preguntas incluyeron:

- ¿Comprendiste mejor el tema físico abordado gracias a esta práctica?
- ¿Pudiste relacionar el contenido de Física con la carrera de Mecatrónica?
- ¿Sentiste mayor motivación al utilizar herramientas tecnológicas reales?

- ¿Creés que este tipo de actividades debería repetirse en otras materias?
- Los resultados de la encuesta se presentan en la sección 3.

Análisis de madurez tecnológica mediante la metodología TRL

Para evaluar el nivel de desarrollo técnico de los prototipos diseñados por los estudiantes, se utilizó la metodología TRL (Technology Readiness Level), un sistema de evaluación desarrollado originalmente por la NASA que permite clasificar tecnologías desde su concepción inicial (TRL 1) hasta su implementación operativa en entornos reales (TRL 9) (Olechowski et al., 2020).

3. Resultados y Discusión

La implementación del enfoque propuesto fue evaluada a través de una encuesta aplicada a los estudiantes que participaron del segundo taller (año 2024), en el marco de la materia Física II. El objetivo fue conocer su percepción respecto a la utilidad pedagógica de la actividad, la comprensión conceptual lograda y la motivación generada por el uso de tecnologías propias de la mecatrónica.

Participaron de la encuesta 12 estudiantes. Los resultados muestran que, antes de la actividad, el 50% evaluaba su comprensión del ciclo de carga y descarga de un capacitor como moderada, mientras que un 25% la calificaba como alta, y un 16,7% como muy alta. Solo el 8,3% la consideraba baja (Figura 1). Tras la práctica, el 91,7% de los estudiantes afirmó que la actividad con Arduino les ayudó a comprender mejor el fenómeno físico (Figura 2), y el 100% coincidió en que este tipo de recursos mecatrónicos incentivan el aprendizaje (Figura 3).

¿Cómo calificarías tu comprensión del ciclo de carga y descarga de un capacitor antes de esta actividad?
12 respuestas

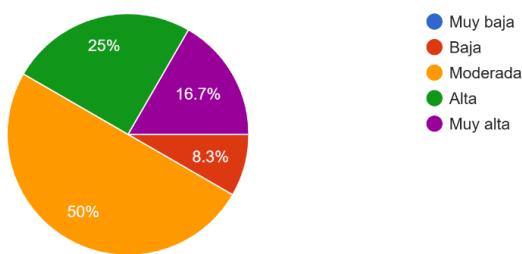


Figura 1. Nivel de comprensión del ciclo de carga y descarga de un capacitor antes de la actividad

¿Consideras que la actividad con el Arduino te ayudó a comprender mejor el comportamiento del capacitor?

12 respuestas

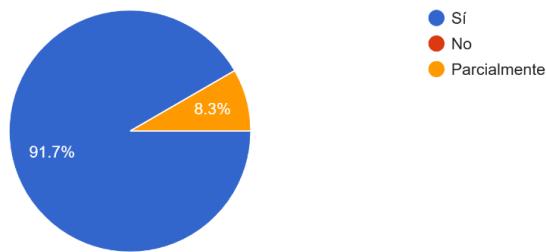


Figura 2. Impacto percibido de la actividad con Arduino en la comprensión del fenómeno

¿Crees que este tipo de actividades donde se utilizan recursos específicos de la mecatrónica, como los microcontroladores incentivan el aprendizaje de la materia?

12 respuestas



Figura 3. Opinión de los estudiantes sobre el uso de recursos mecatrónicos en el aprendizaje

Respecto a la satisfacción general, los niveles fueron altos: un 41,7% calificó la actividad con 8 puntos sobre 10, mientras que un 25% le asignó un 9 y otro

25% un 10 (Figura 4). Finalmente, el 91,7% de los encuestados consideró que esta práctica debería incluirse en cursos futuros (Figura 5).

¿Cómo calificarías tu satisfacción general con esta actividad?

12 respuestas

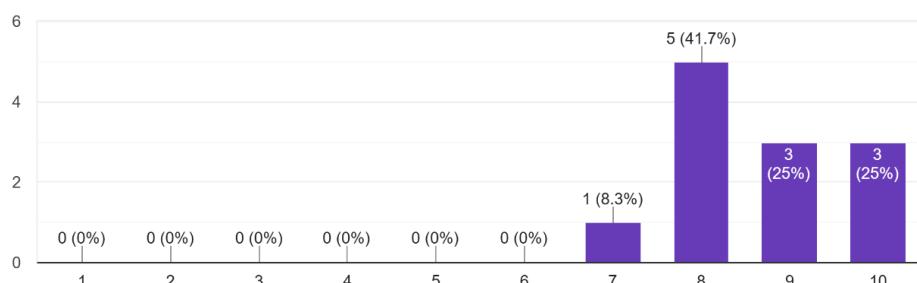


Figura 4. Nivel de satisfacción general de los estudiantes con la actividad propuesta.

¿Crees que esta actividad debería ser incluida en futuros cursos?
 12 respuestas

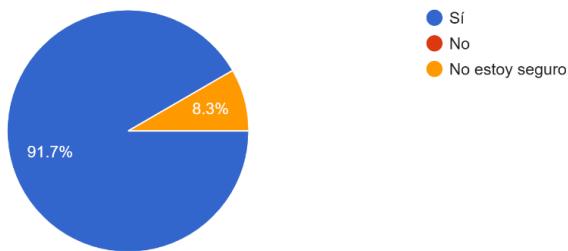


Figura 5. Valoración de los estudiantes sobre la inclusión futura de la actividad en otras materias.

En cuanto a los resultados observados durante las actividades prácticas, se logró un funcionamiento estable y replicable del circuito experimental montado en protoboard, utilizando únicamente componentes básicos: un capacitor, dos resistencias, una fuente de alimentación regulable y una placa Arduino UNO.

La programación desarrollada por los propios estudiantes permitió visualizar en tiempo real la curva de carga y descarga a través del monitor serial del entorno Arduino IDE. Además, los distintos grupos experimentaron con valores de resistencias para observar cómo varía la constante de tiempo del sistema RC, logrando relacionar las expresiones teóricas con los resultados empíricos. La inclusión de esta etapa de experimentación enriqueció la práctica y fortaleció la comprensión del fenómeno.

Desde el punto de vista de la madurez tecnológica, los prototipos alcanzaron un nivel TRL 6 (“demostración en entorno relevante”), lo que demuestra que los dispositivos desarrollados poseen una integración funcional adecuada, capacidad de operación autónoma y posibilidad de ser utilizados como recurso didáctico en el aula.

A continuación, se presentan algunas imágenes de los prototipos desarrollados por los estudiantes durante la actividad:

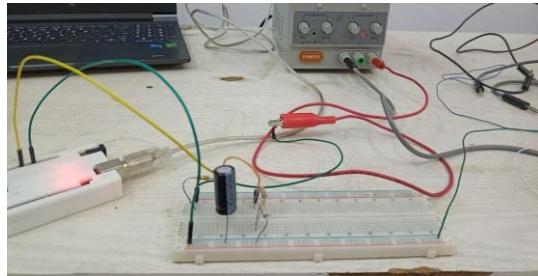


Figura 6. Prototipo montado sobre protoboard: capacitor, resistencias, cableado y entrada A0.

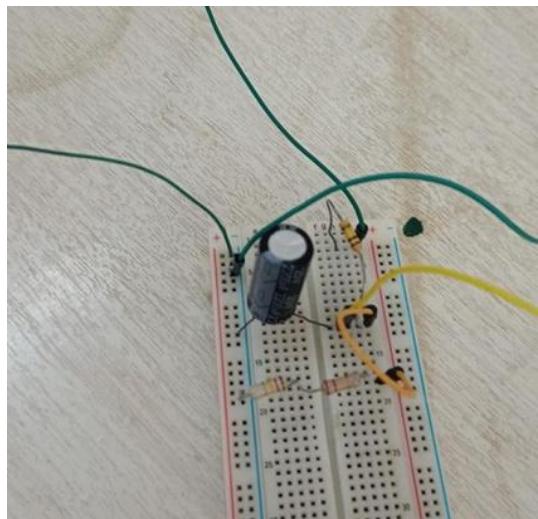


Figura 7. Vista superior del circuito montado por estudiantes

Estos resultados indican una recepción altamente positiva y respaldan la hipótesis planteada sobre los beneficios de introducir herramientas mecatrónicas en las etapas tempranas del aprendizaje.

Discusión y análisis del nivel de madurez tecnológica (TRL)

Los prototipos desarrollados durante los talleres fueron evaluados según la metodología Technology Readiness Level (TRL), alcanzando un nivel 6: "Demostración tecnológica: Sistema de ingeniería validado en condiciones relevantes a las reales operativas, aunque aún a nivel prototipo."

Este resultado evidencia que los dispositivos no solo funcionaron adecuadamente, sino que su integración y desempeño en el entorno educativo simularon con fidelidad una aplicación práctica real. La utilización de componentes accesibles como el microcontrolador ATmega32U4, la programación en entorno Arduino y el diseño funcional logrado por los grupos de estudiantes, demuestran una apropiada transferencia de conocimientos y habilidades prácticas.

Estos resultados validan el enfoque propuesto y motivan su réplica en otras cátedras del Ciclo Básico. Además, sugieren que la incorporación temprana de experiencias tecnológicas puede contribuir a mejorar la retención estudiantil, fomentar el pensamiento crítico y consolidar la identidad profesional desde el inicio de la formación.

4. Conclusiones

La implementación de actividades prácticas con enfoque mecatrónico en Física II demostró ser una estrategia efectiva para fortalecer el aprendizaje en el Ciclo Básico de la carrera de Ingeniería y Tecnicatura en Mecatrónica. Los resultados obtenidos en las encuestas reflejan un alto grado de comprensión conceptual, motivación y satisfacción por parte de los estudiantes, validando la hipótesis de que el uso de tecnologías aplicadas en etapas tempranas de la formación mejora la experiencia educativa.

El uso de microcontroladores como el ATmega32U4 y la plataforma Arduino permitió desarrollar prototipos funcionales que alcanzaron un nivel 6 en la escala TRL, lo que evidencia una sólida integración entre teoría y práctica. Esta experiencia no solo favorece la comprensión de fenómenos físicos abstractos, sino que también contribuye a la construcción temprana de una identidad profesional vinculada a la mecatrónica.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias de la Alimentación y a la Universidad Nacional de Entre Ríos por permitir el desarrollo del proyecto dentro del marco académico correspondiente. Asimismo, se reconoce al Laboratorio de Física por brindar el espacio, los recursos técnicos y el apoyo logístico necesario para la realización de las actividades. Finalmente, se agradece la participación activa y comprometida de los estudiantes que formaron parte de esta experiencia educativa.

6. Referencias

- Dawes, J., Stocchi, L., & Dall'Olmo-Riley, F. (2020). Over-time variation in individuals' customer satisfaction scores. *International Journal of Market Research*, 62(3), 262–271.
- González-Islas, J. C., Godínez-Garrido, G., González-Rosas, A., & Ortega-Marín, B. A. (2021). Mecatrónica educativa: soporte de la enseñanza-aprendizaje de educación básica en Hidalgo. *Publicación Semestral Pádi*, 9(Especial), 110–117.
- Kucuk, L., Añais, L. I., Ruiz Díaz, J. E., & Soberano, J. M. (2022). Robótica como recurso educativo. Aportes para las prácticas docentes orientadas al desarrollo de la lateralidad en niños. *XVII Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología*. UTN – FRBA.
- Olechowski, A. L., Eppinger, S. D., Joglekar, N., & Tomaschek, K. (2020). Technology readiness levels: Shortcomings and improvement opportunities. *Systems Engineering*, 23(4), 395–40.