

VI JORNADAS DE INGENIERÍA APLICADA



LIBRO RESUMEN

OCTUBRE 2025

|

NÚMERO 3

LIBRO RESUMEN

VI JORNADAS DE INGENIERÍA APLICADA



OCTUBRE 2025 | NÚMERO 3
ISBN: 978-631-6662-42-2

Universidad Nacional de Mar del Plata ? Facultad de Ingeniería
VI Jornadas de Ingeniería Aplicada : Facultad de Ingeniería : UNMDP ;
Compilación de Julieta del Hoyo. - 1a ed. - Mar del Plata : EUDEM, 2025.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-631-6662-42-2

I. Ingeniería. I. del Hoyo, Julieta, comp.
CDD 620

Comité organizador

Natalia Bartels

Claudio González

Omar Gustavo Zabaleta

Belén Mena

Compilación

Julieta del Hoyo

Diseño y maquetación

Julieta del Hoyo



ÍNDICE

TRABAJOS

- 9** Prólogo
- 10** Sistema para adquisición y procesamiento de señales provenientes de tormentas eléctricas
- 16** Actividad didáctica: análisis crítico de la IA en la resolución de problemas de física
- 21** Sistema de posicionamiento y navegación para robótica móvil basado en visión artificial y marcadores ArUco
- 28** Adaptación pasiva multimodal para maximizar la captación de energía en convertidores unidireccionales costeros de la Provincia de Buenos Aires
- 36** Robots educativos como herramienta para el aprendizaje de STEM en la escuela primaria
- 40** Estrategias de ingeniería innovadoras para potenciar la sustentabilidad de los polímeros
- 48** Uso de radiación ionizante para preservación de productos pesqueros, dosis y aceptabilidad sensorial del consumidor
- 52** El planteo de problemas y preguntas abiertas como estrategia pedagógica en Electrotecnia
- 58** Del naufragio al laboratorio: ciencia e ingeniería en el estudio del Mecanismo de Anticitera
- 65** Servicio de Orientación Laboral (SOL) de la Facultad de Ingeniería - UNMDP
- 69** Síntesis hidrotérmica y caracterización de Nanopartículas de VO₂: Efecto del Dopado con Tungsteno
- 75** Aprendizajes y desafíos en la mejora continua del sector salud
- 83** Análisis de cuatro competencias adquiridas por egresados de carreras de ingeniería en la UNMDP
- 87** STEAM y Makerspaces: Una sinergia para la innovación en la educación en Ingeniería
- 93** Transición energética en el partido de General Pueyrredón: el rol de la generación distribuida residencial
- 99** Evaluación de algoritmo Random Forest para predicción de demanda en suministros de energía de la UNMDP
- 105** Liberación controlada de embelina a partir de nanopartículas de quitosano obtenidas por electrospinning
- 112** Actividad evaluativa experimental con IA

- 118** Diseño de un sistema de estacionamiento seguro y carga de vehículos eléctricos ligeros (ESyC-VELs)
- 124** Gasógenos para producción de energía mecánica

TRABAJOS DE ESTUDIANTES

- 131** Implementación en FPGA de un algoritmo de llenado para navegación autónoma en laberintos

E-PÓSTERS

- 138** Abordaje holístico en la producción de palta Hass en el cinturón frutihortícola de Mar del Plata
- 139** Competencias emocionales en estudiantes de Ingeniería Industrial. De la universidad al trabajo
- 140** Valorización de residuos pesqueros (Fase I): ajuste del proceso de extracción y caracterización de gelatina de pescado para aplicación potencial en envases biodegradables
- 141** Diagnóstico y propuestas de mejora para el banco de alimentos Mar del Plata
- 143** Diseño y caracterización de adhesivos sensibles a la presión (PSAs) biobasados
- 144** Optimización en el diseño de transformadores de distribución

E-PÓSTERS DE ESTUDIANTES

- 147** Carrera digital - Desafío de conocimiento técnico digital

PRÓLOGO

En esta nueva edición de las VI Jornadas de Ingeniería Aplicada, que celebramos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata en octubre de 2025, renovamos nuestro compromiso de crear un espacio abierto y cercano para el intercambio de conocimientos y experiencias dentro de nuestra comunidad académica. Durante estos días, equipos integrados por docentes, investigadores, estudiantes, graduados y personal universitario han compartido sus proyectos y avances en distintas áreas de la ingeniería, reforzando así la importancia de encontrarnos y colaborar juntos.

En línea con lo planteado en la edición anterior, este año abarcamos diferentes temáticas, no sólo en las áreas tradicionales, sino también en temas actuales con investigaciones que responden a desafíos sociales más recientes en materia de salud, medio ambiente y tecnología. Éstas investigaciones integradas a las acciones de la extensión universitaria de nuestra facultad muestran un camino de experiencias y aprendizajes en la búsqueda de soluciones sostenibles junto con, y para, nuestra sociedad. Esta diversidad fomenta la interacción interdisciplinaria y refleja el espíritu creativo y aplicado de nuestros trabajos, que a su vez pueden ser fuente de inspiración para la enseñanza universitaria.

Queremos destacar especialmente la participación de estudiantes avanzados, quienes presentaron sus proyectos integradores desarrollados en el marco de sus asignaturas. Esta nueva experiencia propuesta por ellos y sus docentes, convoca a la comunidad de ingeniería y convierte a este evento en un valioso espacio para fortalecer habilidades sociales, comunicativas y profesionales que serán clave en su futuro.

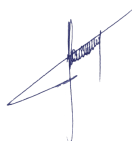
La organización de este evento ha sido posible gracias al trabajo conjunto de la Secretaría de Tecnología, Industria y Extensión, la Secretaría Académica y la Secretaría de Investigación y Posgrado, que refuerzan así su compromiso con la difusión y el crecimiento de la ciencia y la tecnología en nuestra facultad. También queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a los estudiantes y al personal universitario que colaboraron activamente en la organización de estas jornadas, cuya dedicación ha sido fundamental para que todo funcione de manera exitosa.

Agradecemos profundamente a todos los participantes por sus aportes y los invitamos a seguir explorando, innovando y compartiendo en las próximas ediciones.

Confiamos en que las reflexiones y resultados recogidos aquí sean de motivación y guía para continuar desarrollando soluciones innovadoras que contribuyan al desarrollo local, al bienestar social y al avance de la ingeniería en todas sus dimensiones.



Natalia Bartels
Secretaria de
Tecnología, Industria y
Extensión



Claudio González
Secretario de
Investigación y Posgrado



**Omar Gustavo
Zabaleta**
Secretario Académico



Belén Mena
Subsecretaria de
Extensión

Sistema para adquisición y procesamiento de señales provenientes de tormentas eléctricas

Juan Alberto Etcheverry¹ (*jaetcheverry@fi.mdp.edu.ar*), Brian Maximiliano Gluzman¹ (*briangluzman@mdp.edu.ar*), Alejandro José Uriz¹ (*ajuriz@fi.mdp.edu.ar*), Ramiro Avalos Ribas¹, Esteban Gonzalez¹, Victoria Carla Torres¹, Joaquín Aga¹, Iván Mellina Bares¹, Nicolás Svane¹

¹ Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica (ICYTE) (UNMDP/CONICET)

Resumen

En Argentina, las descargas eléctricas generan alrededor de 50 muertes al año. Es por ello que resulta de interés generar sistemas de alerta temprana que permitan adoptar medidas para proteger tanto personas, como bienes. Existen sistemas que permiten detectar de forma temprana descargas eléctricas y generar alertas, pero algunos de ellos pueden generar falsos positivos. Se propone trabajar a largo plazo en un sistema embebido capaz de generar estas alertas de forma confiable. En este trabajo se presenta el desarrollo de un receptor de señales de radiofrecuencia provenientes de descargas eléctricas capaz de registrar, almacenar y ofrecer para su descarga remota a través de Internet la información. Este equipo es de suma utilidad para la generación de información que permita el posterior estudio de las señales y la generación de algoritmos para la detección automática y temprana de tormentas eléctricas. Se presentan resultados experimentales del sistema.

Palabras clave: Alerta temprana de descargas eléctricas; Sistemas de comunicaciones; Radio Definida por Software; Computadora embebida; Ingeniería Electrónica..

Introducción

El día 9 de enero de 2014, un rayo cayó en el balneario "Afrika" de la ciudad de Villa Gesell matando a cuatro jóvenes e hiriendo a más de 20 personas. El hecho se recuerda como "La tragedia del balneario Afrika [1]". A raíz de ese hecho, se estableció en diciembre de 2014 que los servicios de guardavidas usen una bandera adicional, negra con un rayo blanco, que significa "la obligatoriedad de evacuación de agua y arena". En Argentina el número de muertes a causa de rayos es difícil de especificar, algunas fuentes mencionan 50 muertes anuales [2,3]. Los mapas ceráunicos [3]

muestran un incremento de la actividad en áreas donde habitualmente se registran impactos y que estas áreas se están desplazando hacia el sur de Argentina, zona donde históricamente no se registraban descargas atmosféricas. En línea con ello, un estudio publicado en la revista Science [4] sostiene que "el calentamiento de la atmósfera a causa del cambio climático incrementará de forma considerable la formación de relámpagos y rayos. Por cada grado que aumente la temperatura, la caída de relámpagos aumentará alrededor de 12%". Asimismo, el Distrito II del Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires [5], estableció la necesidad de

guardavidas han sido provistos de dispositivos de alerta temprana de tormentas eléctricas, estos poseen algunas desventajas. Por ejemplo, los detectores de rayos personales del tipo Strikealert [6] cumplen satisfactoriamente la función de recibir señales producidas por los rayos. El problema radica en que la mayoría de los detectores comerciales funcionan en una única frecuencia. Por ejemplo, el detector Strikealert funciona en una frecuencia de 127 kHz. Si bien a esa frecuencia no hay emisoras de radio, sí existe un número de interferencias producidas por el hombre que degradan la efectividad del detector, haciendo que este genere falsos positivos. En pruebas efectuadas por nuestro Grupo se pudo evaluar además la sensibilidad de estos detectores al ruido producido por las fuentes conmutadas de computadoras. Teniendo en cuenta lo previamente descrito, integrantes del servicio de guardavidas del Municipio de San Cayetano, docentes, investigadores y estudiantes del ICYTE (Instituto de la Facultad de Ingeniería dependiente de la UNMDP, del CONICET y centro asociado a la CIC) se propusieron diseñar y probar un prototipo de un sistema de detección de rayos, que evite los falsos positivos basándose en las propiedades espectrales de las descargas atmosféricas. Los sensores electromagnéticos que permiten detectar tormentas eléctricas son los mismos receptores que se usan para radio. Por ello, se propone desarrollar prototipos de sistemas basados en un sensor de campo electromagnético y, en base al mismo, desarrollar un sistema de alerta temprana de posibles impactos de rayos. Los rayos no solo producen señales de radio en la frecuencia de 127 kHz, sino que lo hacen en una banda extremadamente amplia que abarca desde las frecuencias muy bajas (VLF) hasta las altas frecuencias (HF), pero a diferencia de interferencias producidas por el hombre, los rayos irradian energía electromagnética en la totalidad de la banda en forma simultánea. En consecuencia, se propone una idea novedosa para la detección de rayos que consiste en sensar el espectro en al menos tres bandas de frecuencias diferentes y, en caso de que se produzcan detecciones simultáneas a esas frecuencias (todas presentes en la radiación electromagnética de un rayo), se podrá suponer con una alta certeza que se ha producido una

descarga atmosférica. Si bien la distribución espectral de los rayos es conocida, no se tiene certeza de que exista un dispositivo multibanda como aquí se propone [7]. Dado que el rayo irradiaría energía electromagnética en un espectro muy amplio, se eligen, de ese espectro, tres bandas específicas. Estas serían justamente una o dos bandas ubicadas en las frecuencias medias o MF (entre 300kHz y 3MHz) y una tercera banda en las HF (entre los 3 MHz y los 30MHz). La principal hipótesis es que, si se construye un receptor que pueda sintonizar, al menos, estas tres bandas en forma simultánea, y se correlaciona la detección de señal en las tres bandas al mismo tiempo, se puede estimar con una certeza alta que se ha detectado un rayo. Sería altamente improbable que señales producidas por el hombre puedan disparar detecciones en las tres bandas de frecuencia (sobre todo en VLF), y más improbable aún que las tres detecciones ocurran en simultáneo. En consecuencia, un sistema de detección de rayos basado en la escucha de estas tres bandas debería evitar las interferencias generadas por el uso de receptores de radio o el encendido de automóviles. El Trabajo se organiza de la siguiente manera: En la Sección 2 “desarrollo” se presenta el sistema para la adquisición, almacenamiento y procesamiento de las señales eléctricas. En la Sección 3 “experimentos” se describen los ensayos realizados. Por último, en la Sección 4 “conclusiones” se describe la significancia de los resultados del trabajo y se presentan líneas futuras de investigación.

Desarrollo

La etapa más importante para la correcta detección de descargas atmosféricas es el diseño e implementación de un sistema para la adquisición de estas señales. En este trabajo el sistema de adquisición estará basado en una radio definida por software (SDR por sus siglas en inglés). El primer paso del diseño consiste en analizar el segmento espectral a analizar. Para ello se recurrió a la literatura[11] y a observaciones experimentales. Con el fin de facilitar la detección de las descargas atmosféricas, se priorizó adquirir las señales en bandas de frecuencias que no estén asignadas por la ENACOM y la ITU a emisiones de

broadcasting, radioaficionados u otros servicios de radio. Las frecuencias adoptadas, en principio, varían entre los 400 kHz hasta los 20 MHz. Normalmente las antenas de HF y MF suelen ser grandes por la longitud de onda de las señales que se pretenden recibir. Se pretende construir la antena y el receptor, el cual deberá almacenar la información registrada. Se usará un sistema de adquisición de señales desarrollado en el Laboratorio para poder registrar, no solo la presencia o no de rayos, sino también las amplitudes relativas de cada una de las señales en cada una de las tres bandas. Esto último permitiría estimar la distancia a la descarga del rayo. El sistema propuesto de adquisición de señales se representa en la Figura 6. La antena que se ha utilizado en pruebas preliminares del desarrollo es de tipo "loop magnético" activa [8]. Esta antena no solo es capaz de operar en el rango de frecuencias bajo estudio, sino que además es direccional y tiene la ganancia necesaria para recibir señales débiles. Sería posible utilizar un arreglo de al menos dos antenas de este tipo para determinar la dirección de arribo de una tormenta. El diámetro de la antena implementada es de 1,05m y el diámetro del tubo de aluminio utilizado es de 10mm. La antena posee integrado un amplificador de bajo ruido (LNA) basado en el circuito integrado INA02186, el cual permite obtener una ganancia de 32dB en la banda de frecuencias entre 100kHz y 30MHz, es decir, la banda bajo estudio. Como se ha dicho, debido a la necesidad de experimentar en esta banda de frecuencias de acuerdo a la ocupación del espectro y las condiciones de propagación, se optó por basar el desarrollo en una SDR. Este hardware puede ser reprogramado para implementar diversos sistemas de comunicaciones con solo modificar su código, permitiendo operar en todas las bandas de frecuencia necesarias para este desarrollo. El ancho de banda a procesar también es importante, ya que bandas muy angostas pueden generar que una interferencia debida a activaciones de un sistema externo genere un falso positivo en la detección. Por ello, se deberá optar por un ancho de banda lo más grande posible. Para esta condición se debe determinar también la frecuencia de muestreo del SDR: si esta fuese muy elevada, se generaría volúmenes de información muy

difíciles de procesar y de almacenar, por lo que se optó, en un principio, por tasas de muestreo entre 768 kHz a 2 MHz. Con el fin de estandarizar el proceso de adquisición se estableció una frecuencia central de 2,5 MHz y una tasa de muestreo de 1 MHz. Una vez definidas estas especificaciones, se construyó la antena. Se estudiaron antenas para uso exterior y para uso interior. Debido a que la aplicación exige que el sistema opere incluso durante una tormenta eléctrica, por motivos de seguridad, se optó por una antena de uso interior. Para la adquisición de las señales se utilizó un SDR Play RSP1A, el cual permite recibir señales desde 100 kHz hasta 1 GHz, con una resolución de 14 bits [9]. El SDR fue operado mediante el software SDR++ [10], el cual permite grabar el espectro recibido en formato WAV de dos canales: uno para las muestras en fase (I) y el otro para las muestras en cuadratura (Q) de la señal. En la Figura 1 se presenta un esquema del dispositivo utilizado para la adquisición y el procesamiento de la señal.

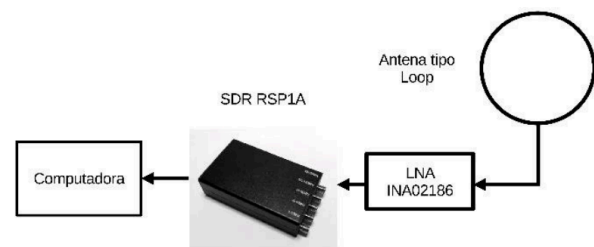


Figura 1 - Diagrama de bloques del receptor implementado.

Se han montado prototipos que han adquirido señales de descargas atmosféricas que validan la hipótesis, ya que estas señales se ajustan a las mediciones de descargas atmosféricas que se presentan en la literatura. Basar al receptor en un SDR resulta ventajoso debido a la necesidad de monitorear amplios rangos de frecuencia. En la Figura 2 se aprecia una captura de una recepción a una distancia aproximada de 3km del Laboratorio de Comunicaciones (LAC) de la Facultad de Ingeniería. En la misma se aprecia un espectrograma correspondiente al intervalo de frecuencias entre 400kHz y 2,2MHz en el momento inmediatamente posterior a la caída de un rayo. Las líneas verticales corresponden a emisiones de emisoras de broadcasting con un

instante de tiempo, la descarga del rayo genera energía en todo el espectro bajo observación. Este es el fenómeno espectral que valida la hipótesis de este desarrollo.

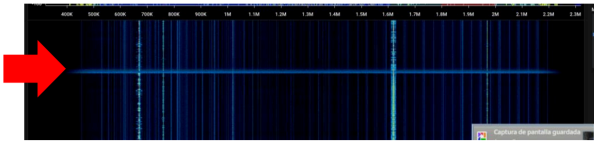


Figura 2 - Espectrograma del instante inmediatamente posterior a la caída de un rayo.

Si se analiza en el dominio del tiempo la señal del momento del impacto del rayo y el intervalo de tiempo inmediatamente posterior, se obtiene la curva que se presenta en la Fig. 3. En esta Figura a la derecha, se puede ver cómo se incrementa la energía de la señal durante el impacto del rayo, y luego vuelve a caer lentamente durante la descarga. A modo de validación del sistema receptor desarrollado, a la izquierda de la Figura 3 se presenta una señal similar registrada en [11]. Puede verse que el comportamiento en función del tiempo de ambas señales es similar

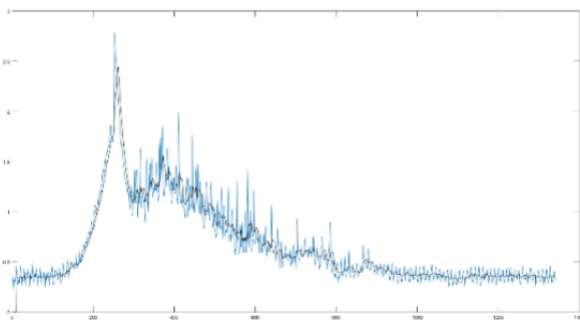
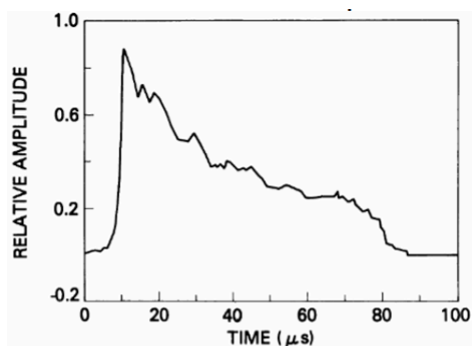


Figura 3 - Izquierda: Análisis en el dominio del tiempo de la señal del momento del impacto del rayo, presentado en la bibliografía [11]. Derecha: Análisis en el dominio del tiempo de la señal del momento del impacto del rayo, adquirido por el receptor desarrollado. Se puede apreciar el comportamiento similar de ambas señales.

Una vez verificada la capacidad del sistema de recibir las señales provenientes de descargas atmosféricas, se comenzó a trabajar en el desarrollo de un prototipo capaz de operar de forma continua. Las primeras grabaciones fueron llevadas a cabo con una computadora a la cual se le conectó el sistema representado en la Figura 1. Se realizaron grabaciones usando la herramienta SDR++. Las grabaciones se realizaron en formato WAV. El inicio y el apagado de las grabaciones se realizaba de forma manual. Asimismo, por una limitación del formato, si un archivo superaba los 4GB de tamaño, este se corrompía. Esto fue una limitación, ya que, debido a la frecuencia de muestreo utilizada, se obtenía ese tamaño de archivo con solo 10 minutos de grabación. Por esto, se migró al programa SDRGLUT, el cual permite grabar en formato RAW, evitando el límite de los 4GB. Una vez resuelto el problema del formato, se realizaron estudios del estado del arte y se desarrolló en Matlab un algoritmo capaz de procesar los datos y detectar tormentas eléctricas. Este se basa en el principio de asumir que las descargas eléctricas se diferencian de otras recepciones por tener energía muy alta, la cual puede ser considerada como atípica si se analiza el espectro radioeléctrico. Debido a que los archivos en formato RAW también poseen tamaños muy elevados, se debió desarrollar un algoritmo para su segmentado. Sin este paso, la apertura del archivo RAW consumiría toda la memoria RAM (incluso en computadoras con 64GB de memoria RAM). Con el fin de que el proceso de grabación sea automático, en primera instancia se montó un servidor en una computadora de escritorio. Dicha PC es capaz de funcionar con solo 8GB de RAM y dispone del sistema operativo Dragon OS. Asimismo, con el fin de minimizar el uso de recursos de cómputo e interfaz gráfica, se desarrolló una rutina en Python que realiza la adquisición y almacenamiento de los datos registrados. Este programa graba segmentos de señal cada 5 minutos. Estos segmentos están disponibles para su descarga durante 7 días y luego se eliminan para reutilizar el espacio del disco rígido. De esta forma, si se detecta que hubo una tormenta, se pueden descargar los archivos y procesarlos. El acceso remoto a los archivos se realiza a través del protocolo FTP, permitiendo que los datos registrados pueden

ser descargados de forma remota a través de internet. Este protocolo permite controlar el acceso a los archivos mediante un usuario y contraseña. Del mismo modo, se cuenta con acceso remoto a los servidores para su control, mediante el protocolo SSH, nuevamente con control de acceso mediante usuario y contraseña. Una vez que el sistema estuvo funcionando se replicó la configuración del servidor en una computadora embebida Raspberry Pi5. De esta forma, se logró montar un primer prototipo operativo de la solución.

Experimentos

Se han montado prototipos que han adquirido señales de descargas atmosféricas que se ajustan a las mediciones que se presentan en la literatura y validan la hipótesis. Se ha utilizado el prototipo para registrar y estimar actividad de tormentas eléctricas de forma continua. Se realizaron grabaciones de 30 segundos de la señal cada 5 minutos y se la segmentó. Luego, se estimó la energía media de cada segmento y se realizó un BoxPlot. Para este caso se esperaba que, al detectarse una descarga eléctrica, la energía del segmento asociado a la misma fuera tan alta que se consideraría un valor atípico. Se logró registrar y validar el funcionamiento del sistema ante una tormenta eléctrica que se formó de forma repentina cerca de Mar del Plata. Se obtuvieron los resultados esperados ya que, al momento de formarse la tormenta, la cantidad de valores atípicos aumentó notablemente. La Figura 4 presenta el resultado del análisis estadístico preliminar.

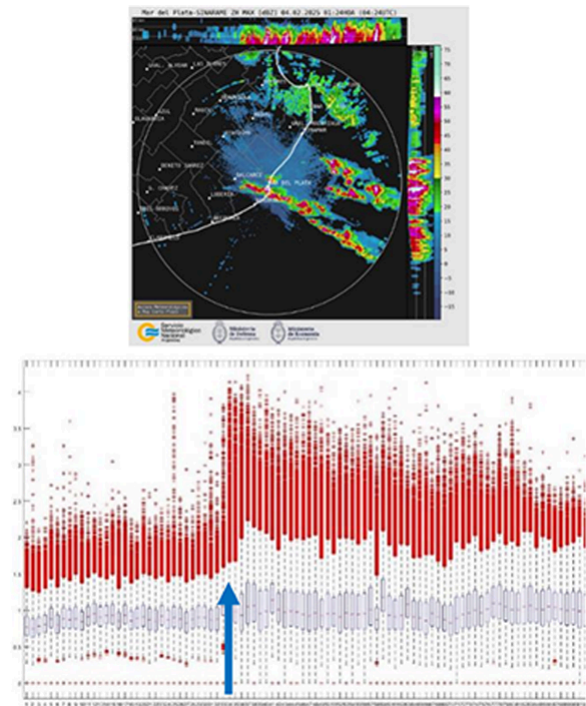


Figura 4 - A la izquierda se aprecia la imagen del radar de una tormenta sobre Mar del Plata. A la derecha las energías de cada segmento procesado se aprecian en un BoxPlot. Al momento de arribo de la tormenta, los valores atípicos (puntos rojos) incrementan su energía (flecha azul) debido a la existencia de actividad eléctrica.

Conclusiones

En este trabajo se presentó una plataforma para la adquisición de señales electromagnéticas provenientes de tormentas eléctricas. Se presentó el receptor de comunicaciones desarrollado para tal propósito. Se presentaron dos modelos de servidores capaces de adquirir los datos, almacenarlos y gestionar su acceso remoto. Se validó el funcionamiento del sistema mediante adquisiciones puntuales de descargas eléctricas, como así también con el seguimiento a lo largo del tiempo de una tormenta acercándose a la ciudad de Mar del Plata el 4 de febrero de 2025. Más allá del aspecto técnico, los autores deseamos resaltar que este tipo de desarrollos tecnológicos permiten a los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Facultad insertarse en el mercado laboral de una forma exitosa. Esto se destaca no solo por las herramientas y los conocimientos adquiridos durante el desarrollo, relacionados con Radio Definida por Software, sino también debido a que el prototipo implementado responde a necesidades latentes de servicios de guardavidas de la Provincia de Buenos Aires.

En esta línea, estudiantes de grado se encuentran realizando becas y tareas de auxiliares adscriptos a la investigación. En el futuro se desea continuar trabajando en el desarrollo de antenas para reducir las dimensiones del prototipo y mejorar los algoritmos basados en inteligencia computacional para la detección de descargas eléctricas. Asimismo, se desarrollarán pruebas extensivas en playas, el entorno relevante para el cual fue desarrollado el sistema.

Agradecimientos

Los autores deseamos agradecer a la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) por el financiamiento a través de los proyectos “Diseño, desarrollo y transferencia de sistemas electrónicos y tecnologías para mejorar la calidad de vida. (80020240500019MP)” y “Sistema de alerta temprana de descargas atmosféricas. (PDT-URIZ)” de la convocatoria Proyectos Desarrollo Tecnológico y Social UNMDP 2024. Asimismo, se desea agradecer a la Secretaría de Políticas Universitarias por el financiamiento a través del proyecto “Laboratorio Remoto utilizando un ADALM-PLUTO”, en el marco del Programa de Laboratorios de Acceso Remoto 2024.

Bibliografía

- [1] Diario La Nación, (2014). Un rayo mató a tres jóvenes en un balneario de Villa Gesell. <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/un-rayo-mato-a-tres-jovenes-en-un-balneario-de-villagesell-nid1654472/>
- [2] Nicora, M. G., et al., (s.f.). La actividad eléctrica atmosférica en Argentina. Estimación de la tasa de mortalidad anual por acción de caídas de rayos.. *Anales AFA*, 25(4), 151-156.
- [3] Nicora, M. G., et al., (2015). Uso del cambio de la tasa de descargas eléctricas asociadas a tormentas como indicador de severidad para el alerta a corto plazo.. CONGREGMET XII, Mar del Plata, Argentina.
- [4] Romps, D. M., et al., (2014). Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming.. *Science*, 346, 851-854.
- [5] Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires Distrito II, (s.f.). Opinión Tema Rayos. <https://www.colegioingenieros2.org.ar/web/index.php/novedades/archivo-de-noticias/opinion-tema-rayos>
- [6] StrikeAlert, (s.f.). Sitio de Internet del StrikeAlert. <http://www.strikealert.com/>
- [7] Leal, A., et al., (2016). A Multiband Lightning Detector.. *International Lightning Protection Symposium, III*. https://www.researchgate.net/publication/318902541_
- [8] PA3GZK, (s.f.). Wideband active loop antenna. <https://pa0fri.home.xs4all.nl/Ant/Active%20antenna/Active%20receiving%20%20loop%20antenna%20eng.htm>
- [9] SDRPlay, (s.f.). RSP1A. <https://www.sdrplay.com/rsp1a/>
- [10] SDR++, (s.f.). Sitio de Internet del Software SDR++. <https://www.sdrpp.org/>
- [11] NASA, (1986). Review of Measurements of the RF Spectrum of Radiation from Lightning.. *NASA Technical Memorandum 87788*.
- [12] SdrGlut, (s.f.). Sitio de Internet del Software SdrGlut. <https://github.com/righthalfplane/SdrGlut>
- [13] Dragon OS, (s.f.). Sitio de Internet del Sistema Operativo Dragon OS. <https://cemaxecuter.com/>
- [14] Gluzman, B., et al., (2025). Sistema basado en red neuronal para la detección de descargas atmosféricas.. Congreso Argentino de Sistemas Embebidos (CASE 2025). Invitado para ser publicado en la IEEE ESL.

Actividad didáctica: análisis crítico de la IA en la resolución de problemas de física

Natalia Bartels¹ (bartels.natalia@gmail.com), Alejandra Tintori Ferreyra¹ (janditintori@gmail.com), Carmen Benitez¹ (cbenitez@fi.mdp.edu.ar), Carlos Brunini² (cibrunini@gmail.com), Nicolás Ezequiel Grilli¹ (nicolasgrilli@gmail.com), Martín Castorina¹ (martin.cem.123@gmail.com), Javier Viau¹ (grupodidacticadelaciencia@gmail.com)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

² Facultad de Cs. Exactas y Naturales

Resumen

La actividad didáctica propone una metodología innovadora para el curso de Física A en ingeniería, orientada a desarrollar el pensamiento crítico y la competencia de resolución de problemas mediante el uso racional de herramientas de Inteligencia Artificial (IA). Fundamentada en el aprendizaje activo y la necesidad de superar la memorización mecánica de fórmulas, la propuesta invita a los estudiantes a enfrentar un problema de física primero bajo un enfoque tradicional. Posteriormente, deberán emplear una herramienta de IA para resolver el mismo problema, registrando toda su interacción. El eje central de la actividad radica en el análisis comparativo y crítico de ambas soluciones: los estudiantes deberán identificar similitudes, diferencias, y especialmente los posibles errores o inconsistencias en la respuesta generada por la IA, reflexionando sobre su utilidad y limitaciones. El objetivo principal es potenciar la capacidad argumentativa y crítica del estudiante favoreciendo una postura responsable hacia el uso de la IA. En la evaluación se considera la precisión y rigor de la resolución tradicional, la calidad de la interacción crítica con la IA, la profundidad del análisis comparativo y la coherencia de la presentación final. Desde una perspectiva pedagógica, la IA se concibe como una herramienta que facilita procesos reflexivos, evitando ser un sustituto del razonamiento humano. Éticamente, la actividad promueve la transparencia en el uso de la IA, el desarrollo de habilidades esenciales (razonamiento crítico, interpretación conceptual, justificación lógica), la comprensión de la IA como complemento y la prevención del plagio, preparando a los futuros ingenieros para una interacción responsable y efectiva con la tecnología.

Palabras clave: Enseñanza de la física; Innovación didáctica; Inteligencia artificial; Resolución de problemas; Competencias.

Introducción

Esta actividad se fundamenta en un modelo de aprendizaje activo, en línea con la importancia de la resolución de problemas para el desarrollo de competencias en la educación en ingeniería. Reconoce que los estudiantes a menudo memorizan fórmulas sin una comprensión profunda de los principios fundamentales de la física, lo que lleva a la aplicación mecánica y la falta de análisis crítico. La incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) busca transformar la interacción de los estudiantes con el contenido académico, ofreciendo retroalimentación personalizada y acceso a una variedad de recursos. Si bien las herramientas de IA pueden ayudar en la resolución de problemas, presentan limitaciones significativas, como errores de cálculo y justificaciones inadecuadas debido a su enfoque estadístico. Sin embargo, estas limitaciones se convierten en una oportunidad pedagógica, ya que motivan a los estudiantes a identificar sus propios errores y reflexionar sobre su aprendizaje, fomentando un pensamiento más crítico y activo. La actividad propone una experiencia donde el uso de la IA se complementa con la guía docente para discernir entre las respuestas generadas por la IA y los métodos tradicionales de resolución de problemas. Al comparar la solución generada por la IA con una resolución tradicional, los estudiantes se ven obligados a analizar críticamente los resultados, identificar inconsistencias y argumentar sus propias conclusiones. Esto no solo mejora la calidad del aprendizaje, sino que también fomenta una actitud responsable hacia el uso de herramientas digitales en el ámbito académico. Además, la actividad promueve el desarrollo de habilidades clave como la comunicación y el razonamiento, al exigir a los estudiantes que justifiquen sus respuestas y la elección de métodos, ya sean tradicionales o asistidos por IA.

Desarrollo

La aplicación de la actividad didáctica en el aula se puede resumir en las siguientes instancias:

1º Difusión de la actividad evaluativa:

La metodología de evaluación que se propone es novedosa, y significativamente distinta de la forma a la que los estudiantes están acostumbrados a ser evaluados en el ciclo básico de ingeniería. En tal sentido, es importante comunicar la propuesta y explicarla en forma detallada con la finalidad de motivar la participación desde el principio de la cursada.

2º Espacios de intercambio y capacitación en IA:

Durante el curso, se lleva a cabo un taller de capacitación en inteligencia artificial, diseñado para introducir a los estudiantes en los conceptos básicos de esta tecnología y su aplicación en la resolución de problemas de física. Este taller consta de seis encuentros virtuales, dirigidos por un docente de la cátedra, quien asigna problemas de física para que los estudiantes resuelvan utilizando herramientas de inteligencia artificial. El docente ofreció orientación y apoyo técnico en el uso de estas herramientas, asegurando que los estudiantes puedan aprovechar al máximo el potencial de la IA. Además, se organizan sesiones de consulta con el objetivo de apoyar a los estudiantes en la resolución de la actividad. En estas sesiones, los estudiantes tienen la oportunidad de aclarar dudas, intercambiar opiniones y reflexionar sobre el avance de sus trabajos, siempre con la orientación de los docentes.

3º Evaluación de los trabajos.

La evaluación de los trabajos se realiza a través de una rúbrica. La elección de esta herramienta de evaluación se basa en su capacidad demostrada para medir el nivel de aprendizaje y el desarrollo de competencias, utilizando criterios preestablecidos. Además, la rúbrica facilita un marco para la reflexión y la revisión conjunta entre el docente y el estudiante (Hamodi y López, 2015). Es importante señalar que cada grupo de estudiantes recibió su calificación mediante el uso de una rúbrica específica, lo que les permite comprender de forma precisa los criterios evaluativos vinculados a los objetivos de aprendizaje establecidos.

Propuesta didáctica

Título de la Actividad: Análisis Crítico de la IA en la Resolución de Problemas de Física

Introducción: En esta actividad se explora cómo la Inteligencia Artificial puede ser una herramienta útil, pero a la vez desafiante, en la resolución de problemas de física. Deberán utilizar una herramienta de IA para resolver un problema específico a partir de un arreglo experimental mostrado en clase y luego analizar críticamente su respuesta, comparándola con el método tradicional de resolución.

Problema a Resolver: Se mostrará un arreglo experimental el cual deberán describir para poder resolver el problema. Ejemplo de actividad:



Figura 1 - Cuerpo rígido

Datos para el problema:

- Masa del disco sólido: 2 kg
- Radio del disco: 0,2 m
- Masas puntuales: 0,5 kg cada una
- Velocidad angular del disco: 2 rad/s
- Constante del resorte: 14 N/m
- Compresión del resorte cuando la masa puntual A se encuentra en la posición más alta del cuerpo rígido: 10 cm

Se solicitan las siguientes respuestas

- Momento de inercia del cuerpo rígido con respecto al centro de masas:
- Frecuencia natural de oscilación del sistema:
- Posición de la masa puntual A en la elongación máxima del resorte:
- ¿Qué herramienta de IA utilizó? Pasos a Seguir:

→ Resolución Tradicional: Resuelvan el problema de forma individual o en grupos pequeños, aplicando los principios de la física y las metodologías aprendidas en clase (realizar diagramas, plantear ecuaciones, realizar cálculos). Registrar detalladamente cada paso.

→ Interacción con la IA: Utilizar una herramienta de Inteligencia Artificial que se considere amigable para la resolución de problemas de física para resolver el mismo problema. Registrar toda la conversación con la IA (prompts, respuestas, y cualquier aclaración o corrección que se haga a la IA).

→ Análisis Comparativo y Crítico:

- Comparar su solución tradicional con la solución propuesta por la IA para cada inciso.
- Identificar similitudes y diferencias en los pasos seguidos y en los resultados numéricos.
- Analizar los posibles errores o inconsistencias en la respuesta de la IA. ¿La justificación de la IA es adecuada? ¿Comete errores de cálculo o conceptuales? ¿Cómo se la guió o se intentó guiar para corregir esos errores?
- Reflexionar sobre la utilidad y confiabilidad de la IA como herramienta para la resolución de problemas de física. ¿Cuándo es útil? ¿Cuándo deben ser cautelosos?

→ Presentación: Preparar un informe breve (máximo 2 páginas) o una presentación corta (máximo 5 minutos) que incluya:

- Su resolución tradicional del problema.
- La conversación completa con la IA (capturas de pantalla o texto copiado).

- Análisis comparativo y crítico, destacando las fortalezas y debilidades de la IA en este contexto.
- Conclusiones sobre la integración de la IA en el proceso de aprendizaje de la física.
- Resultados numéricos finales obtenidos, justificando cuál considera correcto y por qué.

Encuadre Metodológico y Ético del Uso de la IA

La actividad se enmarca en un enfoque de "aprendizaje activo y colaborativo", donde la IA no es un sustituto del pensamiento humano, sino una herramienta de apoyo que impulsa la reflexión y el desarrollo de competencias. Los estudiantes son alentados a explorar, experimentar y cuestionar las soluciones propuestas por la IA, desarrollando una comprensión más profunda de los conceptos físicos. Se enfatiza la importancia de la guía docente para ayudar a los estudiantes a discernir entre las soluciones de la IA y los métodos tradicionales, fomentando así un aprendizaje más crítico y activo. La interacción con la IA, incluyendo la identificación de errores, forma parte integral del proceso de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes observar sus propios errores y los de la IA, y aprender a utilizarlos de forma constructiva. La actividad se diseñó para el curso de Física A de las carreras de Ingeniería. El uso de la IA en esta actividad se aborda desde una perspectiva ética que promueve la responsabilidad y el pensamiento crítico.

- **Transparencia:** Se exige a los estudiantes que registren y presenten todas sus interacciones con la IA, promoviendo la transparencia en el uso de estas herramientas.
- **Desarrollo de Habilidades:** La actividad busca explícitamente que los estudiantes desarrollen habilidades que la IA aún no posee plenamente, como el razonamiento crítico, la interpretación conceptual, la visualización de problemas (diagramas) y la justificación lógica, en lugar de depender ciegamente de la tecnología.

- **La IA como Complemento, no Sustituto:** Se enfatiza que la IA debe ser utilizada como un complemento al razonamiento y conocimiento propio, y no como un sustituto. Los estudiantes deben evaluar críticamente la información proporcionada por la IA, identificando posibles errores o inconsistencias.
- **Evitar el Plagio Invisible:** Al requerir la resolución tradicional junto con la interacción con la IA, se busca que los estudiantes demuestren su propio entendimiento del problema, evitando el riesgo de presentar soluciones generadas por IA como propias sin un análisis profundo.
- **Fomento de la Responsabilidad Digital:** Esta propuesta contribuye a fomentar una actitud responsable hacia la utilización de herramientas digitales en el ámbito académico, preparando a los futuros profesionales para utilizar la tecnología de manera efectiva y ética en sus prácticas

Conclusiones

La implementación de la actividad didáctica "Análisis Crítico de la IA en la Resolución de Problemas de Física" intenta demostrar ser una estrategia pedagógica altamente efectiva e innovadora para los estudiantes de carreras de ingeniería. Más allá de la mera resolución de ejercicios, esta propuesta permite abordar directamente la problemática de la memorización mecánica de fórmulas, fomentando en su lugar una comprensión profunda y un pensamiento crítico indispensable en el ámbito de la ingeniería y la ciencia. Al desafiar a los estudiantes a interactuar con la Inteligencia Artificial de forma crítica, la actividad convierte las inherentes limitaciones de estas herramientas en valiosas oportunidades de aprendizaje tendiendo a mejorar sus habilidades y desarrollar competencias metacognitivas fundamentales como cuestionar, analizar, justificar y argumentar sus propias conclusiones. Esto promueve una actitud activa y reflexiva frente al conocimiento. El encuadre metodológico del aprendizaje activo y colaborativo, junto con un marco ético explícito y

bien definido, asegura que la IA se utilice como un poderoso complemento para el desarrollo de habilidades esenciales, y no como un sustituto. Al exigir transparencia en la interacción con la IA y enfatizar la importancia del razonamiento propio, se previene el "plagio invisible" y se cultiva una responsabilidad digital crucial para los futuros profesionales. En definitiva, esta actividad no solo enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, sino que también prepara a los estudiantes para interactuar de manera competente y ética con las tecnologías emergentes en un mundo en constante evolución. La experiencia confirma que la integración estratégica de la IA en el aula, guiada por objetivos pedagógicos claros y un fuerte componente crítico, es fundamental para formar ingenieros capaces de innovar, resolver problemas complejos y afrontar los desafíos del siglo XXI con discernimiento.

Agradecimientos

Agradecemos a toda la cátedra de Física A turno mañana.

Bibliografía

- Akinwalere, S. N., Ivanov, V. (2022). Artificial intelligence in higher education: Challenges and opportunities.. *Border Crossing Journal*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.33182/bc.v12i1.2015>. <https://doi.org/10.33182/bc.v12i1.2015>
- Ali, J. K. M., Shamsan, M. A. A., Hezam, T. A., Mohammed, A. A. Q. (2023). Impacto de ChatGPT en la motivación para el aprendizaje: Opiniones de profesores y estudiantes.. *Journal of English Studies in Arabia Felix*, 2(1), 41–49. <https://doi.org/https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>. <https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>
- CONFEDI, (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina: Libro rojo de CONFEDI. <https://confedi.org.ar/librorojo/>
- Fergus, S., Botha, M., Ostovar, M. (2023). Evaluating academic answers generated using ChatGPT.. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1672–1675.
- Flores, F. A., Sanchez, D. L., Urbina, R. O., Coral, M., Medrano, S., Gonzales, D. (2022). Inteligencia artificial en educación: Una revisión de la literatura en revistas científicas internacionales.. *Apuntes Universitarios*, 12(1), 353–372.
- Peng, H., Ma, S., Spector, J. M. (2019). Personalized adaptive learning: An emerging pedagogical approach enabled by a smart learning environment.. *Smart Learning Environments*, 6(1), 1–14.
- Segarra Ciprés, M., Grangel Seguer, R., Belmonte Fernández, Ó. (2024). ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje en la educación superior: una experiencia docente.. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 7–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.51302/tce.2024.19083>. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19083>
- Urban, M., Dechterenko, F., Lukavsky, J., Hein, V., Svacha, F., Brom, C., Urban, K. (2023). ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental study.. <https://doi.org/https://doi.org/10.31234/osf.io/9z2tc>. <https://doi.org/10.31234/osf.io/9z2tc>
- Xu, W., Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021.. *International Journal of STEM Education*, 9, Article 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-1>. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-1>

Sistema de posicionamiento y navegación para robótica móvil basado en visión artificial y marcadores ArUco

Esteban Aitor Zapirain¹ (estebanzapirain@fi.mdp.edu.ar), Walter A. Gemin¹ (agemin@fi.mdp.edu.ar), Rodrigo E. Russo¹ (rodrigo.e.russo@fi.mdp.edu.ar), Juan M. López¹ (juanml@fi.mdp.edu.ar), Esteban Revelli¹ (estebannrevelli@fi.mdp.edu.ar), Juan I. Pastore¹ (jpastore@fi.mdp.edu.ar), Melisa Kuzman¹ (melisakuzman@fi.mdp.edu.ar)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Resumen

Este artículo presenta un sistema de posicionamiento para un robot móvil basado en visión cenital con marcadores ArUco. En un entorno controlado, el sistema alcanzó una precisión subcentimétrica, con estabilidad angular bajo condiciones de iluminación normales y una latencia promedio de 155 ms (≈ 6 Hz). Se incorporó además una planificación de trayectorias mediante A*, con la cual el robot fue capaz de ajustar su trayectoria hacia el objetivo de manera dinámica. Los resultados validan la propuesta como una alternativa de bajo costo y confiable para navegación autónoma en interiores controlados.

Palabras clave: robótica móvil; visión artificial; posicionamiento; ArUco; navegación autónoma..

Introducción

La localización y el posicionamiento preciso constituyen aspectos fundamentales en el ámbito de la robótica móvil, ya que de ellos depende la capacidad de los sistemas autónomos para navegar, manipular objetos e interactuar de manera eficiente con su entorno. La disponibilidad de información espacial confiable resulta esencial para aplicaciones que van desde la logística y el transporte hasta la asistencia en entornos industriales y domésticos. Sin embargo, la obtención de dicha información plantea desafíos técnicos y económicos, ya que muchos de los métodos existentes presentan limitaciones en cuanto a precisión, costo o aplicabilidad en distintos escenarios. Los sistemas de posicionamiento global (GPS) han demostrado ser altamente efectivos en entornos exteriores, pero su funcionamiento se ve severamente restringido en interiores debido a la falta de cobertura

satelital adecuada. Por otro lado, tecnologías basadas en sensores inerciales (IMU) ofrecen estimaciones rápidas de movimiento, aunque acumulan errores de deriva que requieren corrección periódica. Alternativas más avanzadas, como los sensores LIDAR o las cámaras de profundidad, permiten construir mapas tridimensionales detallados y realizar localización simultánea y mapeo (SLAM), pero a costa de un hardware costoso, elevado consumo energético y la necesidad de una capacidad de cómputo considerable (Kaplan & Hegarty, 2006; Sabatini, 2011). Ante este panorama, la visión artificial se ha consolidado como una opción atractiva para el posicionamiento de bajo costo. El uso de cámaras convencionales, combinado con algoritmos de procesamiento de imágenes, posibilita tanto la detección de objetos como la estimación de su pose en el espacio. En particular, los marcadores fiduciales han

entornos controlados. Dichos marcadores son patrones visuales diseñados para ser detectados y decodificados de manera robusta en imágenes digitales. Entre las familias de marcadores existentes, los ArUco se destacan por su diseño cuadrado, su simplicidad en la generación y detección, y la integración nativa en la librería OpenCV, lo que facilita su implementación en sistemas de visión en tiempo real (Romero-Ramírez et al., 2018; Garrido-Jurado et al., 2016). El uso de marcadores ArUco permite no solo la identificación única de cada marcador, sino también la estimación de su pose tridimensional con respecto a la cámara. Esto abre la posibilidad de construir sistemas de posicionamiento y navegación robustos, aplicables a robots móviles en entornos interiores donde tecnologías tradicionales no son viables. Investigaciones recientes han demostrado la aplicabilidad de este enfoque en tareas de calibración de cámaras, sistemas de realidad aumentada y localización autónoma, validando su utilidad en aplicaciones tanto académicas como industriales (Muñoz-Salinas & Medina-Carnicer, 2020). En este trabajo se propone el diseño e implementación de un sistema de posicionamiento para robótica móvil basado en visión artificial, utilizando marcadores ArUco como referencia espacial. El objetivo es evaluar la precisión y robustez del sistema en entornos controlados, posicionándolo como una alternativa de bajo costo frente a tecnologías más complejas como LIDAR o GPS indoor. Asimismo, se busca determinar la capacidad del sistema de adaptarse a entornos dinámicos utilizando únicamente la información proporcionada por el procesamiento de imágenes. Para lograrlo, la detección de marcadores se complementa con la planificación dinámica de trayectorias mediante el algoritmo A*, permitiendo que el robot navegue de manera autónoma y eficiente hacia sus objetivos.

Estado del Arte

El uso de marcadores fiduciales cuadrados, especialmente ArUco, ha sido ampliamente adoptado como solución práctica para la estimación de pose de robots móviles en entornos interiores. Los marcadores ArUco permiten obtener la posición y orientación de un

objeto o robot con respecto a un sistema de referencia mediante visión artificial, proporcionando una alternativa de bajo costo frente a sensores más complejos como LIDAR o sistemas GPS indoor.

Estimación de pose con ArUco

Garrido-Jurado et al. (2014) introdujeron un sistema de marcadores diseñado para maximizar la robustez frente a ruido y oclusiones, sentando las bases para la detección en tiempo real y la estimación de pose mediante algoritmos PnP. Posteriormente, Muñoz-Salinas y Medina-Carnicer (2020) integraron los marcadores en sistemas de SLAM visual (UcoSLAM), combinando keypoints tradicionales y marcadores ArUco para mejorar la estabilidad del mapeo y reducir la deriva en recorridos largos. Numerosos trabajos aplican ArUco para localización de robots móviles y tareas de manipulación, demostrando que los marcadores proporcionan una referencia confiable para la navegación autónoma y la calibración ojo-mano (Babinec et al., 2014; Oščádal et al., 2020). Estas investigaciones reportan errores de localización típicamente inferiores a 2–3 cm y errores angulares menores a 3°, valores consistentes con aplicaciones de laboratorio y entornos interiores controlados.

Planificación de trayectorias integrando ArUco

Estudios recientes han explorado la combinación de detección de marcadores con algoritmos de planificación de trayectorias, como A* o variantes de Dijkstra, permitiendo que el robot navegue entre objetivos predefinidos evitando obstáculos. Estas propuestas demuestran que la información derivada de la detección de pose con ArUco puede servir como entrada directa a algoritmos de planificación discretos, generando rutas óptimas en entornos representados mediante grillas (Braun et al., 2023; García-Ruiz et al., 2022). Las investigaciones muestran que la integración de A* junto con marcadores ArUco permite:

- Navegación autónoma en entornos estructurados,
- Actualización dinámica de trayectorias frente a cambios en la posición del robot,

- Reducción de desvíos respecto a la ruta ideal, manteniendo errores de posición dentro de márgenes aceptables para robótica educativa o de laboratorio.

Limitaciones y tendencias actuales

A pesar de su eficacia, el uso de marcadores fiduciales presenta limitaciones, tales como:

- Sensibilidad a ángulos de visión extremos y oclusiones parciales,
- Dependencia de la iluminación y contraste del entorno,
- Alcance limitado a la cobertura del campo de visión de la cámara.

Para superar estas restricciones, las tendencias recientes incluyen:

- Fusión sensorial con IMU u odometría, aumentando la robustez en movimientos rápidos,
- Uso de marcadores múltiples o multiplanares para garantizar visibilidad continua,
- Algoritmos avanzados de detección basados en aprendizaje profundo (DeepArUco++) para mejorar precisión bajo condiciones adversas (Berral-Soler et al., 2024; Mondéjar-Guerra et al., 2018).

Conclusión del Estado del Arte

La literatura evidencia que los sistemas basados en ArUco ofrecen una solución efectiva y de bajo costo para estimación de pose en entornos interiores, siendo especialmente útiles para aplicaciones de navegación controlada y tareas de laboratorio. La combinación con algoritmos de planificación como A* permite la navegación autónoma, optimizando la trayectoria y adaptándose a entornos estructurados. No obstante, la robustez frente a condiciones dinámicas y cambios de iluminación sigue siendo un desafío, justificando la investigación presentada en este trabajo.

Metodología

La metodología adoptada en este trabajo integra un sistema de visión cenital, planificación de trayectorias y control inalámbrico para un robot móvil, combinando hardware de bajo costo con algoritmos de procesamiento de imágenes y navegación autónoma. El objetivo es permitir que el robot se localice y navegue en un entorno controlado utilizando únicamente información visual obtenida de marcadores ArUco.

Arquitectura del sistema

El sistema se compone de los siguientes elementos:

- Cámara cenital: Una cámara web montada a 1,6 m sobre el plano de movimiento, cubriendo un área experimental de 1 m × 1,4 m.
- Unidad de procesamiento: Una Raspberry Pi 5 conectada a la cámara, responsable del procesamiento de visión, estimación de pose, planificación de trayectorias e interfaz de usuario. La Raspberry Pi genera una red WiFi local y publica comandos de control vía MQTT.
- Robot móvil: Equipado con un Arduino Nano que controla los motores mediante un puente HL298N y un módulo ESP-01 para recibir comandos inalámbricos.
- Marcadores ArUco: Conjunto de marcadores de 10 × 10 cm, colocados en el entorno y sobre el robot para su identificación y localización.

Flujo de operación del sistema

1. Captura de imagen por la cámara cenital.
2. Detección de marcadores ArUco en la imagen. Identificación de robots, obstáculos y cargas en el área de trabajo.
3. Estimación de pose (x_r, y_r, θ) del robot en coordenadas globales. Estimación de las posiciones (x, y) del resto de los objetos.
4. Actualización de grilla: marcar celdas ocupadas o libres según detección de obstáculos.

5. Planificación de trayectoria A^* desde la posición actual hasta el objetivo. Descomposición de la trayectoria en una secuencia de pasos, correspondiendo a celdas adyacentes en la grilla.
6. Generación de comandos de movimiento basados en la ruta planificada.
7. Envío de comandos MQTT al ESP-01 del robot.
8. Control de motores mediante Arduino Nano y puente H L298N.
9. Repetir ciclo hasta alcanzar el objetivo final.

En la Figura 1 se observan la interfaz de usuario con el posicionamiento de los objetos en el área (izquierda) y cómo los objetos son captados e identificados por medio de su marcador ArUco (derecha).

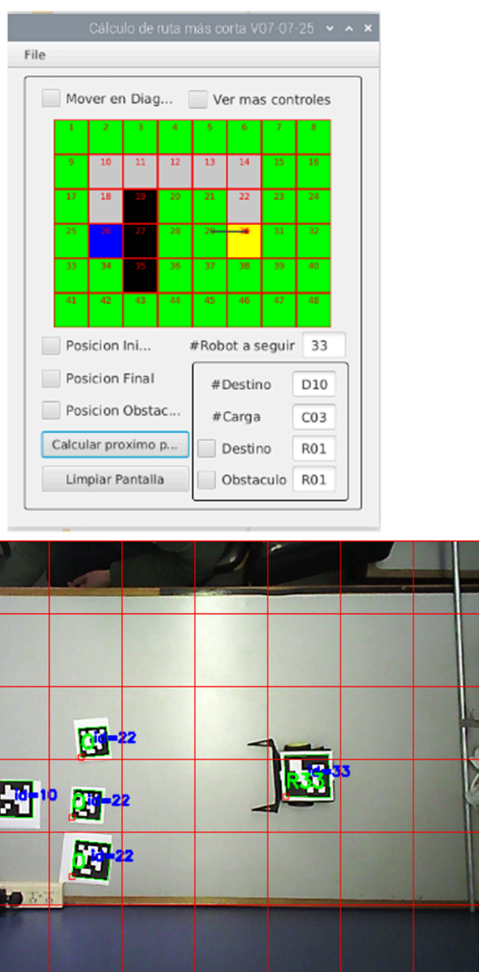


Figura 1 - Interfaz de navegación (izquierda) y detección de objetos (derecha).

Resultados y Experimentos

Se realizaron ensayos en un entorno controlado, evaluando tanto la estimación de pose mediante marcadores ArUco como la capacidad del robot para navegar utilizando rutas planificadas por el algoritmo A^* . El objetivo fue cuantificar precisión, robustez y desempeño de la planificación de trayectorias.

Localización y estimación de pose

En términos de precisión, la estimación de pose no presentó un error apreciable más allá de la resolución espacial impuesta por la cámara. La calibración permitió establecer una relación de 0,46 cm por píxel, manteniéndose esta misma proporción en los ejes x e y . De este modo, la exactitud del sistema quedó limitada principalmente por la resolución de la imagen y no por deficiencias en el algoritmo de detección o estimación de pose. En cuanto al error angular, los resultados mostraron una estabilidad adecuada en condiciones normales de iluminación, con variaciones dentro de los márgenes reportados en la literatura para sistemas similares. Por otro lado, se observó que la robustez de la detección sí es sensible a las condiciones de iluminación y al tamaño de los marcadores. En situaciones de baja iluminación o cuando los marcadores se encontraban a distancias tales que su tamaño en píxeles resultaba reducido, la tasa de detección disminuyó significativamente. Estos resultados coinciden con trabajos previos que señalan la iluminación y la escala del marcador como factores críticos en la detección robusta (Oščádal et al., 2020; Kalaitzakis et al., 2021).

Latencia del proceso

La latencia, medida como el tiempo entre la recepción del comando de destino desde la interfaz y la ejecución del comando en los motores, tuvo un promedio de 155 ms (variando entre 120 ms y 220 ms). Esto permitió una actualización de control cercana a 6 Hz confirmando la viabilidad de la solución para aplicaciones en entornos controlados.

Planificación de trayectorias con A^*

El algoritmo A^* se empleó para calcular rutas óptimas sobre la grilla representando el entorno.

La trayectoria generada se convirtió en comandos discretos para el robot. Se observó que la planificación con A* permitió reaccionar frente a cambios en el entorno, ajustando la trayectoria hacia el objetivo de manera dinámica y manteniendo el robot dentro de márgenes aceptables de desviación. Estos resultados validan la efectividad de la combinación visión cenital + ArUco + planificación A*, demostrando que el sistema puede desempeñarse de manera confiable en entornos interiores de laboratorio con recursos limitados.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten extraer varias conclusiones relevantes respecto al desempeño del sistema propuesto. En primer lugar, la estimación de pose con marcadores ArUco demostró una precisión elevada, con un error limitado únicamente por la resolución espacial de la cámara (0,46 cm/píxel). Este hallazgo refuerza la viabilidad de los marcadores fiduciales como alternativa de bajo costo frente a tecnologías más sofisticadas como LIDAR o sistemas de visión estereoscópica, en línea con lo reportado en trabajos previos (Oščádal et al., 2020). La robustez de la detección se vio condicionada principalmente por factores externos, en particular la iluminación y el tamaño relativo de los marcadores en la imagen. Tal como se ha documentado en estudios comparativos de marcadores fiduciales, estas variables constituyen limitaciones inherentes a los sistemas de visión artificial (Kalaitzakis et al., 2021). Esto sugiere que, para aplicaciones más exigentes, podrían implementarse estrategias complementarias, como el uso de tableros de múltiples marcadores, técnicas de realce de imagen o fusión con sensores adicionales. En relación con la latencia del sistema, el promedio de 155 ms se encuentra dentro de valores aceptables para aplicaciones de navegación a baja velocidad. No obstante, aplicaciones que requieran dinámicas más rápidas podrían demandar optimización del pipeline de procesamiento o hardware especializado en visión. Respecto a la planificación de trayectorias, el algoritmo A* mostró un desempeño robusto: el 95 % de las trayectorias fueron completadas exitosamente, y las fallas estuvieron asociadas a factores de visibilidad y

colisiones menores más que a limitaciones del planificador. La capacidad de ajustar la ruta dinámicamente frente a cambios en el entorno validó la integración del planificador con el esquema de localización basado en ArUco, permitiendo una navegación confiable en entornos dinámicos y controlados. Estos resultados destacan el potencial de este enfoque para aplicaciones educativas y de investigación, y sientan las bases para futuras mejoras orientadas a entornos más complejos.

Conclusiones y Trabajo Futuro

En este trabajo se presentó un sistema de navegación robótica basado en visión cenital, empleando marcadores ArUco para la estimación de pose y el algoritmo A* para la planificación de trayectorias.

Los experimentos demostraron una localización precisa y una orientación angular estable, con un desempeño limitado principalmente por la resolución de la cámara. La principal restricción identificada fue la sensibilidad a la iluminación y al tamaño aparente de los marcadores, que afectan la robustez de la detección. La latencia promedio permitió una actualización de control lo suficientemente rápida para aplicaciones en entornos de laboratorio. La integración con A* posibilitó trayectorias exitosas y adaptativas, validando la viabilidad del sistema como plataforma para futuros desarrollos de navegación autónoma. Como líneas de trabajo futuro se destacan:

- Mejora en la robustez de visión: incorporar técnicas de procesamiento de imagen para compensar variaciones de iluminación y explorar el uso de cámaras con mayor sensibilidad lumínica.
- Pruebas en entornos dinámicos: validar la metodología en escenarios no controlados, con mayor imprevisibilidad en la iluminación y disposición de obstáculos, acercando la propuesta a aplicaciones reales de robótica móvil.

En síntesis, el sistema desarrollado constituye una alternativa de bajo costo, robusta y replicable para la enseñanza y experimentación

en robótica, con potencial para ser ampliado hacia aplicaciones más exigentes en el futuro.

Bibliografía

- Babinec, A., Jurišica, L., Hubinský, P., Duchoň, F. (2014). Visual localization of mobile robot using artificial markers.. *Procedia Engineering*, 96, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.091>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.091>
- Berral-Soler, R., Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R., Marín-Jiménez, M. J. (2024). DeepArUco++: Improved detection of square fiducial markers in challenging lighting conditions.. *Image and Vision Computing*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imavis.2024.105313>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imavis.2024.105313>
- Berral-Soler, R., Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R., Marín-Jiménez, M. J. (2024). DeepArUco++: Improved detection of square fiducial markers in challenging lighting conditions.. *Image and Vision Computing*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imavis.2024.105313>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imavis.2024.105313>
- Braun, J., Júnior, A. O., Berger, G., Pinto, V. H., Soares, I. N., Pereira, A. I., Lima, J., Costa, P. (2022). A robot localization proposal for the RobotAtFactory 4.0: A novel robotics competition within the Industry 4.0 concept.. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, 1023590. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/frobt.2022.1023590>. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/frobt.2022.1023590>
- García-Ruiz, P., Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R., Marín-Jiménez, M. J. (2023). Object localization with multiplanar fiducial markers: Accurate pose estimation.. *Pattern Recognition and Image Analysis. IbPRIA 2023. Lecture Notes in Computer Science*, 14062, 448–460. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-36616-1_36. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-36616-1_36
- Garrido-Jurado, S., Muñoz-Salinas, R., Madrid-Cuevas, F. J., Medina-Carnicer, R. (2016). Generation of fiducial marker dictionaries using mixed integer linear programming.. *Pattern Recognition*, 51, 481–491. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2015.09.023>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2015.09.023>
- Garrido-Jurado, S., Muñoz-Salinas, R., Madrid-Cuevas, F. J., Marín-Jiménez, M. J. (2014). Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion.. *Pattern Recognition*, 47(6), 2280–2292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2014.01.005>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2014.01.005>
- Kalaitzakis, M., Cain, B., Carroll, S., Mondragón, I., Stürzl, W. (2021). Fiducial markers for pose estimation.. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 101(1), 71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10846-020-01307-9>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10846-020-01307-9>
- Kaplan, E., Hegarty, C. (2006). *Understanding GPS: Principles and applications* (2nd ed.).
- Mondéjar-Guerra, V., Garrido-Jurado, S., Muñoz-Salinas, R., Marín-Jiménez, M. J., Medina-Carnicer, R. (2018). Robust identification of fiducial markers in challenging conditions.. *Expert Systems with Applications*, 93, 336–345. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.10.032>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.10.032>
- Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R. (2020). UcoSLAM: Simultaneous localization and mapping by fusion of keypoints and squared planar markers.. *Pattern Recognition*, 101, 107193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.107193>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.107193>
- Oščádal, P., Heczko, D., Vysocký, A., Mlotek, J., Novák, P., Virgala, I., Sukop, M., Bobovský, Z. (2020). Improved pose estimation of ArUco tags using a novel 3D placement strategy.. *Sensors*, 20(17), 4825. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s20174825>. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s20174825>
- Romero-Ramírez, F. J., Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R. (2018). Speeded up detection of squared fiducial markers.. *Image and Vision Computing*, 76, 38–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imavis.2018.07.005>. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imavis.2018.07.005>

2018.05.004. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2018.05.004>

Sabatini, A. M. (2011). Estimating three-dimensional orientation of human body parts by inertial/magnetic sensing.. *Sensors*, 11(2), 1489–1525. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s110201489>. <https://doi.org/10.3390/s110201489>

Adaptación pasiva multimodal para maximizar la captación de energía en convertidores undimotrices costeros de la Provincia de Buenos Aires

Marcos Judewicz¹ (marcosj@fi.mdp.edu.ar), Agustín Olarce¹ (olarceagus@fi.mdp.edu.ar), Rogelio García Retegui¹ (rgarcia@fi.mdp.edu.ar), Eugenio Gelos¹, Marcos Funes¹ (mfunes@fi.mdp.edu.ar)

¹ Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica (ICYTE) (UNMDP/CONICET)

Resumen

En este trabajo se expone el estado del arte y una propuesta tecnológica de adaptación pasiva multimodal para maximizar la captación de energía en convertidores undimotrices costeros con flujo unidireccional. Se aborda un dispositivo Wavestar equipado con un mecanismo rectificador mecánico de movimiento y generador eléctrico acoplado. Se resumen los avances en técnicas pasivas (matching de impedancias, latching, declutching y diseños del rectificador mecánico de movimiento). La estrategia busca aprovechar eficientemente el recurso de olas local mediante un ajuste pasivo de impedancias que induzca resonancia mecánica y regule robustamente la potencia capturada sin necesidad de inyección activa de energía. A su vez, considera espectros bimodales del oleaje bonaerense para adaptar el punto de operación a dos componentes dominantes de frecuencia, reduciendo la complejidad de implementación frente a esquemas de control activos convencionales.

Palabras clave: energía undimotriz; rectificador mecánico de movimiento; adaptación de impedancias; convertidor undimotriz.

Introducción

El cambio climático antropogénico exige acelerar la incorporación de fuentes renovables en la matriz energética global. En Argentina, para 2024 solo ~15% de la potencia generada provenía de energías renovables distribuidas y ~22% de grandes hidroeléctricas, quedando subaprovechada la energía undimotriz (de olas) pese a su inmenso potencial teórico (~32.000 TWh/año a nivel mundial). La energía de oleaje se produce por el movimiento oscilante de las olas y podría desempeñar un rol importante en la transición energética, especialmente en regiones costeras. La costa de la Provincia de

Buenos Aires, con más de 1000 km sobre el Océano Atlántico, cuenta con un recurso undimotriz moderado pero constante, capaz de complementar otras renovables locales (Lifschitz y Tomazín, 2019). Sin embargo, capturar eficientemente la energía de las olas presenta desafíos significativos: las olas son de baja frecuencia, irregulares y multimodales, lo que dificulta el acoplamiento óptimo con los convertidores de energía undimotriz (WEC) convencionales.

Un WEC típico consta de tres etapas de conversión: una *etapa primaria* que transforma el movimiento lento de la ola en un movimiento

mecánico más rápido (por ejemplo, mediante brazos oscilantes, turbinas hidráulicas o cuerpos resonantes); una *etapa secundaria* que genera electricidad (p.ej. un generador eléctrico acoplado); y una *etapa terciaria* con electrónica de potencia que adapta la energía eléctrica generada para su entrega a la carga o red eléctrica. Adicionalmente, los WEC se clasifican por su principio de operación en: columnas de agua oscilante (OWC), dispositivos de rebalse y cuerpos activados por olas. Entre estos últimos se destacan los absorbedores puntuales oscilantes (boyas o flotadores individuales) por su capacidad teórica de absorber más potencia que la determinada por su ancho físico de captura, además de ser usualmente axisimétricos, captando oleaje desde cualquier dirección. En contraste, los dispositivos *terminadores* o *atenuadores* dependen de la dirección de las olas para funcionar óptimamente, complicando su instalación (ver Figura 1).

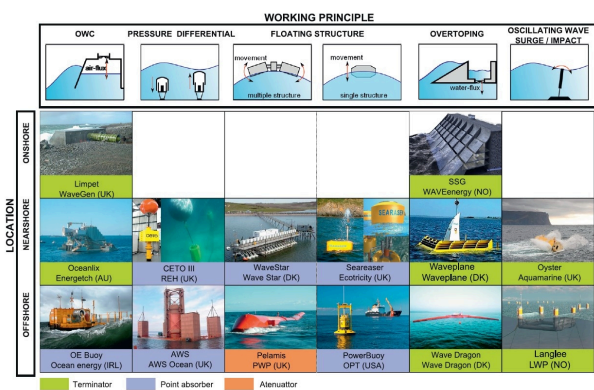


Figura 1 - Topologías de WEC (López et al., 2013)

Existen múltiples enfoques de sistemas de extracción de potencia (PTO) en WEC de tipo absorbedor puntual, incluyendo transmisiones hidráulicas, mecánicas y directas. En particular, los PTO mecánicos han dado lugar a un desarrollo novedoso: el Rectificador Mecánico de Movimiento (MMR). Un MMR es un mecanismo que convierte el movimiento oscilatorio bidireccional del flotador (subidas y bajadas) en rotación unidireccional en su eje de salida. Esto permite acoplar un generador rotativo de imanes permanentes, tecnología madura y ampliamente disponible, en lugar de un generador lineal especializado. Los PTO con MMR suelen incluir además una etapa de multiplicación mecánica de velocidad

(engranajes) para adaptar las lentas oscilaciones del flotador a las RPM óptimas del generador eléctrico. Entre sus ventajas, el uso de elementos rotativos posibilita integrar un volante de inercia en el rotor para suavizar las pulsaciones de potencia entregada. Asimismo, un MMR elimina la necesidad de inversores de potencia de cuatro cuadrantes ya que, al rectificar mecánicamente el movimiento, la potencia eléctrica generada fluye en un solo sentido, como corriente continua equivalente, simplificando el control y aumentando la eficiencia global al reducir etapas de conversión.

Pese a los avances en hardware de PTO, el control y la adaptación de los WEC es un aspecto central para maximizar la extracción energética. Un control ideal implicaría sintonizar el comportamiento del WEC con la ola incidente para lograr resonancia en las frecuencias excitadoras dominantes. Sin embargo, lograr dicha *adaptación de impedancias* óptima requiere generalmente añadir componentes reactivos (fuerzas como resortes o masas virtuales) e incluso inyectar potencia activa de forma bidireccional en el sistema (por ejemplo, frenando y acelerando alternadamente el PTO). Este enfoque, conocido como control reactivo activo o impedancia conjugada, puede en teoría maximizar la captura de energía, pero conlleva complejidad y la necesidad de actuar sobre el WEC invirtiendo energía temporalmente. En la práctica, la mayoría de las implementaciones se han decantado por controles pasivos, donde el PTO se comporta como un amortiguador puramente resistivo (no suministra potencia de retorno a la ola). Un control pasivo típico fija la resistencia de extracción o amortiguamiento del PTO al valor óptimo aproximado para las condiciones de oleaje esperadas, evitando la inyección activa de energía a costa de un desempeño subóptimo en otras frecuencias. Como resume Ringwood (2020), la opción pasiva equivale a ajustar el amortiguamiento PTO B_g igual a la magnitud de la impedancia hidrodinámica de la boya $|Z_i(\omega)|$, evitando flujo de potencia reactiva, aunque con una pérdida parcial en la captación de energía potencial respecto al caso ideal conjugado.

Esta limitación ha motivado numerosas investigaciones en estrategias de control

anticipar oleaje futuro) ni la estabilidad. En décadas pasadas surgieron técnicas pasivas de sincronización de fase como *latching* (bloqueo del movimiento en ciertos instantes) (Budal y Falnes, 1980) y *declutching* (desconexión mecánica intermitente) (Babarit, Guglielmi y Clément, 2009). Dichos métodos conservan la simplicidad de no requerir actuadores de fuerza continua, pero deben sincronizar inteligentemente la dinámica del flotador con la ola: por ejemplo, *latching* mantiene quieto al flotador durante parte del ciclo hasta soltarlo en fase con la excitación, logrando una especie de semi-resonancia. Variantes modernas refinadas por Babarit y Ringwood, (Babarit, 2015; Ringwood, 2020), determinan los tiempos óptimos de enclavamiento sin necesidad de predicción de oleaje, mejorando la captación sin control activo externo (ej. Estrategias basadas en tiempo óptimo de liberación, (Yang 2024). Paralelamente, la disciplina ha evolucionado desde aquellos controles óptimos ideales para ondas monocromáticas hacia enfoques capaces de lidiar con mares espectrales multimodales, incorporando restricciones físicas y no linealidades del PTO real. En la última década se investigaron controladores predictivos, métodos basados en MPC (control predictivo basado en modelo) y algoritmos no lineales robustos que buscan aproximar el rendimiento óptimo manteniendo la causalidad en condiciones policromáticas reales. Como destaca García-Violini (2022), los controladores de máxima potencia han avanzado “desde los primeros métodos monocromáticos basados en adaptación de impedancia, hasta algoritmos numéricos capaces de lidiar con estados de mar policromáticos, restricciones y no linealidades”, reflejando la tendencia a controles más robustos y realistas en WEC.

Con este objetivo en mente, en este trabajo se analiza la adaptación pasiva multimodal para maximizar la captación de energía en convertidores undimotrices costeros con flujo unidireccional. En el desarrollo de este trabajo, se presenta inicialmente el estado del arte en estrategias pasivas para WEC. A continuación, se realiza una descripción detallada del sistema propuesto. Finalmente, se exponen los desafíos técnicos identificados y se plantean las líneas de trabajo futuro necesarias para la realización exitosa del proyecto.

Desarrollo

Estado del arte en estrategias pasivas para WEC

Paralelamente a las técnicas activas, recientes estudios exploran la optimización pasiva y la regulación eléctrica no activa en prototipos de WEC. Bosma *et al.* (2023) llevaron a cabo ensayos en laboratorio comparando control puramente pasivo vs. reactivo en un WEC a escala. A partir de este trabajo, se pudo determinar que agregar una componente de reactancia (elasticidad) aumenta significativamente la energía extraída en olas regulares en comparación con solo amortiguamiento resistivo fijo. Esto concuerda con otros experimentos donde el control “reactivo” (inyectando energía temporalmente en el PTO, por ejemplo, mediante motores/generadores de doble cuadrante) supera al control pasivo constante en captación energética, aunque con mayor complejidad de implementación y posibles pérdidas adicionales. En contrapartida, se investigan soluciones de diseño intrínseco que logran efectos reactivos de forma pasiva, sin control externo: un ejemplo es el concepto de sistemas auto-reactivos de dos cuerpos (boyas duales acopladas), donde la interacción entre las dos masas permite almacenar energía potencial durante parte del ciclo y liberarla desfasada para ampliar el ancho de banda de captación. Análisis numéricos y pruebas recientes muestran que estos WEC de doble cuerpo pueden igualar o exceder el desempeño del control activo en ciertos casos, sin necesidad de actuadores externos.

Otra línea de desarrollo relevante es la de los PTO con Rectificación Mecánica (MMR) mencionados en la parte inicial. La eliminación de la reciprocidad en el flujo de potencia permite simplificar radicalmente la electrónica: en lugar de un convertidor de potencia bidireccional (capaz de enviar energía de vuelta al PTO), basta un rectificador pasivo y un convertidor DC/DC unidireccional para extraer la energía. Gelos *et al.* (2025) introdujeron un modelo circuital generalizado de un PTO con MMR, validado experimentalmente en laboratorio. Este trabajo demostró que es posible modelar con precisión y controlar pasivamente un PTO basado en MMR mediante analogías eléctricas,

representando sus no linealidades y fricciones. El enfoque unidireccional permite que el generador entregue potencia en un único sentido (corriente continua), facilitando la regulación sin necesidad de inversores activos y simplificando el control comparado con esquemas clásicos de cuatro cuadrantes. En esencia, un MMR actúa como un “diodo mecánico” que, junto a un adecuado ajuste resistivo, evita la circulación de potencia reactiva.

Finalmente, cabe destacar experiencias de campo y validaciones integrales de estrategias pasivas. Windt *et al.* (2020) realizaron una simulación de dinámica computacional de fluidos (CFD) detallada del convertidor Wavestar de múltiples boyas en una plataforma fija, encontrando que un control pasivo óptimo de amortiguamiento constante puede rendir eficazmente incluso bajo oleaje irregular real. Asimismo, la planta undimotriz de Mutriku (País Vasco, España), primer parque de olas comercial en operación, emplea columnas de agua oscilantes (OWC) cuyo flujo de aire se regula mediante válvulas pasivas ajustadas a condiciones de mar locales. Los reportes indican que este esquema ha funcionado de forma fiable, confirmando la viabilidad de estrategias no activas a escala real en entornos costeros. En conjunto, la literatura reciente refuerza que la maximización de energía undimotriz puede lograrse con controles pasivos avanzados, siempre y cuando se ajusten dinámicamente los parámetros del PTO al espectro incidente y se consideren los límites físicos de cada dispositivo. La propuesta de adaptación pasiva multimodal de este trabajo se inscribe precisamente en esta tendencia: buscar extraer el máximo potencial de las olas locales mediante ajustes pasivos inteligentes, aprovechando la simplicidad del flujo unidireccional y adaptándose a la naturaleza multimodal del oleaje costero.

Descripción del sistema propuesto

El sistema en desarrollo consiste en un convertidor undimotriz costero del tipo absorbedor puntual basado en un flotador tipo boya acoplado a un brazo oscilante. Este dispositivo se inspira en la tecnología Wavestar (plataforma de boyas múltiples danesa),

tomando una única unidad brazo flotador como módulo de generación. En el banco de pruebas se dispone de un prototipo a escala 1:10 de un WEC de brazo oscilante, análogo al Wavestar, que incorpora una unidad de PTO mecánico con MMR y un generador eléctrico rotativo de imanes permanentes acoplado en su eje de salida. La Figura 2 ilustra este subsistema mecánico-eléctrico de conversión: el movimiento vertical del flotador (inducido por olas simuladas en el canal de pruebas o por excitación manual en banco seco) se transforma mediante el MMR en rotación unidireccional continua, la cual acciona al generador. De este modo, incluso durante las oscilaciones sinusoidales, el MMR impone rotación unidireccional; el generador trifásico acoplado al MMR entrega una señal que, tras rectificación, proporciona corriente continua pulsante en el bus DC. Dado que el MMR impone rotación unidireccional, la potencia instantánea extraída es siempre positiva, lo que simplifica la electrónica a un rectificador + convertidor DC/DC (Li *et al.*, 2020).

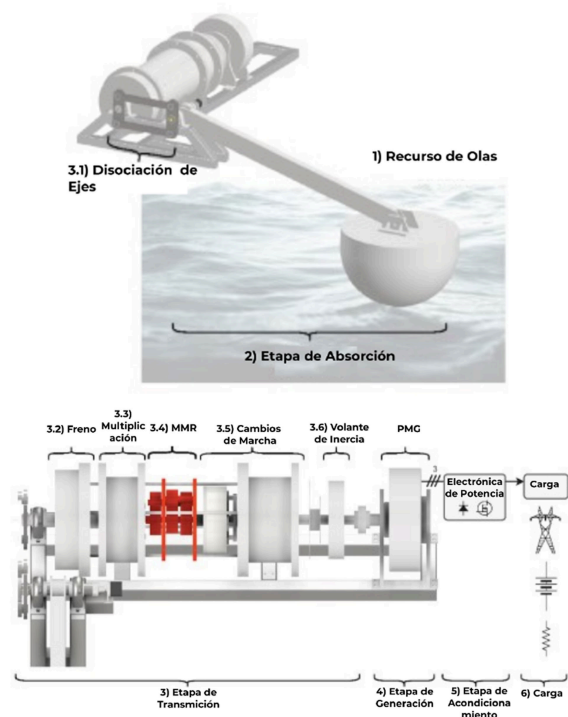


Figura 2 - Esquema simplificado de la cadena de conversión del WEC propuesto

La rectificación eléctrica se realiza mediante un puente de diodos y luego se eleva el nivel de DC por medio de un convertidor DC-DC tipo boost sincrónico. Este convertidor ajusta el punto de operación eléctrico para cargar un

banco de baterías de 24 V (2 baterías de plomo-ácido reguladas por válvula de 12 V en serie) y extraer la potencia máxima disponible. El control digital del convertidor DC-DC está implementado en un procesador digital de señales (DSP) Texas Instruments LAUNCHXL-F28377S que regula la corriente y la tensión de carga según un algoritmo avanzado de linealización por realimentación desarrollado por el equipo. En la Figura 3 se muestran los principales componentes: el rectificador de diodos entrega una tensión DC pulsante; el boost sincrónico conmutado a 150 kHz eleva y regula la tensión para cargar las baterías; un circuito driver bootstrap adapta las señales PWM del controlador para manejar los transistores; y un sistema de sensado basado en sensores Hall y divisores resistivos mide la corriente de entrada I_{in} , la corriente de salida I_{out} , y las tensiones V_{in}/V_{out} , permitiendo la realimentación al lazo de control. Este esquema es representativo de una arquitectura de captación pasiva unidireccional: toda la energía fluye desde el WEC hacia el almacenamiento, sin etapa inversora de retorno.

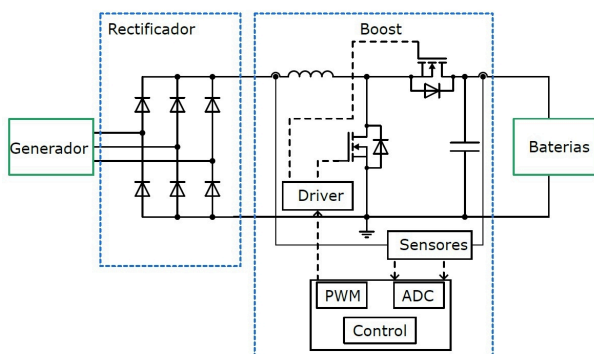


Figura 3 - Diagrama del sistema electrónico de potencia

El aspecto innovador central es la estrategia de adaptación pasiva multimodal aplicada en este sistema. Dado que el oleaje real de la costa bonaerense suele presentar un espectro de energía con dos picos significativos (ej. oleaje de mar de viento local combinado con oleaje de tormenta lejana), la propuesta es diseñar el PTO eléctrico para ajustarse a dos frecuencias dominantes en lugar de una sola. En términos prácticos, esto implica definir una resistencia equivalente óptima R^* (o amortiguamiento equivalente) que actúe como carga para el WEC, de modo que el sistema mecánico se acerque a la resonancia en ambas

componentes espectrales principales. Como el esquema es pasivo, R^* no se impone activamente en cada instante, sino que se elige de antemano o lentamente entre ciertos valores discretos, en función de la identificación del estado de mar predominante. Por ejemplo, si se detecta un espectro bimodal con picos en f_1 y f_2 , se seleccionará un valor de resistencia que ofrezca un compromiso de amortiguamiento apropiado para ambas frecuencias. Esto se puede lograr ajustando los parámetros del convertidor DC-DC (duty cycle, corriente de carga) para simular distintas cargas eléctricas equivalentes sobre el generador. A diferencia de un control activo de impedancia (que requeriría imponer componentes reactivas y variar continuamente la carga), aquí la adaptación es pasiva: se limita a conmutar entre valores resistivos óptimos precalculados para diferentes escenarios de oleaje. Es decir, el sistema operará en “matching” pasivo pero multimodal, aplanando la típica restricción de los esquemas pasivos a un único óptimo frecuencial. La conmutación entre valores discretos de amortiguamiento equivalente no crea dos resonancias independientes; ensancha la banda de absorción para cubrir dos picos espectrales dominantes, manteniendo un esquema pasivo (sin potencia reactiva) (He *et al.*, 2025).

En resumen, el convertidor undimotriz desarrollado consta de un PTO mecánico MMR que garantiza flujo de potencia unidireccional, acoplado a un sistema eléctrico de rectificación y elevación DC hacia almacenamiento en baterías. Sobre esta plataforma, se implementará la estrategia de control pasivo multimodal, que involucra: (1) monitorear en tiempo real las características básicas del oleaje incidente (p.ej. períodos dominantes mediante medición de la velocidad o potencia oscilante), (2) seleccionar una configuración de carga eléctrica (resistencia R^* equivalente) que maximice la extracción de energía para ese espectro, manteniendo siempre flujo positivo de energía (sin reflujos al generador), y (3) conmutar la configuración de forma lenta o por estados, evitando inestabilidades. Esta secuencia se realizará con un firmware embebido en DSP, encargado de estimar parámetros espectrales simples (altura significativa H_{m0} , períodos pico T_{p1} , T_{p2}) y actualizar la resistencia efectiva del PTO mediante el control del convertidor DC-DC.

La hipótesis de trabajo sostiene que con este enfoque se puede aproximar el óptimo de potencia de un esquema activo conjugado, pero con mucha menor complejidad y mayor robustez en la implementación, gracias a que se elimina la necesidad de anticipar el oleaje o de gestionar flujos de energía reversibles.

Desafíos técnicos y trabajo futuro

Si bien la propuesta ofrece simplicidad conceptual, existen desafíos técnicos importantes por delante para concretar y optimizar esta adaptación pasiva multimodal:

- Identificación espectral en tiempo real: Desarrollar algoritmos robustos para extraer, a partir de señales medidas (e.g. velocidad del flotador, potencia instantánea), los parámetros principales del espectro de olas incidente. Esto debe hacerse embebido en el controlador y con baja carga computacional. Determinar con fiabilidad si el mar es *monomodal* o *bimodal* y estimar los períodos pico T_p es clave para elegir correctamente R^* . Se explorarán métodos sencillos como filtrado adaptativo, estimación de autocorrelación o análisis de cruces por cero, calibrados con datos de oleaje locales.
- Selección óptima y conmutación de R^* : Una vez caracterizado el estado de mar, se debe determinar la resistencia equivalente óptima para maximizar la potencia media absorbida, bajo la restricción de mantener flujo unidireccional (monotonidad). Esto requerirá *a priori* simulaciones y modelado: se definirá una familia de valores $R^*(H_{m0}, T_{p1}, T_{p2})$ pre-calculados para distintas combinaciones de alturas y períodos. En términos de implementación, el sistema deberá conmutar entre dichos valores de forma suave, evitando transitorios bruscos. Un desafío es garantizar que al cambiar R^* (por ejemplo, modificando la referencia de corriente del convertidor) no se produzcan inestabilidades. Se impondrán rampas limitadoras y se verificará la estabilidad del lazo de control para cada configuración.
- Pérdida de optimalidad vs. simplicidad: Al ser un esquema pasivo, es intrínsecamente subóptimo frente a un control activo ideal. Un desafío conceptual es cuantificar cuánta energía potencial se deja sin capturar por no inyectar potencia reactiva, y si la compensación multimodal cierra parte de esa brecha. Esto implica realizar comparativas con controles de referencia (por ejemplo, un control activo pseudo-conjugado implementado en simulación, o un control pasivo estándar calibrado a un solo pico espectral) para medir el incremento de captación logrado. Se espera que la ganancia sea significativa frente al pasivo monomodal, pero habrá que validar cuánto se acerca al óptimo teórico.
- Integración mecánica y durabilidad: La implementación en un prototipo físico demanda atender cuestiones de resistencia mecánica y fatiga en el MMR, dado que al inducir resonancia mecánica se somete al sistema a oscilaciones de mayor amplitud. Aunque las pruebas iniciales se harán en un canal de olas controlado, a futuro una instalación en mar real requerirá robustecer el diseño mecánico (sellado contra corrosión, amortiguación de choques, etc.). Un desafío será escalar el prototipo de laboratorio a un módulo apto para campo, manteniendo la efectividad del MMR y la confiabilidad de la electrónica en ambiente marino.
- Estrategias de control complementarias: Si bien el foco es pasivo, se dejará abierta la posibilidad de incorporar elementos híbridos o de respaldo. Por

ejemplo, un volante de inercia acoplado podría servir para almacenar parte de la energía en cada ciclo y entregarla en los valles de ola, mejorando aún más la continuidad de potencia. También se evaluará la implementación de un by-pass activo de baja potencia: un pequeño actuador que intervenga solo en casos puntuales (p. ej., evitar sobreamplitudes ante olas extremas, o sincronizar el arranque). Estos elementos, si bien introducen algo de complejidad, podrían mejorar la robustez general del sistema y serán objeto de estudio si los resultados pasivos muestran limitaciones bajo ciertas condiciones.

En etapas subsiguientes del proyecto se planea abordar estos desafíos a través de pruebas iterativas en el banco de ensayos y en un canal de olas. La metodología incluye realizar primero simulaciones numéricas en entorno MATLAB/Simulink con el modelo del WEC calibrado, para afinar el algoritmo de selección de R^* . Luego, se implementarán experimentos en el laboratorio: inicialmente en *banco seco* (moviendo el brazo con un perfil de velocidad simulado) para verificar la respuesta del convertidor y la estabilidad del lazo de control, y posteriormente en *canal de olas* recreando espectros unimodales y bimodales típicos de la costa bonaerense. Esta progresión permitirá validar la mejora en captación de energía frente a estrategias base (ej. control de carga fija o control por histéresis tradicional). Asimismo, se documentarán las lecciones aprendidas para guiar un eventual escalamiento a prototipo a escala mayor o instalación piloto costera.

Conclusiones

Los resultados esperados de esta iniciativa apuntan a demostrar que es factible maximizar la captación de energía undimotriz con un enfoque pasivo multimodal, adaptando el PTO a las características reales del oleaje local sin incurrir en la complejidad de controles activos. De concretarse, el proyecto dejará como legado un método pasivo multimodal para regular la carga en WEC unidireccionales y un prototipo actualizado con su banco experimental listo

para transferencia y escalamiento. La adaptación pasiva multimodal aquí presentada representa un avance hacia soluciones undimotrices simplificadas y asequibles, adecuadas para las condiciones de oleaje de la provincia. Si bien no reemplaza en todos los casos a los controles activos más sofisticados, sí ofrece una alternativa de ingeniería apropiada para lograr captación eficiente con menor complejidad y mayor confiabilidad, cualidades valoradas en aplicaciones de mediana escala y entornos remotos.

A nivel de impacto provincial, esta tecnología podría integrarse en entornos costeros de la Provincia de Buenos Aires, por ejemplo, en puertos, instalaciones industriales litorales o microredes aisladas en localidades costeras. La disponibilidad de un convertidor undimotriz robusto y de bajo mantenimiento ofrecería una fuente de energía renovable distribuida, reduciendo costos operativos (p.ej. reemplazando generadores diésel en faros o boyas de señalización) y diversificando la matriz energética provincial. El trabajo futuro contemplará extender las pruebas a escenarios reales, escalar la potencia del prototipo y eventualmente instalar un demostrador costero que materialice la contribución de la energía undimotriz al desarrollo energético provincial.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), así como la colaboración de colegas y becarios del LIC-UNMDP en las tareas experimentales.

Bibliografía

- Babarit, A. (2015). A database of capture width ratio of wave energy converters.. *Renewable Energy*, 80, 610–628.
- Babarit, A., Guglielmi, M., Clément, A. H. (2009). Declutching control of a wave energy converter.. *Ocean Engineering*, 36(12–13), 1015–1024.
- Bosma, B., Beringer, C., Robertson, B. (2023). Experimental passive and reactive control

- of a Laboratory Scale WEC Point Absorber.. Proceedings of the European Wave and Tidal Energy Conference, 15.
- Budal, K., Falnes, J. (1980). Interacting point absorbers with controlled motion.
- García-Violini, D. (2022). Sistemas de control de maximización de energía en equipos de conversión de energía de olas.. REMA 2022.
- Gelos, E. M., Judewicz, M. G., Funes, M. A., Carrica, D. O. (2024). Circuit Modeling of Mechanical Motion Rectifiers in Wave Energy Applications.. IEEE Transactions on Industrial Electronics.
- He, R., He, G., Jing, P., Luan, Z., Liu, C. (2025). Adaptive Damping PTO Control of Wave Energy Converter for Irregular Waves Supported by Wavelet Transformation.. Energies, 18(13), 3328.
- Li, X., Chen, C., Li, Q., Xu, L., Liang, C., Ngo, K., Zuo, L. (2020). A compact mechanical power take-off for wave energy converters: Design, analysis, and test verification.. Applied Energy, 278, 115459.
- Lifschitz, A. J., Tomazín, N. (2019). Energía Undimotriz: evaluación de zonas de interés para captación de energía de las olas.. Revista Tecnología y Ciencia(34), 37–53.
- López, I., Andreu, J., Ceballos, S., De Alegría, I. M., Kortabarria, I. (2013). Review of wave energy technologies and the necessary power-equipment.. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 27, 413–434.
- Ringwood, J. V. (2020). Wave energy control: Status and perspectives 2020.. IFAC-PapersOnLine, 53(2), 12271–12282.
- Windt, C., Davidson, J., Ransley, E. J., Greaves, D., Jakobsen, M., Kramer, M., Ringwood, J. V. (2020). Validation of a CFD-based numerical wave tank model for the power production assessment of the Wavestar ocean wave energy converter.. Renewable Energy, 146, 2499–2516.
- Yang, I., Terziev, M., Tezdogan, T., Incecik, A. (2024). Numerical investigation of a point absorber wave energy converter integrated with vertical wall and latching control for enhanced power extraction.. Marine Energy Research, 1(1).

Robots educativos como herramienta para el aprendizaje de STEM en la escuela primaria

Adrián C. Gabbanelli¹ (gabbanelli@yahoo.com), Lucrecia C. Cornero¹, Betina Acosta² (acostaniggli@abc.gob.ar), Esteban Guillermo Szigety¹ (esteszige@gmail.com)

¹ Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, UNMDP

² Escuela N°59 "Florentino Ameghino", Mar del Plata

Resumen

Este artículo describe una experiencia pedagógica llevada a cabo en la Escuela Primaria N°59 "Florentino Ameghino", ubicada en Av. Pedro Luro 10341, que reúne estudiantes de los barrios periurbanos de la ciudad, incluyendo Jorge Newbery, La Herradura y San Jorge. En esta propuesta, la robótica educativa se implementó como herramienta para introducir a niños y niñas de 5to grado en conceptos fundamentales de la física. Mediante el uso de diversos dispositivos didácticos diseñados por un equipo de Extensión Universitaria de la facultad de Ingeniería, los estudiantes exploraron temas como torque, palancas, poleas y circuitos eléctricos simples. La experiencia se centró en la construcción colaborativa, el juego y la experimentación, permitiendo que los niños accedan de manera práctica a conocimientos que suelen considerarse abstractos o complejos, al tiempo que fomentan la curiosidad científica, la creatividad y el trabajo en equipo.

Palabras clave: Enseñanza de la física; Enseñanza en el nivel primario; Robótica educativa; Mecánica; Circuitos.

Introducción

Esta experiencia didáctica surgió como parte de un proyecto de Extensión Universitaria en el que la Escuela N° 59 "Florentino Ameghino" de la ciudad de Mar del Plata, junto con docentes, estudiantes y personal universitario de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP, conformó un equipo para dictar un taller de robótica a niños de quinto grado. En la provincia de Buenos Aires, distintos programas han provisto a las escuelas públicas de kits didácticos con piezas, placas tipo Arduino, sensores y motores.

El proyecto permitió desarrollar un taller conjunto entre escuela y universidad, dando lugar a una experiencia de robótica educativa.

Esta área, iniciada en los años 60 por Seymour Papert, considerado su fundador (Lucio, 2008), concibe la robótica como una herramienta para que los estudiantes interactúen con el mundo y construyan conocimiento (Vargas, Guapacho e Isaza 2017). Al ser controlado o programado, un robot puede facilitar la enseñanza de conceptos físicos. En esta experiencia, los docentes exploramos la enseñanza del movimiento circular, el torque y los circuitos eléctricos.



Figura 1 - En estas fotos se puede observar el desarrollo de las tres actividades presentadas en este trabajo: exploración de circuitos eléctricos; poleas y correas; torque y palancas.

Diversos estudios han aplicado robots en la enseñanza de la física (Sousa et al. 2011; Trentin et al., 2015). Sin embargo, esta propuesta es innovadora por su enfoque en el nivel primario, donde no es común que la manipulación directa del robot sirva como vía de acceso al conocimiento físico.

Uno de los pilares del proyecto es la convicción de que la física puede y debe enseñarse desde edades tempranas. Aunque suele vincularse a fórmulas abstractas y niveles superiores, sus principios pueden abordarse desde la experiencia, el juego y la curiosidad, especialmente mediante la robótica educativa. Esta no solo es una herramienta tecnológica, sino un puente conceptual para explorar fenómenos como fuerza, torque, movimiento o electricidad. Como mostraron Papert (1995) y estudios recientes (Sampedro, Redrobán y Álvarez 2020; Massei et al. 2019), estas experiencias fortalecen el pensamiento lógico, complejo y creativo, además del trabajo colaborativo.

Tres experiencias en el aula

El taller con 23 niñas y niños de 5° grado planteó a la docente y a los integrantes universitarios el desafío de diseñar propuestas atractivas y generadoras de conocimiento. La diversidad de saberes previos en robótica y tecnología exigió adaptar las actividades a un nivel primario (ver **FIGURA 1**). A continuación, se presenta un resumen de las actividades realizadas.

Actividad N° 1: Exploración de circuitos eléctricos. En esta actividad se exploraron los componentes básicos de un circuito eléctrico mediante la construcción del “cerebro electrónico”, un dispositivo con cables y luces LED que se activan al seleccionar una respuesta. Luego, los estudiantes elaboraron pilas caseras con alambres de cobre, clips niquelados y papas como electrolito. Las actividades incluyeron intervenciones docentes para fomentar la reflexión y el aprendizaje activo. En la **TABLA 1** se puede encontrar una serie de preguntas y actividades que acompañaron el desarrollo de actividades del taller.

Tabla 1 - Preguntas, intervenciones y actividades desarrolladas en cada una de las Actividades

	Preguntas	Actividad
Actividad N°1	<p>P1. ¿Cómo es que funciona el "cerebro electrónico", por qué algunas respuestas prenden la luz y otras no?</p> <p>P2. ¿Quién puede ayudar a este grupo a encontrar el error en su circuito?</p> <p>P3. Probemos cambiar el orden de los metales en la pila de papa, ¿afecta en algo el funcionamiento de un LED?</p> <p>¿Creen que usar agua es igual que jugo instantáneo o una manzana?</p> <p>P4. ¿Qué pasa si usamos más de una papa? ¿La luz se enciende más fuerte?</p> <p>¿Y si conectamos tu pila con la del compañero de mesada de alguna forma?</p>	<p>La P1 se presentamos a los niños junto con un circuito de una sola respuesta y, junto con ellos, analizamos cómo fluye la electricidad desde el polo positivo de la pila hasta el LED, volviendo al borne negativo. La P2 es una actividad que surgió de forma natural y se aprovechó para fomentar el trabajo colaborativo y valorar el error como parte del aprendizaje. Luego en P3 Y P4, al construir la pila de papa, experimentamos cambiando el orden de los metales (cobre y níquel) y usando distintos líquidos (agua, jugo instantáneo, fruta), invitando a los grupos a explorar cómo aumentar la corriente combinando varias pilas de papa para encender el LED.</p>
Actividad N°2	<p>P1. ¿Cómo creen que podríamos patear una pelota usando los elementos del kit?</p> <p>P2. ¿Qué parte de su diseño creen que influye más en la fuerza del disparo?</p> <p>¿Qué pasa si movemos el eje y el punto donde impacta la pelota? El sensor ¿dónde tiene que estar para que funcione bien?</p> <p>P3. ¿Cuál diseño del grado fue el que más lejos hizo volar la pelota? ¿Por qué creen que pasó? ¿Qué parte del diseño fue más importante para que funcione bien?</p>	<p>La P1 es una actividad que comienza con cada grupo diseñando su proyecto en papel y luego con los materiales del kit, mientras los docentes guían y apoyan sus propuestas. Luego en P2, se promueven preguntas para que los estudiantes analicen sus diseños, identifiquen fallas y comprendan por qué no funcionan. Finalmente, en P3, comparan sus trabajos con los de sus compañeros, evaluando pros y contras sin desmerecer ningún diseño, siempre fundamentando sus análisis en el concepto de torque.</p>
Actividad N°3	<p>P1. ¿Qué pasa si usamos una polea grande conectada a una polea más chica? ¿Y al revés?</p> <p>P2. ¿Cómo cambia el sentido del giro cuando agregamos más poleas?</p> <p>P3. Es posible que el zootropo gire muy rápido, pero se vea mal ¿Por qué creen que pasa eso? ¿Qué sucede si agregamos más masa al zootropo? ¿Afecta la velocidad del conjunto?</p>	<p>En P1 los estudiantes arman dos configuraciones con poleas: una con una polea grande en el motor y una pequeña en el zootropo, y otra invertida, para observar cómo cambia la velocidad y descubrir la relación inversa entre tamaño de la polea y velocidad de rotación. Luego en P2 se usan tres poleas, crean combinaciones (dos unidas, tres en línea y tres con correa cruzada) y anotan el sentido de giro para entender cómo la cantidad y disposición afectan el movimiento. Finalmente, en P3, hacen girar el zootropo a distintas velocidades para observar la mejor animación y agregan peso con plastilinas al borde para analizar su efecto en la velocidad, estabilidad e inercia del sistema.</p>

Actividad N° 2: Torque y palancas. Los conceptos de fuerza y distancia permiten introducir, en el aula primaria, situaciones atractivas vinculadas al principio de palanca, presente en objetos cotidianos como la puerta o el brazo humano. Una experiencia inicial consistió en colgar una mochila del brazo de un estudiante y desplazarla para observar cómo varía el torque según la distancia al punto de apoyo. Luego, se propuso diseñar un "pateador de pelotas" (de papel o ping-pong) accionado por sensores conectados a una placa Arduino. Tras experiencias previas con diseños guiados, esta actividad promovió mayor autonomía al aplicar el concepto de torque en un diseño propio.

Actividad N° 3: Poleas y correas. En esta actividad se propuso construir un mecanismo con poleas y correas de distintos tamaños para transmitir movimiento circular a un zootropo, juguete óptico que genera la ilusión de movimiento continuo mediante la persistencia de la luz en la retina. El desafío fue lograr la velocidad adecuada combinando poleas de diferentes diámetros, aplicando conceptos como

relación de radios, sentido de giro y velocidad angular. Cada grupo recibió cinco poleas, una estructura base, motores y una placa Arduino para controlar el sistema.

Conclusiones

El trabajo con robótica en el aula permitió generar una experiencia significativa para los niños y niñas de 5to grado, quienes, a pesar de no tener un contenido curricular en física, lograron aplicar correctamente conceptos fundamentales como la conservación de la velocidad angular a un sistema de dos poleas unidos por un eje o comprender el funcionamiento de un circuito sencillo de una pila, un led y un interruptor. A través del diseño, la construcción y la experimentación con los elementos vinculados a los robots, se involucraron activamente en procesos de indagación y análisis que les permitieron formular explicaciones coherentes y significativas, aun cuando presentaron algunas dificultades propias de la edad. Esta experiencia educativa mostró que el abordaje práctico, creativo y colaborativo entre niños y niñas favorece el desarrollo conceptual y genera una actitud más positiva hacia el aprendizaje en el aula primaria, alejándose del formato tradicional centrado en el docente y un método tradicional de enseñanza.

Además, la propuesta brindó un espacio para reflexionar entre los integrantes del proyecto sobre el vínculo que la tecnología puede aportar a la enseñanza en ciencia y en el nivel primario. Los niños al convertirse en creadores y modificadores de un dispositivo físico, pudieron comenzar a posicionarse como agentes activos y críticos frente a las tecnologías, en lugar de simples consumidores. Este enfoque cobra especial relevancia ante las advertencias de investigaciones recientes sobre los efectos negativos del uso excesivo de dispositivos digitales en niños y adolescentes. En este sentido, experiencias como esta permiten revertir esa tendencia, fomentando un uso más consciente y significativo de la tecnología en el aula. No obstante, es importante remarcar que el valor educativo de estas propuestas depende de una planificación cuidadosa y del rol insustituible de la docente, cuya tarea fue en

todo momento la de acompañar, guiar y dar sentido al aprendizaje.

Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología.

Agradecimientos

Agradecemos a la comunidad educativa de la Escuela N°59 "Florentino Ameghino" por abrirnos las puertas de la institución y permitirnos trabajar con libertad y hacer crecer este proyecto extensionista. En especial queremos agradecer a la directora de la escuela profesora Lidia Godoy.

Bibliografía

- Lucio, P. B. (2008). Seymour Papert: parábolas para explicar el debate sobre las TIC.. Revista Panamericana de Pedagogía, 1(12), 11–22.
- Vargas, J., Guapacho, J., Isaza, L. (2017). Robótica móvil: una estrategia innovadora en el proceso de enseñanza y aprendizaje.. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 52, 100–118.
- Sousa, M. S., Reis, G. L., Almeida, V. M., Souza, L. F., Barroso, M. F., Amaral, G. F., Nepomuceno, E. G. (2011). A Robótica Educativa como Instrumento de Apoio ao Ensino de Ciências Naturais e da Física.. Mostra Nacional de Robótica (MNR).
- Trentin, M. A. S., da Rosa, C. W., da Rosa, Á. B., Teixeira, A. C. (2015). Robótica educativa libre en la enseñanza de Física: de la construcción del robot a la elaboración de la propuesta didáctica de orientación metacognitiva.. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 8(3), 274–292.
- Papert, S. (1995). La máquina de los niños: Replantearse la educación en la era de los ordenadores.
- Sampedro, J. E. V., Redrobán, M. C. S., Álvarez, C. E. A. (2020). Robótica educativa aplicada a la comprensión de la lógica proposicional.. Polo del Conocimiento, 5(2), 200–225.
- Massei, M., Yuan, R., Canalis, M. F., Ribotta, G., Druetta, J., Peretti, G. (2019). La Robótica Educativa: un recurso para potenciar las capacidades científicas-tecnológicas.. XIV

Estrategias de ingeniería innovadoras para potenciar la sustentabilidad de los polímeros

Federico Morales¹ (*fmorales@fi.mdp.edu.ar*), Gabriela Campos¹ (*maregogabriela97@gmail.com*), Carlos Ramirez² (*cramirez.ext@fi.uba.ar*), Caren Rosales¹ (*caren_mdq@hotmail.com*), Alejandra Costantino¹ (*mariaalejandra.costantino@unipr.it*), Valeria Pettarin¹ (*pettarin@fi.mdp.edu.ar*)

¹ Ciencia e Ingeniería de Polímeros, INTEMA, UNMDP/CONICET

² ITPN, UBA/CONICET

Resumen

Desde la introducción industrial de los materiales plásticos, su uso ha aumentado de forma sostenida a nivel mundial. Gracias a su gran versatilidad y propiedades, los polímeros han reemplazado a numerosos materiales en múltiples aplicaciones. Sin embargo, este notable crecimiento no ha venido acompañado de planes eficaces de recuperación y reciclado, lo que ha derivado en un elevado volumen de residuos plásticos mal gestionados. Esta realidad ha generado una percepción negativa sobre los plásticos, que ensombrece los beneficios que aportan, tales como su bajo costo y la capacidad de protección de productos. En la actualidad existe un interés creciente por dotar de sostenibilidad al campo de los polímeros. Para ello se siguen tres vías principales: (i) reincorporar polímeros al final de su vida útil al ciclo de procesamiento mediante estrategias de reciclado; (ii) prolongar la vida útil de los materiales desarrollando sistemas autorreparables; y (iii) diseñar polímeros biodegradables de buen desempeño para aplicaciones de corta vida. En este trabajo se examina el estado actual de las investigaciones realizadas en estas temáticas por los integrantes del grupo de investigación, con el objetivo de avanzar hacia una economía circular en el ámbito de los polímeros.

Palabras clave: polímeros autorreparables; polímeros biodegradables; reciclado de polímeros mezclados; economía circular..

Introducción

El modelo económico lineal —extraer, fabricar, disponer— ha generado una creciente acumulación de residuos y fragilidades ambientales. La economía circular propone sustituir este paradigma por uno regenerativo, basado en tres principios: eliminar residuos y

contaminación, recircular productos y materiales, y regenerar los ecosistemas (Geissdoerfer et al., 2017). Para visualizar estas ideas, el diagrama en forma de mariposa propuesto por la Fundación Ellen McArthur distingue dos ciclos complementarios: el ciclo técnico (reutilización, reparación, re-fabricación,

Por un lado, en el ciclo técnico se priorizan los bucles internos —mantenimiento, reparación y reutilización— porque preservan el mayor valor del producto y consumen menos energía. Las tecnologías de autorreparación (self-healing) son ejemplo de medidas que prolongan la vida útil y evitan la prematura entrada del producto en etapas más intensivas, lo que reduce la demanda de recursos y el impacto ambiental (Ekeocha et al., 2021). Cuando un producto alcanza el final de su vida útil, el reciclado se convierte en la vía de recirculación: primero, el reciclado mecánico (clasificación, reducción de tamaño, extrusión/peletizado), que es menos intensivo energéticamente y permite ciclos múltiples si se controla adecuadamente el procesado; y en último término, el reciclado químico, empleado para polímeros no aptos para reciclado mecánico, que puede recuperar monómeros si el proceso es selectivo, aunque suele conllevar mayor consumo energético (Meys et al., 2020; Bashirgonbadi et al., 2022).

Por otro lado, el ciclo biológico plantea el uso de materiales biodegradables y su reintegración segura y beneficiosa para la biosfera. Este enfoque va más allá de la mera reducción de residuos, apuntando no solo a minimizar daños sino a regenerar activamente los ecosistemas (Venkatachalam y Palaniswamy, 2020). Al final de la vida útil, los productos se convierten en valiosos nutrientes, enriqueciendo suelos, fortaleciendo la biodiversidad y asegurando que cada descarte funcione como un recurso beneficioso que cierra el ciclo ecológicamente.

En este contexto, existen tres estrategias tecnológicas claves para impulsar la circularidad de los materiales poliméricos: (1) reciclaje y *upcycling* de corrientes mixtas y multilaminadas mediante control de morfología y compatibilización; (2) materiales autorreparables, que extienden la vida útil y reducen sustituciones prematuras; y (3) polímeros biodegradables y biocompuestos, que permiten integrar el ciclo biológico (**figura 1**). Estas soluciones reducen la demanda de materia prima virgen y las emisiones asociadas, pero enfrentan retos como mejorar la infraestructura de gestión de residuos, optimizar la separación y clasificación, diseñar procesos para un reciclado óptimo, adaptar tecnologías y

procesos al uso de materiales biobasados y aumentar la participación ciudadana.

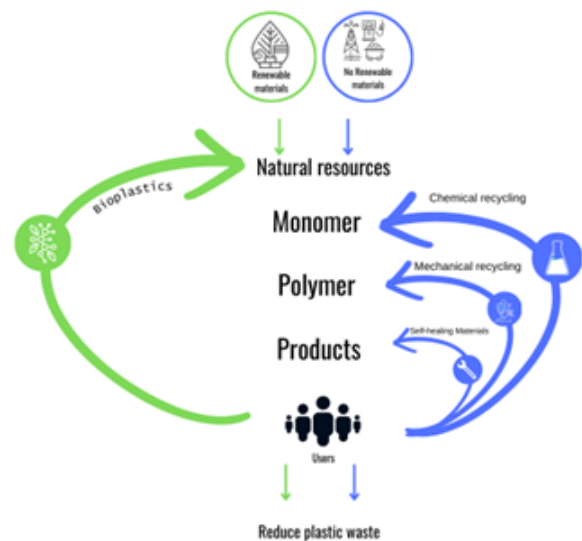


Figura 1 - Figura 1 - Adaptación del diagrama de la mariposa

(<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>) al flujo de polímeros.

En suma, una estrategia efectiva combina diseño de producto, innovación material y mejoras logístico-operativas en gestión de residuos. Este enfoque integral —visualizado y operacionalizado mediante el diagrama mariposa— ofrece una hoja de ruta para integrar los polímeros en una economía circular, con beneficios ambientales, sociales y económicos, siempre que se aborden de forma coordinada los desafíos técnicos y sistémicos existentes. En este trabajo se resumen las acciones llevadas a cabo por el grupo de investigación en estas tres líneas principales.

Desarrollo

Estrategia en el ciclo tecnológico: Polímeros autorreparables basados en azobenceno

En los últimos años, los sistemas poliméricos autorreparables y reciclables han cobrado un creciente interés en el marco de la economía circular, al permitir extender la vida útil de los materiales y reducir la generación de residuos. En este contexto, se han desarrollado matrices epoxi/amina modificadas con cromóforos azobenceno, capaces de inducir procesos de reparación bajo estímulo lumínico. Estos

con luz UV, pasando de un estado estable (Trans) a uno inestable (Cis) como se puede ver en la **figura 2a**. Campos et al. (Campos et al., 2024) formularon una red físicamente entrecruzada a partir de diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA) y dodecilamina (DA), incorporando 4-fenilazofenol (PAP, 10 wt.%) como aditivo funcional. El cromóforo se integró por medio de interacciones de puente de hidrógeno, logrando mezclas homogéneas y confiriendo foto-responsividad a la matriz. Las películas preparadas por *spin-coating* y posteriormente tratadas térmicamente mostraron capacidad de gelación física y comportamiento reversible frente a radiación UV/visible.

La caracterización por FTIR y DSC permitió evaluar la cinética de curado y el efecto del aditivo sobre la transición vítrea, mientras que los ensayos reológicos *in-situ* evidenciaron un marcado foto-ablandamiento durante los ciclos de irradiación. Bajo luz UV se observó un descenso significativo del módulo de almacenamiento (G') acompañado de un aumento de G'' , indicando transición a un estado más dúctil. Al interrumpir la irradiación, el sistema recuperó sus propiedades iniciales, lo que demuestra la reversibilidad del mecanismo (**figura 2b**). Las pruebas de microscopía óptica y perfilometría confirmaron la reducción de la profundidad de las fisuras tras el estímulo lumínico (**figura 2c**), mientras que la nanoindentación reveló valores de módulo reducido (E_r) y dureza consistentes con una recuperación parcial de las propiedades superficiales, confirmando la viabilidad del mecanismo de autorreparación activado por luz (**figura 2d**). Estos resultados ponen de manifiesto la posibilidad de utilizar la fotoisomerización trans→cis de azobenceno como herramienta para inducir procesos de cicatrización superficial en recubrimientos poliméricos, sin necesidad de aporte térmico externo.

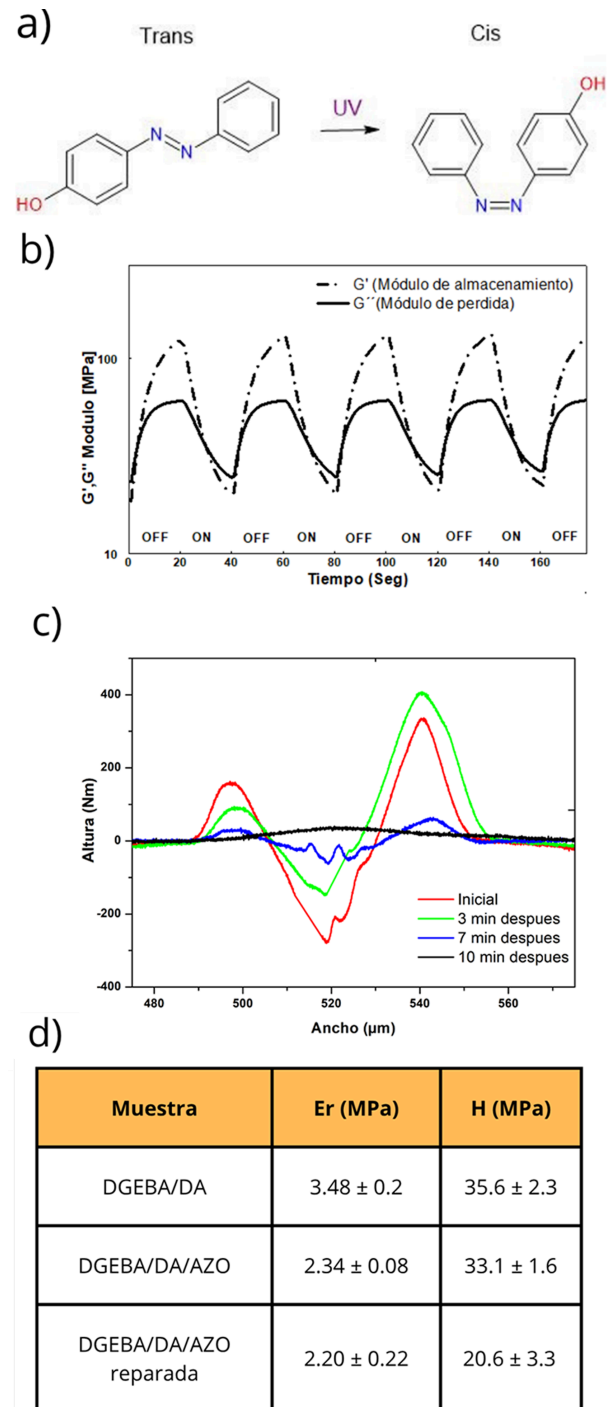


Figura 2 - Avances en polímeros autorreparables. (a) Esquema conceptual del mecanismo fotoinducido (isomerización trans-cis del azobenceno que habilita movilidad local y cicatrización). (b) Curvas reológicas de módulos de almacenamiento (G') y pérdida (G''), mostrando la transición bajo ciclos de luz ON/OFF. (c) Perfilometría comparando la profundidad del surco antes y después de la reparación. (d) Propiedades mecánicas superficiales antes y después de la reparación.

En paralelo, se ha explorado la aplicación de este enfoque para recubrimientos de sustratos metálicos (Caclamánis et al., 2025). En este caso, el objetivo fue transferir la funcionalidad

azobenceno en formulaciones aplicadas sobre acero. Los recubrimientos, de aproximadamente 40–50 μm de espesor, mostraron capacidad de reparación de daños superficiales bajo irradiación UV, con tiempos de cicatrización dependientes de la profundidad del rayado. Asimismo, los ensayos de adhesión (ASTM D3359-09) arrojaron resultados satisfactorios (clasificación 4B, con desprendimiento <5 %), mientras que las pruebas electroquímicas indicaron una disminución de la densidad de corriente de corrosión en las formulaciones modificadas, lo que sugiere una mejor barrera frente a agentes agresivos. Asimismo, se llevaron a cabo ensayos de degradación por radiación UV. Los resultados obtenidos indican que los sistemas modificados con AZO presentan una mayor resistencia frente a la degradación inducida por irradiación UV, evidenciada por una menor formación de productos de degradación en comparación con los sistemas sin modificar. Estas observaciones confirman que la funcionalización con cromóforos azobenceno no solo confiere propiedades autorreparables, sino que también contribuye a mejorar el desempeño protector frente a la degradación ambiental y UV.

No obstante, ambos desarrollos presentan desafíos a resolver. Entre ellos se destacan la reducción de rigidez superficial asociada a la presencia del aditivo, la optimización de la concentración de cromóforo para maximizar la eficiencia de reparación sin comprometer la estabilidad mecánica, y la evaluación de la durabilidad de la funcionalidad frente a ciclos repetidos de estímulo lumínico. En el caso de los recubrimientos, también será fundamental estudiar su comportamiento a largo plazo en condiciones de exposición real y explorar su escalado hacia formulaciones compatibles con sistemas comerciales de protección anticorrosiva.

En conjunto, estos avances evidencian el potencial de los polímeros autorreparables basados en azobenceno como estrategia innovadora para prolongar la vida útil de los materiales y reducir los costos asociados al mantenimiento y sustitución de componentes.

Estrategia en el ciclo tecnológico: Reciclado de corrientes poliméricas mixtas

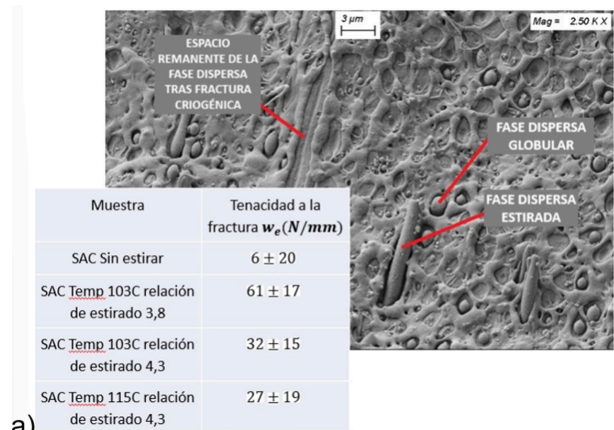
El reciclado eficiente de corrientes mixtas y multilaminadas (p. ej. PE/EVOH o PP/Al) exige estrategias que vayan más allá de la separación química. La manipulación deliberada de la microestructura y la transformación de fracciones complejas en aditivos funcionales han demostrado ser vías viables para *upcycling* con valor agregado. En el caso de películas multicapa tipo sachet de leche (LDPE/LLDPE con capa intermedia de EVOH), se demostró la factibilidad de obtener filmes monolaminados reciclados empleando mezclas con baja adición de compatibilizante; pequeñas dosificaciones (≈ 2 wt% del compatibilizador adecuado) mejoran la deformabilidad y el comportamiento mecánico, mientras que sobredosificaciones inducen agregados que actúan como concentradores de esfuerzo y deterioran el desempeño (procesos y evaluación física descritos en Echeverría et al. 2022). Asimismo, una ruta basada en la microfibrilación *in situ* permitió transformar la fase dispersa en una red fibrilar que incrementó notablemente la tenacidad de los reciclados (**figura 3a**) —en trabajos recientes se reportaron mejoras en tenacidad de hasta un orden de magnitud respecto al material no fibrilado—, gracias a mecanismos de cavitación, generación de microhuecos y mayor disipación energética durante la fractura (Correa & Santana, 2024, Rosales et al 2022). Estas manipulaciones microestructurales permiten elaborar láminas sopladas y films con prestaciones útiles para aplicaciones de envase secundario y embalaje.

Por otra parte, la valorización mecánica de multilaminados PP/Al mediante reducción mecánica y molienda controlada abre la posibilidad de producir partículas micrométricas con doble funcionalidad: efecto estético metálico y acción protectora frente a la foto-oxidación (**figura 3b**). Nuestros estudios de incorporación directa de estas partículas en matrices de PP muestran que, hasta ≈ 20 –25 wt. %, no se observan disminuciones significativas en módulo ni resistencia a tracción ($E \approx 1.8$ –2.0 GPa; $\sigma_{\text{max}} \approx 37$ –39 MPa), mientras que la fractura evoluciona hacia modos más dúctiles y con mayor deformación antes de la falla (Morales et al 2024). Además, la presencia de la fracción metálica compuesta (partícula PP/adhesivo/Al) puede retardar la aparición de productos carbonílicos bajo envejecimiento UV,

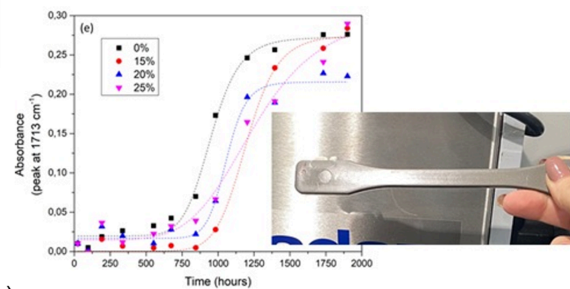
desplazando el inicio de oxidación de ~700 hs a ~900 hs en algunos ensayos), lo que sugiere un efecto protector inicial útil para aplicaciones exteriores o de mayor exigencia lumínica. Estos hallazgos posicionan la ruta mecánica como alternativa de bajo costo para valorizar fracciones PP/Al sin procesos químicos agresivos.

Finalmente, la incorporación de GTR (*ground tire rubber*) en mezclas LLDPE/PP (75/25 w/w, la proporción habitual en los residuos sólidos urbanos) muestra un camino pragmático para mejorar la tenacidad de mezclas poliolefinicas dominantes en los residuos municipales. Nuestros ensayos con adición directa de GTR (5–15 wt%), sin devulcanización, han producido aumentos sustantivos en tenacidad (mejoras entre ~85–110% en condiciones optimizadas) y elevación de la elongación a la rotura (valores reportados hasta ~280%), a costa de una reducción del módulo tolerable de hasta ~30% (**figura 3c**) (Rosales et al 2023). El efecto mecánico se atribuye a la acción de cavitación/desprendimiento de partículas y a la deformación plástica de la matriz. Además, la morfología (dispersión homogénea y ausencia de aglomerados) y el tamaño de partícula resultan críticos para maximizar la disipación de energía y evitar puntos de inicio de falla. Estos resultados indican que GTR puede transformar corrientes mixtas de residuos sólidos urbanos en materiales de mayor valor mecánico sin procesos complejos de tratamiento químico.

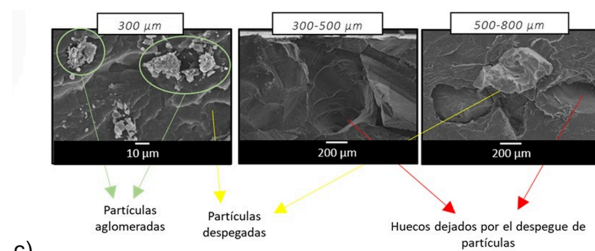
En síntesis, las tres estrategias, microfibrilación, producción de partículas funcionales y adición controlada de GTR, son complementarias y aplicables a escalas semi-industriales. Comparten ventajas, tales como el uso limitado de etapas químicas, la posibilidad de *upcycling* mecánico, la transferencia a procesos convencionales de extrusión e inyección, y desafíos comunes: control de morfología en proceso continuo, optimización de dosificaciones para evitar efectos adversos, evaluación de durabilidad frente a envejecimiento y análisis ambiental/económico. Para su escalado, resulta clave integrar control de granulometría, dosificación de compatibilizantes mínimos y protocolos de limpieza/secado que minimicen la degradación térmica.



a)



b)



c)

Tamaño de partículas de GTR (μm)	Porcentaje de partículas de GTR (w/w %)	Tenacidad a la fractura w_e (KJ/m ²)	Resistencia a la propagación de fisuras β_{w_p} (MJ/m ³)
-	0	14.1 ± 1.6	0.6 ± 0.1
<300	5	14.9 ± 5.1	1.8 ± 0.1
	10	26.0 ± 4.2	2.0 ± 0.2
	15	3.2 ± 3.0	3.3 ± 0.3
300-500	5	9.6 ± 6.1	3.2 ± 0.7
	10	16.4 ± 5.3	2.3 ± 0.4
	15	29.5 ± 4.0	2.8 ± 0.4

Figura 3 - Estrategias de valorización de corrientes plásticas mixtas (a) Microfibrilación in situ de mezclas PE/EVOH: transformación de dominios dispersos en fibrillas de alta relación de aspecto que incrementan la tenacidad por mecanismos de cavitación y disipación de energía. (b) Reciclado mecánico de multilaminados PP/Al: obtención de partículas micrométricas con doble funcionalidad (estética y protectora), su incorporación en matrices poliolefinicas mantiene propiedades mecánicas y mejora la resistencia a foto-oxidación. (c) Incorporación de GTR en mezclas LLDPE/PP: dispersión homogénea de partículas de caucho molido que inducen mecanismos de debonding y deformación plástica, generando incrementos significativos en la elongación a la rotura y la tenacidad.

Estrategia en el ciclo biológico: Compuestos biodegradables PLA / fibras naturales

incrementan la sensibilidad higroscópica y condicionan la degradación ambiental.

Los estudios realizados por el grupo muestran que la incorporación de fibras naturales en matrices de ácido poliláctico (PLA) es una vía eficaz para mejorar ciertas prestaciones mecánicas —en particular la tenacidad y la resistencia a fractura— manteniendo el carácter biobasado y compostable del material. Ramirez et al. (2024a) prepararon compuestos de PLA reforzados con fibras cortas de sisal, coco y fique a contenidos reducidos (1, 3 y 5 wt. %), procesados por mezclado en fundido y moldeo por compresión (**figura 4a**). A pesar de no aplicar tratamientos químicos a las fibras, se observó un incremento notable de la tenacidad a la fractura (hasta ~+130 % en compuestos con sisal respecto a PLA puro) (**figura 4b**) atribuible a mecanismos de disipación de energía tales como deformación plástica de la matriz polimérica, rotura de fibra y *pull-out*. Estos mecanismos fueron evidenciados por fractografía SEM y por el análisis de curvas de fractura cuasi-estática, que indicaron una transición hacia respuestas post-fluencia más dúctiles en los compuestos (**figura 4c**). Además, las fibras actuaron como agentes nucleantes, incrementando la cristalinidad del PLA y modificando la cinética térmica del material. También se evaluó la estabilidad ambiental de los biocompuestos comparando los compuestos de PLA con 5 wt.% de coco, fique y sisal frente a ensayos de inmersión en agua, compost industrial y exposición UV (Ramirez et al 2024b, Ramirez et al 2025). Los resultados mostraron que la incorporación de fibras aumenta la absorción de agua pero, paradójicamente, retarda la pérdida de masa durante el compostaje industrial en comparación con el PLA virgen (**figura 4d**). Esto se atribuye al incremento de cristalinidad inducido por las fibras, que reduce la accesibilidad de humedad y microorganismos a las cadenas poliméricas y ralentiza la hidrólisis. En ensayos de envejecimiento UV, las fibras de fique y sisal ofrecieron una protección relativa frente a la formación de grupos carbonilo y a la pérdida de integridad mecánica; las fibras de coco, con mayor contenido de lignina, mostraron un comportamiento distinto. Estos resultados subrayan el papel dual de las fibras: mejoran la tenacidad y la estabilidad térmica/cristalina, pero

El tratamiento alcalino de fibras (NaOH) se analizó como estrategia para mejorar la adhesión fibra-matriz: la eliminación parcial de lignina/hemicelulosa se espera que incremente la rugosidad superficial y genere mayor anclaje físico-químico, traduciéndose en incremento de la ductilidad y, en algunos casos, de la tenacidad. No obstante, la eficacia depende críticamente de la severidad del tratamiento (concentración/tiempo) y a su vez de la naturaleza química de la fibra: tratamientos excesivos degradan la fibra y reducen su capacidad de refuerzo, por lo que se requiere optimización para cada tipo de fibra (Ramirez et al. 2024c).

En conjunto, las evidencias indican que los compuestos de PLA con bajos porcentajes de fibras naturales (1–5 wt%) pueden ofrecer mejoras mecánicas relevantes sin perder su carácter de desintegrabilidad en condiciones de compostaje industrial. Sin embargo, las decisiones de diseño (tipo de fibra, longitud, contenido, tratamiento superficial y condiciones de procesado) implican *trade-offs* entre propiedades mecánicas, estabilidad ambiental y comportamiento de degradación. Es por ello que son necesarias optimizaciones integradas (ensayos mecánicos completos, caracterización térmica/FTIR, estudios de envejecimiento y análisis de ciclo de vida) antes de su escalado industrial.

Conclusiones

Del análisis realizado se desprende que la transición hacia una economía circular de los polímeros constituye un cambio de paradigma en la gestión de recursos y en la protección ambiental. Los principios de circularidad —eliminación de residuos, recirculación de materiales y regeneración de los ecosistemas— ofrecen un marco integral para avanzar hacia un desarrollo sostenible.

En este contexto, los polímeros presentan tanto oportunidades como desafíos. Estrategias como la incorporación de propiedades autorreparables y el avance en técnicas de reciclado mecánico y químico resultan prometedoras para reducir desechos y conservar recursos. Sin embargo, para materializar estos beneficios se requiere fortalecer la infraestructura de gestión de

residuos, optimizar las tecnologías de separación y reciclaje, además de fomentar la concientización y participación ciudadana. Asimismo, el diseño de productos que contemplen desde su origen la facilidad de separación y reciclado se vuelve un aspecto clave.

Por su parte, el uso de polímeros biobasados reforzados con fibras naturales constituye una alternativa prometedora para sustituir a los polímeros comerciales, cuya principal ventaja radica en su capacidad de desintegrarse una vez finalizado su ciclo de vida útil. No obstante, la optimización del diseño de estos materiales representa un desafío clave para su implementación a nivel industrial, ya que es necesario alcanzar un equilibrio adecuado entre las formulaciones y las propiedades mecánicas requeridas para cada aplicación.

En síntesis, aunque el camino hacia una economía circular en polímeros enfrenta múltiples obstáculos, también abre oportunidades inéditas para la innovación, la cooperación y el impacto ambiental positivo. Abrazar los principios de circularidad y trabajar activamente en la superación de las limitaciones actuales permitirá sentar las bases de un futuro más sostenible y próspero para las próximas generaciones.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Mar del Plata y al CONICET por el financiamiento de las investigaciones.

Bibliografía

- Bashirgonbadi, A., Saputra Lase, I., Delva, L., Van Geem, K. M., De Meester, S., Ragaert, K. (2022). Quality evaluation and economic assessment of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics.. *Waste Management*, 153, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.08.018>
- Caclamanis, J. P., Campos, G. C., Zucchi, I., Cere, S., Galante, M. J., Pettarin, V. (2025). Recyclable epoxy-amine coating modified with an azobenzene for light-activated

- damage repair and enhanced degradation resistance.. *Express Polymer Letters*, 19(11), 1188–1201. <https://doi.org/10.31444/expresspolymlett.2025.87>
- Campos, G. C., Sáiz, L. M., Pettarin, V., Zucchi, I. A., Galante, M. J. (2023). Self-healing recyclable polymers based on azobenzenes with thermoset-like behaviour.. *Polymer*, 290, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2023.126560>
- Correa, M., Santana, N. (s.f.). Obtención de materiales de alto desempeño a partir de mezclas recicladas de PE-EVOH provenientes de envases tipo sachets de leche.. Tesis de Ingeniería en Materiales, Facultad de Ingeniería, UNMdP. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/handle/123456789/1018>
- Echeverría, T., Rosales, C., Palazzo, G., Pettarin, V. (2022). Viability of milk pouch recycling into monolayer blown films.. *Sustainable Materials and Technologies*, 32, e00412. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2022.e00412>
- Ekeocha, J., Ellingford, C., Pan, M., Wemyss, A. M., Bowen, C., Wan, C. (2021). Challenges and Opportunities of Self-Healing Polymers and Devices for Extreme and Hostile Environments.. *Advanced Materials*, 33, 2008052. <https://doi.org/10.1002/adma.202008052>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Meys, R., Frick, F., Westhues, S., Sternberg, A., Klankermayer, J., Bardow, A. (2020). Towards a circular economy for plastic packaging wastes – the environmental potential of chemical recycling.. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105010. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105010>
- Morales, F., Costantino, A., Pettarin, V. (2024). Desarrollo de aditivos innovadores a partir de envases multicapa de polipropileno y aluminio.. XX Congreso Internacional de Materiales SAM CONAMET 2024, Buenos Aires, Argentina.
- Ramirez, C., Agaliotis, E., Pettarin, V. (2024). Fracture toughness and overall characterization of PLA based biocomposites with natural fibers: A comparative study.. *Polymer*, 307, 127309. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2024.127309>
- Ramirez, C., Agaliotis, E., Pettarin, V. (2024). Estudio de desintegración y absorción de agua en compuestos basados en PLA y fibras naturales.. V Workshop Virtual de Polímeros Biodegradables y Biocompuestos 2024, Mar del Plata, Argentina.
- Ramirez, C., Agaliotis, E., Pettarin, V. (2024). Efecto del tratamiento con hidróxido de sodio en compuestos de ácido poliláctico (PLA) y fibras naturales.. XX Congreso Internacional de Materiales SAM CONAMET 2024, Buenos Aires, Argentina.
- Ramirez, C., Morales, F., Agaliotis, E., Pettarin, V. (2025). Degradación UV en biocompuestos de ácido poliláctico (PLA) reforzado con fibras naturales.. XVII Simposio Argentino de Polímeros 2025, Salta, Argentina.
- Rosales, C., Aranburu, N., Otaegi, I., Pettarin, V., Bernal, C., Müller, A. J., Guerrica-Echevarría, G. (2022). Improving the Mechanical Performance of LDPE/PP Blends through Microfibrillation.. *ACS Applied Polymer Materials*, 4(5), 3369–3379. <https://doi.org/10.1021/acsapm.1c01932>
- Rosales, C., Ait Hocine, N., Bernal, C., Pettarin, V. (2023). Toughness improvement of LLDPE/PP blend by incorporation of GTR waste.. *Polymer Bulletin*, 81, 6743–6760. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-05027-6>
- Venkatachalam, H., Palaniswamy, R. (2020). Biplastic World: A Review.. *Journal of Advanced Scientific Research*, 11(03), 43–53. <https://sciensage.info/index.php/JASR/article/view/505>

Uso de radiación ionizante para preservación de productos pesqueros, dosis y aceptabilidad sensorial del consumidor

Marianina Perez Cenci¹ (mperezcenci@gmail.com), M. C. Cova², A. García Loredo¹, Alejandra Tomac¹

¹ Grupo de Investigación Preservación y Calidad de Alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Ambiente. Facultad de Ingeniería

² Sección Irradiación de Alimentos, Gerencia de Aplicaciones y Tecnología de Radiaciones, Gerencia de Área Aplicaciones de la Energía Nuclear, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Presbítero González y Aragón N° 15, Ezeiza, Buenos Aires, Argentina.

Resumen

Actualmente, el consumo de productos provenientes de la pesca en nuestro país se encuentra por debajo del promedio mundial, aun sabiendo que constituyen una importante fuente de nutrientes esenciales, como proteínas, ácidos grasos, vitaminas y minerales. La aplicación de radiaciones ionizantes es utilizada a nivel mundial y ha demostrado ser una alternativa eficaz y segura entre los métodos de preservación de alimentos. El objetivo fue aplicar radiación ionizante y analizar su efecto en la aceptación sensorial y la intención de consumo de filetes de pescadilla tratados con esta tecnología, durante su almacenamiento en refrigeración. Los filetes frescos y envasados fueron tratados a dosis de 4 y 8 kGy en la Planta de Irradiación Semi Industrial del Centro Atómico Ezeiza (CNEA). La evaluación de filetes cocidos fue realizada por 75 evaluadores pertenecientes a la comunidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en diferentes tiempos de almacenamiento. Los mismos evaluaron la aceptabilidad sensorial del producto (aparición, aroma, sabor, textura y aceptabilidad global) utilizando una escala verbal de 7 puntos, en la que 7 representaba el máximo nivel de agrado y 1 el mínimo, a los 2 (0, 4 y 8 kGy), 13 (4 y 8 kGy) y 29 (8 kGy) días luego de aplicado el tratamiento. En todos los casos, las muestras recibieron valoraciones positivas (promedios mayores a 4) e intención de consumo favorable. La muestra control presentó un alto nivel de deterioro a tiempos cortos, por lo que sólo fue evaluada a los 2 días, mientras que los filetes tratados conservaron su calidad y frescura por al menos 13 y 29 días en refrigeración. El tratamiento con radiación ionizante gamma ofrece un potencial significativo para extender la vida útil de productos pesqueros al mantener su calidad sensorial y seguridad microbiológica, proporcionando una solución efectiva para garantizar la disponibilidad de alimentos frescos y seguros en mercados globales.

Palabras clave: irradiación de alimentos; extensión de la vida

útil; calidad organoléptica.

Introducción

El uso de radiación ionizante se ha consolidado como una alternativa eficaz para extender la vida útil y conservar el estado de frescura en productos pesqueros, caracterizados por ser altamente perecederos. Resultados obtenidos en investigaciones previas mostraron que los filetes de pescadilla (*Cynoscion guatucupa*) pudieron conservarse hasta 19 días cuando fueron tratados con una dosis de 4 kGy, lo que se atribuyó a la reducción de los recuentos iniciales de microorganismos y a la ralentización de su crecimiento bajo refrigeración (Perez Cenci *et al.*, 2022a; 2022b). Debido a la naturaleza del proceso industrial, cuando se aplica esta tecnología en esta escala existe una dispersión de dosis, y por lo tanto, resulta necesario evaluar un rango que logre extender el tiempo de conservación sin comprometer los atributos sensoriales (Chadwic y Oosterheert, 1986). En este marco, el objetivo de este estudio fue analizar la aceptación sensorial y la intención de consumo de filetes de pescadilla tratados con 4 y 8 kGy durante su almacenamiento refrigerado.

Desarrollo

Materiales y métodos

Filetes despinados sin piel de pescadilla (*Cynoscion guatucupa*), capturada en el Partido de Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina), fueron tratados con radiación ionizante gamma a dosis de 0, 4 y 8 kGy en el Centro Atómico Ezeiza (CNEA) con una fuente de cobalto-60. Las muestras control y tratadas se almacenaron a 4 ± 1 °C durante un mes. Se evaluó la aceptabilidad sensorial de los filetes cocidos mediante un panel de 75 consumidores pertenecientes a la comunidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, quienes calificaron los atributos aroma, apariencia, textura en boca, sabor y aceptabilidad global en una escala hedónica de 7 puntos. Siendo los puntajes de los extremos inferior y superior 1 (me disgusta mucho) y 7 (me gusta mucho), respectivamente. Los filetes crudos se cortaron en cubos de $3 \times 3 \times 1 \text{ cm}^3$ y se

marinaron por 3 minutos en una mezcla de 8 mL de jugo de limón, 4 mL de aceite de girasol, 0,75 g de sal fina, 0,35 g de pimentón y 0,25 g de condimento para pescado por cada 100 g de filetes. Las muestras se cocieron a 190 °C por 20 minutos y se sirvieron a los consumidores a la temperatura de consumo en las instalaciones del laboratorio del Grupo de Investigación Preservación y Calidad de Alimentos (GIPCAL, INCITAA, FI, UNMDP) las cuales fueron acondicionadas para recibir al panel de consumidores en grupos de aproximadamente 15 personas. Los evaluadores recibieron muestras codificadas con 3 dígitos seleccionados al azar y volcaron sus evaluaciones en un formulario digital al cual accedieron mediante un código QR (Figura 1). Las evaluaciones sensoriales se realizaron a los 2 (0, 4 y 8 kGy), 13 (4 y 8 kGy) y 29 (8 kGy) días de almacenamiento. Los datos se analizaron utilizando ANOVA de dos factores (dosis-tiempo) y Test de Tukey ($p < 0,05$).



Figura 1 - a) Esquema de presentación de las muestras a los consumidores. b) Panel de consumidores en instancia de evaluación sensorial en las instalaciones del GIPCAL.

Resultados y discusión

A los dos días de aplicado el tratamiento (día 2), todas las muestras presentaron una buena aceptabilidad sensorial, con puntajes promedio mayores a 4 en todos los atributos evaluados, coincidentes con valoraciones positivas en la escala verbal utilizada. Las dosis aplicadas no afectaron ($p>0,05$) la aceptabilidad sensorial de los filetes, la cual se mantuvo durante al menos 13 y 29 días para 4 kGy y 8 kGy, respectivamente. Este comportamiento se resume en el gráfico de la Figura 2.

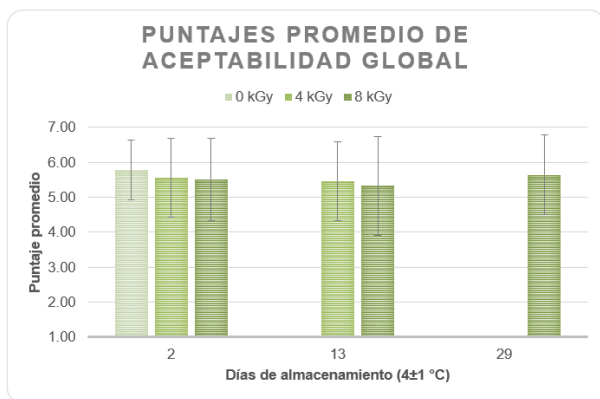


Figura 2 - Puntajes promedio de aceptabilidad global en filetes de pescadilla irradiados cocidos durante el almacenamiento a 4±1°C.

En cada ocasión, la aceptabilidad global de los filetes irradiados y sin irradiar fue valorada con puntajes mayores o iguales a 5 por más del 75 % de los consumidores (Figura 3) y más del 60 % de ellos indicaron que consumirían el producto.

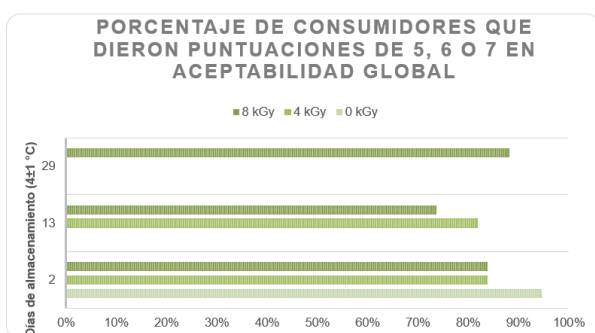


Figura 3 - Porcentaje de consumidores que dieron puntuaciones de 5, 6 o 7 en aceptabilidad global.

Resultados similares fueron hallados en productos pesqueros de diferentes especies tratados con radiación ionizante. La aplicación de radiación ionizante gamma no modificó

sensorialmente a anillas de calamar tratadas con 2, 3 y 4 kGy (Tomac y Yeannes, 2012); y filetes de carpa que recibieron dosis de 1, 3 y 5 kGy (Abdeldaiem, Mohammad y Ramadan, 2018). Camarones tratados con dosis de 2,5; 5 y 7,5 kGy proveniente de una fuente de electrones acelerados, también fueron aceptados de manera positiva al evaluar sus atributos sensoriales (Annamalai *et al.*, 2020).

Conclusiones

Los filetes de pescadilla preservados con radiación ionizante gamma presentaron una muy buena aceptabilidad sensorial e intención de consumo por parte de los consumidores, sin diferencias con el control. Se corroboró que un rango de dosis hasta 8 kGy no afecta la calidad sensorial. Esta tecnología permitió preservar el producto y mantener su aceptabilidad en refrigeración, de manera proporcional a la dosis, al menos 27 días con 8 kGy. La irradiación gamma ofrece un potencial significativo para extender la vida útil de productos pesqueros al mantener su calidad sensorial y seguridad microbiológica, proporcionando una solución efectiva para garantizar la disponibilidad de alimentos frescos y seguros en mercados globales.

Bibliografía

- Abdeldaiem, M. H., Mohammad, H. G., Ramadan, M. F. (2018). Improving the Quality of Silver Carp Fish Fillets by Gamma Irradiation and Coatings Containing Rosemary Oil.. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(5), 568–579.
- Annamalai, J., Sivam, V., Unnikrishnan, P., Sivasankara, S. K., Pansingh, R. K., Abdul, K. S., Lakshmi, N. M., Nagarajarao, R. C. (2020). Effect of electron beam irradiation on the biochemical, microbiological and sensory quality of *Litopenaeus vannamei* during chilled storage.. *Journal of Food Science and Technology*, 57(6), 2150–2158.
- Chadwick, K. H., Oosterheert, W. F. (1986). Dosimetry concepts and measurements in food irradiation processing.. *Applied Radiation and Isotopes*, 37(1), 47–52. [http-](http://)

[s://doi.org/https://doi.org/10.1016/0883-2889\(86\)90195-4](https://doi.org/10.1016/0883-2889(86)90195-4). [https://doi.org/10.1016/0883-2889\(86\)90195-4](https://doi.org/10.1016/0883-2889(86)90195-4)

Perez Cenci, M., Felix, M. L., Cova, M. C., Garcia Loredo, A. B., Tomac, A. (2022). Preservación de filetes de pescadilla frescos con radiación ionizante.. Libro de resúmenes VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (CICyTAC 2022). <https://cicytac.cba.gov.ar>

Perez Cenci, M., Cova, M. C., Garcia Loredo, A. B., Tomac, A. (2022). Efecto de la radiación ionizante sobre la calidad y la aceptabilidad sensorial de pescado blanco magro en refrigeración.. Libro de resúmenes VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba (CICyTAC 2022). <https://cicytac.cba.gov.ar>

Tomac, A., Yeannes, M. I. (2012). Gamma radiation effect on quality changes in vacuum-packed squid (*Illex argentinus*) mantle rings during refrigerated (4–5 °C) storage.. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(7), 1550–1557.

El planteo de problemas y preguntas abiertas como estrategia pedagógica en Electrotecnia

Gustavo Oscar Belliski¹ (gbelliski@fi.mdp.edu.ar), Justo José Roberts¹ (jjroberts@fi.mdp.edu.ar)

¹ Grupo de Estudio en Sistemas Energéticos (GESE), Dto de Ing. Eléctrica, FI-UNMDP

Resumen

Se describen las aplicaciones del Aprendizaje Basado en Problemas en la enseñanza de la Electrotecnia, analizando experiencias ya conocidas y proponiendo una búsqueda propia para la especialidad a partir de nuestra experiencia en la UNMDP

Palabras clave: electrotecnia; aprendizaje; ABProb; problemas.

Introducción

No es la Electrotecnia un campo de conocimiento que al enseñarse en forma clásica admita como técnica pedagógica el debate o la discusión, particularmente cuando se lo concibe como un saber exacto y cerrado. Sin embargo, desde la perspectiva de la dialéctica hegeliana, el conocimiento técnico se enriquece en la tensión entre tesis y antítesis que conducen a una síntesis superadora. De este modo, los problemas y las preguntas abiertas introducen en Electrotecnia un espacio de contradicción productiva, donde las respuestas parciales y diversas no son errores sino momentos necesarios para alcanzar una comprensión más profunda y crítica del fenómeno eléctrico.

¿De qué hablamos al hablar de circuitos eléctricos?

Del análisis de diversos libros de Electrotecnia clásicos utilizados habitualmente como bibliografía en el dictado de la materia (para este trabajo consultamos: Dorf, R. y Svoboda, J. (2006); Van Valkenburg, M.E. (2002); Kerchner y Corcoran (1962) Gussow, M. (2012), Alcalde San Miguel, P. (2022) y Alexander C.K. y Sadiku M.N. (2022)), surge que los autores no consideran los problemas sin solución como un tema a tratar en Electrotecnia. Ni siquiera se tratan los habitualmente llamados “circuitos

imposibles”, que no cumplen las leyes de Kirchhoff, y que, en nuestra experiencia, aportan interés al tratamiento de los circuitos básicos, dando posibilidades a los estudiantes de captar la gran diferencia que puede existir entre la representación simbólica de un circuito y su funcionamiento real. Más aún: Alexander y Sadiku proponen un método de resolución para TODOS los problemas:

“1. Definir cuidadosamente el problema [...] 2. Presentar todo lo que se sabe sobre el problema [...] 3. Establecer una serie de soluciones alternativas y determinar la que ofrece la mayor probabilidad de éxito [...] 6. ¿El problema ha sido resuelto satisfactoriamente? Si es así, se presenta la solución; de lo contrario, se regresa al paso 3 y se repite el proceso...” (Alexander y Sadiku, 2022, p.21)

Del paso 6 puede deducirse la idea de los autores acerca de que TODOS los problemas de electrotecnia tienen una, y sólo una, solución satisfactoria. Esta afirmación en sí misma es errónea: casi todos los que hemos cursado electrotecnia nos hemos encontrado con circuitos imposibles, con soluciones inestables o caóticas, o directamente insolubles, aún con toda la teoría disponible. Para ser más claros,

veamos un simple ejemplo de un circuito con solución y con una variante sin solución:

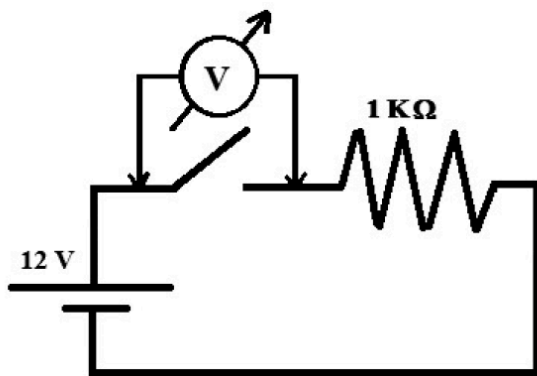


Figura 1 - Circuito con solución

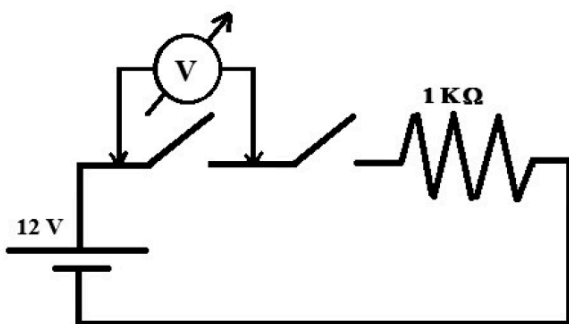


Figura 2 - Circuito sin solución

Los circuitos de arriba cumplen ambos con la condición de ser circuitos eléctricos, según la definición dada por Alexander y Sadiku, “un circuito eléctrico es una interconexión de elementos eléctricos” (Alexander y Sadiku, 2022, p.4), o con las condiciones establecidas por Milton Gussow: “un circuito eléctrico práctico consta por lo menos de cuatro partes: (1) una fuente de fuerza electromotriz, (2) conductores, (3) una carga y (4) un medio de control” (Gusow, M., 2012, p.38), y también con la establecida por Alcalde San Miguel, “las condiciones para que se forme un circuito eléctrico [...] son: un GENERADOR [...], un CONDUCTOR[...] y un RECEPTOR” (Alcalde San Miguel, P., 2022, p. 6). En el circuito con solución, es claro que el Voltímetro indica 12 V, mientras que en el segundo caso, si medimos sobre el primer interruptor, indicará 0V, si medimos sobre el segundo indicará también 0V, y si ampliamos nuestra medición a los dos interruptores, volvemos a medir 12 V. No podemos determinar cuánta tensión cae en cada uno de los interruptores: no es cero, con seguridad, en

cada uno. Y también con seguridad, la caída sumada en ambos interruptores es 12 V. Pero cuánto exactamente cae en cada uno no puede determinarse, si los interruptores son ideales. Otro ejemplo que permiten las definiciones de circuito eléctrico dadas anteriormente es el siguiente: supongamos analizar esta “interconexión de elementos eléctricos”:

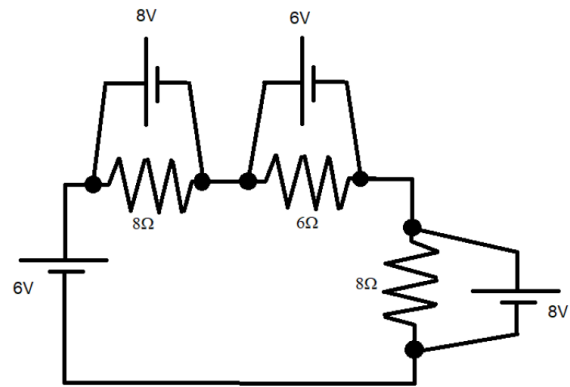


Figura 3 - Una interconexión de elementos eléctricos

La interconexión de elementos eléctricos que se muestra en la Figura 3 cuenta con todas las características requeridas por los autores anteriormente citados. Sin embargo, también es fácil ver que no cumple con las leyes de Kirchhoff (cerrando un lazo que recorra todas las fuentes, se ve que suma 16 V y no los 0 requeridos por las leyes mencionadas). Luego, podríamos postular que un circuito eléctrico, además de requerir la interconexión, el o los generadores y demás cuestiones exigidas por la mayor parte de los autores, requiere cumplir las leyes de Kirchhoff y Ohm. No es un circuito eléctrico si no lo hace, más allá de que su dibujo parece un circuito eléctrico. Miremos ahora con atención este otro circuito:

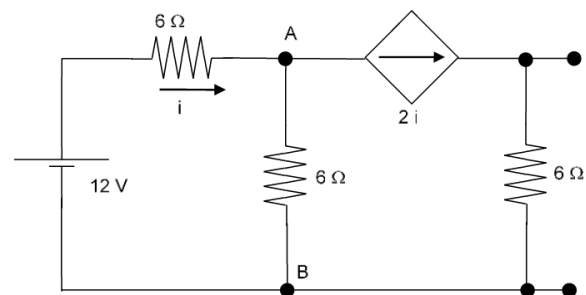


Figura 4 - Un circuito con una fuente controlada

Antes de seguir, mire el circuito con atención. ¿Cumple con los requisitos de ser un circuito

eléctrico? Tómese un tiempo... ¿puede descubrir el problema? Veamos: en el nodo A, entra una corriente i , y salen (debido al generador de corriente controlado por corriente) $2i$. Eso obliga a que venga desde abajo una corriente i por la rama vertical inferior del nodo A. Bien. La ley de Kirchhoff de las corrientes se cumple. Parece que no hay problema. Pero las leyes de Kirchhoff no deben cumplirse en partes o sólo una y la otra no importa: hagamos la malla de la izquierda: $12V - i.6 + i.6$ debe dar cero... Sin embargo, da $+12V$. No cumple la ley de las tensiones: a lo largo de una malla cerrada, la suma de las tensiones es cero. Nuevamente, no cumple las leyes de Kirchhoff, y por tanto, es no más que un dibujo, y no un circuito eléctrico.

La metodología de los problemas

En este punto debemos preguntarnos: ¿no era éste un trabajo sobre pedagogía de la electrotecnia? Sí, de hecho lo es. Y la mejor forma de presentarlo era problematizando la presentación. Preguntando. Cuestionando. Y si al leer la primera parte el lector sintió ganas de cuestionar, de decir “no puede ser”, “no entiendo”, etc., ese es el efecto que se busca. Un problema no debe ser resuelto mediante una receta. Si es así, deja de ser un problema para ser un ejercicio. Y no tiene la misma validez en el proceso de enseñanza y de aprendizaje. El problema, el conflicto, la necesidad de reacomodamiento de conocimientos, la tensión con las estructuras cognitivas previas, todo eso es necesario para provocar un aprendizaje. Y por supuesto, no sirve poner el problema muy lejos de la comprensión: hay una zona de desarrollo próximo en la que el nuevo conocimiento es alcanzable, fuera de ella no conseguimos ni siquiera interés en la lectura. Esto es lo que propone el constructivismo. Y basado en él, la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABProb). Como dicen Torp y Sage, en su libro “El aprendizaje basado en problemas”:

“El aprendizaje basado en problemas reformula nuestra práctica de lo que algunos llaman el paradigma de aprendizaje. El ABProb coloca a los estudiantes frente a una situación confusa, no estructurada, ante la cual

ellos asumen el rol de interesados, de “propietarios” de la situación. Los alumnos identifican el problema real y aprenden, mediante la investigación, lo que sea necesario para llegar a una solución viable. Los docentes plantean problemas del mundo real y el juego de roles mientras respaldan el aprendizaje poniendo a prueba, cuestionando y desafiando el pensamiento de los estudiantes.” (Torp, I. & Sage, S., 2007, p.35-36)

En ingeniería, el ABProb se presenta como una alternativa metodológica coherente con el rigor propio de la disciplina, adaptado a la naturaleza flexible del estudiante actual impulsando para la creatividad y la innovación (Parra Castrillón et al., 2016, p. 20). La metodología se distingue por varias características fundamentales: 1. Centrada en el Estudiante: A diferencia de los enfoques tradicionales, el ABProb coloca al alumno en el centro del proceso de aprendizaje, motivándolo a indagar y a construir su propio conocimiento (Parra Castrillón et al., 2016, p. 21). El estudiante asume un rol protagónico, siendo responsable de su aprendizaje autónomo (Rios, 2022). 2. Problemas contextualizados como punto de partida: El aprendizaje se inicia con la presentación de situaciones problemáticas pertinentes y significativas, preferiblemente no estructuradas y sin una solución predeterminada, que incitan a la libre indagación. Estos problemas deben ser complejos y motivar la creatividad (Parra Castrillón et al., 2016, p. 20-21). 3. Fomento de la Interdisciplinariedad: promueve la integración de conocimientos de diversas disciplinas, ayudando a superar las barreras entre ellas al abordar problemas complejos que requieren múltiples perspectivas (INTEF, s.f., p. 9). 4. Rol del Docente como Facilitador: El profesor transforma su papel de transmisor de conocimiento a un facilitador, tutor o guía que acompaña a los estudiantes en su proceso de aprendizaje y movilización para identificar las necesidades de conocimiento (Parra Castrillón et al., 2016, p. 21; Rios, 2022). 5. Desarrollo de Competencias: El ABProb está diseñado para desarrollar competencias interpretativas, propositivas y argumentativas (Parra Castrillón et al., 2016, p. 21, 23). También impulsa el pensamiento crítico, la capacidad de aplicar

conocimientos en la práctica y un espíritu emprendedor (Parra Castrillón et al., 2016, p. 20; Olivos Barranco et al., 2024, p. 317). Se pueden describir los siguientes elementos clave que estructuran una experiencia de ABProb:

1. Planteamiento de una Situación Problematizadora: El proceso se inicia con la presentación de un problema, caso o situación compleja que es pertinente y significativa para los estudiantes. El inicio de la clase no es expositivo, sino que moviliza a los estudiantes hacia la identificación de los aprendizajes necesarios (Parra Castrillón et al., 2016, p. 21).
2. Indagación y Definición del Problema: Los estudiantes se involucran en la libre indagación del problema. Esto implica analizar la situación, identificar lo que se conoce y lo que se necesita aprender, y definir el problema o la tarea específica a resolver (Parra Castrillón et al., 2016, p. 21).
3. Aplicación y Resolución: Utilizando la información recopilada y sus conocimientos previos, los estudiantes trabajan colaborativamente para proponer y desarrollar soluciones al problema planteado. Esto puede implicar la aplicación de teorías, la experimentación o la construcción de prototipos (Parra Castrillón et al., 2016, p. 21; Olivos Barranco et al., 2024, p. 349).
4. Presentación de Resultados y Reflexión: Los estudiantes presentan sus soluciones, argumentando sus propuestas. Posteriormente, se lleva a cabo una fase de análisis de la conclusión y de reflexión sobre los conocimientos adquiridos y el método utilizado, lo cual contribuye a un aprendizaje significativo y al desarrollo de competencias (Parra Castrillón et al., 2016, p. 21, 23).

El ABProb puede implementarse de diversas maneras, desde la planeación de varios

proyectos en un mismo grupo, hasta un proyecto general de ingeniería aplicada, o proyectos que surgen de los preconceptos de los estudiantes (Parra Castrillón et al., 2016, p. 25-33). Es una metodología que fomenta una actitud positiva hacia la creatividad y la innovación, haciendo las clases más dinámicas y motivadoras (Parra Castrillón et al., 2016, p. 39).

La búsqueda y la aplicación de los problemas

Las clases de Electrotecnia 1 (donde trabajamos con esta modalidad en el pasado) y la actual Electrotecnia A tienen un formato que hemos adaptado a nuestro uso: la cátedra utiliza la metodología de reverse learning (aula invertida), poniendo a disposición de los alumnos videos, apuntes y material en general antes de la clase de teoría. Durante ésta, se espera que los alumnos hayan visto el material y hayan tenido una buena introducción al tema que se está tratando, de forma que la clase se dedica a explicar ejemplos de aplicación de los contenidos, cuestionando y preguntando sobre problemas iniciales. Luego, los alumnos deben trabajar en la resolución de la guía, que divide la práctica en problemas propiamente dichos y ejercicios, con la diferencia que ya mencionamos.

Uno de los problemas más difíciles de resolver en estos casos para los docentes es encontrar los problemas adecuados. Por suerte, hay autores de distintas especialidades que han hecho recomendaciones respecto a cómo buscar y diseñar problemas interesantes en otras ramas que pueden adaptarse a nuestra especialidad. Entre ellos, podemos mencionar a Polya, Silver y Kilpatrick en Matemática, y a Jonassen en Educación.

Estrategias para encontrar problemas interesantes:

Las siguientes son estrategias que pueden utilizarse para encontrar problemas interesantes para nuestra aplicación del ABProb:

Sugeridas por Polya:

1. Modificar las condiciones de un problema dado: cambiar los datos, la cantidad, la

2. Generalizar o particularizar: ampliar el alcance (más abstracto) o reducirlo (más concreto)
3. Invertir el problema: preguntar por lo contrario (ej. en lugar de calcular, diseñar; o invertir incógnitas y datos).
4. Cambiar el contexto: trasladar la estructura a otro ámbito de aplicación.
5. Combinar problemas: integrar 2 o más situaciones conocidas para generar un problema nuevo.
6. Buscar analogías: mirar un caso parecido en otra área y adaptarlo. (Pólya, G., 1965, p.102-105)

Sugerida por Silver: hacer que los alumnos busquen un problema cuya solución esté dada en el planteo, es una estrategia que puede resultar útil para el aprendizaje. O plantear a otros estudiantes problemas para ver quién puede resolverlos, alterando el "orden" de que el único que plantea los problemas es el docente. (Silver, E.A., 1994, p. 19-28)

Sugerida por Brown y Walter: Su libro *The Art of Problem Posing* plantea la técnica del "What if not?", que consiste en alterar supuestos básicos de un problema dado y preguntarse: "¿Qué pasa si no se cumple esta condición?". (Brown, S. & Walter, M., 2005, p.66-109)

Sugerida por Jonassen: En didáctica de la ingeniería propone distinguir entre problemas bien estructurados (con una única solución correcta) y mal estructurados (abiertos, con múltiples soluciones posibles). Los segundos son más potentes para la formación, porque simulan la práctica real del ingeniero. Aunque suene extraño, es más enriquecedor un problema incompletamente especificado que uno perfectamente delimitado. (Jonassen, D.H., 1997, p.65-94)

Sugerida por la experiencia de los autores en la cátedra de Electrotecnia de la UNMDP: la búsqueda de circuitos imposibles (los que no cumplen Kirchhoff) siempre resulta en problemas de interés. Al pasar por etapas de búsqueda a ciegas, muchas veces los alumnos confunden su falta de conocimiento para resolver un circuito con la imposibilidad de que la combinación cumpla con las leyes de Kirchhoff, y esa percepción los impulsa un escalón más arriba en conocimiento cuando la

aprecian.

También, el buscar hacer funcionales circuitos imposibles (¿qué habría que modificar para que funcione?) suele dar buenos resultados. Y sin lugar a dudas, los problemas derivados de la experiencia profesional contextualizados para los estudiantes, resultan un gran motivador para los alumnos, que vivencian, al menos en parte, lo que significa trabajar en la especialidad para la que se encuentran preparándose.

Conclusiones

La enseñanza de la Electrotecnia se enriquece con la metodología ABProb. No hay mucho material bibliográfico específico, en referencia a cómo buscar problemas de circuitos, o a qué problemas de circuitos aportan más a la construcción de nuestra especialidad, pero el presente trabajo intenta ser un aporte inicial, basándose en las experiencias de autores clásicos y en el trabajo desarrollado por los autores a lo largo de años en las cátedras de la especialidad.

Bibliografía

- Alcalde San Miguel, P. (2022). *Electrotecnia* (7.ª ed.).
- Alexander, C. K., Sadiku, M. N. O. (2022). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (7.ª ed.).
- Brown, S. I., Walter, M. I. (2005). *The art of problem posing* (3rd ed.).
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem solving learning outcomes.. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65–95.
- Dorf, R. C., Svoboda, J. A. (2006). *Circuitos eléctricos* (6.ª ed.).
- Kerchner, R. M., Corcoran, G. F. (1962). *Circuitos de corriente alterna* (2.ª ed.).
- Kilpatrick, J. (1987). The role of problem posing in mathematics education.. En R. I. Charles & E. A. Silver (eds.), *The Teaching and Assessing of Mathematical Problem Solving*.

- Parra Castrillón, J. E., Amariles Camacho, M. J., Castro Castro, C. A. (2016). Aprendizaje basado en problemas en el camino a la innovación en ingeniería.. *IngEam*(1), 19–29.
- Pólya, G. (1957). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method* (2.^a ed.).
- Rios, E. (2022). *Los orígenes del Aprendizaje Basado en Problemas.. STEAM Academy.*
- Silver, E. A. (1994). On mathematical problem posing.. *For the Learning of Mathematics*, 14(1), 19–28.
- Torp, L., Sage, S. (2007). *El aprendizaje basado en problemas.*
- Van Valkenburg, M. E. (2002). *Análisis de redes / Network Analysis [Versión en español].*

Del naufragio al laboratorio: ciencia e ingeniería en el estudio del Mecanismo de Anticitera

Esteban Guillermo Szigety¹ (esteszige@gmail.com), Gustavo Francisco Arenas^{1,2} (garenas@fi.mdp.edu.ar), Manuel Cardelli Irusta^{1,3} (cardelliirusta@gmail.com)

¹ Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, UNMDP

² Laboratorio de Laser, Facultad de Ingeniería, ICYTE, CONICET

³ Facultad de Cs. Exactas y Naturales

Resumen

El Mecanismo de Anticitera, recuperado de un naufragio griego a comienzos del siglo XX, constituye un ejemplo único de ingeniería aplicada en dos tiempos. En la Antigüedad, fue concebido como un instrumento predictivo capaz de calcular ciclos astronómicos y eclipses mediante un complejo sistema de engranajes. En la Modernidad, su redescubrimiento se transformó en un desafío científico e interdisciplinario, que requirió técnicas tomográficas, modelado computacional y reconstrucción 3D. Este doble recorrido permite reflexionar sobre cómo la ingeniería, ayer y hoy, se articula con la generación de conocimiento y la resolución de problemas concretos, ofreciendo un puente entre historia, tecnología y sociedad.

Palabras clave: Mecanismo de Anticitera; Astronomía antigua; Epistemología de las ciencias; Historia de la Ingeniería; Modelado computacional..

Introducción

El hallazgo del Mecanismo de Anticitera, extraído de un naufragio frente a las costas griegas a comienzos del siglo XX (Jones, 2017), marcó un hito en la historia de la ciencia y la tecnología. A primera vista, el objeto no parecía más que unos bloques corroídos de bronce (ver *FIGURA 1-A*); sin embargo, las observaciones posteriores revelaron que se trataba de un complejo sistema de engranajes, cuya sofisticación desafiaba las concepciones habituales sobre las capacidades técnicas de la Antigüedad.

Este trabajo propone abordar el Mecanismo como un caso ejemplar de ingeniería aplicada en dos tiempos. En su contexto original, el artefacto fue concebido como un instrumento

predictivo: una computadora analógica capaz de anticipar ciclos astronómicos y eclipses mediante el movimiento coordinado de engranajes (Anastasiou *et al* 2014). En la actualidad, más de dos mil años después de su fabricación, el proceso de redescubrimiento del Mecanismo constituye en sí mismo una aplicación de la ciencia y la ingeniería: desde el uso de técnicas de rayos X (Freeth *et al* 2006) y modelado computacional hasta la reconstrucción 3D (Szigety y Arenas, 2025), también ha servido para la divulgación y la enseñanza de la ciencia (Carman 2018; Szigety, Arenas y Cardelli 2025).

El recorrido histórico y científico del Mecanismo de Anticitera ofrece así un doble recorrido: ilumina las prácticas de la ingeniería del periodo helenístico tardío y, al mismo tiempo, muestra

cómo el proceder científico moderno (observación, hipótesis, contraste y colaboración interdisciplinaria) puede desplegarse en el estudio de un objeto singular. Su análisis ofrece una oportunidad para reflexionar sobre los vínculos entre historia, tecnología y sociedad, y en la transmisión de los modos de proceder de la ciencia frente a un objeto desconocido.

El Mecanismo de Anticitera como primera aplicación ingenieril

El Mecanismo de Anticitera constituye uno de los ejemplos más extraordinarios de ingeniería aplicada de la Antigüedad. Datado entre los siglos II y I a. C., este artefacto griego ha sido reconocido como la primera computadora analógica de la historia. Su hallazgo, en 1901, reveló lo que en un principio parecía un bloque corroído de bronce y madera, pero que en realidad contenía un complejo sistema de engranajes de precisión, diseñado con un objetivo eminentemente práctico: realizar cálculos astronómicos.

La máquina convertía el movimiento circular de una manivela en un conjunto de operaciones que permitían anticipar fenómenos celestes. Sus diales y punteros indicaban las fases de la Luna, el curso del Sol por el zodíaco y, de manera sorprendente, eclipses solares y lunares (Freeth *et al* 2006). Además, establecía correspondencias entre distintos calendarios del mundo helenístico, como el egipcio y el panhelénico de los Juegos Olímpicos, dotándolo de una utilidad inmediata en la organización social y cultural (Freeth *et al.* 2008).

Lo que distingue al Mecanismo no es solo los detalles de su construcción, sino la orientación de su diseño: se trataba de una máquina destinada a responder necesidades concretas. Lejos de ser un objeto especulativo, integraba conocimiento astronómico con actividades religiosos y civiles (calendario lunisolar), actividades deportivas. En este sentido, representa la materialización del ingenio griego puesto al servicio de la gestión del conocimiento astronómico, un puente entre la observación del cosmos y la condensación de ese conocimiento en un dispositivo miniaturizado (ver dimensiones en la FIGURA 1-B).



Figura 1 - A- Fotografía de los fragmentos en el museo Nacional de Atenas (autor: Tilemahos Efthimiadis, publicada bajo licencia CC BY 2.0, disponible en: <https://bit.ly/3HpjrkB>) B- Una recreación aproximada, de frente y detrás, de lo que al día de hoy se considera que era el Mecanismo de Anticitera, junto con una pelota de fútbol a modo de comparación.

La historia de un descubrimiento

Hacia el año 60 a. C., un barco mercante de aproximadamente cuarenta metros de eslora naufragó frente a la isla de Aigila (hoy denominada isla Anticitera), en el estrecho que separa Creta del Peloponeso (Jones 2017). Su cargamento combinaba las ánforas habituales destinadas al transporte de vino y mercancías con un conjunto de piezas de extraordinario valor: esculturas de bronce y mármol, cristalería fina y objetos de prestigio que revelan un comercio de alto nivel. Parte de esas estatuas eran antigüedades de uno o más siglos, mientras que otros bienes eran de fabricación reciente, lo que sugiere un embarque heterogéneo y cuidadosamente seleccionado. Entre los restos también aparecieron indicios de pasajeros, como un par de delicados aretes de oro que habrían pertenecido a una mujer a bordo. Todo ello permite reconstruir el carácter singular de la nave, situada en la intersección entre el transporte comercial de larga distancia y

En 1900, un grupo de buzos de esponjas descubrió por azar los restos de este naufragio frente a Anticitera. Con los sus cascos de buceo pudieron alcanzar la profundidad del naufragio, lo que permitió a Dimitrios Kontos (capitán de la expedición) avistar a más de sesenta metros fragmentos de estatuas de bronce. Recuperaron un brazo de tamaño natural, identificado más tarde como parte de una estatua. Al informar el hallazgo en Atenas, lograron el apoyo del gobierno griego, que puso a disposición buques de la armada para coordinar el rescate. Así comenzaron las primeras operaciones de arqueología submarina de la historia, seguidas con gran expectativa por la prensa y la sociedad griega. Entre los objetos extraídos del fondo marino estaban los fragmentos del Mecanismo.

Cuando los fragmentos del artefacto fueron presentados en 1902, apenas se distinguían algunos engranajes oxidados y trazos de inscripciones. El oficial naval Periklis Rediadis, colaborador de la primera gran publicación sobre el hallazgo, fue quien lo describió inicialmente como un *astrolabio*, un instrumento usado para medir la posición de los astros. Esta interpretación se apoyaba en la asociación del aparato con la navegación y en ciertas palabras de las inscripciones, aunque resultó inexacta: los astrolabios conocidos no contenían engranajes, ni coincidían con la complejidad de lo que se observaba en los fragmentos. Sin embargo, esa lectura marcó el rumbo de la investigación temprana, al instalar la idea de que se trataba de un instrumento astronómico, un antecedente fundamental para los estudios posteriores que revelarían su verdadera naturaleza.

El verdadero cambio de perspectiva llegó en la década de 1950 gracias al físico e historiador de la ciencia Derek de Solla Price (1974). Fascinado por la instrumentación científica antigua, Price obtuvo nuevas fotografías de los fragmentos y, en 1958, pudo estudiarlo directamente en el Museo Arqueológico Nacional de Atenas. Reconoció que los fragmentos no eran simples restos de un astrolabio ni de un planetario, sino la evidencia de una tecnología griega mucho más avanzada de lo imaginado. Price propuso que el aparato debía entenderse como un complejo calculador astronómico: una máquina capaz de materializar

mediante engranajes relaciones matemáticas entre ciclos celestes. Al caracterizarlo como la primera computadora analógica de la historia, no solo dio al Mecanismo su lugar en la historia de la tecnología, sino que también abrió un campo de investigación que continúa hasta hoy.

Ingeniería aplicada en un segundo tiempo, la actualidad del Mecanismo

El uso de rayos X en arqueología había comenzado ya a finales del siglo XIX, aplicado a pinturas y momias, pero su aplicación al Mecanismo de Anticitera enfrentó inicialmente resistencias técnicas. Cuando Derek de Solla Price viajó a Atenas en 1958, buscó realizar radiografías de los fragmentos, pero el museo rechazó la propuesta por falta de equipamiento adecuado. La oportunidad recién llegó en 1971, cuando el físico Jalambos Karakalos, del centro de investigación "Demokritos", logró aplicar radiación gamma y posteriormente rayos X portátiles a los principales fragmentos (Jones 2017). Los radiogramas obtenidos, aunque complejos y difíciles de interpretar, permitieron identificar veintisiete engranajes, seis de ellos invisibles a simple vista. Este avance fue decisivo: por primera vez se accedía a la arquitectura interna del artefacto, proporcionando a Price la base necesaria para desarrollar sus célebres hipótesis de reconstrucción. Aunque los registros no resolvían todas las incógnitas, sí demostraban que el mecanismo ocultaba un diseño mucho más intrincado de lo que la observación externa sugería, marcando el inicio de una nueva etapa en su estudio.

Tras la publicación de *Gears from the Greeks* (de Solla Price 1974), comenzaron a surgir críticas a la reconstrucción de Derek J. de Solla Price. Su modelo, aunque pionero, presentaba limitaciones mecánicas: el uso de un engranaje diferencial y la necesidad de transmitir movimientos rápidos a partir de rotaciones lentas hacían difícil imaginar un funcionamiento fluido del artefacto con dientes triangulares, como en los originales. A lo largo de la década de 1980 se propusieron variantes menores, pero sin apoyo sólido en la evidencia física (Wright 2002, 2006).

El panorama cambió con el trabajo conjunto de Michael Wright y Allan Bromley (1986) entre 1988 y 1993. Ambos llevaron a cabo nuevas radiografías e introdujeron la técnica de tomografía lineal, lo que permitió observar con mayor precisión la disposición tridimensional de los engranajes. Wright dedicó las décadas siguientes a perfeccionar reconstrucciones físicas basadas en esos hallazgos, logrando identificar los ciclos calendáricos representados en las espirales posteriores y proponiendo innovaciones en la interpretación de los engranajes epicíclicos. Aunque algunas de sus hipótesis resultaron controvertidas, sus modelos funcionales demostraron que el Mecanismo podía reproducir con notable fidelidad los ciclos solares, lunares y posiblemente planetarios.

Finalmente, en 2005 se organizó el Antikythera Mechanism Research Project (AMRP), que combinó tomografía computada de alta resolución con técnicas avanzadas de imagen superficial (RTI). Los resultados, publicados en *Nature* (Freeth *et al.* 2006), confirmaron la validez de gran parte de las propuestas de Wright y corrigieron los puntos débiles de Price, ofreciendo una reconstrucción robusta y coherente. El consenso alcanzado desde entonces descansa en un equilibrio único entre engranajes conservados, inscripciones reveladas y conocimientos de astronomía helenística. Este avance no solo resolvió el debate sobre la viabilidad del diseño, sino que abrió nuevas líneas de investigación en torno a su función, su contexto cultural y su lugar en la historia de la tecnología.

En este recorrido sobre la investigación del Mecanismo, no podemos dejar de mencionar el aporte del argentino Cristián Carman, quien ha realizado contribuciones de gran relevancia al estudio del Mecanismo de Anticitera. En primer lugar, analizó las inscripciones del dial solar y su relación con la variabilidad del movimiento aparente del Sol (Evans, Carman y Thorndike 2010), aportando elementos clave para comprender la precisión astronómica a la que aspiraban darle su fabricante original. En segundo lugar, propuso una datación temprana del Mecanismo (en torno al 205 a. C.) que abre la posibilidad de vincularlo con Arquímedes, como constructor o mentor del Mecanismo y acercando también a la tradición mecánica

helenística en las colonias griegas en Sicilia (Carman y Evans 2014). Finalmente, intervino en el debate acerca de la disposición del engranaje corona en el dispositivo de fases lunares (Carman y Di Cocco 2016), discutiendo cómo podría haberse ensamblado esa parte tan específica con un engranaje diferencial. Con estos aportes, Carman no solo enriqueció la discusión internacional sobre el Mecanismo, sino que consolidó desde Argentina una línea de investigación activa en astronomía pre-newtoniana.

Investigación y divulgación del Mecanismo desde Mar del Plata

Desde la Facultad de Ingeniería de Mar del Plata también se trabaja en develar algunos detalles constructivos de este fascinante objeto arqueológico de la tecnología. El primer proyecto desarrollado en la Facultad de Ingeniería se centró en el análisis dinámico del sistema de engranajes del Mecanismo de Anticitera. En este proyecto, fue vital la participación del Dr. Gustavo Car, quien aportó su experiencia en mecánica y modelado de sistemas de engranajes. Su objetivo principal fue estimar torques y fuerzas en los distintos ejes para comprender cómo podría haberse impulsado el mecanismo y si el esfuerzo de una mano humana habría sido suficiente para moverlo. Para ello se construyó un modelo conceptual basado en principios de física e ingeniería mecánica, tomando como referencia las mediciones de los engranajes y ejes supervivientes, así como las distancias entre ellos y su geometría. Este enfoque permitió evaluar la idoneidad del eje de entrada tradicional y considerar posibles alternativas que evitaran atascamientos observados en réplicas materiales previas (Carr *et al.* 2022). Asimismo, el estudio identificó los engranajes con mayor riesgo de bloqueo, aportando información valiosa sobre las limitaciones mecánicas que habría enfrentado el Mecanismo original. El modelo, aunque simplificado, proporciona un marco coherente para discutir las hipótesis planteadas por otros autores, incluyendo Reumolitis (2018) y Voulgaris *et al.* (2018), en relación con la transmisión del movimiento a través del complejo tren de engranajes.

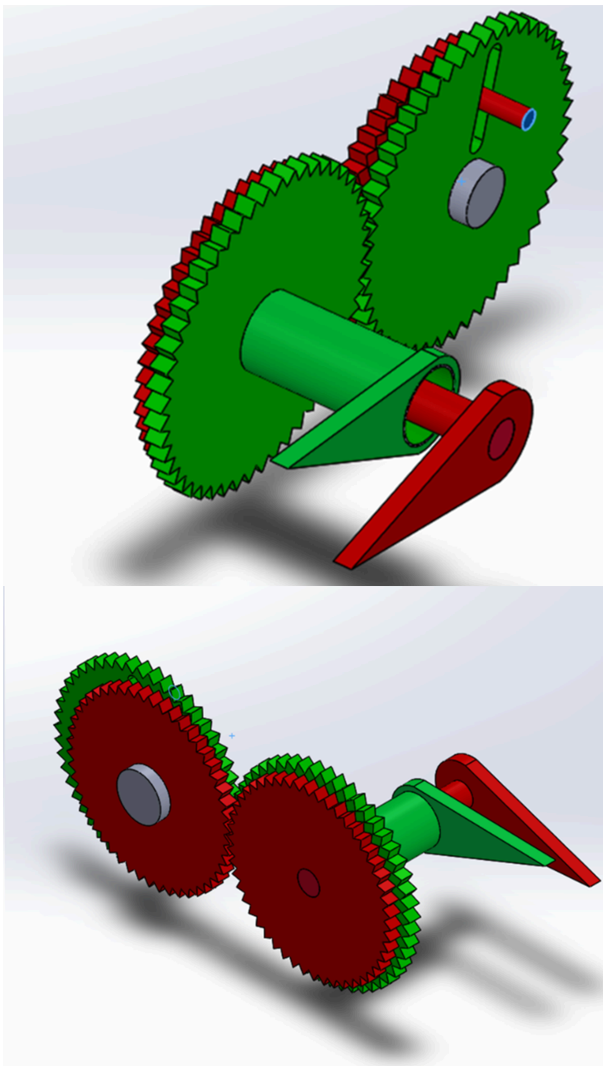


Figura 2 - Vistas, aislada del resto del Mecanismo, de la denominada configuración PIN-SLOT (perno-ranura). Donde se observa que, introduciendo el movimiento por uno de los engranajes rojos, la transmisión del PIN al SLOT se produce a través de un movimiento variable dado que los engranajes no están centrados y por lo tanto se transmite una velocidad tangencial dependiente de una distancia variable. Si el sistema se pone en movimiento, veríamos a las agujas verde oscilar alrededor de la roja, completando ambas una vuelta en el mismo tiempo.

Luego se trabajó en un segundo proyecto denominado “Optoelectrónica e impresión 3D aplicadas al estudio del Mecanismo de Anticitera”. En esta etapa se trabajó sobre un modelo computacional que no solo contemplaba la cinemática y dinámica de los engranajes del MA, sino que prestaba especial atención al perfil triangular característico de estos engranajes y a la configuración “PIN-SLOT” (ver Figura 2). Este enfoque permitió reconocer de manera más precisa el contacto entre los dientes, un aspecto fundamental para comprender el comportamiento real del mecanismo. Los

resultados obtenidos fueron especialmente interesantes en relación con las fluctuaciones y errores cometidos por los punteros; es decir, cualquier predicción generada por el modelo debía interpretarse considerando el error asociado al perfil triangular de los engranajes. A diferencia de una computadora digital convencional, en la que la transmisión de movimiento es ideal, en el MA el contacto entre dientes afecta directamente la exactitud de los resultados. Este hallazgo dio lugar a un nuevo conjunto de preguntas: ¿qué tan eficiente era el funcionamiento real del Mecanismo? ¿Podría haber proporcionado resultados confiables en la práctica? Estas interrogantes marcaron el inicio de una tercera fase de investigación centrada en evaluar la funcionalidad práctica del MA.

Finalmente, el proyecto permitió profundizar en el análisis de los errores asociados al funcionamiento real del Mecanismo de Anticitera, combinando el estudio del perfil triangular de los engranajes con las imprecisiones de fabricación. Se desarrolló un modelo computacional que integró el análisis de Torndike (2019) sobre el movimiento no uniforme de los dientes triangulares y el modelo de errores de Edmunds (2011), considerando tanto desviaciones sistemáticas como aleatorias en la posición de los dientes. Los resultados mostraron que, si bien la forma triangular por sí sola genera errores pequeños, las imprecisiones de fabricación aumentan significativamente la posibilidad de atascamiento o desenganche de los engranajes (Szigety y Arenas 2025). Esto indica que, para que el mecanismo funcionara de manera fluida y coordinada, sus errores de manufactura debieron ser menores a los detectados en los fragmentos analizados mediante tomografía computarizada. De este modo, el estudio no solo reafirma la complejidad técnica del MA, sino que también establece criterios cuantitativos para evaluar la viabilidad de su funcionamiento original y contribuye a futuras reconstrucciones y simulaciones más precisas.

Conclusiones

El estudio del Mecanismo de Anticitera revela cómo la tecnología antigua puede ser redescubierta gracias a la combinación de

digitales en tres dimensiones, cada avance técnico ha permitido desentrañar un poco más la complejidad de este artefacto y, con ello, ampliar nuestra comprensión de la ciencia en el mundo helenístico.

Al mismo tiempo, este recorrido muestra que la investigación científica no es lineal, sino un proceso de aproximaciones sucesivas, marcado por límites, revisiones y colaboraciones. El Mecanismo no solo enseña sobre astronomía e ingeniería antiguas, sino también sobre cómo el conocimiento humano se construye en diálogo entre pasado y presente, entre vestigios materiales y métodos contemporáneos.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Gustavo Carr por su valiosa colaboración en la comprensión de la naturaleza de los engranajes y de las tecnologías antiguas, así como al Dr. Cristián Carman por sus oportunos comentarios y sugerencias, que orientaron y enriquecieron la investigación realizada en la Facultad de Ingeniería de Mar del Plata hacia el estudio del Mecanismo de Anticitera.

Bibliografía

- Anastasiou, M., Seiradakis, J. H., Carman, C. C., Efstathiou, K. (2014). The Antikythera Mechanism: The construction of the Metonic pointer and the back plate spirals. *Journal for the History of Astronomy*, 45(4), 418–441.
- Bromley, A. G. (1986). Notes on the Antikythera Mechanism. *Centaurus*, 29(1), 5–27.
- Car, G., Carman, C. C., Szigety, E. G., Recio, G. (2022). Dynamic calculations in the Antikythera Mechanism gear system. *Mechanism and Machine Theory* (en edición). <https://www.elsevier.com/locate/mechmt>
- Carman, C. C. (2018). La tablet de Arquímedes: Tecnología de punta A.C. (¡Sí, antes de Cristo!). Siglo XXI Editores.
- Carman, C. C., Di Cocco, M. (2016). The moon phase anomaly in the Antikythera Mechanism. *ISAW Papers*, 11, 1–52.
- Carman, C. C., Evans, J. (2014). On the epoch of the Antikythera mechanism and its eclipse predictor. *Archive for History of Exact Sciences*, 68, 693–774.
- de Solla Price, D. (1974). Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism: a calendar computer from ca. 80 BC. *Transactions of the American Philosophical Society*, 1–70.
- Edmunds, M. G. (2011). An initial assessment of the accuracy of the gear trains in the Antikythera Mechanism. *Journal for the History of Astronomy*, 42(3), 307–320.
- Evans, J., Carman, C. C., Thorndike, A. S. (2010). Solar anomaly and planetary displays in the Antikythera mechanism. *Journal for the History of Astronomy*, 41(1), 1–39.
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J. H., Tselikas, A., Mangou, H., Edmunds, M. G. (2006). Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism. *Nature*, 444(7119), 587–591.
- Jones, A. (2017). A portable cosmos: revealing the Antikythera mechanism, scientific wonder of the ancient world. Oxford University Press.
- Roumeliotis, M. (2018). Calculating the torque on the shafts of the Antikythera Mechanism to determine the location of the driving gear. *Mechanism and Machine Theory*, 122, 148–159.
- Szigety, E. G., Arenas, G. F. (2025). The impact of triangular-toothed gears on the functionality of the Antikythera Mechanism. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.00327>. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.00327>
- Szigety, E. G., Arenas, G. F., Cardelli Irusta, M. (2025). El Mecanismo de Anticitera en la clase de física: una propuesta didáctica basada en la indagación y la Naturaleza de la Ciencia. XXVI Reunión de Enseñanza de la Física.
- Thorndike, A. (2019). Triangular gear teeth. *Instruments – Observations – Theories*, 7–

16. <https://doi.org/10.5281/zenodo.392849>

8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3928498>

Voulgaris, A., Mouratidis, C., Vossinakis, A. (2019). Simulation and Analysis of Natural Seawater Chemical Reactions on the Antikythera Mechanism. *Journal of Coastal Research*, 35(5), 959–972.

Wright, M. T. (2006). The Antikythera mechanism and the early history of the moon-phase display. *Antiquarian Horology*, 29(3), 319.

Wright, M. T. (2002). A Planetarium Display for the Antikythera Mechanism. *Horological Journal*, 144(5), 169–173.

Servicio de Orientación Laboral (SOL) de la Facultad de Ingeniería - UNMDP

María Velia Artigas¹ (mvartigas@fi.mdp.edu.ar)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Resumen

Se presenta una descripción de las acciones que se desarrollan en el Servicio de Orientación Laboral, de la Facultad de Ingeniería, con objeto de difundir sus principales áreas de alcance y cuáles son sus características distintivas. El SOL se desarrolla desde el año 2008, como un proyecto que inició vinculado al PROMEI II y luego se fue transformando en un espacio de reflexión, consulta y asesoramiento profesional tanto para estudiantes avanzados, investigadores, docentes y graduados recientemente. El aporte que se espera lograr con esta publicación es poder socializar con la comunidad académica en qué se trabaja y qué objetivos se espera alcanzar.

Palabras clave: inserción laboral; proyecto profesional; competencias; estudiantes; graduados; ingeniería..

Introducción

El actual escenario del trabajo, se encuentra en constante transformación y es necesario que los profesionales puedan desarrollar no sólo sus conocimientos técnicos, sino generar comportamientos, competencias, habilidades adecuadas y acordes a la cultura organizacional que hoy rige en el mundo del trabajo. El futuro se proyecta tanto para el mundo del desarrollo económico como social, a partir de procesos de integración regional e interregional, y por ello el impacto es global y se impone con nuevas formas de organización del trabajo, nuevos estilos de liderazgo, nuevas organizaciones del tiempo y espacio del trabajo (horario flexible y teletrabajo). En consecuencia se plantean cambios en el comportamiento de los trabajadores y les exige nuevas competencias que serán imprescindibles para desenvolverse en un nuevo medio laboral, y poder hacer frente con éxito a las nuevas modalidades de trabajo, planteando desafíos inéditos a los sistemas de formación profesional. Nuestro país ofrece

oportunidades a quien se gradúa en Ingeniería, existiendo múltiples opciones a la hora de insertarse en el mercado laboral, ya sea: como profesional dentro de la industrial local, nacional o en el exterior; como consultor en algún área determinada en que se especializa; como emprendedor gestor de su propio producto y/o servicio; o como investigador/docente agregando valor científico académico. También por efectos de la globalización, no está exento a crisis internacionales que provocan cambio en el escenario y eventualmente aceleran o generan una ciclo de recesión en el mercado laboral nacional e internacional. Un ejemplo estaría dado por los cambios en los modos de trabajo a partir de la crisis sanitaria por el COVID-19. Por lo antes expuesto, los graduados no solo deben atender sus propios miedos y dificultades sino las que el contexto les presenta. En este abanico de posibilidades se inserta el Servicio de Orientación Laboral como un espacio técnico y de orientación profesional, que facilita identificar el proyecto profesional y reducir la

graduados. Finalmente, se considera que desde la Psicología del trabajo se puede aportar conocimientos y experiencia, trabajando en la Orientación Laboral y tutorías de egreso de los futuros profesionales, en los llamados Sistemas de Placement, considerando y poniendo en valor la inserción laboral como una incumbencia de la propia profesión.

Desarrollo

Contexto de origen del proyecto y evaluación de antecedentes

La Orientación Laboral es en sí misma una instancia de aprendizaje, determinante para mejorar tanto la empleabilidad como saber elegir para poder direccionar la futura carrera laboral o tal vez generando también el autoempleo. Mediante un adecuado trabajo con los usuarios se articula la formación técnica específica que poseen, con la formación en competencias clave para resolver con autonomía, reflexión y flexibilidad las cuestiones tendientes a la planificación y organización de su propio trabajo. Es decir, asegurar que todos tengan al menos la misma posibilidad de acceso al mercado laboral, luego la selección resultará como deba ser, los más aptos emergerán, y la adecuación perfil-puesto tendrá la última palabra. El proyecto surge por la gran demanda existente, por parte de los estudiantes, de consultas y solicitudes de asesoramiento técnico para superar exitosamente los procesos de selección laboral. A partir de la convocatoria del Proyecto de Mejoramiento de Enseñanza de la Ingeniería (PROMEI II) de 2008 realizada por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio nacional de Educación se desarrolló el Proyecto Servicio de Orientación Laboral (SOL). El mismo se inscribió en el proyecto general dentro del Componente A – Mejoramiento de la Gestión Académica, enmarcado en el inciso A.1. Gestión y seguimiento de alumnos. La actividad se la denominó, “Consultoría en psicología del trabajo para el mejoramiento de la inserción laboral de los jóvenes próximos a graduarse o graduados de las carreras de ingeniería”. El objetivo general del proyecto fue brindar un servicio profesional de asistencia técnica a los estudiantes de todas las carreras de Ingeniería (UNMDP) para orientarlos en su egreso

universitario, proyección profesional e ingreso al mercado de trabajo; y a partir del asesoramiento vencer temores e incertidumbre ante la presentación a una entrevista de trabajo. Se entiende que el éxito es la satisfacción personal por la performance alcanzada por el sujeto en su búsqueda de empleo, más allá de los resultados finales que exceden al graduado o al profesional psicólogo.

Características del Servicio de Orientación Laboral

La presente propuesta se diseña teniendo en cuenta los resultados alcanzados durante los años que lleva en vigencia del proyecto SOL, proyectando la incorporación de mejoras que posibiliten una mayor satisfacción en las demandas por parte de los futuros graduados. Los estudiantes que han acudido al servicio manifiestan que se sintieron más seguros y sin tantos miedos o prejuicios hacia ellos mismos para la búsqueda de empleo; es decir, que la vivencia de una evaluación no les asegura el éxito en la inserción laboral pero si les posibilite saber cuáles son sus puntos de fortalezas y de mejora para futuras postulaciones. El SOL ha debido dar respuestas de tipo singulares en los casos en los que el circuito de evaluación propuesto no era el requerido. Por otra parte cabe destacar que la orientación no concluye en la entrega de un perfil de su desempeño en el proceso de evaluación, sino que se continúa con el acompañamiento en el diseño de su proyecto profesional, el cual a veces los tiene muy confundidos y les genera angustia. En cuanto al valor innovador del este proyecto, se ha realizado un benchmarking que arroja que, al menos en el plano nacional, no existen dispositivos iguales (Artigas, 2009), en otras universidades se orientan más a publicitar las ofertas de empleo, ya sea en talleres de búsqueda de empleo, ferias y publicaciones de bolsas de empleo. Es decir, se podría encuadrar a este servicio como un sistema de tutorías de egreso tan utilizadas en Europa. Si se tiene que dar cuenta de las debilidades para el trabajo en el servicio de orientación laboral, al comienzo costó la convocatoria, con el tiempo se advirtió que el “boca en boca” fue el mejor modo de difusión entre los estudiantes. Actualmente, se utilizan las redes sociales para tener mayor llegada a los estudiantes próximos al egreso

y los canales de comunicación de la Facultad de Ingeniería.

Evaluaciones individuales y perfiles laborales

Se trabaja realizando evaluaciones individuales en encuentros consecutivos. En este proceso se realiza a demanda, es decir depende su duración de las necesidades del entrevistado, y como resultado se construye su perfil de competencias (Spencer & Spencer, 2002). La metodología se basa en la administración de la técnica de la entrevista y pruebas psico-técnicas diseñadas ad-hoc. Los instrumentos mencionados arrojan la información necesaria para la escritura del perfil laboral que se entrega al usuario en la entrevista de devolución. En la misma se discuten los resultados obtenidos y se perfila en el proyecto profesional de cada estudiante. Complementariamente se trabaja en la construcción y corrección de curriculum vitae del entrevistado, y perfiles en LinkedIn, entendiendo que es una herramienta destacada en la búsqueda laboral. La selección del tipo de CV a construir, es parte del asesoramiento, diferenciando: funcional o cronológico; académico o profesional.

Taller de simulación de entrevistas grupales y de formación en competencias

En las entrevistas individuales es común escuchar a los estudiantes comentar episodios de selección de personal en las que han participado de entrevistas grupales y como el desconocimiento por la técnica los paraliza. En los casos fallidos les provoca tanta desazón que evitan volver a postularse por el temor a enfrentar nuevamente el fracaso. Por lo cual, en esta propuesta se incorporarán entrevistas grupales, simulando técnicas de selección en grupo; dado que las mismas son muy utilizadas por el mundo del trabajo. La experiencia vivencial posibilita, a modo de práctica, una primera aproximación para conectar al estudiante con sus emociones y actitudes en torno a ello. Tanucci (2011), compara a la Orientación Laboral con la actividad deportiva, el entrenar y tener al mejor Director Técnico no me aseguran ser el ganador, pero sí que voy a tener muchas más probabilidades de éxito que

si no me entreno. Actualmente, el escenario del trabajo se encuentra en constante transformación y es necesario que los profesionales puedan desarrollar, no sólo sus conocimientos técnicos, sino también generar comportamientos, competencias, habilidades adecuadas y acordes a la cultura organizacional que hoy rige en el mundo del trabajo. Está comprobado que la evaluación de habilidades y competencias es un modo de lograr el objetivo. Por otra parte, el contexto actual exige dar otras respuestas en torno a la formación y sensibilización de competencias profesionales. El formato de talleres posibilita que los usuarios en grupo reflexionen e incrementen aspectos que tienen que ver con sus actitudes, aptitudes y conductas en relación a su proceder profesional. En relación a ello, poder gestionar sus emociones en cuanto a su perfil profesional les otorga la posibilidad de proyectarse como un profesional de acuerdo a las nuevas formas de organización del trabajo, y cambios en el comportamiento de los trabajadores que les exige nuevos retos.

Vinculación con el medio socio-productivo regional

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata es visitada por empresas no sólo locales sino también de la región en búsqueda de sus futuros profesionales. Se propone desde el SOL continuar trabajando en la vinculación para el encuentro con las empresas que así lo requieran. Actualmente se ha colaborado en la organización de visitas a empresas, la recepción de los responsables de Recursos Humanos que visitan la Facultad, así como también el encuentro con organismos estatales que seleccionan personal. Estas acciones propuestas están en línea con los nuevos planes de estudio 2024 y acciones desarrolladas por el CONFEDI, donde se señala que se debe propiciar el interés de los empresarios para incorporar profesionales en sus empresas y mejorar la cualificación de sus plantas. Y también, que se debe propiciar innovaciones en las metodologías de evaluación y formación práctica, que permitan evaluar competencias que acrediten conocimientos de estudiantes avanzados que están realizando tareas relacionadas con la profesión, de modo

que los mismos puedan ser considerados créditos académicos; dado que el modelo metodológico utilizado permite evaluar al estudiante competencias, actitudes al mismo tiempo que incorporar su auto percepción sobre perfil y performance en la futura inserción labora

Consideraciones finales

La dificultad en algunos jóvenes en el modo de comunicarse, en cómo presentarse en una entrevista laboral, en poder tener autocontrol del propio estrés, de su cuerpo, son algunas de las cuestiones en que el SOL puntualiza. Se colabora en que los estudiantes avanzados y graduados recientes destierren el prejuicio de que solo con tener un título habilitante es suficiente para insertarse en su profesión. Se suele escuchar frases como: “después de todo lo importante es pasar a la entrevista con el jefe de área o de línea, es ése el que sabe si sirvo o no para el trabajo”. Éstos errores conceptuales por desconocimiento de los procesos, sobre nuestro quehacer profesional, sobre qué hace un psicólogo, son algunos de los causantes que contribuyen al mal desempeño en sus entrevistas de trabajo. Se considera que la Orientación Laboral es una instancia de aprendizaje en sí misma determinante para mejorar tanto la empleabilidad como saber elegir para poder direccionar la futura carrera laboral, tal vez generando también el autoempleo. Mediante un adecuado trabajo con los usuarios se articula la formación técnica específica que poseen, con la formación en competencias clave para resolver con autonomía, reflexión y flexibilidad las cuestiones tendientes a la planificación y organización del propio trabajo. Es decir, asegurar que todos tengan al menos la misma posibilidad de acceso al mercado laboral.

Bibliografía

- Artigas, M. V. (2009). La psicología del trabajo: da respuestas en momentos de crisis y genera oportunidades para su desarrollo. VI Jornadas Universitarias y III Congreso Latinoamericano de Psicología del Trabajo, Universidad de Buenos Aires.
- García, M. (2003). Entrenamiento en competencias. Encuentros en Psicología Social, 1(3), 27–32.

- Spencer, L. M., Spencer, S. M. (2002). Competence at work: models for superior performance. Wiley.
- Tanucci, G. (2002). L'orientamento professionale: scenario nazionale e confronto europeo. Occupazione e mercato del lavoro nelle province del Lazio – Rapporto 2002. Eures.
- Tanucci, G. (2011). L'orientamento tra Scuola, Università e Lavoro. En A. Grimaldi (Ed.), Orientare l'Orientamento. Modelli, strumenti ed esperienze a confronto. Isfol – Strumenti e ricerche.
- Tanucci, G., Piras, V. (2007). Risorse Personali, e attività di sviluppo dell'occupabilità nella transizione dall'università al lavoro. Psicologia dell'Educazione e della Formazione, 1, 119–143.
- Tanucci, G. (2008). I mestieri della formazione. Carocci Editore.

Síntesis hidrotérmica y caracterización de Nanopartículas de VO₂: Efecto del Dopado con Tungsteno

María de la Paz Miguel^{1,2} (maria.miguel@fi.mdp.edu.ar), Ornella Zoratti¹, Rodrigo Parra¹, Julieta Puig¹

¹ Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), CONICET - UNMDP, Mar del Plata, Argentina

² Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Resumen

Se sintetizaron nanopartículas de dióxido de vanadio mediante la síntesis hidrotérmica, utilizando metavanadato de amonio y ácido oxálico como fuente de vanadio y agente reductor, respectivamente. La reacción se llevó a cabo a 220 °C durante 20 horas, incorporando niveles de dopado de 0, 1, 2 y 4 % atómico de tungsteno mediante la adición de tungstato de sodio. Tras la síntesis, se aplicó un tratamiento térmico a las nanopartículas a 550 °C en atmósfera inerte para inducir la transición de fase desde VO₂(B) hacia la fase monoclinica VO₂(M), responsable del comportamiento termocrómico. La caracterización se realizó mediante FTIR, DRX y DSC. Los análisis confirmaron la transformación estructural y evidenciaron el efecto del dopado con W sobre la estabilidad de fase. Las mediciones por DSC mostraron una disminución de la temperatura de transición (T_c) y de la entalpía asociada al cambio de fase con el aumento del contenido de W, indicando una posible saturación del efecto dopante más allá del 2 %. Estos resultados demuestran la posibilidad de ajustar las propiedades termocrómicas del VO₂ mediante dopado controlado y procesamiento térmico, con aplicaciones potenciales en recubrimientos para ventanas inteligentes.

Palabras clave: dióxido de vanadio; propiedades termocrómicas; ventanas inteligentes; síntesis hidrotérmica.

Introducción

Entre las demandas actuales para mitigar el impacto al medioambiente se encuentran la reducción del consumo energético y la disminución de las emisiones de carbono. Estas demandas han impulsado la investigación en tecnologías limpias. En el rubro de los materiales para edificación de viviendas, las ventanas son uno de los elementos constructivos más propensos a permitir el

intercambio de calor entre el interior y el exterior de la envolvente edilicia. En este sentido, las ventanas inteligentes constituyen una solución prometedora para el ahorro energético, contribuyendo al desarrollo sostenible, ya que presentan la capacidad de ajustar sus propiedades ópticas y modular la radiación solar que ingresa a un ambiente interior, en respuesta a la radiación solar que reciben [1,2]. Una de las tecnologías posibles para desarrollar una ventana inteligente se basa en acoplar una capa

vanadio (VO_2) como material termocrómico de gran interés, debido a que presenta una transición abrupta y reversible en sus propiedades ópticas al cambiar de fase monoclinica (M), en la que se comporta como un semiconductor, a fase rutilo (R), en la que se comporta como un metal, fenómeno que ocurre a una temperatura de transición (T_c) cercana a los 68°C [2,3]. Además, se ha reportado que los nanocompuestos basados en nanopartículas (NPs) de VO_2 embebidas en una matriz polimérica presentan un mejor rendimiento termocrómico que las películas continuas de VO_2 . A raíz de ello, se ha propuesto investigar la síntesis de nanopartículas de VO_2 que sean aptas para incorporarse en una matriz polimérica compatible, de polimetilmetacrilato, polivinilbutiral o polivinilpirrolidona, para su implementación en ventanas inteligentes. La idea es recubrir el vidrio con una película capaz de bloquear la mayor parte de la luz cercana al infrarrojo (NIR) en verano y permitir el paso de la mayor parte de la luz infrarroja (IR) en invierno, a fin de lograr una temperatura interior de confort, reduciendo así el consumo energético del aire acondicionado y las emisiones de carbono [4]. No obstante, la investigación vigente acarrea varios desafíos: disminuir la temperatura de transición del VO_2 a una temperatura más cercana a la temperatura ambiente, maximizar la modulación de la transmitancia solar especialmente en la región del espectro infrarrojo, maximizar la transmitancia en la región del espectro visible [5], y obtener películas de VO_2 de alta calidad, entre otros. Afrontar estos desafíos requiere optimizar las tecnologías de preparación de las NPs y de las películas [6]. Las NPs de VO_2 se pueden preparar por varios métodos, tales como la termólisis, el proceso sol-gel, la síntesis hidrotérmica y la precipitación química, entre otros. En general se utilizan sales u óxidos de vanadio pentavalente como precursores de vanadio. El metavanadato de amonio es una sal de vanadio económica y fácilmente disponible que se utiliza comúnmente en la preparación de NPs de VO_2 . Para reducir el V^{5+} a V^{4+} se utiliza un ácido orgánico carboxílico, como el ácido oxálico [7,8]. La síntesis hidrotérmica es un proceso químico que se lleva a cabo en un medio acuoso bajo condiciones de alta temperatura y presión, en un reactor batch tipo autoclave. Típicamente se utiliza un reactor de

acero inoxidable que alberga un recipiente interno (liner) de Teflón, que contiene la solución. La fracción de volumen de llenado del liner influye en la presión total del sistema reaccionante a la temperatura de operación. La manipulación de los parámetros de operación, tales como: temperatura, pH, composición de la mezcla reaccionante, grado de llenado del liner y tiempo de reacción afecta las tasas de nucleación y crecimiento de los cristales, con impacto directo sobre el tamaño y la morfología de las partículas que se obtienen. Mediante la síntesis hidrotérmica comúnmente se obtiene un polvo de NPs de $\text{VO}_2(\text{B})$. La aplicación de un tratamiento térmico posterior permite transformar las NPs de $\text{VO}_2(\text{B})$ en NPs de $\text{VO}_2(\text{M})$ [9]. El polvo obtenido puede dispersarse en una matriz polimérica compatible, lo cual facilita la preparación de recubrimientos de sustratos de gran superficie y con formas especiales [3]. El polvo de NPs de $\text{VO}_2(\text{M})$ puro no es el producto de síntesis adecuado para ser destinado a la fabricación de ventanas inteligentes, debido a que su T_c se encuentra por encima de la temperatura ambiente. Por otra parte, se ha reportado que el dopado con cationes de alta valencia, como W^{6+} , Mo^{6+} y Nb^{5+} , constituye una estrategia eficaz para reducir la temperatura de transición del VO_2 . La eficiencia de reducción de T_c dependería del tipo de dopante, y de su concentración eficazmente incorporada a la matriz [3,10,11]. Al utilizarse W^{6+} como dopante se produce una ligera distorsión en la red cristalina debido al mayor radio cristalino de W^{6+} en comparación con V^{4+} . Esto provocaría que los parámetros de la red se acerquen a los de la celda unitaria de rutilo, lográndose una reducción en la temperatura de transición [12]. En este trabajo se propone comparar las NPs de $\text{VO}_2(\text{M})$ puro con las NPs de $\text{VO}_2(\text{M})$ dopadas con wolframio, preparadas mediante síntesis hidrotérmica.

Desarrollo

Metodología de trabajo

Síntesis de NPs de VO_2

Se sintetizaron NPs de VO_2 por la vía hidrotermal, partiendo de metavanadato de

y de ácido oxálico dihidratado ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: AO) como agente reductor, en una relación molar (R_m) de AO a MV de 4:3. Los reactantes se dispersaron en un volumen seleccionado de agua milli-Q® a fin de satisfacer una fracción de llenado del liner del 25%. La reacción se llevó a cabo en condiciones isotérmicas a 220°C durante un período (t_r) de 20 horas.

Dopado de NPs de VO_2 con W+6

La sal $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ fue añadida a la mezcla precursora para obtener niveles de dopado de tungsteno de 0, 1, 2 y 4 % atómico. En la tabla 1 se muestran las condiciones experimentales de las síntesis llevadas a cabo.

Tabla 1 - Parámetros de operación de cada síntesis

Síntesis	t_r (h)	% atómico W	R_m AO:MV
M1	20	0	1.36
M2	20	1	1.36
M3	20	2	1.36
M4	20	4	1.36

Acondicionamiento de las NPs

Con el objeto de eliminar impurezas, las NPs de VO_2 se sometieron a una serie de etapas de lavado con agua milli-Q®/etanol absoluto y extracción del solvente por decantación de las NPs asistida por ultracentrifugación. Luego, las NPs se secaron en vacío a fin de obtener un polvo seco.

Tratamiento térmico posterior

A las muestras de polvo en de NPs de $\text{VO}_2(\text{B})$ se les aplicó un tratamiento térmico a 550°C durante 5 horas en un reactor tubular operado en atmósfera inerte para inducir la transición a la fase monoclinica, que es la que tiene la propiedad termocrómica.

Caracterización

Las NPs se caracterizaron por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (XRD) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). Por FTIR, se midieron los espectros de las muestras antes y después del tratamiento térmico que reciben las

NPs, a fin de evidenciar si hubo cambio de la fase cristalina $\text{VO}_2(\text{B})$ a la fase $\text{VO}_2(\text{M})$. Se utilizó un espectrómetro Nicolet 6700 (FT-IR) para caracterizar las partículas en el rango de $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$, empleando pastillas prensadas de KBr. Estas mediciones fueron confirmadas posteriormente por ensayos de XRD, por medio de un difractómetro PANalytical X'Pert Pro con radiación $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda = 1.54050\text{ \AA}$) a 40 kV y 30 mA. Los difractogramas se registraron desde 10° hasta $70^\circ 2\theta$ a una velocidad de $1^\circ/\text{min}$ en el goniómetro. Por DSC se determinó la temperatura de transición y la variación de entalpía asociada al cambio de fase del VO_2 , mediante un equipo Perkin-Elmer Pyris 1. Los escaneos se realizaron bajo flujo de nitrógeno a velocidades de calentamiento y enfriamiento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$.

Resultados

En la Figura 1 se muestran los espectros FTIR de las muestras de las síntesis M1, M2 y M3 antes del tratamiento térmico (ATT) y después de aplicar el tratamiento térmico (CTT). En los espectros de M1ATT aparecen las bandas de la fase metaestable $\text{VO}_2(\text{B})$, en 532 cm^{-1} , 922 cm^{-1} y 1005 cm^{-1} , asociadas respectivamente a la vibración de flexión V-O-V , a la vibración acoplada $\text{V=O} / \text{V-O-V}$ y al modo de estiramiento V=O . En los espectros de las muestras M2ATT y M3ATT los picos están levemente desplazados a longitudes de onda más cortas. Después de aplicar el tratamiento térmico, las muestras M1TT, M2TT y M3TT, se caracterizaron por FTIR. En la muestra M1TT se observa que la banda en 532 cm^{-1} se vuelve más estrecha y aparece una nueva banda en 434 cm^{-1} . También se observa que la banda en 922 cm^{-1} desapareció y la banda en 1005 cm^{-1} disminuyó en intensidad. Además, está presente una nueva banda ancha entre 560 y 830 cm^{-1} , característica de la fase monoclinica. En los espectros de M2TT y M3TT también se observan corrimientos de bandas a longitudes de onda más cortas.

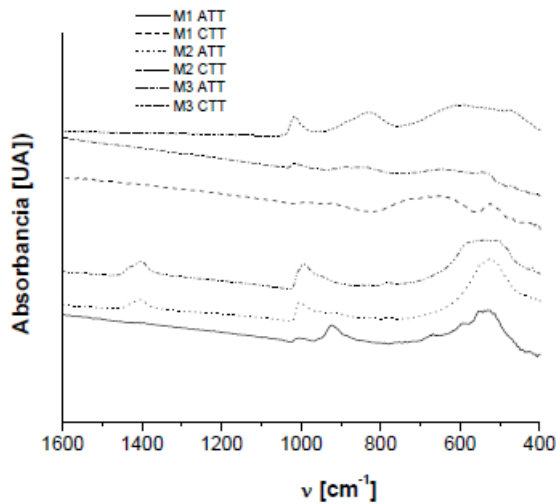


Figura 1 - Espectros FTIR de las síntesis M1, M2 y M3 antes del tratamiento térmico (ATT) y después del tratamiento térmico (CTT)

En la Figura 2 se muestran los espectros de DRX de las muestras de las síntesis M1 y M2. Los difractogramas de los patrones de las estructuras cristalinas $\text{VO}_2(\text{B})$ (JCPDS 81-2392) y $\text{VO}_2(\text{M})$ (JCPDS 43-1051) se presentan en gráficos de barra. En la figura A puede observarse que el espectro de M1ATT presenta la estructura cristalina de la fase $\text{VO}_2(\text{B})$. En la figura B puede apreciarse que el espectro de M1CTT se correlaciona con la estructura cristalina de la fase $\text{VO}_2(\text{M})$. En la figura C puede apreciarse que el espectro de M2ATT refleja en gran medida los picos de la estructura cristalina de la fase $\text{VO}_2(\text{B})$, aunque aparecen dos picos en $2\theta = 19.6\text{--}19.7$ y $26.8\text{--}26.9$, además de uno en 32.5 , con la incorporación de W. En la figura D se observa un buen grado de correspondencia entre el espectro de M2CTT y la estructura cristalina de $\text{VO}_2(\text{M})$. Sin embargo, después del tratamiento térmico, con la incorporación de W, es posible observar algunos picos de la fase B que no pueden convertirse en M debido a la presencia de átomos de W. Comportamientos similares se observaron para las otras síntesis. El dopaje con W en los niveles considerados en este estudio no comprometió la transición de fase, aunque se observaron picos adicionales.

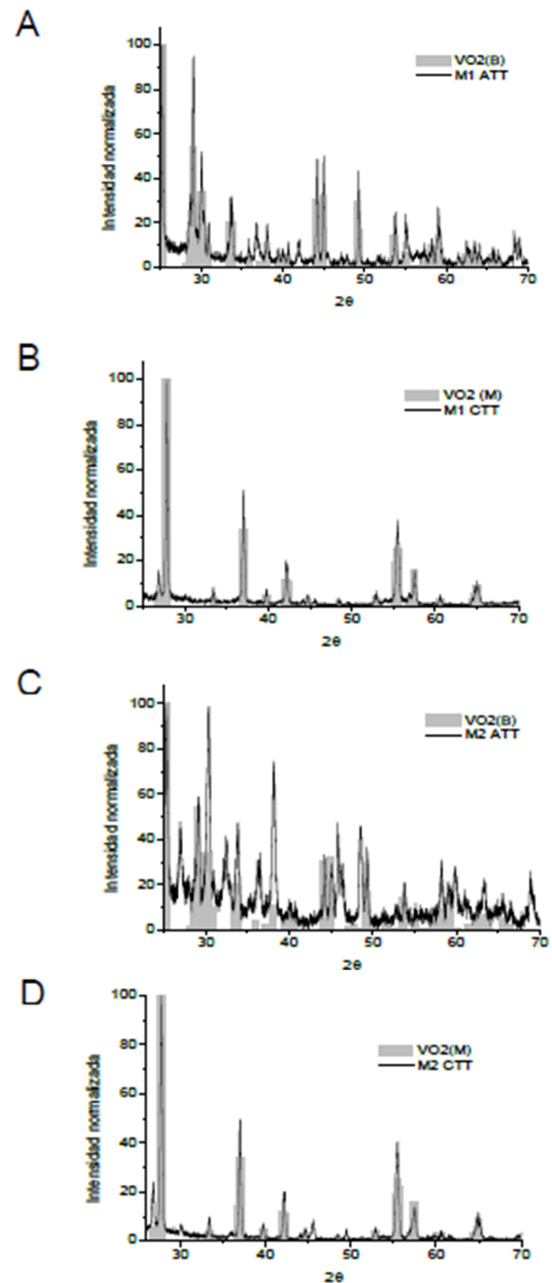


Figura 2 - Espectros DRX: A) Espectro de M1AT comparado con espectro patrón de $\text{VO}_2(\text{B})$ (B) Espectro de M1CTT comparado con espectro patrón de $\text{VO}_2(\text{M})$ (C) Espectro de M2AT comparado con espectro patrón de $\text{VO}_2(\text{B})$ (D) Espectro de M2CTT comparado con espectro patrón de $\text{VO}_2(\text{M})$.

En la Figura 3 puede apreciarse que la T_c aparece a 65°C para la muestra de la síntesis M1CTT, que no contiene tungsteno, y que a medida que se incrementa el nivel de dopaje la T_c disminuye. Sin embargo, cuando el dopaje es de 4% atómico de W, se obtiene prácticamente el mismo valor de T_c que para 1% atómico de W. Lo cual indicaría que habría un límite en la efectividad del dopaje en cuanto a la reducción

de la T_c . Se observa también que la variación de entalpía específica asociado al cambio de fase disminuye al aumentar el dopaje. Los resultados se resumen en la Tabla 2

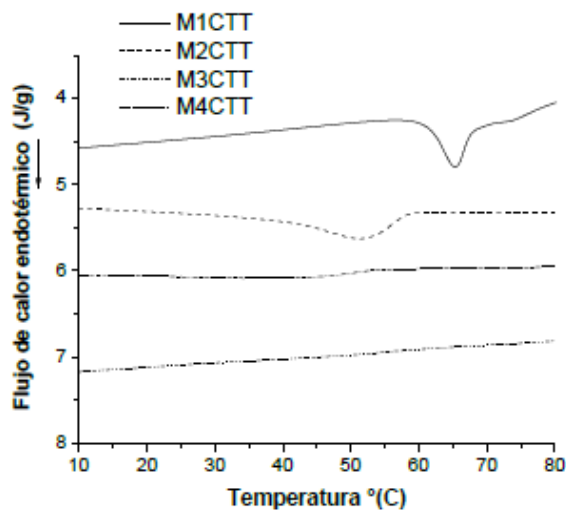


Figura 3 - Termogramas de las muestras de las síntesis después de aplicar el tratamiento térmico

Tabla 2 - Resultados de DSC

Síntesis	ΔH (J/g)	T_c (°C) en calentamiento
M1	38	65
M2	31	51
M3	13.77	46
M4	0.65	50

Conclusiones

Se logró sintetizar nanopartículas de VO_2 mediante el método hidrotermal, obteniendo inicialmente la fase metaestable $VO_2(B)$. El tratamiento térmico a $550^\circ C$ en atmósfera inerte permitió inducir la transición estructural hacia la fase monoclinica $VO_2(M)$, confirmada por FTIR y XRD. Las mediciones por DSC mostraron que el dopado con W reduce la temperatura de transición, aunque este efecto se estabilizaría entre 2-4 % de dopado. Por otra parte, el incremento en el nivel de dopado redujo el calor asociado al cambio de fase. En este sentido, se esperaría que un aumento en la temperatura del tratamiento térmico aumente la cristalinidad del VO_2 y favorezca la formación de la fase monoclinica. Se pretende lograr una reducción en la T_c sin afectar significativamente la capacidad de modulación térmica. Los resultados obtenidos demuestran que es posible ajustar las propiedades termocrómicas del VO_2

mediante dopado controlado y tratamiento térmico, lo que abre perspectivas para su aplicación en recubrimientos para ventanas inteligentes.

Bibliografía

- Wang, S., Owusu, K. A., Mai, L., Ke, Y., Zhou, Y., Hu, P., Long, Y. (2018). Vanadium dioxide for energy conservation and energy storage applications: Synthesis and performance improvement.. *Applied Energy*, 211, 200–217.
- Yoon, J., Kim, K. S., Hong, W. K. (2024). Thermo-chromic vanadium dioxide nanostructures for smart windows and radiative cooling.. *Chemistry – A European Journal*, 30(43), e202400826.
- Mao, Z., Huang, W., Zhou, W., Tang, L., Shi, Q. (2020). In-situ stirring assisted hydrothermal synthesis of W-doped VO_2 (M) nanorods with improved doping efficiency and mid-infrared switching property.. *Journal of Alloys and Compounds*, 821, 153556.
- Lei, X., Sun, H., Yuan, X., Zhang, L., Zhang, Y. (2024). Study of B/M phase transition and phase transition properties of annealing-tuned high phase transition latent heat of W- VO_2 nanorods.. *Vacuum*, 230, 113664.
- Faucheu, J., Bourgeat-Lami, E., Prevot, V. (2019). A review of vanadium dioxide as an actor of nanothermochromism: challenges and perspectives for polymer nanocomposites.. *Advanced Engineering Materials*, 21(2), 1800438.
- Wen, C., Feng, L., Li, Z., Bai, J., Wang, S., Gao, X., Yao, W. (2024). A review of the preparation, properties and applications of VO_2 thin films with the reversible phase transition.. *Frontiers in Materials*, 11, 1341518.
- Zhang, C., Cheng, J., Zhang, J., Yang, X. (2015). Simple and facile synthesis W-doped VO_2 (M) powder based on hydrothermal pathway.. *International Journal of Electrochemical Science*, 10(7), 6014–6019.

- Wang, C., Xu, H., Wang, C., Liu, T., Yang, S., Nie, Y., Jiang, X. (2021). Preparation of VO₂ (M) nanoparticles with exemplary optical performance from VO₂ (B) nanobelts by ball milling.. *Journal of Alloys and Compounds*, 877, 159888.
- Guo, H., Wang, Y. G., Jain, A., Fu, H. R., Chen, F. G. (2021). Preparation of W/Zr co-doped VO₂ with improved microstructural and thermochromic properties.. *Journal of Alloys and Compounds*, 878, 160352.
- Liang, Z., Zhao, L., Meng, W., Zhong, C., Wei, S., Dong, B., Wang, S. (2017). Tungsten-doped vanadium dioxide thin films as smart windows with self-cleaning and energy-saving functions.. *Journal of Alloys and Compounds*, 694, 124–131.
- Timmers, K., Chote, A., Leufkens, L., Habets, R., Elen, K., Verheijen, M. A., Buskens, P. (2024). Hydrothermal Synthesis of Monoclinic VO₂ Microparticles without Use of Hazardous Reagents: A Key Role for the W-Dopant.. *Inorganic Chemistry*, 63(12), 5400–5413.

Aprendizajes y desafíos en la mejora continua del sector salud

Mariela Beatriz Ambrústolo¹ (ambrus@fi.mdp.edu.ar), Marina Migueles¹ (mmigueles@fi.mdp.edu.ar), Maria Betina Berardi¹ (bberardi@fi.mdp.edu.ar)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Resumen

Los programas de mejora continua en organizaciones de salud son esenciales para la calidad de la atención, incrementan la eficiencia operativa y reducen costos. Este trabajo presenta los resultados parciales de un proyecto de investigación sobre la implementación de un programa de mejora continua en una institución de salud. La metodología se organizó en cuatro etapas: análisis de métodos y enfoques, encuestas a integrantes de equipos, entrevistas con actores clave y evaluación de madurez y efectividad mediante triangulación de fuentes. Los resultados preliminares muestran un crecimiento en la cantidad de proyectos y la participación del personal, con avances en la integración de procesos y en la satisfacción de los colaboradores. Aun así, persisten desafíos como la definición de objetivos y el uso consistente de metodologías de mejora continua. El trabajo destaca el compromiso de la institución con la mejora continua y su impacto positivo en la calidad de atención y en la sostenibilidad organizacional.

Palabras clave: mejora continua; metodologías; eficiencia operativa; atención al paciente; salud.

Introducción

La mejora continua (MC) se ha consolidado como un pilar fundamental en las instituciones de salud para garantizar la calidad de la atención, incrementar la eficiencia operativa y hacer frente a los constantes cambios del sector. La centralidad de la atención al paciente y los valores éticos y profesionales impulsan este desarrollo, haciendo de la mejora en la gestión sanitaria una prioridad social (Flores y Barbarán, 2021). Este enfoque es crítico y complejo debido a su impacto directo en la seguridad, la eficacia y la satisfacción del paciente, así como en la eficiencia interna (Castro et al. 2016). A pesar de los avances, persisten desafíos significativos que requieren

soluciones efectivas (Monsalve Ospina y Calvo Ospina, 2024). La relevancia de la MC no se limita a los procesos clínicos principales; la optimización de los procesos administrativos (como la gestión de citas, la facturación y el seguimiento de materiales), es igualmente crucial, ya que su efectividad impacta en la sostenibilidad financiera y la calidad de la atención (Medina, 2021). La implementación de la mejora requiere la concurrencia sinérgica de todos los niveles y una sensibilización y formación básica, ya que el liderazgo y la práctica de la mejora revisten características específicas que se benefician de capacitación específica (Saturno-Hernández et al, 2015). Fomentar una cultura de MC implica la identificación y eliminación de procesos

innecesarios y la reducción de errores, involucrando a todos los empleados en el proceso. La MC, o kaizen, originalmente desarrollada en el ámbito de la industria manufacturera, implica un mejoramiento continuo que involucra a todos (gerentes y trabajadores) (Imai, 2001). Se define como un proceso continuo, planificado, organizado y sistemático de cambio incremental (García-Sabater, MarinGarcía and Perello-Marin, 2012). La implementación exitosa se asocia a un proceso gradual basado en la adquisición de rutinas y la evolución de capacidades organizacionales, como lo establece el modelo evolutivo de comportamiento de la mejora continua (Bessant, Caffyn and Gallagher, 2001; MarinGarcía, Bautista-Poveda and García-Sabater, 2014). Esta mejora se materializa y se sostiene mediante proyectos de mejora que deben ser colaborativos, impulsados por datos, centrados en el impacto del usuario, y utilizando una metodología sistemática y rigurosa (Loper et al, 2021; Formento, 2015). Es importante, además, comprender las razones que motivan a las personas a participar, como el apoyo del liderazgo, el acceso a formación y el desarrollo de autoconfianza (Jurburg et al, 2015). El presente trabajo surge de la necesidad de analizar en profundidad la implementación y el desarrollo de un programa de Mejora Continua (MC) en una institución de salud. Para el grupo de investigación Gestión Integrada, Personas y Mejora Continua (GIPMECO), este caso representó un desafío significativo: por un lado actuar como facilitadores del proceso de implementación acompañando a la organización en sus diferentes etapas, impulsando el crecimiento y formalización de su programa y por otro lado generar autonomía en la organización para su gestión. La institución bajo estudio se encuentra en una fase de planificación para el crecimiento y formalización de su programa. El impacto potencial de esta investigación es doble: a nivel institucional, busca proporcionar un diagnóstico que permita el fortalecimiento y la formalización del programa de Mejora Continua (MC), contribuyendo directamente a la sostenibilidad y competitividad de la institución de salud; mientras que, a nivel académico, el estudio utiliza la metodología de estudio de caso para enriquecer el conocimiento sobre los modelos de MC aplicados específicamente en el sector

sanitario. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados parciales de este estudio de caso de investigación, buscando determinar qué factores contribuyen al éxito del programa y cuáles deben seguir perfeccionándose.

Desarrollo

El presente trabajo describe los resultados parciales de un proyecto de investigación sobre la implementación de un programa de mejora continua en una institución de salud, enfocándose en la metodología aplicada y los hallazgos preliminares de las dos primeras etapas.

Metodología de trabajo

La metodología utilizada es un estudio de casos descriptivo planificado en cuatro etapas en el marco de la investigación-acción.

- Primera Etapa: Dividida en dos momentos para evaluar los proyectos de MC presentados en los encuentros internos de la organización: Momento 1: Análisis de métodos, enfoques y resultados mediante una encuesta a líderes de proyectos de mejora (2021 y 2022) y Taller de evaluación y planes de acción "Open Space". Momento 2: Análisis de una fuente secundaria como son los reportes A3 de los 25 trabajos presentados en el encuentro interno de 2023, evaluando aspectos de desarrollo, formación de equipo, metodología y resultados, a través de una base de datos.
- Segunda Etapa: Realización de encuestas semi-estructuradas a los integrantes de los equipos que participaron desde el inicio de la formalización de los encuentros internos. Esta encuesta (completada entre diciembre de 2023 y marzo de 2024) exploró la formación de equipos, metodologías, logros, dificultades y factores motivacionales.

- Tercera Etapa: Entrevistas en profundidad con actores clave (presidente, director, responsable de RRHH, coordinador) para profundizar en la implementación, seguimiento y sostenibilidad del programa y base de datos de evaluación de reportes A3 para comparar ediciones.
- Cuarta Etapa: Triangulación de múltiples fuentes para determinar madurez y efectividad.

La organización analizada corresponde a un centro de salud de relevancia en el sur de la Provincia de Buenos Aires, orientado por valores de innovación, integridad, trabajo en equipo, vocación de servicio y desarrollo. Su trayectoria en calidad y mejora continua se inicia hace más de una década, con la participación de miembros en instancias de formación y, posteriormente, con la presentación de su primer proyecto en el Encuentro Regional de Mejora Continua SAMECO "Mar y Sierras" (2017). Desde entonces, la institución ha participado en diversos encuentros regionales y nacionales, consolidando progresivamente la creación de grupos de mejora y la participación del personal de servicios. En 2021 se institucionalizan los encuentros internos para la presentación de trabajos y en 2023 se organiza un evento de una semana con actividades de visibilización, concientización y capacitación. En este marco de expansión, el grupo de investigación interviene mediante un diagnóstico y la planificación de acciones orientadas al fortalecimiento y formalización del programa institucional de mejora continua.

Desarrollo de la Primera Etapa - Primer momento

En la primera etapa se evaluaron los proyectos de los encuentros internos mediante una encuesta a sus líderes, analizando características, resultados, eficacia y sustentabilidad. Se presentaron 12 proyectos (Figura 1) en 2021 y 19 en 2022, destacándose que el 47% de estos últimos integró dos o más sectores, con una notable participación de los servicios de apoyo.

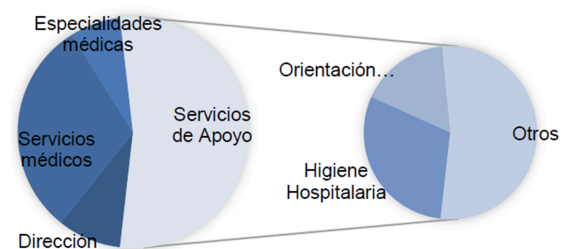
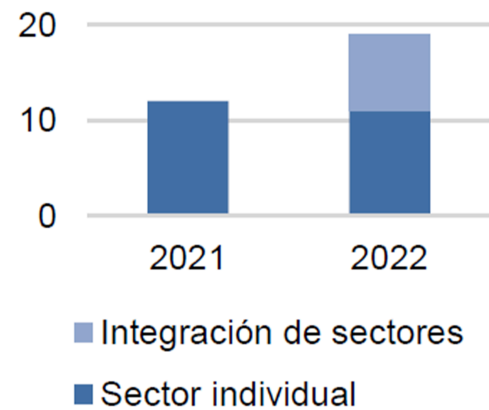


Figura 1 - Distribución de Trabajos y sectores involucrados los encuentros internos 2021 y 2022.

La presentación de trabajos con enfoque multisectorial en el segundo año de los encuentros internos evidencia un avance en la maduración del programa de mejora continua. A partir del análisis de las 31 encuestas a los líderes se observan aspectos importantes a destacar, en el gráfico de la izquierda de la Figura 2 se muestra que el 65% desarrolló o amplió el plan de acción propuesto con un 47% de continuidad del equipo involucrado inicialmente como se observa en el gráfico derecho de la misma figura. Sólo el 10% no valora el trabajo del grupo como uno de los factores del fortalecimiento del trabajo en equipo y detectaron poco apoyo de los jefes, situación que demuestra una motivación y compromiso con la mejora continua y la metodología de participación.

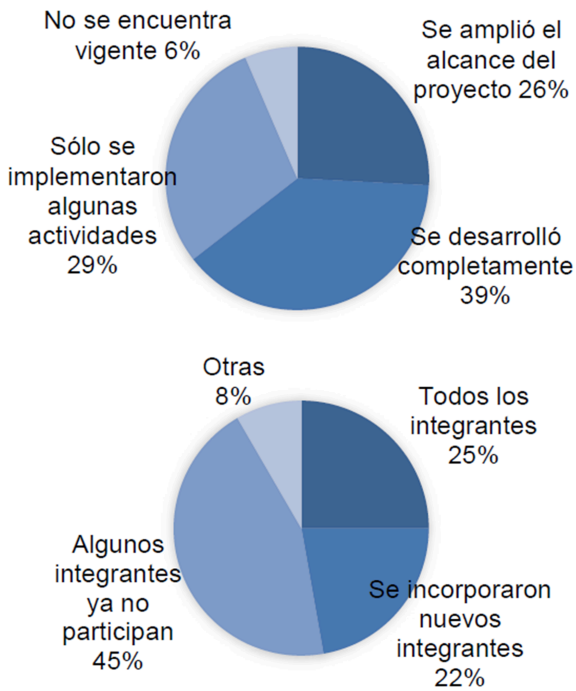


Figura 2 - Desarrollo del plan de acción y participación

Dentro de los factores que se establecieron como dificultades encontradas en el desarrollo del trabajo se destaca la falta de tiempo, de motivación y aspectos de continuidad de los equipos por reasignación o ausentismo de las personas como se observa en el Diagrama de Pareto de la Figura 3 (Izq.).

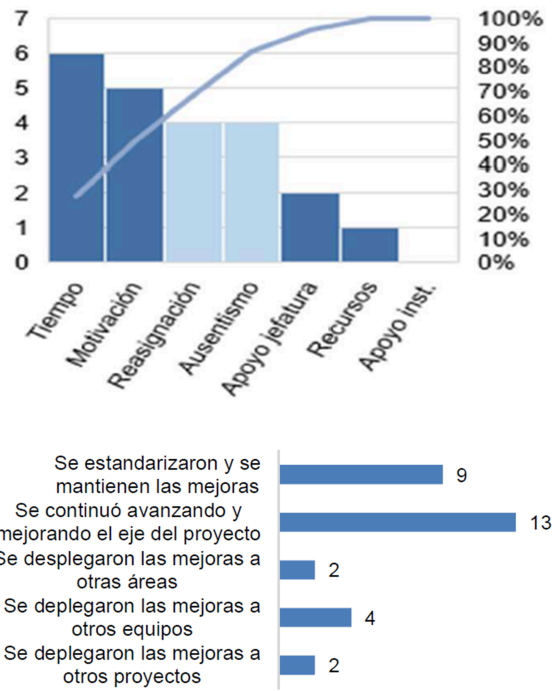


Figura 3 - Dificultades identificadas y nivel de aplicación de las mejoras

Se evidencia un buen avance y estandarización de los proyectos, aunque sin expansión horizontal ni vertical. El 58% cumplió parcialmente sus objetivos y en el 55% de los casos la problemática resurgió total o parcialmente. Los encuestados valoraron la participación, compromiso, trabajo en equipo y mejora del clima laboral. A partir de estos resultados, se implementó un Taller de evaluación tipo Open Space que identificó cinco ejes críticos: tiempo, continuidad, motivación, capacitación y medición. A partir de ello, la institución redefinió la convocatoria y el seguimiento de proyectos, planificando un taller para optimizar el uso del reporte A3.

Desarrollo de la Primera Etapa - Segundo momento

Con el fin de profundizar el análisis de los grupos de mejora se analizaron los Reportes A3 de los 25 trabajos presentados en el encuentro interno 2023. Se observa en la figura 4 (Izq.) que el 64% de los grupos están conformados por el mismo servicio y en comparación con los encuentros anteriores, una disminución en la cantidad de servicios involucrados (47% en 2022), mientras que en 2023 solo el 36% de los

equipos participaron integrando 2 servicios o más. En cuanto a la cantidad de integrantes de los grupos el 56% es menor a 3, el 36% de 3 a 5, el 4% de 9 a 12 y el 4% más de 12 personas (figura 4, lado derecho).

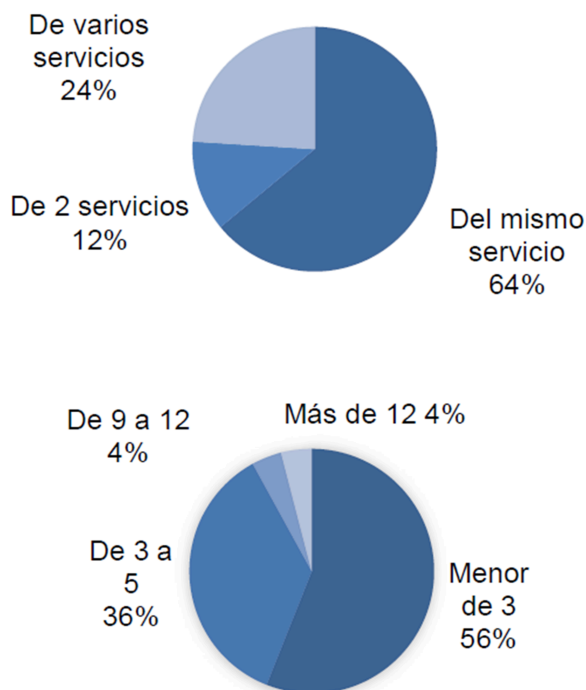


Figura 4 - Servicios que conforman los grupos y Cantidad de integrantes

Respecto a las temáticas abordadas en los proyectos, en primer lugar, se encuentra productividad y satisfacción al paciente, en segundo lugar, satisfacción del cliente interno y en tercer lugar calidad. El análisis de las etapas de los proyectos muestra que el 44% de los trabajos describen la situación inicial en un grado medio, 32% en bajo y solo el 24% en alto o muy alto; además, el 72% no realiza mediciones, lo que dificulta el seguimiento posterior. El 71% define en bajo grado a los objetivos SMART y solo un 4% en alto, evidenciando problemas para establecer metas claras y medibles. En cuanto a la aplicación metodológica, el 64% presenta un nivel bajo y solo un 4% alto, con uso parcial del PDCA y sin análisis de procesos ni herramientas de calidad en el 88% de los casos. La planificación se detalla de forma limitada en el 54% y no se explicita en el 17%. Aunque el 73% implementó el proyecto completo, menos de la mitad comparó adecuadamente resultados con la situación inicial y ninguno reportó impactos

económicos. Analizando la finalización de los proyectos, el 64% de los reportes no incluye lecciones aprendidas ni reflexiones sobre dificultades, lo que limita la transferencia de aprendizajes a futuros proyectos. De manera similar, el 60% de los trabajos no presenta una reflexión sobre las dificultades e inconvenientes enfrentados durante el proyecto ni sobre la capacidad del equipo para resolverlos.

Desarrollo de la Segunda Etapa

Se invitó a participar a la totalidad de los colaboradores que formaron parte de los grupos de mejora, obteniendo 48 encuestas respondidas. Esta muestra permite alcanzar un nivel de confianza del 90% con un margen de error del 10%, lo cual es suficiente para un buen nivel descriptivo de los resultados. Los participantes provienen de diversos servicios y la mayoría tiene menos de 10 años de antigüedad, siendo los más antiguos los líderes de sector. En los equipos, el 54% ocupa el rol de integrante, el 35% de líder y el 11% de facilitador, con una experiencia en proyectos de mejora de 2 a 3 años. Si bien se identifican en roles formales, no se evidencia capacitación que respalde esa asignación. En cuanto a la incorporación a los equipos, el 50% fue invitado por el líder y el 38% se unió voluntariamente. En la Figura 5 se identifican las temáticas abordadas en el último proyecto de mejora que participaron los encuestados. Se encontró en primer lugar proyectos relacionados con productividad, en segundo lugar, con calidad y tercer lugar con satisfacción del cliente interno.



Figura 5 - Temáticas abordadas en los proyectos y origen de la elección de las mismas

La participación de las personas coincide con el análisis de los proyectos de los encuentros internos 2023 en relación al primer aspecto evaluado, 'productividad', mientras que el resto de las temáticas muestra variaciones en sus posiciones dentro de los primeros cuatro lugares. El origen de los temas, en primer lugar, surgen de propuestas de líderes del sector, en segundo lugar, del personal y en tercer lugar de objetivos estratégicos de la dirección. La mayoría de los grupos de mejora fueron pequeños: 35% con 3 a 5 integrantes y 33% con menos de 3, lo que no se ajusta al número recomendado. El 64,6% trabajó con personas del mismo servicio y un 39,6% de los proyectos duró entre 1 y 3 meses. El 70,8% recibió capacitación formal en metodologías, principalmente PDCA, aunque su aplicación en proyectos fue débil y señalada como una debilidad. En cuanto a la sistematización, el 58,3% se encuentra en fase inicial y el 37,5% ya lo realiza de manera sistemática. Estos resultados coinciden con lo previamente mencionado, y sugieren los primeros pasos en la implementación de metodologías estructuradas para la resolución de problemas. Respecto al uso de metodologías, el 58,3% aplicó PDCA y en menor medida otras, aunque

con enfoque limitado. Las herramientas más usadas fueron la tormenta de ideas (39,6%), Pareto (8,3%), registro de datos (8,3%), gráfico de control (4,2%) y espina de pescado (6,2%). Sin embargo, en los proyectos presentados en 2023 no se reflejó este uso, lo que evidencia la necesidad de reforzar su aplicación. El 62,5% de los encuestados considera que se cumplieron los objetivos, señalando como factores facilitadores el trabajo en equipo (83,3%), la dedicación (60,4%) y el apoyo de la dirección (47,9%). Entre las dificultades destacan la falta de recursos (60%) y de tiempo (40%). En relación con la mirada de los líderes plasmada en la encuesta ambos coinciden en la falta de tiempo. Pero se observa en los líderes un enfoque a cuestiones motivacionales y de las personas y en la encuesta aspectos más orientados a la organización y la logística.

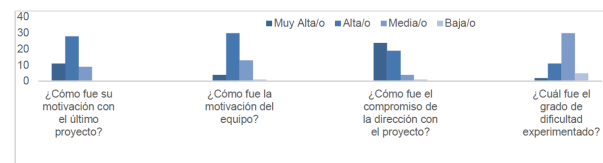


Figura 6 - Aspectos de motivación, compromiso y dificultad personal

La encuesta reveló diversos aspectos intangibles experimentados por las personas. En la Figura 7 se aprecia un alto nivel de motivación tanto de los colaboradores como del equipo, así como un compromiso muy alto y alto por parte de la dirección con el proyecto. En cuanto al grado de dificultad percibido por los colaboradores, este se calificó como medio. Las principales dificultades experimentadas por los integrantes de los proyectos, como se observa en la Figura 8 (Izq.), fueron, en primer lugar, la falta de tiempo debido a la sobrecarga laboral (60,4%). En segundo lugar, se señaló la falta de compromiso de las personas (18,8%), y en tercer lugar, con un 14,6% cada una, se destacan la falta de organización, la comprensión de la temática y la falta de recursos. Estas dificultades coinciden con algunas de las razones definidas anteriormente.

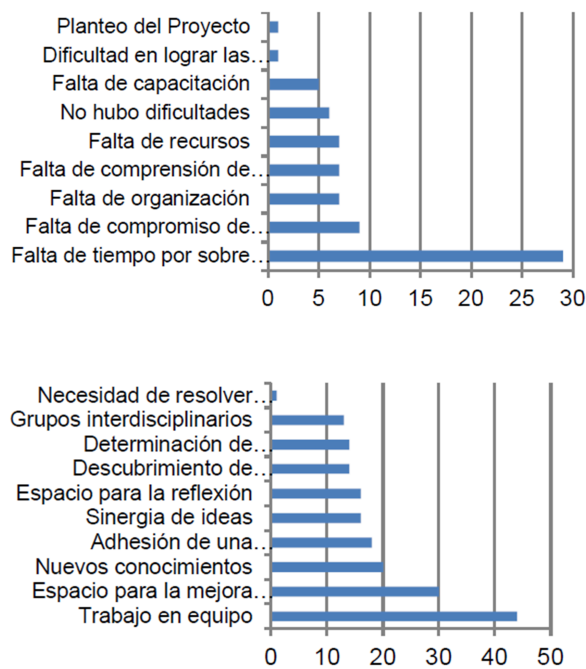


Figura 7 - Principales dificultades y ventajas experimentadas en el proyecto

En la Figura 8 en la imagen derecha, se identifican las principales ventajas experimentadas durante la participación en el proyecto. En primer lugar, destaca el trabajo en equipo (91,7%); en segundo lugar, disponer de un espacio para mejorar los procesos (62,5%); y, en tercer lugar, la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos (41,7%). Observándose con esto algunas de las principales potencialidades de la mejora continua. La evaluación de los aprendizajes luego de cerrado el proyecto, fue otro aspecto analizado en la encuesta donde el 58,3% de los participantes manifiesta no haber realizado una reflexión de estas características y el 16,7% desconoce. Esto se encuentra en concordancia con lo analizado en los proyectos 2023. Las presentaciones internas son el principal medio de difusión y reconocimiento de las experiencias de mejora continua (89,6%), seguidas por los Encuentros SAMECO regionales/nacionales (27,1%). Otros canales como cartelería, capacitaciones y mails tuvieron menor uso, y las gacetillas resultaron irrelevantes, evidenciando la preferencia por eventos formales y presenciales por sobre medios escritos o electrónicos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la implementación de programas de mejora continua en instituciones de salud genera aprendizajes valiosos y un impacto positivo en la calidad y eficiencia de los servicios. Un estudio de caso en un centro de salud del sur de la Provincia de Buenos Aires permitió comenzar a evaluar los logros y desafíos del proceso, destacando la importancia de fomentar una cultura organizacional orientada a la mejora continua. Los resultados preliminares muestran un incremento en la participación del personal, en la cantidad de proyectos presentados y en la generación de equipos intersectoriales además del cumplimiento de los objetivos. Sin embargo, persisten desafíos vinculados con la definición de objetivos claros, la sistematización metodológica y la transferencia de lecciones aprendidas. En este sentido, las jornadas de investigación se consolidan como un espacio fundamental para visibilizar los proyectos desarrollados, difundir sus logros y dificultades, y promover el intercambio de experiencias entre equipos y organizaciones. Estas instancias no solo permiten reconocer el esfuerzo colectivo, sino también fortalecer la formación, la reflexión crítica y la generación de nuevo conocimiento que impulse la madurez de los programas de mejora continua. Esta investigación también tiene un impacto potencial significativo para el grupo GIPMECO, al proporcionar evidencia y aprendizaje que fortalecen su rol como facilitador y generador de conocimiento sobre la implementación de programas de mejora continua en el sector sanitario.

Bibliografía

- Bessant, J. (1994). Rediscovering continuous improvement.. *Technovation*, 17–29. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0166-4972\(94\)90067-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0166-4972(94)90067-1). [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0166-4972(94)90067-1)
- Castro, S., Niotti, G., Quiñones Robles, N. (2016). Calidad en la atención de la salud desde la auditoría médica.. *Curso de Auditoría Médica*. <https://bit.ly/3RSCplt>
- Flores Arévalo, J., Barbarán Mozo, H. P. (2022). Plan integral de mejora para fortalecer la gestión hospitalaria a nivel institucional en la región San Martín.. *Cs. Lat.*, 6(1), 2436–2460. <https://n9.cl/dr39z>

- Garcia-Sabater, J. M.-G. (2011). Can we still talk about continuous improvement? Rethinking enablers and inhibitors for successful implementation.. *International Journal of Technology Management*, 55, 28–42.
- Bessant, J., Caffyn, S., Gallagher, M. (2001). An evolutionary model of continuous improvement behaviour.. *Technovation*, 21(2), 67–77. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00023-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00023-7). [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00023-7)
- Loper, A., Jensen, T., Farley, A., Morgan, J., Metz, A. (2021). A systematic review of approaches for continuous quality improvement capacity-building.. *Journal of Public Health Management and Practice*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1097/PHH.0000000000001412>. <https://doi.org/10.1097/PHH.0000000000001412>
- Marin-García, J. A., Bautista-Poveda, Y., Garcia-Sabater, J. J. (2014). Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso.. *Intangible Capital*, 10(3), 584–618.
- Monsalve Ospina, Y. O., Calvo Ospina, M. J. (2024). Mejora continua en la gestión de servicios de salud: Estrategias para la excelencia administrativa.. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.31637/epsir-2024-767>. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-767>

Análisis de cuatro competencias adquiridas por egresados de carreras de ingeniería en la UNMDP

Luciana Soledad Santille¹ (lsantille@fi.mdp.edu.ar), María Velia Artigas¹ (mvartigas@fi.mdp.edu.ar), Adolfo E. Onaine¹ (aeonaine@fi.mdp.edu.ar)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Resumen

Este trabajo es una revisión que describe el recorrido en el análisis de las competencias adquiridas por los graduados de la Facultad de Ingeniería que se desarrolla en el marco del proyecto Descripción de la gestión por competencias en organizaciones, cuyo objetivo general es monitorear las percepciones de los graduados. Se explica la metodología implementada en los trabajos basada en la utilización de dos indicadores que miden la relación percibida entre lo esperado y lo recibido por los graduados, y otro propone evaluar la percepción en relación con el nivel adquirido y lo requerido por el mercado laboral. Las competencias analizadas son cuatro de las genéricas. El aporte de las publicaciones realizadas permite generar información para la toma de decisiones y para la mejora continua de las carreras que se dictan en la Unidad Académica en cuestión.

Palabras clave: competencias; graduados; indicadores; ingeniería.

Introducción

En el marco del proyecto Descripción de la gestión por competencias en organizaciones en el Grupo de Investigación: Gestión Integrada, Personas y Mejora Continua del Departamento de Ingeniería Industrial se analizan las competencias adquiridas por los graduados de la Facultad de Ingeniería. Este trabajo presenta el recorrido realizado en el monitoreo de las percepciones de los graduados y estudiantes avanzados como un aporte a la mejora continua de las carreras que se dictan en nuestra Unidad Académica. Las Facultades de Ingeniería de Argentina, a través de la modificación de sus planes de estudio, pretenden una mejor inserción laboral del graduado en un contexto de una aceleración exponencial de desarrollo tecnológico. Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Zaragoza

(Marzo Navarro, Pedraja Iglesias y Rivera Torres, 2006) analizó las competencias profesionales requeridas por las empresas, centrándose en los profesionales de la ingeniería. El propósito fue identificar posibles desajustes entre las habilidades que poseen los egresados y las que realmente demandan las organizaciones, con la intención de adecuar los planes de estudio. El análisis demuestra la necesidad de fortalecer competencias como la comunicación efectiva, el trabajo en equipo, el aprendizaje continuo, el dominio de idiomas y herramientas informáticas, así como la flexibilidad, el liderazgo y la capacidad de innovación. Los autores Neri Torres y Hernández Herrera (2019) de la Ciudad de México, indagaron a estudiantes próximos a graduarse de un instituto tecnológico federal acerca de la adquisición de competencias blandas en su trayecto formativo. Producto de

ello se detectaron deficiencias en habilidades sociales y emocionales, resolución de problemas, comunicación, manejo eficiente de información y creatividad. En el ámbito local, Comoglio et al., investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, establecieron indicadores para medir el grado de adquisición de competencias (Comoglio et al., 2018). Como resultado, concluyen que las carreras de ingeniería cumplen con las expectativas de los egresados en cuanto al desarrollo de las competencias tecnológicas analizadas, aunque algunos graduados percibieron leves falencias evidenciadas en el ámbito laboral.

Dado el recorrido como grupo de investigación y tomando los aportes de otros colegas presentamos los trabajos realizados en los últimos años relacionado a la medición del desarrollo de competencias en graduados de ingeniería con el objetivo que sirva como aporte para otras instituciones educativas.

Desarrollo

Continuando con la línea de investigación sobre competencias en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, se pretende socializar algunos de los trabajos realizados y publicados. La metodología utilizada en los trabajos es exploratoria y descriptiva, dado que, por un lado intenta indagar el estado de una situación que abarca un período de tiempo determinado, y por otro, su objetivo principal es tener datos que den cuenta de la problemática estudiada. Con el fin de aportar información sobre las percepciones y expectativas de los grupos estudiados, se toma un cuestionario virtual estructurado con opción de respuesta múltiple que utiliza una escala tipo Likert. Para el análisis de los datos se utilizaron dos indicadores existentes (Comoglio et al., 2018) que se calcularon y procesaron a través de una planilla Excel. Uno mide la relación percibida entre lo esperado y lo recibido por los graduados, y otro propone evaluar la percepción en relación con el nivel adquirido y lo requerido por el mercado laboral. Para la determinación de los mismos, a los datos obtenidos se les aplica las fórmulas (1) y (2): Indicador de Adecuación de la Competencia (IAC) = Valor Observado (VO) - Valor Esperado (VE) (1) Indicador de Desarrollo de la Competencia

(IDC) = Valor Observado (VO) - Requerido (VR) (2) Dónde: Valor Observado (VO) es el grado que adquiriste de la competencia al terminar la carrera. Valor Esperado (VE) es el grado que esperabas adquirir de la competencia al terminar la carrera. Valor Requerido (VR) es el grado requerido de la competencia en la actividad profesional. Las dimensiones trabajadas son competencias genéricas definidas como: Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; Competencia para comunicarse con efectividad y Competencia para aprender en forma continua y autónoma. Las competencias mencionadas se describen en la Tabla 1.

Competencia medida	Capacidad asociada	Ítems
IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS DE INGENIERÍA	Capacidad para identificar y formular problemas	-Ser capaz de identificar una situación problemática -Ser capaz de identificar y organizar los datos pertinentes a la situación problemática -Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis -Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa
	Capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución	-Ser capaz de realizar el diseño de la solución tecnológica para resolver un problema -Ser capaz de incorporar al diseño de la solución tecnológica las dimensiones del problema (tecnológica, temporal, económica, entre otras) que sean relevantes en su contexto específico -Ser capaz de planificar la resolución del problema (identificar el momento oportuno, esilar los tiempos, prever los recursos necesarios, entre otros) -Ser capaz de optimizar la solución y uso de los materiales y/o dispositivos tecnológicos disponibles para la implementación de la solución tecnológica -Ser capaz de elaborar informes, planos, especificaciones y comunicar recomendaciones -Ser capaz de controlar el proceso de ejecución del proyecto de ingeniería
DESEMPEÑARSE DE MANERA EFECTIVA EN EQUIPOS DE TRABAJO	Capacidad para trabajar en equipo	-Ser capaz de reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos -Ser capaz de identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas en un grupo de trabajo y actuar de acuerdo a ellas -Ser capaz de asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo
COMUNICARSE CON EFECTIVIDAD	Capacidad para la comunicación efectiva	-Ser capaz de seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y acordar significados en el contexto de intercambio -Ser capaz de producir e interpretar textos técnicos (procedimientos, informes, entre otros) y presentaciones públicas
APRENDER EN FORMA CONTINUA Y AUTÓNOMA	Capacidad para el aprendizaje	-Ser capaz de reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo y actualización permanente a través formación -Ser capaz de lograr autonomía en el aprendizaje

Figura 1 - Dimensiones analizadas

En la Tabla 2 se presenta el listado de publicaciones del grupo, donde se detalla el evento al que se ha presentado trabajo, su objetivo, la muestra analizada, las competencias medidas y el link de acceso al documento.

Evento	Objetivo	Muestra	Competencias medidas	Link a la publicación
IV Jornada de Ingeniería Aplicada 2023	Presentar la metodología para estudiar el impacto de la formación por competencias y cómo las utilizan los jóvenes profesionales luego de su egreso, se describe la muestra estudiada.	Compuesta por graduados recientes de ingeniería. ¹	Cuatro competencias genéricas: Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; Competencia para comunicarse con efectividad; y Competencia para aprender en forma continua y autónoma.	https://www.fi.md.p.edu.ar/index.php/424-invitation-y-jornadas-de-ingenieria-aplicada-2023
XVI Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - COINI 2023	Medir y analizar el grado de desarrollo de tres competencias genéricas de la muestra.	Compuesta por graduados de Ingeniería de los últimos 5 años (2018-2022).	Tres competencias genéricas: Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; Competencia para comunicarse con efectividad; y Competencia para aprender en forma continua y autónoma.	https://ryc.utn.edu.ar/index.php/aiea/issue/view/75 https://aacini.org/memoriascoini/
CADI-CAEDI 2024	Medir y analizar las expectativas de los graduados en ingeniería	Graduados en ingeniería de los últimos 5 años (2018-2022) muestra total	Cuatro competencias genéricas: Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; Competencia para desempeñarse de manera	A la espera de su publicación.
	(2018-2022), comparando por perfil de familia de carrera, sobre cuatro competencias genéricas.	vs muestra separada por familia de carreras.	efectiva en equipos de trabajo; Competencia para comunicarse con efectividad; y Competencia para aprender en forma continua y autónoma.	
ANUARIO UBA 2024	Indagar sobre el impacto de la formación por competencias y cómo las utilizan los jóvenes profesionales luego de su egreso sobre cuatro competencias genéricas de la muestra.	Graduados en ingeniería de los últimos 5 años (2018-2022).	Cuatro competencias genéricas: Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; Competencia para comunicarse con efectividad; y Competencia para aprender en forma continua y autónoma.	https://www.psi.uba.ar/publicaciones/anuario/actualxxx.php?var=publicaciones/anuario/trabalxxx.php&d=1285

Figura 2 - Publicaciones realizadas

1 Cabe destacar que es importante delimitar la muestra a un periodo no mayor a 5 años para que las percepciones de los egresados no se vean afectadas por la distancia entre la experiencia como estudiante y el ejercicio profesional.

Además de los trabajos descritos en la tabla anterior, durante el corriente año se han enviado para publicación dos trabajos en la misma línea de estudio: Indicadores para medir la adquisición de competencias en las primeras experiencias profesionales en ingeniería y Nivel de adquisición de competencias genéricas en estudiantes avanzados y graduados recientes de ingeniería. En estos desarrollos se incorpora al análisis una muestra de estudiantes avanzados de las carreras de ingeniería.

Conclusiones

Los trabajos realizados permiten comparar resultados entre diferentes muestras y submuestras analizadas y también con estudios

de otros grupos de investigación. Esto permite identificar el gap entre el nivel de competencias requerido en el mercado laboral y lo que los graduados han adquirido, como así también lo que han percibido adquirir durante su etapa como estudiantes y lo que esperaban adquirir. Esta información permite realizar mejoras en las estrategias pedagógicas que impacten positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje incrementando el desarrollo de las competencias estudiadas. Para futuras líneas de investigación sería interesante comparar estos resultados con datos provenientes de graduados con más de 10 años, dado que su mirada será enriquecedora para ampliar la perspectiva. Finalmente, en futuros abordajes podría estudiarse el impacto sobre el desarrollo de las competencias de graduados recientes que sean el resultado de la implementación de los nuevos planes de estudio.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer: a los graduados y estudiantes próximos a graduarse de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata por su aporte y colaboración que ha permitido el desarrollo de una serie de trabajos que, con distintos enfoques, aportarán al diagnóstico que posibilitará emprender el camino de mejora continua para la formación de futuros ingenieros; y muy especialmente al Dr. Ing. Gustavo Zabaleta, a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería - UNMDP, quien entendiendo la importancia de nuestra investigación nos ha facilitado el contacto con los egresados.

Bibliografía

- Artigas, M. V., Onaine, A. E., Santille, L. S. (2020). Las percepciones de los estudiantes: avances del proceso de transición a un modelo de formación por competencias.. XIII Congreso Internacional de Ingeniería Industrial. <https://ria.utn.edu.ar/xmlui/handle/20.500.12272/5393>
- Artigas, M. V., Onaine, A. E., Santille, L. S. (2023). Percepciones de estudiantes sobre su experiencia de aprendizaje en pandemia por COVID-19.. Revista de Ingeniería Industrial Universidad del Bío-Bío.

- Artigas, M. V., Santille, L. S., Onaine, A. E. (2024). Trazabilidad de competencias en jóvenes profesionales de ingeniería.. Anuario de Psicología/The UB Journal of Psychology, 54(2).
- Comoglio, M. S., Minnaard, C. L., Morrongiello, N., Pascal, G. (2018). Formación por competencias en carreras de ingeniería. Indicadores para evaluar su nivel de adquisición.. VI Jornadas Nacionales y II Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas. <https://digital.cic.gba.gob.ar/items/1f471423-bd5f-4c9c-a5fd-f902964d7be2>
- Marzo Navarro, M., Pedraja Iglesias, M., Rivera Torres, P. (2006). Las competencias profesionales demandadas por las empresas: el caso de los ingenieros.. Revista de Educación, 341, 643-661.
- Neri Torres, J. C., Hernández Herrera, C. A. (2019). Los jóvenes universitarios de ingeniería y su percepción sobre las competencias blandas.. Revista Iberoamericana para la Investigación y el desarrollo educativo (Ride), 9(18), 3-24. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i18.445>. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i18.445>

STEAM y Makerspaces: Una sinergia para la innovación en la educación en Ingeniería

Gustavo Oscar Belliski¹ (gbelliski@fi.mdp.edu.ar), Guillermo Luján Rodríguez² (guille@fceia.unr.edu.ar),
Justo José Roberts¹ (jjroberts@fi.mdp.edu.ar)

¹ Grupo de Estudio en Sistemas Energéticos (GESE), Dto de Ing. Eléctrica, FI-UNMDP

² FabLab FCEIA, UNR

Resumen

Este es un trabajo de investigación exploratorio bibliográfico sobre STEAM y makerspaces, características y posibilidades de aplicación en la Facultad de Ingeniería de la UNMDP

Palabras clave: STEAM; Makerspace; Educación.

Introducción

El acrónimo STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) representa "un enfoque pedagógico basado en proyectos que integran la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y la matemática para garantizar un aprendizaje contextualizado y significativo" (Exactas-UNLP, 2018). Evolucionó de STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), surgido en la década de los 90 en la Fundación Nacional para la Ciencia en Estados Unidos. STEM era para abordar la "incuestionable necesidad de preparar a las nuevas generaciones para el mundo tecnológico que les toca vivir, preparándolos no solo para la vida laboral, sino también personal", y recuperar la motivación de los estudiantes en estas disciplinas, ya que la "desmotivación fue considerado un riesgo para el futuro" (VermisLAB, s.f.). En 2006, Georgette Yakman introdujo el término STEAM "... para exponer un nuevo paradigma educativo en el que la ciencia y la tecnología son interpretadas a través de las artes" (VermisLAB, s.f.). La "A" de Artes no se limita a la música, la plástica o la literatura, sino que "incluyen áreas como la sociología, la psicología, la historia, las bellas artes, la filosofía e, irónicamente, la educación" (Zeidler, 2016, p. 17, citado en Ortiz-Revilla, Sanz-Camarero & Greca, 2021, p. 17). En este trabajo realizamos una investigación exploratoria sobre la bibliografía existente en múltiples formatos

acerca de este enfoque y el uso de makerspaces para evaluar beneficios y desafíos de implementarlos en la educación, en particular en la Facultad de Ingeniería de la UNMDP.

Metodologías activas y teorías de aprendizaje

El enfoque STEAM trasciende la mera combinación de disciplinas; se trata de "una forma de hacer, donde el trabajo colaborativo es la pieza angular y a partir de ahí empieza el desarrollo de proyectos" (VermisLAB, s.f.). Su objetivo principal es "preparar a los estudiantes para resolver los problemas más acuciantes del mundo mediante la innovación, la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación eficaz, la colaboración y, en última instancia, los nuevos conocimientos" (Quigley & Herro, 2016, p. 410, citado en Ortiz-Revilla, Sanz-Camarero & Greca, 2021, p. 18). Pero además, busca desarrollar en los estudiantes la capacidad de "aprender a aprender, identificar problemas, transferir conocimientos y aplicar habilidades y técnicas adquiridas en el grado, mejorar la calidad de la enseñanza y de construir un perfil profesional competente y diferenciado" (Díaz et al., 2023, citado en Ormazza-Cevallos, Lozano-Jaramillo & Pico-Loor, 2024, p. 14). Con este enfoque, se persigue lograr "fines formativos de máxima relevancia: adquisición de competencias y progreso hacia un aprendizaje autónomo y en continua actualización" (Cuervo

et al., 2024, citado en Ormaza-Cevallos, Lozano-Jaramillo & Pico-Loor, 2024, p. 15), lo cual es "esencial para formar profesionales con pensamiento crítico y creativo" (Imperiale et al., 2024, citado en OrmazaCevallos, Lozano-Jaramillo & Pico-Loor, 2024, p. 15). Las metodologías activas de aprendizaje son fundamentales, ya que "permiten una enseñanza pluridisciplinar dotada de mayor libertad; el papel del docente ya no es el del eslabón transmisor de información, sino el de acicate hacia el autoaprendizaje" (Cuervo et al., 2024, citado en OrmazaCevallos, Lozano-Jaramillo & Pico-Loor, 2024, p. 15). Una de las metodologías activas más destacadas es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) (Tyner et al., 2015; González-Patiño et al., 2017; Rubio & Campillo, 2017; Tesconi, 2018; Araújo, 2019; Sforza et al., 2019, citados en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 156), que también es el más usado (Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 144). En ABP se involucra a los estudiantes en "desafíos y resolución de problemas que pueden tornarse más significativos si se parte de contextos reales, de la vida fuera del aula" (Moran, 2018, citado en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 157). El trabajo con proyectos permite abordar "diversas dimensiones pedagógicas, como la interdisciplinaridad, el pensamiento crítico y creativo, la toma de decisiones, la autonomía, el espíritu investigativo de forma individual o en grupos, competencias muy señaladas como necesarias para la formación integral de un ciudadano del siglo XXI" (Teixeira et al., 2021, citado en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 157). Otra teoría relevante es el construccionismo de Seymour Papert (Raabe et al., 2018; Revuelta Domínguez & Guerra Antequera, 2019; Soster et al., 2020, citados en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 157). Papert enfatiza que la construcción del conocimiento ocurre "... cuando el alumno participa conscientemente en la construcción de un objeto compartible " (Papert, 2008, citado en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 157). El Design Thinking es otro enfoque metodológico activo que "Se inspira en la forma en que los diseñadores trabajan para resolver problemas" (Rocha, 2018, p. 156, citado en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 158). Esta "metodología activa contribuye al desarrollo creativo ya que ayuda a organizar ideas y resolver desafíos " (Oliveira & Zamarian, 2020, citado en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p.

158). Un estudio reciente concluyó que el Design Thinking puede ser "un excelente marco para el desarrollo de la educación STEAM, ya que funciona como un marco para la convergencia entre ciencias consideradas como rígidas, analíticas y lógicas con el mundo de las artes, entendidas como más intuitivas y emocionales" (Rivera Toscano, Herrera Navarro & Ángeles Herrera, 2022, citado en Rodríguez et al., 2024, p. 193). El modelo de aula invertida (flipped classroom) también integra el marco STEAM, pues las exposiciones del docente "pueden quedar grabadas en un vídeo o en una presentación narrada " (García Aretio, 2018, p. 16), para que los alumnos las estudien en casa, "liberando tiempo en el aula para actividades interactivas, mentoría y resolución de dudas" (Tourón & Santiago, 2015, citado en García Aretio, 2018, p. 17), transformando la clase en un "entorno centrado en el estudiante" (Bergmann & Sams, 2013, citado en García Aretio, 2018, p. 17). La gamificación, aunque menos citada en las publicaciones (Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 158), también se conjuga con otras actividades maker para incorporar "la ludicidad, la resolución de problemas y desafíos" (Meira & Blikstein, 2020, citado en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 158). En las metodologías activas, el papel del docente cambia de instructor a "facilitador del aprendizaje" (Ormaza-Cevallos, Lozano-Jaramillo & Pico-Loor, 2024, p. 16) y "orientador del aprendizaje en un ambiente de trabajo cooperativo" (Muntaner, Pinya & Mut, 2020, citado en Ormaza-Cevallos, LozanoJaramillo & Pico-Loor, 2024, p. 16).

STEAM y makerspaces

Los makerspaces (a veces FabLabs) son espacios "donde las personas pueden transformar ideas y proyectos en realidad por medio del acceso a la información y a los medios de producción digitales" (Campos & Blikstein, 2019, citado en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 146). La cultura maker, al promover la idea de que todos podemos construir y crear, ha despertado el interés de los educadores para que los estudiantes se tornen protagonistas de su conocimiento (Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 143) y asocien lo curricular con la práctica (Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 143). En la educación superior, estos espacios son

concebidos como "espacios educativos de innovación y desarrollo de emprendimientos" (Portuguez Castro & Gómez Zermeño, 2019, p. 19), cruciales para desarrollar proyectos mediados por la tecnología y se han convertido en centros de formación en los que se promueven redes de colaboración (Portuguez Castro & Gómez Zermeño, 2019, p. 19). La convergencia de las Prácticas Educativas Mediatizadas (PEM) y STEAM en la educación superior se puede concretar mediante "estrategias pedagógicas vinculadas al pensamiento creativo, el aprendizaje basado en proyectos y las prácticas maker, en el marco del desarrollo de Fab Labs físicos virtuales participativos" (Rodríguez et al., 2024, p. 193). Estas prácticas, que suelen desarrollarse en el marco de talleres FabLab físico-virtuales, "promueve(n) la formación transdisciplinar, el fortalecimiento del trabajo en grupo y el intercambio de conocimientos" (Rodríguez et al., 2024, p. 194). Los estudiantes de ingeniería aquí "desarrollan disposiciones y prácticas relevantes, como la confianza y la motivación relacionadas con el diseño" (Portuguez Castro & Gómez Zermeño, 2019, p. 27). Es clave la capacidad de los makerspaces para "empoderar a los estudiantes, dándole la oportunidad para que sean constructores y transformadores de sus propias realidades" (Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 144). La metodología de enseñanza más utilizada en estos espacios es la ABP (Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 144), y su ventaja radica en "el fomento del trabajo cooperativo y colaborativo y el desarrollo de la creatividad individual" (Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 202).

Además, los makerspaces universitarios, como el InnovAction Gym del Tecnológico de Monterrey, ofrecen un "ambiente de libertad y exploración que permite crear y proponer sin temor a poder equivocarse", fomentando "el desarrollo de proyectos innovadores con soluciones disruptivas a problemas actuales", facilitando el "aprendizaje autorregulado" y el desarrollo de "posiciones de liderazgo y autonomía en los alumnos" (Consejo Mexicano de Investigación Educativa, 2022, p. 244).

Desafíos y Oportunidades en Ingeniería

La implementación de este enfoque en la educación superior argentina presenta desafíos y oportunidades específicas. La sociedad exige una renovación educativa urgente, sin embargo, "la sociedad cambia rápidamente pero el sistema educativo no está siguiendo un camino paralelo" (OrtizRevilla, Sanz-Camarero & Greca, 2021, p. 13). La enseñanza tradicional, con su "tratamiento compartimentado y aislado de los contenidos curriculares", ha sido señalada como limitada, haciendo necesaria una "integración disciplinar para un proceso de enseñanza-aprendizaje significativo" (Ortiz-Revilla, Sanz-Camarero & Greca, 2021, p. 13). Los desafíos para la implementación son:

- La "carencia de reflexiones teóricas profundas, meditadas y detalladas" sobre su fundamentación teórica, a pesar del "continuo incremento de publicaciones en esta línea de investigación" (Ortiz-Revilla, Sanz-Camarero & Greca, 2021, p. 13-14). En la investigación sobre la eficacia de los makerspaces en la educación superior aún "falta demostrar sus efectos de manera empírica en las comunidades educativas" (Martin, Dixon & Betser, 2018, citado en Consejo Mexicano de Investigación Educativa, 2022, p. 236).
- La escasa formación del profesorado. En Argentina, "las capacitaciones docentes en este tema son aisladas, y casi inexistentes desde los espacios educativos de esta nación" (Exactas-UNLP, 2018), lo que genera "una carencia de competencias docentes necesarias para llevar a cabo este enfoque con garantías y autonomía" (García-Carrillo et al., 2021, citado en Ortiz-Revilla, Sanz-Camarero & Greca, 2021, p. 30).
- La escasez de recursos financieros para construcción y mantenimiento de los espacios maker (Paula et al., 2019; Santos & Andrade, 2019; Sforza et al., 2019, citados en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 161), debido al alto costo financiero necesario para los laboratorios.
- La "necesidad de más estudios relacionados a la aplicación del concepto maker a la enseñanza" (Tesconi, 2018; Rafalski et al., 2019; Moura, 2020, citados en Aleixo, Silva & Ramos, 2021, p. 162). Las oportunidades que ofrece son:
- Se postula como "una solución a los problemas de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, al desarrollo de competencias y motivar al estudio de carreras científico tecnológicas" (Exactas-UNLP, 2018).
- Promueve el aprendizaje colaborativo, el pensamiento crítico y creativo, la innovación y el

protagonismo estudiantil (Ormaza-Cevallos, Lozano-Jaramillo & Pico-Loor, 2024, p. 13-16).
 □ Permite la "construcción de conocimiento de forma integrada, conectando conceptos de diferentes disciplinas y lograría la comprensión de un concepto más rico y de mayor alcance" (Exactas-UNLP, 2018).

Casos en Argentina, América Latina y Europa

Pudimos encontrar experiencias documentadas en los siguientes casos de interés: Argentina: En Argentina, la Universidad Nacional de Rosario (UNR), específicamente la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), ha explorado la implementación de STEAM y makerspaces en la carrera de Ingeniería Mecánica (Rodríguez et al., 2024, p. 191). La experiencia se llevó a cabo en una modalidad pedagógica físico-virtual que "integra una serie de prácticas educativas para el aprendizaje de tecnologías digitales pertenecientes a la denominada Industria 4.0" (Rodríguez et al., 2024, p. 191). Se demostró la capacidad de "desarrollar las habilidades y competencias requeridas por los futuros profesionales en el campo de la ingeniería" (Rodríguez et al., 2024, p. 191), impulsando la "innovación tecnológica bajo la modalidad de talleres Fab Lab físicovirtuales" (Rodríguez et al., 2024, p. 191). Los docentes utilizaron un "modelo de análisis de Prácticas Educativas Mediatizadas (PEM)" (Rodríguez et al., 2024, p. 192), compuesto por "cuatro dimensiones interdependientes (Institucional, Social, Tecnológico e Intermedial)" (Rodríguez et al., 2024, p. 192). Los estudiantes valoraron positivamente "el trabajo en equipo y el carácter lúdico de la actividad", así como la oportunidad de "descubrir habilidades y fortalezas en el diseño y la construcción de objetos que 'funcionan'". La experiencia permitió "generar vínculos y lazos de colaboración que incluso trasladaron a otras materias de la carrera" (Rodríguez et al., 2024, p. 203). Ecuador: La Universidad Técnica de Manabí (UTM) ha propuesto la creación de espacios maker en la carrera de Ingeniería Eléctrica como parte de su diseño curricular 2019 (Espacios maker, 2020, p. 1). Chile: Corfo y Fundación Chile están "impulsando la implementación de enfoques STEAM en Educación Primaria y Secundaria" (Corfo &

Fundación Chile, 2017, citado en Ortiz-Revilla, SanzCamarero & Greca, 2021, p. 30) Europa: "... algunos países, como España, comienzan a introducir enfoques integrados en el currículo de la educación obligatoria", y "la Unión Europea está financiando diversos proyectos en esta línea". Aunque la ESO es la etapa más abordada teóricamente, hay "estudios enfocados a la Educación Universitaria y a la Formación Profesional" (Ortiz-Revilla, Sanz-Camarero & Greca, 2021, p. 30-31).

Conclusiones

La revisión bibliográfica exploratoria sobre la integración de disciplinas STEAM y los entornos maker en la formación en ingeniería permite construir un cuerpo de conclusiones con un enfoque predictivo y de alto valor estratégico para la innovación educativa:

La Transferencia del Aprendizaje como Eje de la Transformación Pedagógica

La adecuada combinación entre la integración disciplinar y makerspaces no reside únicamente en la adquisición de conocimientos técnicos especializados, sino en la promoción sistemática de aprendizajes de carácter transferible. Este paradigma lucha contra la fragmentación del contenido y el tratamiento aislado de temas, buscando preparar a los estudiantes para problemas del mundo real. La capacidad de transferir conocimientos de un área disciplinar a otra y aplicar competencias de un campo en otros es un fin formativo de alta relevancia, importante para construir un perfil profesional competente y diferenciado. Al utilizar metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el Design Thinking se trabajan intencionalmente habilidades clave, tales como: 1. Metacognición y Autonomía: El desarrollo de la capacidad de "aprender a aprender" y el fomento de la autonomía y el liderazgo, transforma al alumno en protagonista de su proceso y facilita el aprendizaje autorregulado, importante para un profesional en el desarrollo de su carrera después del grado. 2. Innovación Aplicada: La potenciación del pensamiento crítico, la creatividad y la innovación, elementos imprescindibles para generar soluciones disruptivas a problemas complejos, es

altamente valorada en el campo laboral profesional. 3. Colaboración Extensible: La promoción del trabajo cooperativo y la generación de vínculos de colaboración han demostrado ser tan sólidos que los estudiantes son capaces de trasladar estos lazos y prácticas a otras asignaturas y contextos de la carrera, superando las barreras disciplinares pre y posgrado.

Los Makerspaces: un espacio material para las ideas

Los makerspaces, en sus configuraciones física y virtual, son la estructura de base que permite la materialización de estos aprendizajes. En un ambiente de exploración y libertad, con cuidado técnico pero sin temor al error que permite aprender, se posibilita que los futuros ingenieros puedan transformar ideas abstractas en objetos concretos mediante la experiencia de la "mano en la masa". Este énfasis en la materialidad asegura que los conocimientos teóricos se consoliden a través de la práctica constructivista. El éxito reflejado en las publicaciones de diversas universidades de la región y del mundo valida que la implementación de estos entornos es una respuesta posible a la exigencia social de renovación educativa.

Requisitos estructurales y desafíos para permitir la transformación

Sin embargo, para asegurar que esta posibilidad de aprendizaje se desarrolle con posibilidades de llegar a buen puerto, es necesario afrontar sus desafíos. La formación docente especializada resulta un imperativo absoluto, ya que el profesorado requiere competencias específicas para funcionar como facilitador y orientador en un ambiente colaborativo como el que se busca desarrollar. La inversión en infraestructura, la superación de concepciones pedagógicas anacrónicas y, al mismo tiempo, la necesidad de investigación para dotar de una fundamentación teórica profunda a esta forma de educar son también requisitos ineludibles para su aplicación efectiva.

Acciones a futuro

Se deben evaluar las acciones a tomar, sin apresuramientos innecesarios pero con la convicción de que para educar a nuestros alumnos para el mundo que encontrarán al egresar se necesitan acciones hoy mismo: investigaciones, propuestas, análisis, pruebas piloto, medición de resultados, generación de acciones correctivas que nos pongan en el camino correcto, todo aporta y todo es necesario. Con conciencia de los cuidados a tener y de los desafíos que enfrentamos, nos hemos propuesto analizar e ir haciendo evolucionar nuestros actuales laboratorios de Electrotecnia y Automatismos Industriales, dependientes del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electromecánica, hacia espacios de exploración y construcción conjunta del conocimiento con nuestros alumnos. La experiencia propia, y al mismo tiempo, la investigación en los avances en otras instituciones de educación superior similares (entre las cuales el FabLab de la UNR será nuestra guía primera, por cercanía, contacto y experiencia exitosa ya alcanzada), irán conformando esta nueva forma de enseñar y aprender, que no dudamos resultará beneficiosa para todos los involucrados, tanto docentes como alumnos, el ámbito de la facultad y por último y más importante, la sociedad en la que vivimos.

Bibliografía

- Aleixo, A., Silva, B., Ramos, A. (2021). Análisis del uso de la cultura maker en contextos educativos: una revisión sistemática de la literatura.. *Educatio Siglo XXI*, 39(2), 143–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.6018/educatio.465991>. <https://doi.org/10.6018/educatio.465991>
- Consejo Mexicano de Investigación Educativa A.C., (2022). La práctica social de innovar en un makerspace universitario: Posibilidades y retos.. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 27(92), 235–258.
- Exactas-UNLP, (2018). Educación STEAM: desafíos y oportunidades.. Exactas-UNLP. https://www.exactas.unlp.edu.ar/educacion_steam_desafios_y_oportunidades-2576
- García Aretio, L. (2018). Blended learning y la convergencia entre la educación presencial

- y a distancia.. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 21(1), 9–22. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5944/ried.21.1.19683>. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.21.1.19683>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia?. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35–50. <https://doi.org/http://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- Ormaza-Cevallos, M. G., Lozano-Jaramillo, G. A., Pico-Loor, M. M. (2024). Metodología STEAM: aplicaciones en educación superior.. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 8(15). <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/yc.v8i15.0460>. <https://doi.org/10.46296/yc.v8i15.0460>
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R., Greca, I. M. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada.. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13–33.
- Pattier, D., Rejero, D. (2022). Aportaciones desde la teoría de la educación a la investigación de las relaciones entre cognición y tecnología digital.. *Educación XX1*, 25(2), 223–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.5944/educxx1.31950>. <https://doi.org/10.5944/educxx1.31950>
- Portuguez Castro, M., Gómez Zermeño, M. G. (2019). Makerspaces como espacios educativos de innovación y desarrollo de emprendimientos.. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 6(2), 19–32.
- Quirarte, A. (2021). ¿Por qué es importante un makerspace en una escuela de ingeniería?. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kYJq3ql0x1Q>
- Rodríguez, G., Andrés, G., Gallucci, P., Sklate Boja, M. F., Esquivel, I. (2024). Comunicación, integración tecnológica e innovación educativa. Análisis multidimensional de un caso en carreras STEAM.. *InMediaciones de la Comunicación*, 19(1), 189–209. <https://doi.org/10.18861/ic.2024.19.1.3533>
3. <https://doi.org/10.18861/ic.2024.19.1.3533>
- VermisLAB, (s.f.). Educación STEAM: ciencia, tecnología, ingeniería, mates, arte. <https://vermis-lab.com/educacion-steam-ciencia-tecnologia-ingenieria-mates-arte/>

Transición energética en el partido de General Pueyrredón: el rol de la generación distribuida residencial

Ezequiel Leonardi¹ (ezequielleonardi.ing@gmail.com), Alejandro Gesino² (alejandro.gesino@gmail.com), Justo José Roberts¹ (jjroberts@fi.mdp.edu.ar), Gustavo Oscar Belliski¹ (gbelliski@fi.mdp.edu.ar)

¹ Grupo de Estudio en Sistemas Energéticos (GESE), Dto de Ing. Eléctrica, FI-UNMDP

² Enertrag AG, Alemania

Resumen

Este estudio aborda la transición energética a pequeña escala en el Partido de General Pueyrredón. El enfoque se centra en los consumidores de energía eléctrica residenciales y su potencial para generar electricidad a nivel domiciliario mediante sistemas fotovoltaicos distribuidos. Este tipo de generación local puede desempeñar un papel significativo en la reconfiguración del paradigma global de generación eléctrica, empoderando a los hogares para liderar la transición energética. La investigación examina los contextos regulatorio, geográfico y tecnológico del distrito. Utilizando datos reales de usuarios, se modelan los perfiles de consumo para los segmentos residenciales de tarifas, y se dimensionan y simulan sistemas fotovoltaicos mediante software especializado. Los resultados incluyen proyecciones de la capacidad potencial de generación distribuida, viabilidad económica, creación de empleo y flujos de inversión. Con base en estos hallazgos, se propone un plan de transición escalonado para permitir que los usuarios se conviertan en prosumidores, inyectando energía a la red de baja tensión e impulsando la adopción de energías renovables a nivel local.

Palabras clave: generación distribuida; transición energética; prosumidor; energía solar FV.

1. Introducción

La humanidad enfrenta el desafío de mitigar la contaminación ambiental y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la quema de combustibles fósiles, iniciada en la Primera Revolución Industrial. Si bien estos procesos impulsaron avances tecnológicos y mejoras en la calidad de vida, también consolidaron una fuerte dependencia de sistemas energéticos intensivos, con la electricidad como vector central. En muchos países, incluida Argentina, la

infraestructura eléctrica se mantiene prácticamente inalterada desde la adopción de las tecnologías de corriente alterna, lo que contribuye a que el sector energético sea responsable de aproximadamente el 75% de las emisiones globales de GEI (Comisión Nacional de Energía Atómica, 2024). En este contexto, la transición hacia sistemas más sostenibles constituye una necesidad estratégica. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el potencial de generación distribuida (GD) fotovoltaica (FV) en usuarios residenciales del Partido de General Pueyrredón (PGP) y

internacionales.

La metodología implementada se basa en el modelado del consumo eléctrico anual de distintos segmentos de usuarios residenciales y en el diseño y simulación de sistemas FV adaptados a sus demandas. Esto permitió estimar la generación distribuida por categoría, los intercambios de energía con la red y la proporción de usuarios técnicamente aptos para su implementación. Con estos resultados, se proyectó la capacidad de generación anual y la potencia FV instalada requerida.

2. Metodología

El universo de estudio se compone de usuarios residenciales clasificados según la tarifa vigente en la región, de los cuales se selecciona un subconjunto representativo con datos reales de consumo eléctrico. Dichos registros se procesan para derivar patrones promedio que caractericen los perfiles de demanda residencial.

Con base en estos perfiles, se realiza el dimensionamiento y la simulación de sistemas solares FV adaptados a cada categoría de usuario, estimando la energía generada y los excedentes inyectados a la red. El análisis económico se efectúa bajo el marco regulatorio actual, considerando ahorros por autoconsumo e ingresos por inyección, cuya cuantificación depende de variables tarifarias y técnicas (McKenna & Thomson, 2013). Finalmente, se proyecta el potencial total de generación FV residencial, la capacidad instalada requerida y los recursos necesarios para su implementación.

2.1. Estudio de Caso

El presente estudio se centra en el grupo de usuarios residenciales que habitan en viviendas unifamiliares en el PGP y se encuentran bajo un régimen tarifario del tipo T1R, es decir, con una potencia contratada de hasta 10 kW. El tipo de usuario T1R es de especial interés, por un lado, debido a que abarca un sector mayoritario de los clientes de la empresa distribuidora local implicando numerosos puntos de GD repartidos geográficamente por toda el área de interés; por otro lado, es el tipo de usuario en el que se debe pensar al momento de plantear una estrategia de TE a baja escala.

De acuerdo a datos provistos por la empresa

distribuidora local en octubre de 2024, los clientes con tarifa T1R en el PGP son 197.148. En el presente proyecto, se trabaja con un subconjunto de usuarios abastecidos por el distribuidor Don Bosco y French en la zona norte de la ciudad de Mar del Plata (Serna, 2022) (ver Figura 1).

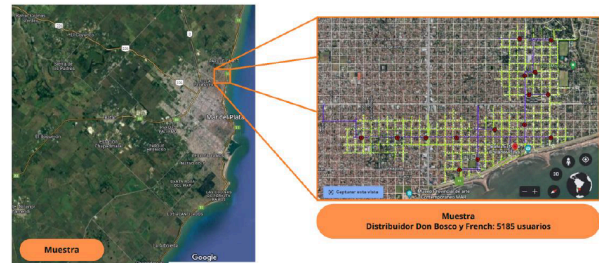


Figura 1 - Área abastecida por el distribuidor Don Bosco y French, Centro de Distribución Beruti y Subestaciones, zona norte de Mar del Plata (Serna, 2022).

En total, se cuenta con datos de 5.185 usuarios, entre los cuales existen tarifas del tipo T1R (uso residencial), T1RE (servicio estacional), TSO (tarifa social) y T1G (servicio general). Debiendo descartar, en primer lugar, los datos de todos aquellos usuarios que no pertenecen al grupo T1R. Así, de los 5.185 usuarios iniciales quedan 2.866, los cuales se distribuyen según se muestra en la Tabla 1.

El cuadro tarifario vigente para la zona atlántica además de clasificar a sus usuarios por potencia demandada, también lo hace por consumo de energía mensual, segmentando en 7 categorías, CV1 a CV7 (ver Tabla 1). A la hora de dimensionar sistemas de generación FV el consumo del usuario resulta de gran relevancia, por lo tanto, en este estudio se contempla la clasificación de OCEBA la cual define un cargo fijo y otro variable particular de acuerdo al consumo mensual. Es de notar que en el conjunto de usuarios estudiados no se cuenta con ningún usuario del tipo CV7.

Tabla 1 - Distribución de usuarios categoría T1R agrupados según clasificación de OCEBA en cuanto al cargo variable de consumo mensual.

Categoría	Rango de consumo [kWh-mes]		Cantidad de usuarios		
	Min	Max	Unidades	Porcentaje	
T1R	CV1	0	100	702	24,49%
	CV2	100	200	1182	41,24%
	CV3	200	400	844	29,45%
	CV4	400	500	75	2,62%
	CV5	500	700	49	1,71%
	CV6	700	1400	14	0,49%
			TOTAL	2866	

2.2. Procesamiento y análisis de datos de consumo

Se segmentaron y clasificaron los datos de demanda media diaria [MW] de cada uno de los usuarios abastecidos por el distribuidor de Don Bosco y French. A partir del promedio mensual de demanda de cada usuario y multiplicando este valor medio por la cantidad de horas del mes que corresponda se obtuvo el consumo mensual promedio [kWh/mes]. Esto permitió el modelado de seis “usuarios tipo”: tarifa 1 residencial (T1R) y cargos variables 1 a 6 (CV1 a CV6).

Además del consumo mensual promedio, se obtuvo la demanda promedio cada media hora: para ello se utilizan los datos de demanda de potencia cada media hora expresados en por unidad [p.u] obtenidos a partir de la base de datos del “centro de distribución Berutti”. Los valores expresados en [p.u] se multiplican luego por la potencia media demandada por hora para cada usuario tipo, obtenida previamente. Esta información es necesaria para modelar los sistemas FV en el software de simulación.

2.3. Dimensionamiento y simulación de sistemas FV

Los sistemas FV se modelaron y simularon con el software SAM (System Advisor Model) (National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2024). Previo a la simulación, se realizó un prediseño de los sistemas FV considerando una serie de criterios rectores, los cuales se validaron, posteriormente, con actores regionales de la industria de las energías renovables. Los criterios adoptados son:

- La energía generada por el sistema FV debe ser igual a la energía consumida por el usuario durante todo un año: este dato se obtiene del modelado de consumo de los usuarios tipo desarrollado en los párrafos anteriores.
- La disposición de los paneles debe ser tal que se minimicen los costos de montaje y estructura portante: la disposición de los paneles contempla los ángulos de inclinación (β) y orientación respecto al norte (azimuth, γ). Para definir ambos ángulos se estudió la arquitectura típica de las viviendas unifamiliares del PGP y

su disposición respecto de la grilla urbana.

- Los materiales deben estar disponibles comercialmente en Argentina: se llevó a cabo un estudio de mercado para determinar las marcas comercialmente disponibles en Argentina.

En la Tabla 2 se resumen los sistemas dimensionados para cada tipo de usuario: se incluye el modelo de inversor seleccionado, la potencia pico DC del módulo FV seleccionado y la cantidad necesaria; y la superficie requerida por tales módulos en función de la posición de los paneles en los tejados.

Tabla 2 - Rendimiento de las configuraciones propuestas.

Usuario tipo	Configuración de sistema			Inversor		Panel		
	Azimuth (γ)	Inclinación (β)	Rendimiento según discos solares	Modelo	Potencia DC [W]	Potencia pico [W]	Cant.	Sup. cubierta [m ²]
T1R CV1	0°	10°	0,9	GROWATT MIC 750 TL-X	1050	320	2	4,24
	-55°	15°	0,95					
	35	30°	0,9					
T1R CV2	0°	10°	0,9	GROWATT MIC 750 TL-X	1050	340	3	5,769
	-55°	15°	0,95					
	35	30°	0,9					
T1R CV3	0°	10°	0,9	GROWATT MIC 1500 TL-X	2100	435	4	8,48
	-55°	15°	0,95					
	35	30°	0,95					
T1R CV4	0°	10°	0,9	GROWATT MIC 1500 TL-X	2100	445	8	17,12
	-55°	15°	0,95					
	35	30°	0,9					
T1R CV5	0°	10°	0,9	GROWATT MIC 2000 TL-X	2800	445	10	21,4
	-55°	15°	0,95					
	35	30°	0,95					

Para simular los sistemas FV en el software SAM, se configuraron una serie de parámetros de entradas relacionados con: localización geográfica y datos meteorológicos, información técnica de los paneles FV y del inversor, configuración del sistema, límites de la red a la cual se conectan los sistemas y datos de consumo de los usuarios. El resultado de las simulaciones son datos horarios de balance de energía eléctrica: por un lado, energía excedente generada por el sistema e inyectada a la red de baja tensión y, por otro lado, energía tomada de la red por el usuario para autoconsumo.

Cabe resaltar que la metodología propuesta fue validada mediante entrevistas a actores de la industria regional, lo que permitió ajustar supuestos de instalación y disponibilidad de materiales, reforzando la aplicabilidad práctica de los resultados.

3. Resultados

3.1. Potencial de capacidad a instalar y generación de energía distribuida

En la estimación del potencial se consideró que una fracción de usuarios T1R reside en viviendas no aptas para la instalación de sistemas fotovoltaicos, como edificios de departamentos sin disponibilidad de techos. Con el fin de asegurar la representatividad del estudio, se recurrió a información oficial proveniente del Censo Nacional 2022 (INDEC, 2023), contemplando tres indicadores clave: total de viviendas ocupadas, total de viviendas colectivas y total de viviendas particulares no colectivas.

En la Tabla 3 se muestra la cantidad de usuarios estimados para cada grupo segmentados de acuerdo a la tarifa vigente y el potencial de capacidad instalada y energía limpia generada anualmente. Se observa que el mayor potencial de GD no se encuentra en el grupo de usuario mayoritario (CV1) ni en el que mayor consumo presenta (CV5), sino que está en aquellos usuarios que presentan un consumo de entre 200 y 400 kWh-mes (CV3). Para poner en contexto el resultado del potencial estimado (210 MW), este se aproxima a la potencia instalada de la Central Termoeléctrica '9 de Julio', principal referencia de generación eléctrica en la región, cuya potencia es de 176,9 MW.

Tabla 3 - Potencial de generación distribuida del PGP.

Tipo	Usuarios T1R		Potencial GD	
	Cantidad (año 2020)		[MWdc]	[MWh-año]
CV1	71.973		46	71.282
CV2	63.647		65	97.691
CV3	38.966		76	124.496
CV4	5.558		21	28.426
CV5	4.467		2	29.254
TOTAL	184.611		210	351.148

3.2. Análisis Económico

Se realizó una evaluación tarifaria y un análisis de costos de los sistemas FV dimensionados. En la primera instancia se calcularon los costos del servicio eléctrico durante un año sin sistema FV y se compararon con los obtenidos al incluir generación distribuida. El cálculo del servicio consideró la tarifa vigente y la metodología de la empresa distribuidora, utilizando para el cargo variable los valores de energía de (Serna, 2022). La remuneración por inyección de excedentes se estimó a partir de las simulaciones realizadas en SAM bajo el esquema de net billing vigente en Argentina, donde la energía inyectada se valora a un precio menor que la consumida. Con ello se determinaron los niveles de ahorro anual para

cada usuario y configuración, que oscilaron entre 35% y 67%.

En la segunda parte del análisis económico se relevaron precios de mercado y experiencias de actores de la industria regional, a fin de valorizar los componentes de los sistemas y obtener su costo específico.

El tiempo de repago se calculó considerando el ahorro anual y el costo final de inversión. El cálculo del tiempo de repago se realizó considerando una tasa de inflación en dólares proyectada por el FMI para economías emergentes, dada la imposibilidad de realizar proyecciones confiables en pesos argentinos (enero 2024) (International Monetary Bank, 2024).

Los resultados mostrados en la Tabla 4 evidencian que los sistemas de mayor tamaño son más rentables, aun sin cubrir completamente el autoconsumo. La factibilidad económica depende en gran medida de la evolución tarifaria, influida por factores sociales y geopolíticos además de la inflación.

3.3. Potencial de generación de fuentes de trabajo

Con el objetivo de estimar la capacidad de generación de empleo vinculada a la energía solar fotovoltaica (FV) de baja escala en el Partido de General Pueyrredón (PGP), se realizaron entrevistas a profesionales del sector con actividad en la región. Las consultas se orientaron a relevar la capacidad de instalación de nuevos equipos y el personal requerido. En todos los casos se coincidió en que, bajo condiciones óptimas, la instalación de sistemas pequeños (≤ 10 kW) demanda un equipo de tres personas —jefe de obra, ayudante técnico y ayudante no técnico— que completa un sistema por día.

Sin embargo, considerando factores climáticos, condiciones edilicias y procesos complementarios (visitas, diseño, presupuestación, asesoramiento y provisión de materiales), se amplió la estimación a un equipo de cinco personas y cinco días de trabajo por sistema.

Tabla 4 - Tiempo de repago considerando inflación en dólares.

Usuario tipo	Configuración del sistema		Costo total 20 años [US\$]	Ahorro total 20 años [US\$]	Tiempo de recuperación [años]
	γ	β			
T1R CV1	0°	10°	1622.5	2.582	>20
		15°		1.015	
	-55°	30°		867	
	35°			1.094	
T1R CV2	0°	10°	3597.1	5.024	>20
		15°		1.490	
	-55°	30°		1.288	
	35°			1.640	
T1R CV3	0°	10°	6560.6	9.864	19
		15°		3.452	20
	-55°	30°		2.981	>20
	35°			2.740	
T1R CV4	0°	10°	11021.1	15.458	20
		15°		4.591	>20
	-55°	30°		4.689	19
	35°			4.911	18
T1R CV5	0°	10°	14791.4	21.566	15
		15°		6.026	19
	-55°	30°		6.082	19
	35°			6.491	17

La estimación de empleos directos se basa en un equipo de cinco personas con un tiempo promedio de cinco días por instalación, lo que equivale a unas 49 instalaciones anuales por microempresa.

Tomando como referencia a los usuarios con menor tiempo de repago (CV3, CV4 y CV5), el potencial asciende a 50.000 sistemas, equivalentes a casi el 50% de la capacidad instalable y más del 50% de la energía generable.

Los objetivos globales de descarbonización establecen metas intermedias para 2030 y 2040, con horizonte en 2050. En este marco, se propone una transición en dos etapas de diez años cada una (ver Figura 2). La primera etapa prioriza a los usuarios de mayor demanda, con la instalación de 50.000 sistemas (100 MW acumulados). Esto requeriría 100 microempresas de cinco personas cada una, generando 500 empleos directos y un flujo económico superior a 160 millones de dólares. En la segunda década se plantea la instalación de 110 MW adicionales mediante sistemas de menor capacidad. Para ello, en un mercado maduro, serían necesarias 47 pequeñas empresas con 30 empleados promedio, generando más de 250 millones de dólares en la región.

**Figura 2** - Plan de implementación generación distribuida PGP.

Cabe resaltar que esta estimación corresponde a un escenario ideal con políticas de promoción activas.

El sector FV se caracteriza por una dinámica de innovación constante orientada a reducir costos, mejorar la eficiencia e incrementar la integración tecnológica. Por otro lado, la estimación se focaliza en los puestos de trabajo directo generados por la instalación y operación de sistemas FV residenciales conectados a red. No obstante, la implementación requiere también empleos indirectos: docentes para la capacitación técnica y normativa; personal de la distribuidora eléctrica y de la autoridad de aplicación para control de instalaciones; profesionales de tecnologías de la información para la gestión de red; y personal logístico para distribución de materiales.

4. Conclusiones

El presente trabajo analizó el potencial de generación distribuida fotovoltaica en el sector residencial del Partido de General Pueyrredón (PGP), proponiendo un plan de transición energética alineado con metas nacionales e internacionales. Se estimó un potencial de 210 MW instalables en techos residenciales T1R (≤ 10 kW), equivalente a 350.000 MWh anuales, lo que permitiría cubrir hasta el 72% de la demanda máxima histórica registrada por la distribuidora local. La implementación de este potencial implicaría beneficios en empleo y dinamización económica: 500 puestos directos en la primera década para instalar 100 MW y 1.400 en la segunda para otros 110 MW. Sin embargo, el análisis económico evidencia que bajo el marco regulatorio vigente (Ley 27.424 y Decreto 2371/2022), los sistemas fotovoltaicos no resultan viables para usuarios residenciales, con plazos de repago superiores a 20 años y sin incentivos suficientes. La falta de tarifas realistas, líneas de crédito accesibles y estabilidad macroeconómica constituye una barrera crítica. Para que el PGP aproveche plenamente su potencial solar fotovoltaico, es necesario reformar el esquema regulatorio y financiero, alinear las tarifas con los costos reales e invertir sostenidamente en capital humano calificado. Si bien el análisis se circunscribe al Partido de General Pueyrredón, las condiciones climáticas, normativas y de

mercado permiten extrapolar el enfoque a localidades vecinas, ampliando el impacto regional de la generación distribuida

Bibliografía

Comisión Nacional de Energía Atómica, (2024). Participación del sector energético en la producción de GEI. <https://www.argentina.gob.ar/cnea/destacados/transicion-energetica-y-tecnologianuclear/participacion-del-sector-energetico-en-la>

INDEC, (2023). Indicadores demográficos, por sexo y edad. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2022_indicadores_demograficos.pdf

International Monetary Bank, (2024). World Economic Outlook Update, January 2024: Moderating Inflation and Steady Growth Open Path to Soft Landing. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2024/01/30/world-economic-outlook-update-january-2024>

McKenna, E., Thomson, M. (2013). Photovoltaic metering configurations, feed-in tariffs and the variable effective electricity prices that result. *IET Renewable Power Generation*, 7(3), 235–245. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2012.0268>

National Renewable Energy Laboratory, NREL (2024). SAM System Advisor Model. <https://sam.nrel.gov/>

Serna, M. N. (2022). Generación Distribuida Fotovoltaica Residencial en Redes de Distribución Eléctrica: su Impacto en Parámetros Técnicos y Ambientales. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. UNMDP.

Evaluación de algoritmo Random Forest para predicción de demanda en suministros de energía de la UNMDP

Yenia Maza Díaz¹ (yenia@fi.mdp.edu.ar), Patricio G. Donato¹ (donatopg@fi.mdp.edu.ar), Carlos Orallo¹ (orallo@fi.mdp.edu.ar), Marcos Funes¹ (mfunes@fi.mdp.edu.ar)

¹ Laboratorio de Instrumentación y Control (ICYTE)

Resumen

Debido al contexto energético actual, ha aumentado el interés por la investigación y el desarrollo de tecnologías para mejorar la eficiencia energética. La predicción de la demanda y la optimización de los sistemas energéticos son fundamentales para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del sector eléctrico. Su impacto en la planificación de infraestructuras, la gestión de los picos de consumo y la mejora de la respuesta ante emergencias contribuirá a un suministro eléctrico más fiable y adaptado a las necesidades futuras. Actualmente, existe un gran interés por el uso de herramientas computacionales y algoritmos de aprendizaje automático para estos fines, debido a su gran capacidad y flexibilidad para generar modelos que se ajustan a los datos reales. En este trabajo se muestran algunos resultados del entrenamiento y la prueba del algoritmo Random Forest para la predicción de la demanda de potencia activa de distintas dependencias universitarias, empleando los registros históricos de consumo las mismas como insumo. Los resultados obtenidos son alentadores y muestran diferentes comportamientos en función de cada dependencia, lo que sirve de base para futuros estudios sobre bases de datos de diferente fuente.

Palabras clave: demanda de energía; inteligencia computacional; predicción.

Introducción

La predicción de requerimientos futuros de potencia activa [Herrera, 2019] es un factor crítico para la planificación y optimización de los sistemas energéticos. La capacidad de anticipar adecuadamente las necesidades futuras de potencia permite a los gestores y planificadores tomar decisiones informadas sobre la asignación y distribución de recursos energéticos a lo largo del tiempo. Si bien la predicción de la demanda de potencia activa es

un problema complejo, influenciado por múltiples variables y patrones no lineales, existen diversos modelos de aprendizaje automático que han demostrado su efectividad en este contexto. Estos modelos utilizan datos en tiempo real de consumo, generación y condiciones ambientales para mejorar la precisión de las predicciones [Lara, 2024], identificando patrones complejos y tendencias en la demanda eléctrica. El procesamiento y análisis de datos relativos a parámetros eléctricos [Herrero, 2023] es un área de creciente interés en la comunidad científica y el

sector productor de energía eléctrica.

Tradicionalmente, este procesamiento y análisis se ha realizado a través de herramientas de tipo estadísticas u otros enfoques analíticos de tipo lineal, como regresiones, funciones de correlación, etc.

En la medida que los sistemas de cómputo han incrementado notoriamente su capacidad de cálculo, han surgido nuevos enfoques en este campo. En los últimos años, una cantidad considerable de trabajos se han centrado en el uso de herramientas de inteligencia computacional para la extracción de información, a partir de los datos crudos [De Leceta, 2018]. En este contexto, el empleo de técnicas de aprendizaje automático para la predicción de variables eléctricas ha demostrado ser una herramienta poderosa para optimizar la gestión y control de los sistemas energéticos [Piedrahita, 2023]. En un trabajo previo, los autores evaluaron diferentes algoritmos de aprendizaje automático sobre la base de datos de una dependencia perteneciente a la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP). A partir del rendimiento de los modelos predictivos y análisis de métricas de error se determinó que los algoritmos de Random Forest y Stacking ofrecían los resultados más prometedores. En este trabajo se muestra la ampliación de este trabajo, enfocando el estudio del algoritmo Random Forest sobre distintas dependencias de la UNMDP, con el objetivo de evaluar su comportamiento ante distintos perfiles de demanda. Para ello se entrenó el algoritmo para cada dependencia específica y se compararon las predicciones obtenidas con datos de demanda de energía relevados en un periodo más reciente. Finalmente se comparan los resultados y se resumen los pasos a seguir en la investigación.

Random Forest

La implementación del algoritmo de pronóstico se realizó en lenguaje de programación Python, debido a que es uno de los más utilizados en el campo del análisis de datos [Lazzeri, 2021]. En particular se ha empleado el paquete Scikit Learn [Pedregoza, 2011], que se caracteriza por una interfaz consistente que facilita el intercambio de diferentes algoritmos en el código. Este paquete proporciona una amplia

gama de implementaciones para los algoritmos de aprendizaje supervisado y no supervisado, incluyendo regresión, clasificación, clustering [Agapito, 2022], reducción de dimensionalidad, selección de modelos y preprocesamiento. Como se integra bien con otras bibliotecas científicas de Python, Scikit Learn es una excelente opción por su amplia gama de tareas de aprendizaje automático, especialmente para el prototipado rápido y para trabajar con conjuntos de datos que caben en la memoria. Random Forest [Cutler, 2012] es un método de aprendizaje de conjunto basado en la construcción de múltiples árboles de decisión, cada uno entrenado sobre diferentes submuestras aleatorias de los datos originales. Durante la construcción de cada árbol, en cada nodo no se consideran todas las variables predictoras disponibles, sino únicamente un subconjunto seleccionado al azar. Entre esas variables se elige la que produce la mejor partición. Este mecanismo, junto con el muestreo aleatorio de observaciones, introduce diversidad entre los árboles, lo que reduce su correlación y mejora la capacidad de generalización del modelo. Para realizar una predicción a partir de un nuevo dato se hacen las predicciones de todos los árboles individuales y luego se agrega la información de todos ellos. En el caso de problemas de clasificación, se asigna la clase más votada por los árboles, mientras que en problemas de regresión se calcula el promedio de las predicciones de los árboles. Random Forest se ha consolidado como un algoritmo de uso extendido debido a su capacidad para manejar conjuntos de datos de alta dimensionalidad, su robustez frente al sobreajuste y su buena capacidad de interpretación relativa respecto de otros métodos de aprendizaje automático. No obstante, su desempeño depende en gran medida de una adecuada selección de hiperparámetros, proceso que suele abordarse mediante técnicas de validación cruzada para obtener un rendimiento óptimo. La selección de hiperparámetros es crucial para que los modelos de aprendizaje automático tengan un buen desempeño. Los hiperparámetros son valores que se establecen antes del entrenamiento y que influyen en el comportamiento del modelo. Ejemplos comunes de hiperparámetros son la tasa de aprendizaje,

la regularización, el número de capas ocultas en una red neuronal, entre otros.

Desafortunadamente, no existe una fórmula exacta para determinar los valores óptimos de los hiperparámetros. A pesar de que los expertos en aprendizaje automático desarrollan cierta intuición con la experiencia, la forma más efectiva de encontrar la configuración es mediante prueba y error.

Este proceso, conocido como ajuste de hiperparámetros, implica evaluar sistemáticamente el desempeño del modelo con diversas combinaciones de valores. Una técnica habitual para el ajuste de hiperparámetros es la búsqueda en cuadrícula, donde se define un rango de valores para cada hiperparámetro y se evalúa el modelo con todas las posibles combinaciones. Aunque exhaustiva, esta técnica puede ser computacionalmente costosa, especialmente cuando hay muchos hiperparámetros involucrados.

Conjunto de datos sobre la demanda de energía

Las bases de datos utilizadas para este análisis corresponden a series temporales de datos de demanda de energía eléctrica de cuatro dependencias de la UNMDP ubicadas en diferentes lugares de la ciudad (Figura 1).



Bases de datos	
1251	Facultad de Ciencias Exactas
2103	Facultad de Ingeniería
2246	Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
2258	Instituto de Materiales

Figura 1 - Ubicación de las dependencias

Aunque todas estas instalaciones forman parte de la UNMDP, están emplazadas en zonas muy diferentes de la ciudad, desde centenares de metros a casi 8 km de distancia entre sí. Los suministros 1251 y 2246 se encuentran en una zona urbana, protegida del viento, y ambos forman parte de un complejo de edificios radicado en la misma manzana. La demanda de ambos suministros depende fuertemente de una población estudiantil. Sin embargo en la base 1251 también existe una importante demanda de actividades de investigación con cargas periódicas propias de sistemas de refrigeración. El suministro 2103 se encuentra más al sur, en una zona semi industrial, también protegida del viento, y tiene una población mixta de estudiantes, profesores e investigadores. El suministro 2258 está situado en una zona suburbana de la ciudad, por lo que está más expuesto al viento, y su población está compuesta en su mayoría por investigadores. Además, la red de distribución de baja tensión a la que está conectado es relativamente débil, lo que se refleja en la mala calidad del servicio eléctrico. Estas bases de datos incluyen mediciones de potencia activa, reactiva y aparente, correspondientes al periodo comprendido entre febrero de 2021 y julio de 2025, con muestras adquiridas cada 15 minutos. La Figura 2 muestra las demandas de las bases de datos utilizadas para el entrenamiento y validación del modelo.

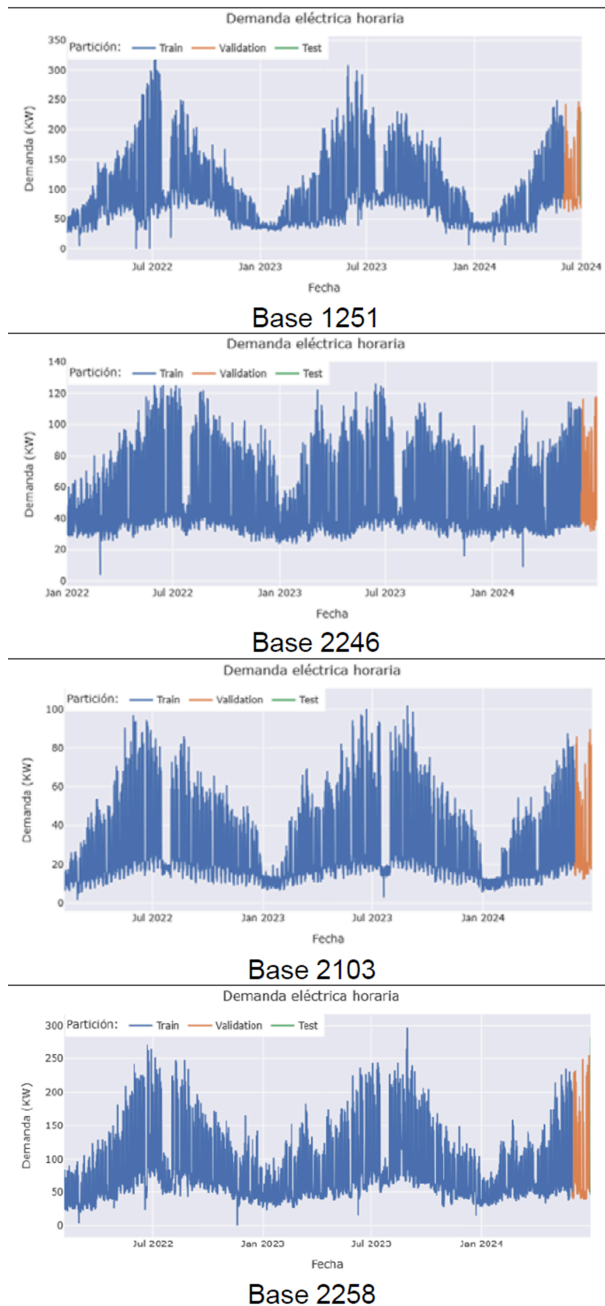


Figura 2 - Bases de datos de demanda.

Resultados y comparativa

En las siguientes figuras se muestra la predicción vs el suministro real y el error resultante en la predicción para un periodo de un año, desde julio de 2024 hasta julio del 2025. A la derecha de cada figura se muestra la función densidad de probabilidad del error (pdf) resultante respecto de tres segmentos, el error sobre el total del periodo, el error sobre el periodo de receso de verano (vacaciones) y el error sobre el periodo laboral posterior al receso. La razón de evaluar cada uno de estos segmentos se debe a que en todas las dependencias se presenta una disminución de

la demanda por ausencia de personal en los periodos de receso, tanto de verano como de invierno y en consecuencia cambia sustancialmente esta demanda. En la Figura 3 se muestran los resultados de la Base 1251. En la misma, la predicción presenta un valor medio del error de 0.0421 kW y desviaciones esporádicas. Solo en algunos casos se observan errores que pueden llegar al 10% del valor instantáneo debido a variaciones abruptas del suministro. Las pdf del error para los distintos segmentos muestran en general densidades del tipo gaussianas con dispersiones acotadas en todos los casos. Se observa solo una leve desviación en el periodo de vacaciones en exceso.

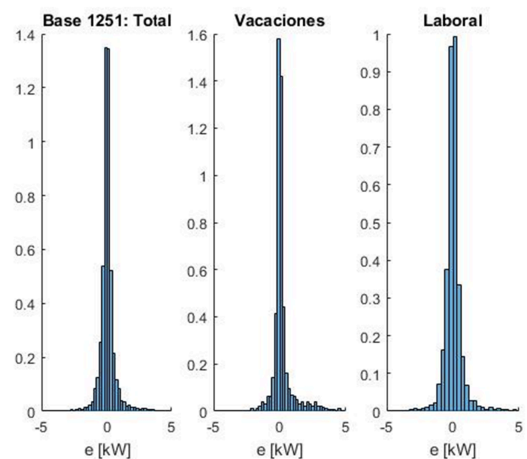
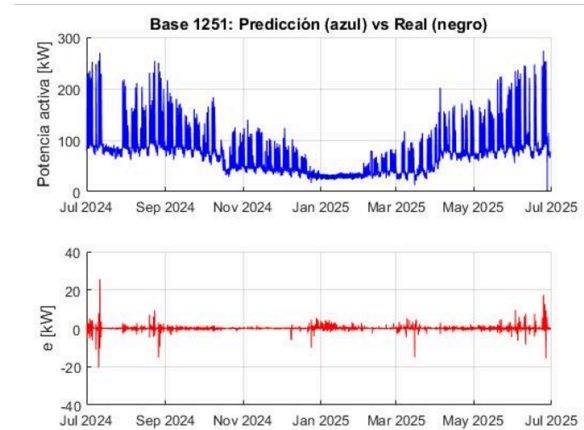


Figura 3 - Resultados Dependencia 1251

En la Figura 4 se muestran los resultados de la Base 2103. En la misma, la predicción presenta un valor medio del error de -0.3224kW y desviaciones más marcadas en los periodos de menor consumo. Si bien el error en la predicción no supera algunos kW, porcentualmente el error es muy importante en los periodos de receso.

Esto se puede observar con mayor detalle en la pdf del periodo de vacaciones en el cual se observa que el error es fuertemente sesgado hacia valores que fácilmente llegan a -5kW . Si se considera que en ese periodo la demanda media es del orden de 10kW , se puede concluir que el modelo de predicción ante el cambio de comportamiento no realiza una estimación adecuada. Aun así, en el contexto de baja demanda, este error puede ser tolerado ya que no representaría un problema para la distribuidora.

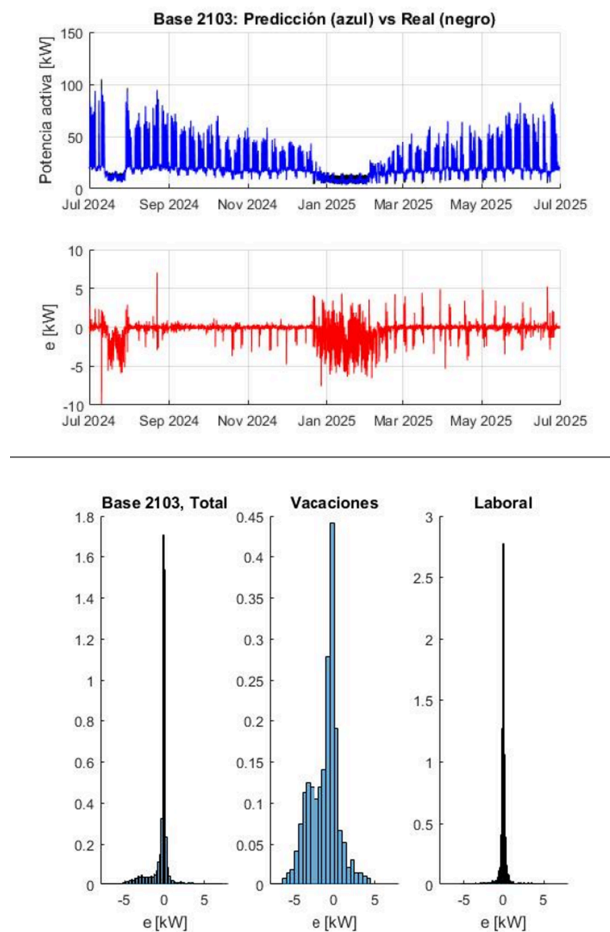


Figura 4 - Resultados Dependencia 2103

En la Figura 5 se muestran los resultados de la Base 2246. En la misma, la predicción presenta un valor medio del error de -0.0024kW y desviaciones esporádicas, similares a la Base 1251. Solo en algunos casos se observan errores en defecto que pueden llegar al 10% del valor instantáneo debido a variaciones abruptas del suministro. Las pdf del error para los distintos segmentos también muestran en general densidades del tipo gaussianas con dispersiones acotadas en todos los casos. Si

bien el error es numéricamente menor en esta base de datos, porcentualmente, la dispersión del error para las Bases 1251 y 2246 es similar. Esto se debe a que la demanda de ambas dependencias es distinta, siendo la de la Base 1251 prácticamente el doble de la Base 2246.

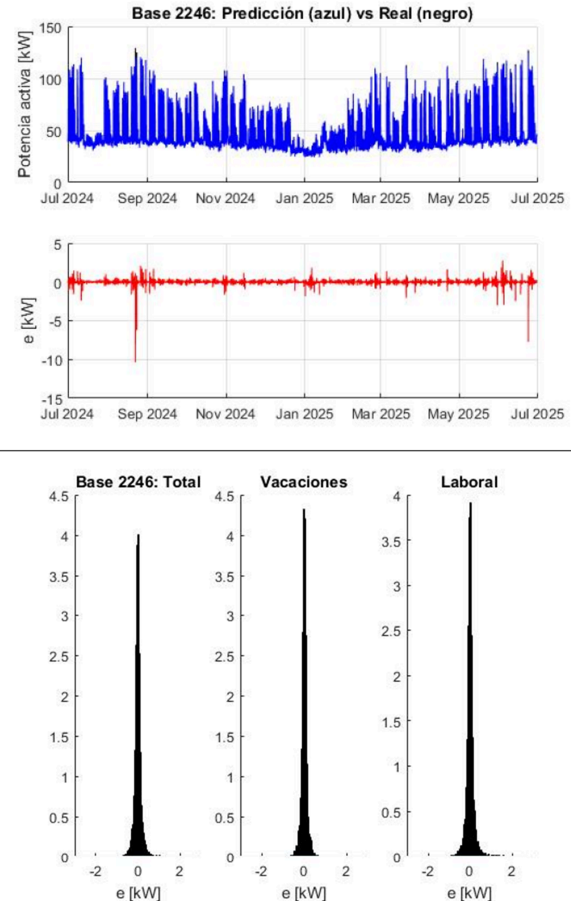


Figura 5 - Resultados Dependencia 2246

En la Figura 6 se muestra la predicción de la Base 2258. En la misma, la predicción presenta un valor medio del error de -0.0645kW y desviaciones esporádicas en defecto más cercanas al inicio del periodo de predicción, consistentes con variaciones de demanda de gran magnitud. A partir de comparar la demanda utilizada en el entrenamiento vs la demanda del periodo de test se pudo observar que los errores de predicción en defecto se generaron cuando la demanda del periodo de test superó el valor de 250kW . Se estima a partir de esta observación que el modelo de predicción presenta una saturación que le impide seguir la tendencia cuando la demanda es mayor. A pesar de estos errores, se puede ver que las pdf tienen una característica en general gaussiana con una dispersión porcentual aún más acotada

que en las otras bases de datos. Una característica distintiva de esta base de datos es que aunque en esta dependencia también existe una reducción de personal en los periodos de receso, el conjunto de cargas asociada a este suministro no está determinado por esa variación.

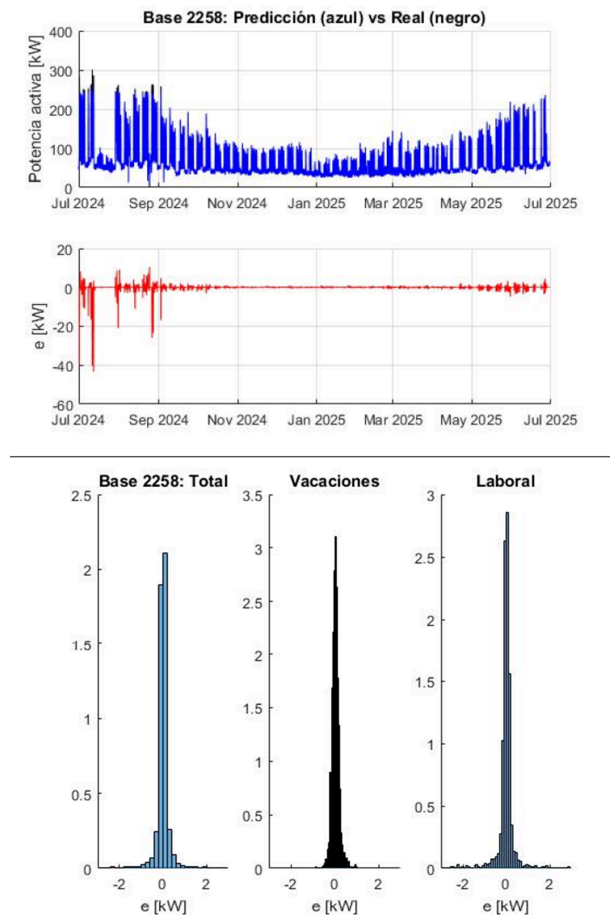


Figura 6 - Resultados Dependencia 2258

Conclusiones

En este trabajo se realizó una comparativa del desempeño de un modelo de predicción Random Forest sobre cuatro bases de datos de suministros de la UNMDP. Este trabajo es una continuación de la evaluación de distintos algoritmos pertenecientes al campo de la inteligencia computacional abocados a la predicción de demanda de potencia en dependencias públicas. En trabajos anteriores se evaluaron distintos métodos con solo una base de datos, a partir de los cuales el método de Random Forest surgió como el de mejor desempeño. Respecto de la evaluación actual, se puede concluir que en general el método presenta un buen desempeño. Sin embargo se

debe continuar la investigación para contemplar efectos de saturación y de sobreajuste para algunos suministros. En trabajos futuros se pretende incluir variables exógenas o combinar diferentes modelos, con el objeto de mejorar la predicción y compensar las variaciones de comportamiento que se observan entre los periodos de actividad normal y los de receso.

Bibliografía

- Herrera Granda, D. E. (2019). Predicción de demanda eléctrica mediante la aplicación de modelos ARIMA y SARIMA en lenguaje de programación R – caso de estudio en la Empresa Eléctrica Quito.
- Lara, J., Samper, M., Colomé, G. (2024). Predicción a corto plazo de sistemas de medición inteligentes mediante arquitecturas de aprendizaje profundo multivariable y multipaso. *Revista Técnica Energía*, 21(1), 153–164.
- Herrero Arnedo, M. (2023). Obtención de métricas sobre la actividad cerebral de usuarios a través de señales EEG y Machine Learning.
- De Leceta, A. M. F. (2018). Inteligencia Computacional en Sistemas de Teleasistencia en Domicilios.
- Piedrahita Vasco, M., Llerena Riascos, C. (2023). Modelo analítico de aprendizaje automático para la predicción en corto plazo del sentido del S&P 500.
- Lazzeri, F. (2021). Machine learning for time series forecasting with Python.
- Pedregosa, F., et al., (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.
- Agapito, G., Milano, M., Cannataro, M. (2022). A python clustering analysis protocol of genes expression data sets.. *Genes*, 13(10), 1839.
- Cutler, A., Cutler, D. R., Stevens, J. R. (2012). Random forests. *Ensemble Machine Learning: Methods and Applications*, 157–175.

Liberación controlada de embelina a partir de nanopartículas de quitosano obtenidas por electrospaying

Ana L. Suares Segura¹, Agustín Martínez Cebada¹, Alejandro Tapia², Gustavo Abraham¹, Pablo Cortez Tornello¹ (pablocortez@fi.mdp.edu.ar)

¹ Polímeros Biomédicos, Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), Fac. De Ingeniería, UNMDP-CONICET

² Instituto de Biotecnología – Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de San Juan, Av. Libertador Gral. San Martín 1109 (O), San Juan

Resumen

El avance en la producción de nanopartículas se ha convertido en un área de gran relevancia en el ámbito biomédico debido a su potencial para mejorar la administración de fármacos, optimizando su biodisponibilidad, solubilidad y eficacia terapéutica. El uso de nanopartículas como sistemas de liberación controlada permite una dosificación más precisa, reducción de efectos adversos y mayor estabilidad de los compuestos activos. Estas ventajas son especialmente importantes en el contexto de enfermedades infecciosas y patologías crónicas, donde el control de la concentración del principio activo en el organismo es crucial para maximizar su efectividad y minimizar la toxicidad sistémica. En este trabajo se prepararon y caracterizaron nanopartículas del biopolímero quitosano con embelina encapsulada, mediante la técnica de electrospaying coaxial. Se estudió la liberación de embelina en buffer fosfato pH 7.4, y la cinética de liberación mediante los modelos matemáticos de orden cero, Higuchi y Korsmeyer-Peppas. Las nanopartículas mostraron morfología esférica con diámetros promedio de 250 nm, eficiencia de encapsulación superior al 90 %, y un perfil de liberación con tres etapas bien definidas. El ajuste con los modelos matemáticos mostró una liberación controlada de tipo orden cero en la segunda etapa y de tipo difusión anómala de acuerdo al modelo de Korsmeyer-Peppas en la tercera etapa.

Palabras clave: quitosano; nanopartículas; embelina; electrospaying..

Introducción

El uso de nanopartículas poliméricas representa una estrategia innovadora para mejorar la administración de fármacos poco solubles en agua, es por ello que despiertan un creciente interés en el campo de la salud, ya que además

ofrecen sistemas altamente funcionales con aplicaciones significativas en diagnóstico, prevención y tratamiento de diversas enfermedades [1]. Las partículas elaboradas a partir de polímeros biodegradables son motivo de numerosas investigaciones en los campos de la bioingeniería e ingeniería de materiales,

encontrando aplicaciones cruciales como biomateriales para la liberación controlada de agentes terapéuticos, además de permitir la reducción de los costos de las terapias y riesgos de toxicidad para el paciente [2]. En la industria farmacéutica, las partículas poliméricas se presentan como una opción muy atractiva, ya que permiten mejorar la biodisponibilidad, solubilidad y tiempo de retención de agentes terapéuticos solubles o poco solubles en agua [3].

En este trabajo se prepararon y estudiaron nanopartículas del biopolímero quitosano mediante la técnica de electro spraying coaxial de soluciones poliméricas, encapsulando el agente bioactivo embelina. Se cuantificó la cantidad de embelina encapsulada, y se estudió el perfil de liberación en medio buffer fosfato (pH 7,4) y la cinética de liberación mediante la aplicación de los modelos matemáticos de Orden Cero, Higuchi, y Korsmeyer-Peppas.

Materiales

En el presente trabajo se empleó quitosano de bajo peso molecular (Merck S.A.), y embelina provista por el Laboratorio de Biotecnología de la UNSJ. Por otro lado, se empleó ácido acético glacial (AAG) de 60,05 g/mol y diclorometano (DCM) de PM: 84,93 como solventes, ambos obtenidos de Merck S.A.

Métodos

Para el procesamiento de las partículas, se usó la técnica de electro spraying (EHDA) de soluciones poliméricas. Ésta es una técnica utilizada para la obtención de nanopartículas poliméricas y compuestas, que consiste en un sistema de infusión controlada de una solución polimérica conductora a través de una boquilla, y mediante la aplicación de una diferencia de potencial adecuada, se produce la atomización de la solución dando lugar a la formación de pequeñas gotitas que se solidifican en su camino hacia un colector conectado a tierra [4]. En la Fig. 1. se muestra un esquema de la técnica aplicada.

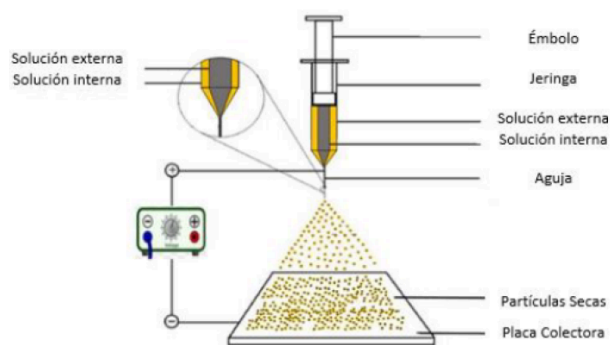


Figura 1 - Esquema del proceso de electro spraying coaxial para la preparación de partículas.

Preparación de partículas de quitosano (Chp) y coaxiales con embelina (Ch-Ep)

Para la obtención de las partículas se prepararon soluciones de quitosano en ácido acético glacial 1 M, en concentraciones del 1,5% p/v. Se realizó la optimización de las condiciones de procesamiento mediante el ajuste de la distancia entre la aguja y el colector (d) con variaciones entre 10 y 17 cm. Asimismo, se ajustaron las diferencias de potencial (V) entre la aguja y la placa colectora conectada a tierra, entre 15 y 22 kV. Se mantuvo un flujo de infusión de la solución polimérica constante de $\varphi = 0,2$ ml/h. La preparación de la cubierta o "shell" se llevó a cabo utilizando la solución de quitosano descrita anteriormente. Para el núcleo o "core" se seleccionó la mezcla de solventes ácido acético (AA) y diclorometano (DCM) en una relación de 80:20, y se prepararon soluciones de embelina con una relación de 10 % p/p respecto de la masa de polímero empleado en el shell. Se aplicó una diferencia de potencial de 20 a 22 kV, y se ajustó la distancia entre la aguja y el colector a 12 cm.

Caracterización morfológica

Se recolectaron muestras de las partículas preparadas bajo las distintas condiciones de procesamiento, y se obtuvieron imágenes mediante microscopía SEM (microscopía electrónica de barrido). A partir de las micrografías obtenidas y mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes, se determinaron el diámetro medio y la distribución de tamaño de las partículas empleando el software Image Pro Plus. Para este fin, se capturaron imágenes de varios sectores de la

muestra y de diferentes lotes, midiendo un promedio de 80 partículas por imagen, y al menos 5 imágenes de cada muestra.

Cuantificación del contenido de embelina

Para la cuantificación del contenido de embelina encapsulada, se preparó una curva de calibración del agente en la mezcla de solventes AA:DCM (80:20) para una longitud de onda $\lambda = 285$ nm. Para determinar la cantidad de embelina encapsulada se disolvieron 3 mg de partículas en la mezcla de solventes AA:DCM (80:20), y se determinó su absorbancia. Posteriormente se calculó su concentración a partir de la curva de calibración previamente obtenida. Todos los estudios se realizaron por triplicado y los resultados se presentan como promedio \pm desviación estándar (d.e.).

A partir de los valores obtenidos, se determinó la cantidad de embelina encapsulada, y la capacidad de carga y eficiencia de encapsulación a partir de las siguientes ecuaciones (1 y 2):

$$CC(\%) = \frac{m_{ef}}{m_{pf}} \cdot 100$$

donde m_{ef} representa la masa de embelina incorporada en la matriz y m_{pf} es la masa de partículas de quitosano con embelina.

$$EE(\%) = \frac{\left(\frac{m_{ef}}{m_{Chf}} \right)}{\left(\frac{m_{ei}}{m_{Chi}} \right)} \cdot 100$$

donde m_{ef} representa la masa de embelina incorporada y m_{ei} es la masa de embelina inicial, y m_{Chf} y m_{Chi} son las masas de quitosano inicial y final.

Análisis de hinchamiento de las partículas de quitosano en medio Buffer

Se realizó el estudio de hinchamiento de partículas de quitosano en condiciones fisiológicas simuladas, a partir de la técnica estandarizada para determinación de hinchamiento denominada "bolsa de te (Tea bag)". Para ello se empleó una solución buffer fosfato (PBS) pH 7.4 y una temperatura de 37 °C que replican el entorno del cuerpo humano. Se realizaron mediciones gravimétricas en balanza analítica de 4 dígitos, considerando tiempos de medición a los 15, 30, 45 minutos, 1 hora, 1,6 horas, y 2 horas. El estudio se realizó por triplicado.

Proceso de liberación de embelina a partir de las partículas core-shell

El estudio de liberación de embelina se llevó a cabo en frascos de vidrio con 100 ml de medio buffer fosfato (PBS) a pH 7,4 y 37 °C. Las nanopartículas con embelina se colocaron en bolsa de diálisis selladas herméticamente en ambos extremos. En el interior de las bolsas se añadieron 5 ml de solución buffer adicional. El ensayo se realizó por triplicado para asegurar la reproducibilidad de los resultados. A partir de cada frasco se realizaron extracciones de 1 ml de medio con reposición de medio fresco. En total se realizaron 10 extracciones durante el primer día, con los siguientes intervalos de tiempo: 15 minutos, 30 minutos, 45 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 5 horas, 6 horas, y 7 horas. Posteriormente, se realizaron extracciones adicionales a las 24 horas, 48 horas y 72 horas. La cantidad de embelina liberada se cuantificó mediante espectroscopía UV-Vis, evaluando la intensidad de la banda de absorción a $\lambda = 283$ nm, característica de la embelina en medio acuoso.

Resultados

En la Fig. 2. puede observarse las micrografías SEM de las partículas Chp y CH-Ep obtenidas. Se consideró que las mejores condiciones de procesamiento se obtuvieron a $d=12$ cm y $V=17$ kV, ya que resultó en partículas con morfología esférica bien definida, con un diámetro promedio (D_m) de 250 nm y una menor desviación estándar (S_m) de alrededor de 30

nm. Por otro lado, se determinó que las mejores condiciones de procesamiento para las partículas Ch-Ep resultó para relaciones de flujo $eo:ei = 2:1$, y una relación diferencia de potencial/distancia aguja colector de 2 kV.cm^{-1} (Fig. 2.b). En todos los casos el procesamiento de las partículas se realizó a temperatura de 22°C y humedad relativa de 35 a 38 %.

En la Tabla 1 pueden observarse los valores de diámetro medio y desviación estándar obtenidos mediante procesamiento digital de imágenes para las partículas Chp y Ch-Ep, con condiciones de procesamiento optimizadas. Se observó un leve incremento del diámetro medio de las partículas luego de la incorporación de embelina, sin embargo dicho incremento no resultó significativo dados los valores de desviación estándar que presentan ambas partículas.

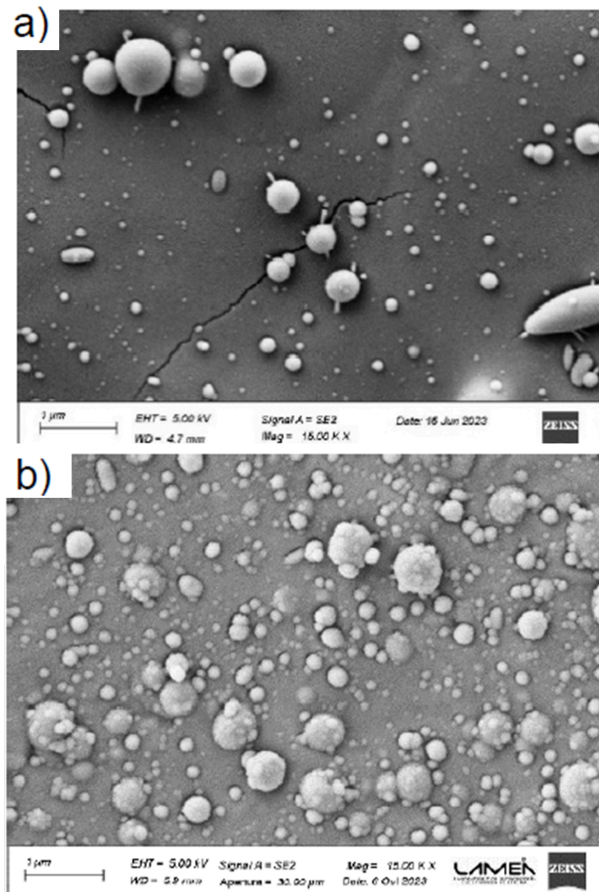


Figura 2 - Partículas de quitosano obtenidas mediante electrospinning empleando $\phi = 0,2 \text{ ml/h}$; a) $d = 12 \text{ cm}$ y $V = 17 \text{ KV}$; y coaxiales con embelina con los parámetros b) $eo:ei = 2:1$, $d = 12 \text{ cm}$ y $V = 24 \text{ KV}$

Tabla 1 - Medición de diámetro medio de partícula y desviación estándar de las partículas optimizadas

Muestra	Dm (nm)	Sm (nm)
Chp	250	30
Ch-Ep	255	32

Medición de embelina encapsulada

A partir de los valores de la Tabla 2, podemos observar que las nanocápsulas de quitosano poseen capacidad para encapsular embelina, con valores de eficiencia de encapsulación superiores al 90 %, permitiendo una cantidad de $91,33 \text{ mg}$ de embelina por cada gramo de partículas de quitosano. En cuanto a la capacidad de carga, permiten una relación de $9,13 \%$ de la masa de embelina respecto de la masa de partículas de quitosano.

Tabla 2 - Contenido de embelina en las partículas de quitosano por unidad de masa, capacidad de carga y eficiencia de encapsulación.

Muestra	Mc (mg.g-1)	EE (100%)	LC (100%)
Ch-Ep	$91,33 \pm 0,20$	$91,33 \pm 0,17$	$9,13 \pm 0,07$

Estudio de hinchamiento de nanopartículas de quitosano

Los resultados del estudio de hinchamiento de las nanopartículas de quitosano Qp se muestran en la Fig. 3. A partir de los datos obtenidos puede observarse que el hinchamiento de las partículas de quitosano alcanza el equilibrio luego de 0.75 horas (45 minutos), con un promedio de hinchamiento del 10689%. Esto indica que, a partir de este punto, las partículas alcanzaron una saturación en su capacidad de absorber agua bajo las condiciones del medio buffer fosfato $\text{pH} = 7,4$. Este comportamiento puede ser determinante en la liberación de embelina, ya que afecta directamente los mecanismos por los cuales la embelina difunde a través de la matriz polimérica y hacia el exterior de la misma.

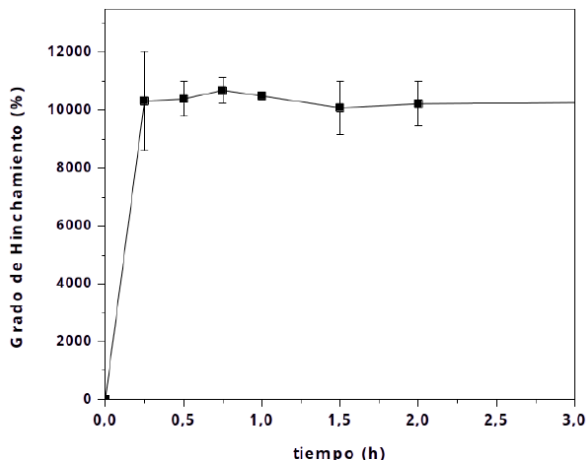


Figura 3 - Curva de hinchamiento de nanopartículas de quitosano en PBS.

Estudio de liberación de la embelina encapsulada

En la Fig. 4. se muestra el perfil de liberación de embelina, observándose en la Fig. 4.a. la liberación durante las primeras 8 h, mientras que en la Fig. 4.b. se muestra la liberación de embelina durante 72 horas.

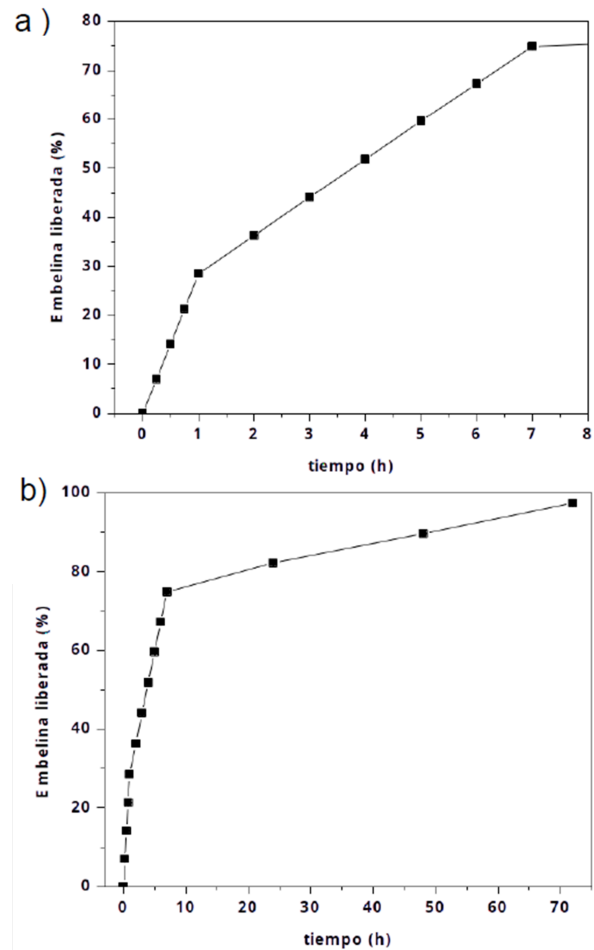


Figura 4 - Perfil de liberación de embelina, a) durante las primeras 8 h; b) durante 72 h.

A partir de este perfil de liberación es posible identificar tres etapas bien definidas. **Primera etapa (0 a 1 h):** Liberación inicial rápida. Durante la primera hora, se observa una liberación acelerada de embelina, alcanzando aproximadamente el 28,49 % del agente encapsulado (Fig. 4a). Este comportamiento inicial podría atribuirse al fenómeno conocido como burst effect, que implica una rápida liberación del agente presente en las capas superficiales de las partículas. A partir de los datos obtenidos del estudio de hinchamiento de las partículas, es en este período de tiempo en el que las nanopartículas de quitosano experimentan un marcado hinchamiento hasta alcanzar su equilibrio. Este gran hinchamiento de las nanopartículas de quitosano podría favorecer la migración de embelina hacia el medio de liberación y la posible formación de poros superficiales durante el contacto inicial con el medio acuoso. **Segunda etapa (1 a 7 h):** Liberación controlada. En esta etapa se observa una disminución de la

tasa de liberación de embelina, alcanzando luego de 7 h un porcentaje de liberación de 74,85 % (Fig. 4a). Este fenómeno podría explicarse por la difusión del agente terapéutico desde las regiones internas de la matriz de quitosano hacia el medio de liberación. En este período y luego del hinchamiento de las partículas, el proceso de liberación estaría dominado por la interacción de las cadenas poliméricas del quitosano, que pueden formar una red más densa al hincharse, limitando parcialmente la difusión de la embelina. La posible presencia de microcanales generados durante el hinchamiento del quitosano también puede contribuir a regular la velocidad de liberación.

Tercera etapa (7 a 72 h): Liberación sostenida. Finalmente, entre las 7 y 72 horas se observa una etapa de liberación más lenta y sostenida, alcanzando un valor final de embelina liberada del 97,48 % (Fig. 4b). Esta etapa puede estar relacionada con la disminución de la cantidad de embelina presente en el interior de las partículas, lo que reduce el gradiente de concentración, y, por ende, la fuerza impulsora para la difusión. Además, la degradación parcial de las partículas de quitosano podría facilitar la liberación de las últimas fracciones de embelina atrapadas en la matriz, aunque a una tasa mucho menor que en las etapas anteriores. De acuerdo al valor final de embelina liberada, una pequeña porción de embelina (2,52 %) permanece retenida y asociada a las cadenas de quitosano.

La diferenciación clara de estas tres etapas destaca la capacidad de las nanopartículas de quitosano para modular la liberación de embelina, ofreciendo un perfil inicial rápido seguido por una liberación más controlada y sostenida. Estas características posicionan a este sistema como un candidato prometedor para aplicaciones terapéuticas que requieran una liberación regulada del agente activo.

Se evaluó la liberación de embelina durante 72 horas, dividiendo el perfil en tres etapas: inicial (0–1 h), intermedia (1–7 h) y final (7–72 h). Para analizar los mecanismos involucrados, se aplicaron los modelos de Orden Cero, Higuchi y Korsmeyer-Peppas, como se muestra en la Tabla 3.

En la etapa inicial se observó un “burst effect” con una liberación rápida (~28,5 %) atribuida a la difusión superficial del fármaco y al

hinchamiento inicial de la matriz de quitosano. Debido a la naturaleza no controlada de esta fase, no se aplicaron modelos cinéticos. Durante la etapa intermedia (Fig. 5a.), la liberación se volvió más sostenida y controlada (~74,8 % acumulado). El modelo de Orden Cero mostró el mejor ajuste ($R^2 = 0,999$), indicando una liberación a velocidad constante, probablemente regulada por la erosión de la matriz. Korsmeyer-Peppas ($R^2 = 0,948$; $n = 1,95$) y, en menor medida, Higuchi ($R^2 = 0,977$) también reflejaron un mecanismo mixto, con predominio de la degradación polimérica. En la etapa final, la velocidad de liberación disminuyó (~97,5 % total). Korsmeyer-Peppas resultó el modelo más adecuado ($R^2 = 0,998$; $n = 0,77$), indicando un mecanismo de difusión anómala, con participación de relajación de cadenas y difusión interna. El modelo de Orden Cero también ajustó bien ($R^2 = 0,992$), mientras que Higuchi fue inaplicable (R^2 negativo), descartando una cinética de difusión simple, como se observa en la Fig. 5b.

Tabla 3 - Evaluación de los modelos cinéticos de liberación.

Tiempo (h)	Orden Cero		Higuchi		Korsmeyer y Peppas			Mecanismos de Liberación
	Kc	R2	k_h (n=1/2)	R2	k_{kp}	n	R2	
0-1	-	-	-	-	-	-	-	Difusión rápida
1-7	7,73	0,999	27,00	0,977	33,37	1,95	0,948	Modelo Orden Cero
7-72	0,34	0,992	13,57	10,09	70,45	0,77	0,998	Difusión anómala

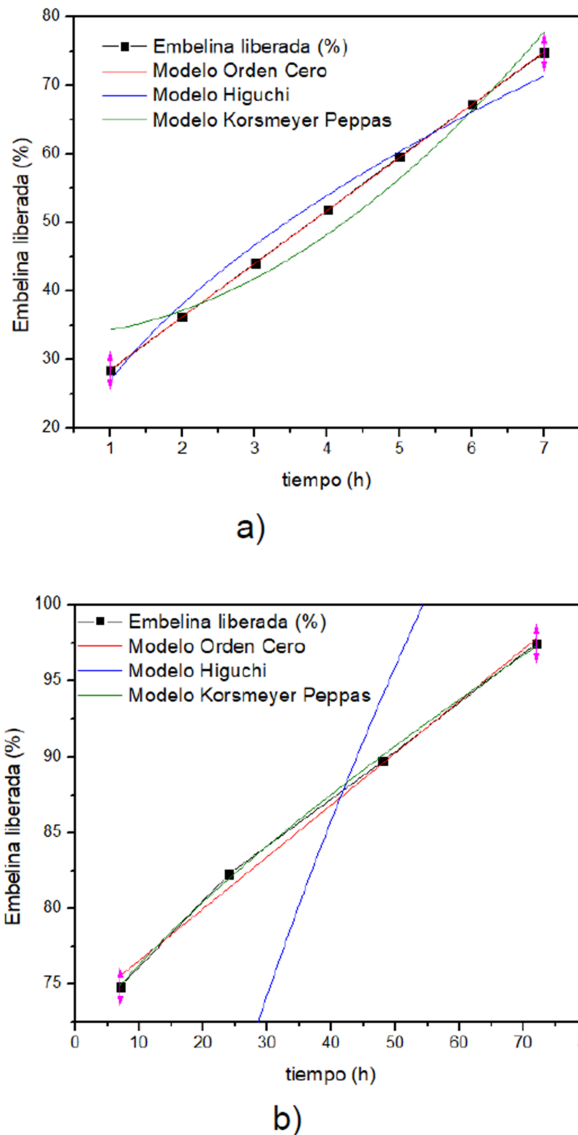


Figura 5 - Ajuste matemático en la etapa intermedia (a) y final (b) de liberación con los tres modelos: Modelo de Orden Cero, Modelo de Higuchi y Modelo de Korsmeier-Peppas

Conclusiones

En este trabajo se optimizó el proceso de obtención de nanopartículas de quitosano monoaxiales y nanocápsulas con embelina encapsulada mediante la técnica de electro spraying coaxial. El procesamiento mediante electro spraying permitió un control preciso sobre la preparación de las nanopartículas de quitosano, y la estabilidad durante el procesamiento.

La eficiencia de encapsulación de embelina mostró valores superiores al 90%, y su capacidad de carga valores de 9,13%, lo que demuestra la efectividad de la técnica para encapsular principios activos pobremente

solubles en agua, en matrices poliméricas hidrofílicas de origen natural como el quitosano. En cuanto al perfil de liberación, se observó un comportamiento trifásico en condiciones de pH fisiológico (7,4).

El análisis cinético del perfil de liberación mostró una segunda fase que se ajustó perfectamente al modelo de Orden Cero, lo que indica una liberación constante del compuesto activo durante este período. Mientras que, en la tercera y última fase, el modelo de Korsmeier-Peppas describió mejor el proceso de liberación, sugiriendo un mecanismo de difusión anómala influenciado por el hinchamiento progresivo del polímero y las interacciones con el medio circundante.

Bibliografía

- [1] Mehta, P., Haj-Ahmad, R., Rasekh, M., Arshad, M. S., Smith, A., Li, X., Chang, M.-W., Ahmad, Z. (2016). Pharmaceutical and biomaterial engineering via electrohydrodynamic atomization technologies. *Drug Discovery Today*, 157–165.
- [2] Kamaly, N., Yameen, B., Wu, J., Farokhzad, O. C. (2016). Degradable controlled-release polymers and polymeric nanoparticles: mechanisms of controlling drug release. *Chemical Reviews*, 2602–2663.
- [3] Islan, G. A., Cortez Tornello, P. R., Abraham, G. A., Duran, N., Castro, G. R. (2016). Smart lipid nanoparticles containing levofloxacin and DNase for lung delivery: design and characterization. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 143, 168–176.
- [4] Usman, U. L., Ellumalai, S., Anandh, , Madha Suresh, V. (2024). Chitosan-based biogenic nanoparticles for wastewater remediation: synthesis, characterization, and applications – A review. *Journal of ISAS*, 2, 56–95.

Actividad evaluativa experimental con IA

Natalia Bartels¹ (bartels.natalia@gmail.com), Alejandra Tintori Ferreyra¹ (janditintori@gmail.com), Carmen Benitez¹ (cbenitez@fi.mdp.edu.ar), Carlos Brunini² (cibrunini@gmail.com), Nicolás Ezequiel Grilli¹ (nicolasgrilli@gmail.com), Martin Castorina¹ (martin.cem.123@gmail.com), Javier Viau¹ (grupodidacticadelaciencia@gmail.com)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

² Facultad de Cs. Exactas y Naturales

Resumen

En la formación en ingeniería, es clave vincular la teoría con competencias como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el uso de tecnologías emergentes. En este contexto, se diseñó una propuesta didáctica innovadora que integra el laboratorio de Física con herramientas de inteligencia artificial (IA), promoviendo un aprendizaje activo, contextualizado y colaborativo. La experiencia se llevó a cabo durante un cuatrimestre en la asignatura Física A, destinada a estudiantes de primer año de Ingeniería en la Universidad Nacional de Mar del Plata. La actividad se centró en el estudio del comportamiento oscilatorio de resortes en configuraciones simples y en serie, analizando la relación entre masa, constante del resorte y período de oscilación. La propuesta incluyó el diseño experimental asistido por IA, la ejecución de ensayos en laboratorio, el análisis de datos empíricos y la comparación con resultados generados por IA. Además, cada etapa fue documentada mediante videos en TikTok, fomentando la comunicación científica de forma creativa y accesible. Este enfoque buscó desarrollar competencias profesionales como la comunicación efectiva, la creatividad, el trabajo colaborativo y el uso crítico de tecnologías digitales. La IA se destacó como una herramienta útil para planificar, consultar y validar información en tiempo real, promoviendo un aprendizaje más autónomo y reflexivo. No obstante, las limitaciones en la precisión de ChatGPT exigieron supervisión docente y análisis crítico por parte de los estudiantes. En conjunto, la propuesta resultó efectiva para integrar teoría, práctica y tecnología en la enseñanza de la Física aplicada a la ingeniería.

Palabras clave: enseñanza de la física; innovación didáctica; inteligencia artificial; experiencia de laboratorio; competencias profesionales.

Introducción

En el ámbito de la enseñanza de las ingenierías, existe un consenso generalizado acerca de la

solo adquieran conocimientos teóricos, sino que también desarrollen competencias, conocidas como el “saber hacer”. Este concepto va más allá de la simple acumulación de información, pues se fundamenta en la integración efectiva de una compleja estructura que combina conocimientos, habilidades y destrezas. Resulta esencial que estas capacidades sean reconocidas y explícitamente incorporadas dentro de los procesos de aprendizaje, de modo que las propuestas pedagógicas contemplen actividades diseñadas para fomentar y fortalecer su desarrollo (CONFEDI, 2018).

En este contexto, se diseñó una actividad evaluativa titulada “Diseño experimental con resortes y comprobación mediante IA”, destinada a ser implementada en el aula de Física A de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Esta propuesta integra de manera innovadora el laboratorio de Física con herramientas de inteligencia artificial, específicamente Chatbots, constituyéndose en una estrategia didáctica que promueve un aprendizaje activo, contextualizado y colaborativo.

La incorporación de inteligencia artificial en laboratorios educativos permite a los estudiantes no solo realizar experimentos prácticos, sino también analizar datos complejos, simular diversos escenarios y validar sus resultados. Esto potencia habilidades clave como la comunicación, el pensamiento crítico, la colaboración y la creatividad en un entorno de aprendizaje enriquecido digitalmente (Xu & Ouyang, 2022).

Marco Teórico

En la educación superior actual, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una herramienta clave que transforma los métodos pedagógicos tradicionales al facilitar trayectorias de aprendizaje personalizadas y adaptadas a las necesidades individuales de los estudiantes. Esta innovación tecnológica no solo incrementa la motivación y el compromiso estudiantil, sino que también favorece el desarrollo de competencias esenciales para una formación integral y orientada a los desafíos profesionales actuales (Adiguzel et al., 2023). Más allá de ser un mero avance tecnológico, la incorporación de la IA en el aula representa una oportunidad para rediseñar prácticas pedagógicas, modificando

significativamente la forma en que los estudiantes comprenden, aplican e interactúan con los contenidos académicos (Ali et al., 2023). En particular, la educación en ingeniería se beneficia notablemente del uso de tecnologías basadas en IA, ya que estas promueven habilidades críticas y analíticas fundamentales para enfrentar problemas complejos del mundo contemporáneo. Los entornos de aprendizaje interactivos y adaptativos que posibilita la IA fomentan un proceso educativo que supera la memorización mecánica, incentivando una comprensión conceptual profunda y la aplicación práctica del conocimiento técnico y científico (Flores et al., 2022). Dentro de este contexto, ChatGPT, un avanzado modelo de lenguaje desarrollado por OpenAI, emerge como un ejemplo representativo de la aplicación de la IA en el ámbito educativo. Su implementación ha generado transformaciones significativas en diversos procesos docentes, incluyendo la personalización de métodos de evaluación y la promoción de la creatividad, el pensamiento crítico y la reflexión ética en el uso de la tecnología (Peng et al., 2019). En el campo específico de la Física, ChatGPT puede asistir a los estudiantes en la resolución de problemas complejos, ofreciendo estrategias, sugerencias y apoyo durante el desarrollo de actividades experimentales, facilitando así un aprendizaje más dinámico y efectivo. El uso de ChatGPT en actividades experimentales aporta múltiples beneficios pedagógicos. Proporciona un soporte personalizado y accesible, que permite a los estudiantes recibir respuestas inmediatas y avanzar de forma autónoma al resolver dudas en tiempo real. Además, estimula el pensamiento crítico, al incentivar a los estudiantes a evaluar y contrastar la información generada, promoviendo un aprendizaje más reflexivo, analítico y colaborativo. También facilita el manejo y análisis de datos experimentales complejos y sugiere diferentes enfoques para abordar problemas, lo cual estimula la creatividad y el trabajo en equipo (Urban et al., 2023). Sin embargo, el uso de esta tecnología también presenta limitaciones significativas que deben ser consideradas. Aunque ChatGPT genera respuestas coherentes y estructuradas, su funcionamiento basado en modelos estadísticos puede ocasionar errores en cálculos aritméticos

y algebraicos, lo que en el contexto experimental puede derivar en interpretaciones incorrectas o malentendidos conceptuales (Fergus et al., 2023). Además, suele presentar dificultades para elaborar esquemas o interpretar representaciones gráficas, aspectos fundamentales en la enseñanza de la física, donde la visualización mediante diagramas es clave para entender fenómenos como la cinemática o las fuerzas.

Otra cuestión importante es la posible dependencia tecnológica que puede surgir ante un uso excesivo o no mediado de la IA, lo que podría afectar negativamente el desarrollo de habilidades autónomas, la creatividad y la capacidad de resolución independiente de problemas. Por ello, el rol del docente resulta fundamental para guiar y supervisar el uso de ChatGPT en actividades experimentales. La mediación pedagógica es esencial para ayudar a los estudiantes a discernir entre las respuestas generadas por la IA y los métodos tradicionales, asegurando que la herramienta se emplee como un complemento enriquecedor que potencie la calidad del aprendizaje sin reemplazar procesos esenciales de razonamiento y creatividad (Segarra Ciprés et al., 2024).

En conclusión, la integración de ChatGPT en experiencias de laboratorio constituye una oportunidad significativa para promover un aprendizaje activo, crítico y colaborativo que articule los avances tecnológicos con las competencias fundamentales necesarias en la formación de ingenieros, contribuyendo así a una educación superior más innovadora y contextualizada.

Enfoque metodológico

Propuesta didáctica. El diseño de la propuesta adopta un enfoque centrado en el estudiante, con elementos de metodología activa y participativa. Se integra el uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) como recurso didáctico, no solo para asistir en la resolución de una situación problemática, sino también para fomentar una reflexión crítica sobre su uso en contextos científicos.

La propuesta se estructura en torno a una actividad evaluativa, de carácter experimental desarrollada a lo largo de un cuatrimestre en el curso de Física A, destinado a estudiantes de

primer año de carreras de Ingeniería. El trabajo fue realizado en grupos de hasta cuatro integrantes, promoviendo el trabajo en equipo como parte del proceso formativo. La propuesta se centra en el estudio del comportamiento oscilatorio de resortes en distintas configuraciones (simple y en serie), con el objetivo de analizar la relación entre la masa, la constante del resorte y el período de oscilación. La actividad didáctica combina el diseño experimental asistido por inteligencia artificial (IA), la ejecución de ensayos en laboratorio, la recolección de datos empíricos y su posterior análisis, así como la comparación entre los resultados obtenidos experimentalmente y los procesados mediante herramientas de IA. El proceso completo se organiza en cuatro etapas: planificación del experimento, implementación, análisis de datos y elaboración de conclusiones. Cada una de estas fases es documentada mediante la producción de contenido audiovisual, concretamente a través de un video elaborado en la plataforma TikTok, con una duración máxima de tres minutos. Esta estrategia de comunicación científica no solo permite registrar de manera integral el trabajo realizado, sino que también constituye un instrumento de evaluación formativa y un medio de divulgación académica accesible y creativo. Más allá del contenido disciplinar, la propuesta tiene como objetivo el desarrollo de competencias profesionales como el pensamiento crítico, la comunicación efectiva, la creatividad, el trabajo en equipo y el uso reflexivo de tecnologías digitales. Al interactuar con la IA durante la resolución de la situación problemática planteada y el análisis de datos, los estudiantes deben identificar posibles errores o inconsistencias, formular preguntas, y generar ciclos de retroalimentación que los acerquen a una solución correcta. Esta dinámica promueve la reflexión sobre los propios procesos de aprendizaje y fortalece una alfabetización digital crítica. Desarrollo de la propuesta en el aula. La implementación de la propuesta didáctica se desarrolló a lo largo de un cuatrimestre en el curso de Física A y se organizó en cuatro instancias principales:

1. Presentación y contextualización de la propuesta: Al tratarse de una metodología evaluativa innovadora respecto de los enfoques tradicionales del ciclo básico de ingeniería, se

destinó un espacio inicial para explicar detalladamente los objetivos, etapas del trabajo, el uso de la inteligencia artificial (IA) y los criterios de evaluación. Esta instancia buscó fomentar la participación activa desde el inicio y reducir posibles resistencias frente a una evaluación no convencional.

2. Acompañamiento y espacios de consulta: Durante la cursada, se habilitaron espacios presenciales y virtuales de consulta para resolver dudas, intercambiar ideas y recibir retroalimentación formativa. Además, se abrió el laboratorio en horarios específicos, con asistencia docente, para que los estudiantes pudieran realizar las mediciones, ajustar sus diseños experimentales y consultar sobre aspectos técnicos y metodológicos. Esto permitió un seguimiento continuo y personalizado del proceso de aprendizaje.

3. Evaluación con rúbrica: Los trabajos fueron evaluados mediante una rúbrica diseñada para esta propuesta, que integró criterios disciplinares y el desarrollo de competencias profesionales. Los criterios, organizados en categorías clave, se calificaron en una escala de 1 a 3 puntos, siendo 12 el mínimo necesario para aprobar sobre un total de 18. Cada grupo recibió su calificación con la rúbrica correspondiente, lo que favoreció la comprensión de los criterios aplicados y la reflexión sobre los aprendizajes alcanzados. Esta modalidad también permitió una retroalimentación formativa clara y útil.

4. Socialización y reflexión final: al finalizar el curso, todos los videos elaborados por los estudiantes fueron compartidos en el campus virtual de la asignatura.

Resultados

La experiencia fue desarrollada durante el primer cuatrimestre de 2025, con la participación de diez grupos conformados por cuatro estudiantes cada uno. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, organizados en función de los criterios evaluativos previamente establecidos.

Diseño experimental: La mayoría de los grupos demostró capacidad para estructurar un diseño experimental coherente, identificando variables y formulando hipótesis claras. No obstante, algunos equipos evidenciaron dificultades para anticipar posibles fuentes de error y establecer

controles adecuados que garantizaran la validez y reproducibilidad de los resultados. Registro de observaciones: Los registros empíricos realizados fueron mayoritariamente completos. Sin embargo, se observaron inconsistencias en el nivel de detalle y precisión entre algunos grupos, lo cual impactó en la calidad del análisis posterior. La incorporación de formatos digitales para el registro de observaciones facilitó la sistematización y el acceso a los datos obtenidos durante el trabajo experimental. Sin embargo, la calidad de dicho registro estuvo estrechamente vinculada al nivel de compromiso y a la capacidad de organización interna de cada grupo, lo que evidenció la influencia de las dinámicas colaborativas en el desarrollo y la fiabilidad del trabajo científico.

Análisis de datos: Los estudiantes aplicaron correctamente métodos de análisis, incluyendo el empleo de la progresión lineal para modelar la relación entre la masa y el período de oscilación en los sistemas de resortes. Si bien la mayoría interpretó adecuadamente las gráficas y resultados, algunos grupos presentaron dificultades en la validación y comparación de datos experimentales con los procesados mediante inteligencia artificial. Esto sugiere la necesidad de fortalecer habilidades en análisis crítico y validación experimental.

Interacción con inteligencia artificial (IA): El uso de ChatGPT como herramienta de apoyo fue valorado positivamente, ya que facilitó la planificación, la resolución de dudas y la validación de resultados durante el desarrollo del trabajo. Los estudiantes destacaron la posibilidad de acceder a retroalimentación inmediata, aunque señalaron limitaciones en las respuestas generadas, lo que implicó la necesidad de una supervisión docente constante y un juicio crítico para evitar interpretaciones erróneas.

Creatividad en la producción audiovisual: La elaboración de videos mediante la plataforma TikTok constituyó un componente significativo del trabajo. Los grupos mostraron un alto nivel de creatividad y capacidad comunicativa, utilizando recursos audiovisuales para presentar los resultados de manera clara y accesible, lo que contribuyó al desarrollo de competencias transversales vinculadas a la comunicación científica y el trabajo colaborativo. En términos generales, todos los estudiantes

demonstraron un compromiso adecuado con la actividad, logrando aprobar, aunque con variaciones en el rendimiento evaluado mediante rúbricas específicas. Los resultados indican que la integración de la inteligencia artificial en actividades experimentales, complementada con una supervisión docente, representa una estrategia pedagógica eficaz para fomentar el aprendizaje activo, reflexivo y colaborativo en carreras de ingeniería.

A modo de ejemplo, se proporcionan a continuación los enlaces para visualizar tres de los trabajos realizados por los estudiantes:

<https://www.tiktok.com/@feelgoodblur/video/7515560361228111160>

<https://vm.tiktok.com/ZMSPywN7s/>

<https://vm.tiktok.com/ZMSy4cPSb/>

Conclusiones

La implementación de esta propuesta didáctica, centrada en el diseño y ejecución de una experiencia de laboratorio asistida por inteligencia artificial, permitió integrar de forma efectiva los conocimientos con el desarrollo de competencias profesionales clave en la formación de estudiantes de Ingeniería. A través del trabajo colaborativo, el análisis experimental y el uso de herramientas digitales como ChatGPT, los estudiantes participaron activamente en todas las etapas, desde la planificación hasta la comunicación de resultados.

Los resultados obtenidos evidencian que el uso pedagógico de la inteligencia artificial favorece un aprendizaje más autónomo, reflexivo y contextualizado, siempre que se enmarque dentro de una propuesta didáctica cuidadosamente diseñada y con mediación docente. En particular, se observó que la IA actuó como un recurso valioso para la exploración de ideas, la resolución de dudas y la validación de datos experimentales, aunque también quedó de manifiesto que sus limitaciones requieren un análisis crítico constante por parte de los estudiantes.

La actividad promovió además el desarrollo de competencias transversales, como el pensamiento crítico, la comunicación científica, la creatividad y el uso responsable de tecnologías emergentes. La producción audiovisual como forma de divulgación académica permitió visibilizar el trabajo

realizado, fomentar la apropiación del conocimiento y estimular el compromiso con la tarea.

Finalmente, se concluye que la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, en contextos experimentales de enseñanza, no solo es viable sino deseable, en tanto se orienten a fortalecer los procesos de aprendizaje y a preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos profesionales y tecnológicos del presente y el futuro.

Agradecimientos

Agradecemos a toda la cátedra de Física A turno mañana

Bibliografía

- Akinwalere, S. N., Ivanov, V. (2022). Artificial intelligence in higher education: Challenges and opportunities.. *Border Crossing Journal*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.33182/bc.v12i1.2015>. <https://doi.org/10.33182/bc.v12i1.2015>
- Ali, J. K. M., Shamsan, M. A. A., Hezam, T. A., Mohammed, A. A. Q. (2023). Impacto de ChatGPT en la motivación para el aprendizaje: Opiniones de profesores y estudiantes.. *Journal of English Studies in Arabia Felix*, 2(1), 41–49. <https://doi.org/https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>. <https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>
- CONFEDI, (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina: Libro rojo de CONFEDI. <https://confedi.org.ar/librorojo/>
- Fergus, S., Botha, M., Ostovar, M. (2023). Evaluating academic answers generated using ChatGPT.. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1672–1675.
- Peng, H., Ma, S., Spector, J. M. (2019). Personalized adaptive learning: An emerging pedagogical approach enabled by a smart learning environment.. *Smart Learning Environments*, 6(1), 1–14.
- Segarra Ciprés, M., Grangel Seguer, R., Belmonte Fernández, Ó. (2024). ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje

en la educación superior: una experiencia docente.. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 7–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.51302/tce.2024.19083>. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19083>

Urban, M., Dechterenko, F., Lukavsky, J., Hein, V., Svacha, F., Brom, C., Urban, K. (2023). ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental study.. <https://doi.org/https://doi.org/10.31234/osf.io/9z2tc>. <https://doi.org/10.31234/osf.io/9z2tc>

Xu, W., Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021.. *International Journal of STEM Education*, 9, Article 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-1>. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-1>

Diseño de un sistema de estacionamiento seguro y carga de vehículos eléctricos ligeros (ESyC-VELs)

N. Toda¹ (natan.toda@gmail.com), P. Cervellini¹ (paulacervellini@fi.mdp.edu.ar), N. Wassinger¹ (nwassinger@fi.mdp.edu.ar), Rogelio García Retegui¹ (rgarcia@fi.mdp.edu.ar), Marcos Funes¹ (mfunes@fi.mdp.edu.ar)

¹ Laboratorio de Instrumentación y Control (ICYTE)

Resumen

Este trabajo presenta el diseño de un Sistema de Estacionamiento Seguro y Carga para Vehículos Eléctricos Ligeros, concebido como solución integral para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. El diseño se fundamenta en un análisis exhaustivo de requerimientos técnicos, funcionales y contextuales, buscando promover la micromovilidad sostenible y servir como prototipo de microrred para tareas de investigación. El sistema se desarrolla bajo criterios de modularidad, compatibilidad eléctrica, seguridad, facilidad de uso, mantenimiento accesible, resistencia a la intemperie, estética y sostenibilidad.

Palabras clave: micromovilidad; estación de carga; energía solar fotovoltaica.

Introducción

Históricamente, los vehículos basados en combustibles fósiles han sido la forma de transporte terrestre más extendida, pero su impacto ambiental negativo (emisión de contaminantes atmosféricos y contribución al calentamiento global) y el incremento de la congestión vehicular en zonas urbanas han impulsado una transición hacia modelos de transporte más respetuosos con el medio ambiente. Los vehículos eléctricos (EVs) ofrecen un mejor rendimiento en el aprovechamiento de la energía suministrada en comparación con los vehículos convencionales [Sanguesa, 2021], [Alanazi, 2023]. Dentro de los EVs, los Vehículos Eléctricos Ligeros (VELs), como monopatines y bicicletas eléctricas, son esenciales para la micro-movilidad. Esta modalidad de transporte aborda desplazamientos cortos, típicamente en centros urbanos, siendo más rápidos que el automóvil

en distancias menores a 10 km. En el ámbito local de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FI-UNMDP), se ha registrado un aumento en el uso de VELs. Esta tendencia, aunque positiva desde una perspectiva de sostenibilidad, ha generado un problema logístico y de seguridad considerable. Ante la ausencia de un espacio de estacionamiento formal, los usuarios se ven obligados a ingresar con sus monopatines y bicicletas eléctricas al interior de aulas, laboratorios y oficinas. Esta práctica no solo interrumpe la dinámica académica, sino que también crea riesgos de seguridad y congestión en espacios comunes. A medida que la adopción de estos vehículos crece, esta situación se vuelve insostenible. Un análisis de las soluciones comerciales existentes para el estacionamiento y carga de VELs revela que, si bien existe una variedad de estaciones en el mercado, la mayoría carece de un enfoque

suficientemente flexibles para admitir la diversidad de modelos de VELs, requieren que el usuario porte su propio cargador, lo que reduce su conveniencia, o no integran de manera efectiva el uso de energías renovables [SOLUM], [VéloGalaxie], [jCharge], [Bicitavis], [Yup], [M4M], [Bolt]. Esta carencia presenta una clara oportunidad para desarrollar una solución superior, adaptada específicamente a las necesidades de un entorno exigente como el universitario.

Es en ese contexto que se presenta el diseño de una infraestructura que aborda esta problemática. La incorporación de una estación dedicada para el Estacionamiento Seguro y Carga de Vehículos Eléctricos Ligeros (ESyC-VELs) no sólo resuelve una necesidad logística al proporcionar un espacio seguro, ordenado y exclusivo para el estacionamiento y carga de VELs; sino que, además, es un catalizador para la movilidad sostenible. La disponibilidad de una infraestructura de estacionamiento seguro y puntos de carga accesibles representa un incentivo para más miembros de la comunidad a adoptar medios de transporte limpios. Esto contribuye directamente a la reducción de la huella de carbono de la comunidad, alineando a la Facultad con los objetivos de desarrollo sostenible a nivel global.

Finalmente, y quizás su valor más distintivo, el sistema ESyC-VELs está diseñado para ser una plataforma de investigación y formación académica.

- Prototipo de Microrred de Corriente Continua: El sistema eléctrico se concibe como un prototipo funcional de microrred DC convirtiéndose en una herramienta para la investigación en áreas como la gestión inteligente de la energía, la integración de energías renovables y el almacenamiento en baterías.
- Integración con Proyectos Finales de Grado: Sirve como punto de partida para una multiplicidad de trabajos finales de grado en las carreras de ingeniería electromecánica, electrónica y computación, abarcando temas como el

diseño de convertidores de potencia, algoritmos de gestión energética, dimensionamiento de sistemas de almacenamiento y el desarrollo de interfaces de usuario.

- Herramienta Educativa: Se plantea que funcione como un caso de estudio práctico y tangible para distintas materias.

Para garantizar que el diseño propuesto sea técnica y funcionalmente viable se utiliza como punto de partida un relevamiento presentado en un trabajo anterior de VELs existentes en el mercado local y además un relevamiento de emplazamientos dentro de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP [Toda, 2024]. Luego se presenta el diseño de la solución propuesta fundamentado en un enfoque modular, flexible y seguro; con: monitoreo y control remoto, carga independiente del uso del cargador por parte del usuario, gestión inteligente de la carga e incorporación de generación fotovoltaica para reducir la dependencia de la red eléctrica.

Análisis de requerimientos y Selección de Emplazamiento

Con el objetivo de identificar los parámetros técnicos que el sistema ESyC-VELs debe ser capaz de gestionar para asegurar una alta compatibilidad, se lleva adelante el relevamiento de una amplia gama de monopatines y bicicletas eléctricas. De ese relevamiento surgen los siguientes requerimientos.

Requerimientos Eléctricos: La gran mayoría de los monopatines eléctricos utilizan baterías de 36V (60.9%) y 48V (30.4%). En el caso de las bicicletas eléctricas, el estándar predominante es de 36V (85%).
Compatibilidad de Conectores: Se identifican tres tipos de conectores como los más utilizados en el mercado: GX16-3P, DC 8mm (Barrel), DC 5.5mm/2.1mm (Jack).

Dimensiones Físicas máximas:

- Monopatines: 1220 mm (largo) x 600 mm (ancho) x 1290 mm (alto).
- Bicicletas: 2030 mm (largo) x 700 mm (ancho) x 1560 mm (alto).

Este relevamiento muestra un nivel de tensión de carga en torno a los 36V y 48V, pero la presencia de voltajes atípicos (24V, 52V) valida el enfoque de diseño, que incorpora convertidores DC/DC individuales por puesto de carga para garantizar no solo la compatibilidad actual, sino también la adaptabilidad futura.

Respecto de la selección del emplazamiento, se evaluaron cinco zonas potenciales dentro del predio de la Facultad de Ingeniería, considerando criterios como seguridad, disponibilidad de recurso solar, visibilidad, conectividad e impacto social. Tras un análisis comparativo, se seleccionó una zona exterior cerrada ubicada en la esquina de las calles Ratero y Juan B. Justo, como la ubicación óptima para la instalación de la estación. La elección de esta zona se fundamenta en que ofrece el mejor balance entre visibilidad, seguridad, acceso a energía solar y potencial de impacto social (ver Tabla 1). Cabe destacar que, si bien se identifica la presencia de arbolado, este es de baja altura y susceptible de poda periódica, minimizando el impacto sobre el recurso solar. Los requerimientos identificados y la selección de este emplazamiento sientan las bases para el diseño técnico detallado que se presenta en la siguiente sección.

Tabla 1 - Resumen de ventajas y desventajas de la ubicación elegida.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Ubicación frontal sobre Av. Juan B. Justo con alto impacto social y visibilidad. Excelente disponibilidad de recurso solar por su ubicación en una esquina sin paredes circundantes. Espacio cerrado por rejas, lo que provee seguridad y permite restringir el acceso exclusivamente a usuarios de VELs. Superficie útil de 60 m² (8.5m x 7.2m), suficiente para la instalación de múltiples módulos. 	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de arbolado cercano que podría generar sombra. Requiere la construcción de una reja de separación adicional. El terreno necesita nivelación y la construcción de un piso.

Diseño Técnico de la Solución Propuesta (ESyC-VELs)

Uno de los principales desafíos en el diseño de una estación de carga para VELs consiste en enfrentar la diversidad técnica y constructiva de los modelos disponibles en el mercado, evidenciada en el relevamiento técnico realizado. Este relevamiento muestra que las diferencias no son solo físicas (como las dimensiones generales o el peso), sino también eléctricas y funcionales, incluyendo variaciones en las tensiones de carga, los tipos y ubicaciones de conectores, y las geometrías del cuadro.

Frente a este panorama, se vuelve necesario adoptar una estrategia de agrupamiento que permita clasificar los VELs en subconjuntos con características comunes, de manera de poder abordar esa diversidad con soluciones específicas y adaptadas. En este contexto, se concluye que el agrupamiento por tipo de vehículo representa la estrategia más equilibrada para el diseño de la estación de carga.

Concepto General y Criterios de Diseño

El diseño del prototipo de estación se apoya en una serie de criterios generales que actúan como guía para tomar decisiones técnicas, funcionales y estructurales. Los criterios elegidos y su aplicación en el diseño se muestran en la Tabla 2. En la Figura 1 se muestra un diseño tridimensional del prototipo de estación de carga.

Como se presenta en la Tabla 2, la arquitectura del sistema se organiza de manera jerárquica para maximizar la escalabilidad y facilitar el mantenimiento. Se compone de:

- Un Tótem central (identificado con 1 en la Figura 1), que constituye la unidad principal del sistema, encargada de suministrar energía eléctrica a los módulos, así como de centralizar la gestión, el control y la comunicación. Integra los sistemas de distribución eléctrica, monitoreo de carga, control de los mecanismos de cierre y la interfaz con el exterior.
- Módulos estructurales repetibles, que albergan los vehículos según su tipo (2 en la Figura 1).
- Submódulos que integran los componentes esenciales para la operación individual (3 en la Figura 1).

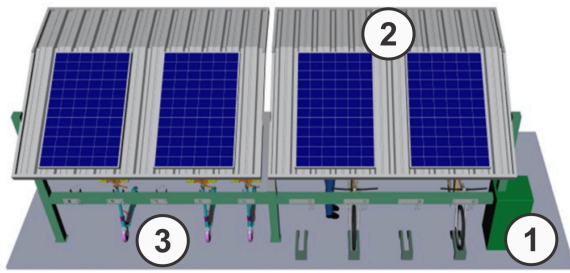


Figura 1 - Vista tridimensional de la estación de carga

Tabla 2 - Criterios y su aplicación en el diseño.

Criterio	Aplicación en el Diseño
Modularidad	Organización del sistema en niveles jerárquicos, lo que permite escalarlo y reorganizarlo.
Compatibilidad	Adaptación física a distintas geometrías. Conectores compatibles con los formatos más comunes (GX16-3P, DC Barrel, DC Jack).
Seguridad	Desarrollo de un sistema propio de cierre electromecánico integrado en cada submódulo, uno para bicicletas y otro para monopatines.
Facilidad de uso	Reducir al mínimo la intervención del usuario mediante un sistema de conexión y sujeción fácil de usar e intuitivo.
Mantenimiento accesible	Submódulos extraíbles e intercambiables, que permiten intervenir ante fallas sin afectar el funcionamiento del resto del sistema.
Resistencia a la intemperie	Estructura y componentes seleccionados para resistir exposición a la intemperie.
Aspecto estético	Diseño sobrio y funcional, con líneas limpias y proporciones equilibradas. Integración armónica con el entorno institucional.
Sostenibilidad	Incorporación de paneles solares para reducir la dependencia de la red eléctrica y fomentar el uso de energías renovables.

Diseño Estructural y Arquitectónico del Módulo

El módulo es la unidad estructural elemental de la estación, diseñada para optimizar el espacio y garantizar la robustez del sistema. Cada módulo tiene capacidad para alojar 4 bicicletas o 5 monopatines. Sus componentes constructivos principales son:

- **Piso:** Una platea de hormigón armado que proporciona una base estable y distribuye las cargas de manera uniforme sobre el terreno.
- **Columnas:** Dos columnas de perfil de acero de 120x120 mm y 2,1 mm de espesor, con 2.18 m de altura, empotradas en la base de hormigón para asegurar la máxima rigidez.
- **Techo:** Una cubierta de chapa trapezoidal con dos pendientes (25° y 7°), diseñada para soportar los paneles solares, proteger a los usuarios y vehículos de las inclemencias del tiempo, y optimizar la captación solar.

Se ha realizado un cálculo estructural completo mediante un análisis estático, verificando la resistencia de la estructura frente al peso

propio, la carga de los paneles solares y la acción del viento, de acuerdo con la exigente normativa CIRSOC 102, el estándar argentino para la acción del viento sobre construcciones, lo que asegura su integridad estructural incluso en las condiciones climáticas más adversas de la región.

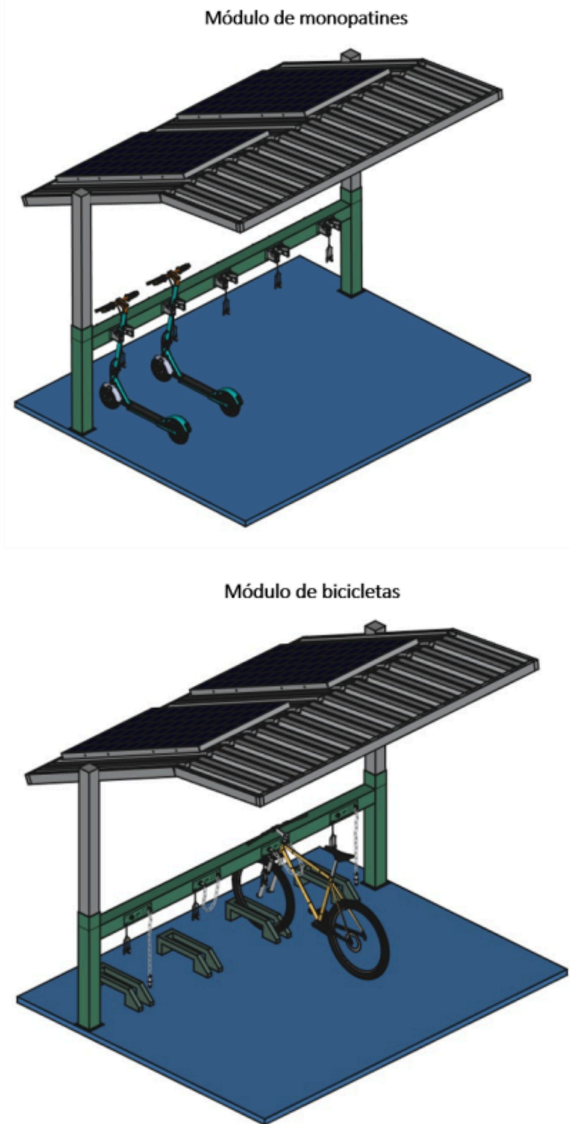


Figura 2 - Vista tridimensional de módulo de monopatines (izquierda) y módulo de bicicletas (derecha)

Diseño Funcional del Submódulo

Los submódulos son gabinetes (Figura 3) extraíbles e intercambiables que constituyen el núcleo funcional de la estación. Cada unidad está diseñada específicamente para monopatines o bicicletas e integra el sistema de carga y el mecanismo de seguridad.

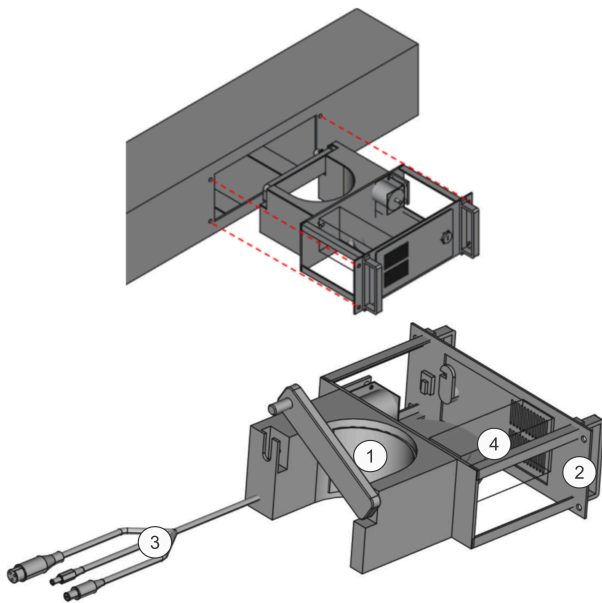


Figura 3 - Vista montaje de submódulo en el módulo estructural y submódulo de monopatines

- **Sistema de Carga:** Se propone un sistema de cable retráctil automático (Figura 3 - 3) para eliminar la necesidad de que el usuario porte su propio cargador. Este mecanismo integra, en un único ramal, los tres conectores compatibles identificados en el relevamiento (GX16-3P, DC Jack 5.5 mm, y DC Barrel 8 mm).
- **Sistema de Cierre de Seguridad:** Se desarrollan dos mecanismos electromecánicos, adaptados a la morfología específica de cada VEL, garantizando un nivel de seguridad superior a las soluciones comerciales estándar: En el caso de los monopatines se diseña un sistema de palanca manual (Figura 3 - 1) que, al ser accionada por el usuario, es bloqueada por un vástago de acero accionado por un solenoide (Figura 3-4), inmovilizando el vehículo de forma segura. Para las bicicletas se plantea un sistema compuesto por una cadena de acero y un perno de cierre. El usuario inserta el perno en el submódulo, donde es bloqueado por una horquilla accionada por solenoide, asegurando el cuadro de la bicicleta a la estructura.

Arquitectura del Sistema Eléctrico

La arquitectura eléctrica es un sistema híbrido que combina energía solar fotovoltaica con la red eléctrica para asegurar un suministro continuo y sostenible. El flujo de energía se centraliza en un Punto de Conexión Común (PCC) sobre un bus de corriente continua (DC), alimentado por los paneles solares (dos paneles de 305W por módulo) y/o la red eléctrica. Esta arquitectura de microrred DC es intrínsecamente más eficiente para un sistema que integra generación solar y almacenamiento en baterías ya que se minimizan las pérdidas por conversión, creando una plataforma de investigación ideal, tal como se establece en los objetivos académicos del proyecto. Desde el PCC, se provee: interacción con la red, permitiendo inyectar excedentes de energía solar o consumir electricidad cuando la generación propia es insuficiente; almacenamiento, donde un convertidor DC/DC bidireccional administra la carga y descarga de un banco de baterías para aumentar la autonomía del sistema y permitir operar durante cortes de energía; y alimentación a VELs, dado que el bus DC distribuye la energía a cada submódulo en donde un convertidor DC/DC individual adapta la tensión de manera precisa para la carga del vehículo garantizando una carga segura y eficiente.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Esta propuesta detalla el diseño de un sistema de estacionamiento y carga para Vehículos Eléctricos Ligeros (ESyC-VELs), una solución tecnológicamente avanzada y sostenible que responde a una necesidad logística dentro de la Facultad de Ingeniería. El proyecto no solo resuelve un problema de infraestructura, sino que también ofrece un alto valor académico y refuerza el posicionamiento de la institución como un centro de innovación.

El proyecto ESyC-VELs generará un impacto positivo y multifacético en la comunidad universitaria, destacando los siguientes beneficios:

- **Solución Integral y Segura:** El proyecto resuelve de manera definitiva el problema

de estacionamiento de VELs a través de un diseño modular, de alta compatibilidad (múltiples conectores y tensiones de carga) y con un nivel superior de seguridad gracias a sus cierres electromecánicos de diseño propio.

- **Identidad Institucional:** La implementación de esta infraestructura, única en la ciudad, posiciona a la FI-UNMDP como una institución comprometida con la innovación aplicada, la movilidad sostenible y el compromiso ambiental, fortaleciendo su imagen y atractivo institucional.
- **Plataforma de Investigación y Formación:** Se crea una microrred DC que potenciará la investigación aplicada, habilitará numerosos proyectos finales de grado y servirá como una herramienta práctica para la formación de las futuras generaciones de ingenieros.
- **Sostenibilidad Ambiental:** El proyecto fomenta activamente el uso de transporte limpio y reduce la dependencia de la red eléctrica mediante la integración inteligente de energía solar fotovoltaica, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Bibliografía

Sanguesa, J., Torres-Sanz, V., Garrido, P., Martínez, F. J., Marquez-Barja, J. M. (2021). A review on electric vehicles: Technologies and challenges. *Smart Cities*, 4, 372–404.

Alanazi, F. (2023). Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. *Applied Sciences*, 13, 6016–6039.

SOLUM, (s.f.). Estación de carga comercial. <http://solumpv.com/movilidad>

VéloGalaxie, (s.f.). Estación de carga comercial. <https://velogalaxie.com/es/produit/trotfix-elec-range-et-recharge-trottinettes-electriques>

jCharge, (s.f.). Estación de carga comercial. <http://jcharge.eu>

Bicitavis, (s.f.). Estación de carga comercial. <http://bicitavis.com>

Yup, (s.f.). Estación de carga comercial. <https://www.yupcharge.com/es/parkings-vmp/>

M4M, (s.f.). Estación de carga comercial. <https://more4motion.com/>

Bolt, (s.f.). Estaciones de carga comerciales. <https://bolt.eu/en/cities/charging-docks>

Toda, N., Cervellini, P., Wassinger, N., García Retegui, R., Funes, M. (2024). Relevamiento para el diseño de un sistema de estacionamiento y carga de vehículos eléctricos ligeros para la Facultad de Ingeniería de la UNMDP. *CLAGTEE 2024*.

Gasógenos para producción de energía mecánica

Martín Caldera¹ (*mcaldera@fi.mdp.edu.ar*), Pablo Quantin² (*pablo.quantin@gmail.com*), Federico Larrocca³, Juan Miguel Massone⁴ (*massonej@fi.mdp.edu.ar*)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

² UTN-Regional Concordia, Departamento de ingeniería Industrial

³ UTN-Regional Concordia, grupo GIAR

⁴ Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), CONICET - UNMDP, Mar del Plata, Argentina

Resumen

Actualmente, los restos del raleo y los despuntes de aserradero generados por la industria forestal en el norte argentino son residuos que no se utilizan o se queman, desaprovechando miles de toneladas de combustible renovable por año. Por otro lado, hay familias y cooperativas familiares que no tienen acceso a la energía (gas natural o eléctrica) ya sea por su ubicación geográfica o situación económica. Es por ello que el grupo TÉRMICAS, de la UNMDP, junto al grupo GIAR de la UTN regional Concordia, llevan adelante un Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social en conjunto. El objeto de este proyecto consiste en diseñar y construir un gasógeno, equipo capaz de generar gas combustible a partir de la combustión incompleta de la madera. Cabe destacar que el conocimiento adquirido en el diseño y la construcción del gasógeno podrá utilizarse para cualquier aplicación que demande un combustible gaseoso, y enriquecer el estado del arte en esta temática. Hasta el momento se ha construido un gasógeno, en el taller de mecánica de la Facultad de Ingeniería de UNMDP, y el mismo se ha probado con carbón vegetal, logrando un gas combustible en concentraciones dentro de los límites de inflamabilidad. Actualmente se están diseñando y construyendo los conductos y válvulas para usar el gas como combustible en un motor de 4 tiempos.

Palabras clave: gasificador; gasógeno; máquinas térmicas; gas de madera; inclusión social.

Introducción

El presente trabajo surge como una estrategia para abordar, desde el ámbito universitario, una nueva opción al uso de energías renovables y alternativas. Para ello se recurre a tecnologías que si bien se desarrollaron hace años, gracias

a los avances tecnológicos, hoy en día resultan mucho más accesibles y con mejor rendimiento.

En el marco de un PDTS vigente (“Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social”) se prevé diseñar y fabricar un gasógeno, a escala prototipo, en la Facultad de Ingeniería de la

despunte de aserradero generados por la industria forestal en el norte argentino, son residuos que no se utilizan o se queman, desaprovechando miles de toneladas de combustible renovable por año. El grupo GIAR de la UTN regional Concordia, estudia esta problemática con proyectos de investigación vigentes. Es por ello que ambos grupos de investigación de sendas instituciones trabajamos en conjunto en este proyecto de desarrollo social el cual apunta a donar el equipo resultante, junto a un generador eléctrico con motor de 4 tiempos, a una cooperativa de la provincia de Entre Ríos. Adicionalmente, en el marco del desarrollo de este proyecto, se realiza el proyecto final de grado del estudiante Franco Guerra, de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP.

Desarrollo

Los problemas relacionados con la escasez, cada vez más marcada, de combustibles fósiles así como su creciente costo a nivel mundial, además de la necesidad imperiosa de disminuir la emanación de gases contaminantes a la atmósfera, han impulsado al sector científico, a los fabricantes de motores y a los gobiernos a trabajar en pos de mejorar el rendimiento y funcionamiento de los motores modernos (Demirbas, 2009).

El funcionamiento de los motores alimentados con combustibles alternativos como es el caso del biodiesel, alcoholnafta, y actualmente en investigación hidrogeno verde y combustibles sintéticos (Romano, 2009) (Demirbas, 2000), (Agrawal, 2001 y 2007) representa un gran avance para combatir alguno de los aspectos enunciados anteriormente. Si bien no se constituyen en la solución definitiva como reemplazo a combustibles no renovables, dado que sus niveles de producción son inferiores, algunos permiten su utilización en zonas rurales donde pueden obtenerse a partir de la producción agrícola o residuos de la misma, como el caso del biodiesel, la alcoholnafta o gases producto de la combustión incompleta de materia orgánica. Con tal objetivo, en nuestro país se han creado cooperativas zonales que producen biocombustibles a baja escala. Por otro lado, la utilización de cortes biodiesel-gasoil

o nafta-alcoholnafta es una buena opción para disminuir el consumo de combustibles fósiles.

Considerando para las zonas rurales la utilización de un combustible renovable de muy bajo costo, se puede estudiar el uso de los gasificadores de madera o carbón vegetal. Los gasificadores han sido empleados, desde el comienzo de este siglo, para el funcionamiento de motores de combustión interna en diversas aplicaciones. La utilización alcanzó un máximo durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se emplearon en el mundo casi un millón de gasificadores, principalmente vehículos que funcionaban con combustibles sólidos, en vez de gasolina.



Figura 1 - Automóvil dotado de un gasificador en la parte posterior del mismo (1945).

En nuestro país, y relacionado a la problemática local, podemos observar que existe una enorme cantidad de biomasa derivada del raleo, la poda o la propia actividad agrícola que quedan en los campos o en los basurales de las grandes y medianas ciudades. Sobre todo en la zona de nuestra Mesopotamia, donde la industria maderera cobra gran magnitud industrial, los desechos quedan degradándose en los propios campos, incluso generando un problema para la propia actividad.

El objetivo general de este proyecto es diseñar y construir un gasógeno para alimentar un motor de combustión interna, el cual sirva para generar energía motriz en el campo o en cooperativas locales. Entre sus usos podemos citar: generación de energía eléctrica, bombeo de agua, o incluso fuerza motriz en tractores de pequeño porte.

Tipos de gasificadores más conocidos:

El tipo de gasificador más antiguo y sencillo es el de “tiro directo” o “gasificador ascendente” que se presenta esquemáticamente en la Figura 2 (lado izquierdo).

La toma de aire se encuentra en el fondo y los gases salen por arriba. Cerca de la parrilla, en el fondo, tienen lugar las reacciones de combustión, que van seguidas de reacciones de reducción algo más arriba, en el gasificador. En la parte alta del gasificador tiene lugar el calentamiento y pirólisis de la carga, como resultado de la transferencia de calor, por convección forzada y radiación, de las zonas inferiores. Los alquitranes y productos volátiles producidos durante este proceso son transportados por la corriente de gas. Se remueven las cenizas del fondo del gasificador.

Las principales ventajas de este tipo de gasificador consisten en su simplicidad, alta proporción de carbón vegetal quemado e intercambio interno de calor que motiva unas bajas temperaturas de salida del gas y alta eficiencia del equipo y también la posibilidad de funcionar con muchos tipos de carga (aserrín, cascaras de cereales, etc.).

Los principales inconvenientes están relacionados con la eliminación de líquidos condensados que contienen alquitranes, resultantes de las operaciones de depuración del gas. Esto último tiene poca importancia si el gas se emplea para aplicaciones directas del calor, en cuyo caso los alquitranes simplemente se queman.

Se ha encontrado una solución al problema del arrastre de alquitrán con la corriente de gas, diseñando “gasificadores de tiro invertido” o “corriente descendente”, en los cuales el aire de primera gasificación se introduce en la zona de oxidación del gasificador o por encima de ésta. El gas pobre sale por el fondo del aparato de modo que el combustible y el gas se mueven en la misma dirección, como se muestra esquemáticamente en la Figura 2 (lado derecho).

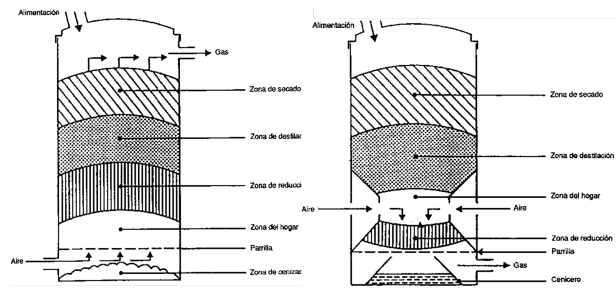


Figura 2 - Gasificador de corriente descendente o de tiro directo (izquierda) y tiro invertido (derecha). (FAO, 1993)

En su camino hacia abajo, los productos ácidos y alquitranes de la destilación procedentes del combustible deben pasar a través de un lecho incandescente de carbón vegetal y se transforman por ello en gases permanentes de hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono y metano.

Dependiendo de la temperatura de la zona incandescente y del tiempo de paso de los vapores con alquitrán, se logra una descomposición más o menos completa de los alquitranes.

La principal ventaja de los gasificadores de tipo invertido radica en la posibilidad de producir un gas sin alquitrán, apropiado para aplicarlo a motores.

Sin embargo, en la práctica es muy raro lograr un gas libre de alquitranes en todo el funcionamiento del equipo. Se considera normal un índice tres de relación entre los alquitranes existentes y los remanentes al final de la operación; se considera excelente un factor 5 a 6.

Debido al menor contenido de componentes orgánicos en el líquido condensado, los gasificadores de tiro invertido sufren menos objeciones ambientales que los gasificadores de tiro directo.

Estequiometría del gas de madera:

El monóxido de carbono como combustible ha sido utilizado desde hace muchos años, en un principio como gas de alumbrado en ciudades que no tenían acceso a combustibles derivados del petróleo. Como es el caso de la ciudad de

Paris en el siglo XIX, donde se disponía de grandes gasificadores alimentados a carbón, y cañerías que alimentaban las luminarias de las calles y algunas casas. Una modernidad para la época, recibiendo el apodo de “ciudad de la luz”.

El gas generado en gasógenos comerciales, del tipo invertido, generan una mezcla de gases cuya composición y poder calorífico puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1 - Composición del gas procedente de gasificadores comerciales de madera y carbón vegetal (FAO, 1993)

Componente	Gas de Madera (% vol.)	Gas de Carbón vegetal (% vol.)
Nitrógeno	50-54	55-66
Monóxido de carbono	17-22	28-32
Dióxido de carbono	9-15	1-3
Hidrógeno	12-20	4-10
Metano	2-3	0-2
Valor calorífico del gas KJ/m ³	5000-5900	4500-5600

Como combustible térmico el gas de Gasógeno tiene un poder calorífico de aproximadamente 6000 KJ/m³, muy inferior a los 37000 KJ/m³ del metano o 50000 KJ/m³ del propano y del butano. (FAO, 1993)

Objetivos a corto y mediano plazo:

Diseñar y construir un gasógeno, junto con las conexiones necesarias y los elementos de filtrado.

Alimentar el motor del banco de ensayos del LMT con gas de gasógeno.

Obtener las curvas de performance (Par y Potencia) del motor funcionando a Nafta y posteriormente funcionando a gas de madera. De esta manera se evaluará la merma en las curvas de performance al cambiar el combustible utilizado.

Mejorar y adecuar el diseño del gasógeno, y de los conductos necesarios, para alimentar el generador eléctrico. De esta manera se tendrá un sistema dual (Nafta-gas de gasógeno) de fácil operación.

Metodología experimental:

El prototipo construido se realizó en los talleres del departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP, en particular el Laboratorio de Máquinas Térmicas (LMT) y el Taller de Mecanizado.

La medición de los gases obtenidos por el gasógeno se realizó con un medidor de 5 gases perteneciente al LMT, marca RAG, modelo GasCheck.

Los ensayos de performance se realizarán en el banco de ensayo de motores del LMT, sobre un motor Sikawa de 200 cc de cilindrada y 6,5 Hp de potencia máxima a 3000RPM. La adquisición de datos mediante un software SAENZ Dynos.

Resultados obtenidos:

Hasta el momento de la presentación del presente trabajo se ha diseñado y construido un gasógeno del tipo “tiro directo”, el mismo posee una tobera de entrada con dos orificios de 7 mm de diámetro. Se han anexado a la salida del gasificador un filtro ciclónico, (para extraer hollín), un dissipador de calor (para condensar vapores y bajar la temperatura del gas) y un ventilador de 7600 litros/minuto y 12 voltios, el cual produce el ingreso de aire al gasificador, por vacío.

La Figura 3 muestra un esquema del equipo diseñado y la Figura 4 una fotografía del mismo.

Las primeras pruebas de funcionamiento se realizaron con una carga de aproximadamente 20 litros de una mezcla de carbón y carbonilla. Luego del encendido, y tras un intervalo de aproximadamente 20 minutos de entrada en régimen se midió el gas de descarga, el cual contenía un porcentaje de aproximadamente 20% de CO. Valor aproximado al reportado en la Tabla 1 antecedente.

En dicho instante se procedió a encender el gas generado, el cual comenzó a quemarse

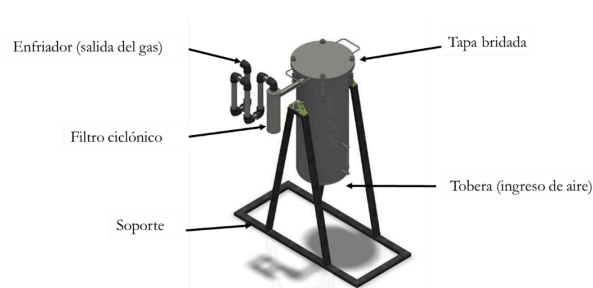


Figura 3 - Esquema del Gasificador fabricado en los talleres de la Facultad de Ingeniería.



Figura 4 - Fotografía del Gasificador fabricado en los talleres de la Facultad de Ingeniería.

Conclusiones

Se conformó un grupo de trabajo interdisciplinario, en la temática de interés, con impacto técnico y social.

Se abordó un tema técnico que justifica el desarrollo del proyecto final de grado de un estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica

Se diseñó y construyó un primer prototipo, de un gasificador de tecnología sencilla, alimentado con carbón vegetal, el cual dio los primeros resultados de funcionamiento generando gas de madera dentro de los límites de inflamabilidad.

Se proyectaron las mejoras necesarias para reducir el contenido de partículas sólidas, vapor de agua, temperatura del gas y alquitranes.

Se continúa con el diseño de los sistemas accesorios del equipo y mediciones de curvas características de un motor de 4 tiempos (del LMT) funcionando a nafta vs gas de madera.

Tareas Futuras

- Alimentar con el gas de gasógeno un motor pequeño de combustión interna.
- Relevar las curvas de potencia y par en banco de prueba (alimentado a nafta vs gas)
- Calcular el rendimiento del motor alimentado con el gas de gasógeno.
- Determinar el consumo de gas por hora de funcionamiento de motor para estimar, de esta manera, la masa de madera necesaria para su funcionamiento.
- Luego de determinadas horas de servicio, desarmar el motor y verificar sanidad interna de cilindro y demás componentes móviles

Agradecimientos

A la UNMDP por financiar el proyecto.

A la UTN-Regional Concordia por generar el vínculo entre los especialistas y los beneficiarios.

A los técnicos Marcos Di Geronimo Y Ernesto Moraña de la UNMDP.

Bibliografía

- Demirbas, A. (2009). Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review. *Applied Energy*, 86, 108–117.
- Romano, , Gonzáles Suárez, (2009). *Biocombustibles Líquidos en Iberoamérica*. Ediciones Cooperativas.
- Demirbas, A. (2000). Conversion of biomass using glycerin to liquid fuel for blending gasoline as alternative engine fuel. *Energy Conversion and Management*, 41, 1741–1748.
- Agrawal, , Das, (2001). Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines. *Transactions of the ASME*, 123, 440–447.
- Agarwal, (2007). Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33, 233–271.

Implementación en FPGA de un algoritmo de llenado para navegación autónoma en laberintos

Demián Mozo¹ (dmozo@alumnos.fi.mdp.edu.ar), Ian P. Larrieu Lacoste¹ (ianlarrieu@alumnos.fi.mdp.edu.ar)

¹ Departamento de Electrónica y Computación, Facultad de Ingeniería - UNMDP Mar del Plata, 7600, Argentina

Resumen

En este trabajo se presenta la implementación de un sistema de control digital sobre Field-Programmable Gate Array (FPGA) para un robot autónomo capaz de detectar obstáculos, ajustar su trayectoria y resolver un laberinto desconocido. El objetivo principal es explorar la ventaja del procesamiento en paralelo en FPGA frente a las soluciones convencionales basadas en microcontroladores. Se diseñó un modelo en VHDL en el que cada celda del laberinto fue implementada como una unidad lógica capaz de intercambiar información con sus vecinas, y propagar la información de los obstáculos detectados. La navegación se basó en un algoritmo de llenado (flood fill), que permite actualizar el mapa del entorno y encontrar el camino más corto hacia la salida. El dispositivo fue testeado en un entorno físico compuesto por un laberinto de 4x4 celdas con paredes rebatibles y sensores infrarrojos de bajo costo, integrados al control mediante una FPGA DE0-Nano. Los resultados demostraron que la arquitectura implementada aprovecha la paralelización que ofrece el hardware configurable, para lograr un comportamiento eficiente en tiempo real. En conclusión, la propuesta constituye una solución eficiente y escalable para problemas de navegación autónoma, con potencial aplicación en escenarios de mayor complejidad, tales como la automatización logística o la inspección en ambientes industriales peligrosos.

Palabras clave: FPGA; VHDL; Robot; Maze-solver; Flood-fill..

Introducción

La resolución de laberintos es un problema clásico en robótica y teoría de grafos, que consiste en encontrar una ruta eficiente desde una posición inicial hasta un destino dentro de un entorno complejo. El robot debe evitar obstáculos y seleccionar una trayectoria óptima según criterios como distancia o tiempo. En escenarios dinámicos, también debe adaptarse

en tiempo real ante cambios en el entorno. Este problema es relevante en aplicaciones como navegación autónoma y logística en almacenes. Muchos algoritmos de navegación se desarrollan sobre microcontroladores o microprocesadores. Un ejemplo común son las placas Arduino basadas en microcontroladores de la familia ATmega, utilizadas en investigaciones previas (Elshamarka, 2012;

básico (FFA) y una versión modificada (MFFA) — junto con sensores ultrasónicos para navegación autónoma en entornos desconocidos.

La implementación de estos algoritmos en hardware, particularmente en FPGAs, permitiría una ejecución más rápida y eficiente, especialmente en aquellos casos donde puede aprovecharse su naturaleza concurrente. A pesar de las ventajas que ofrecen las soluciones basadas en lógica reconfigurable —como el paralelismo, la alta velocidad y la eficiencia energética—, hasta donde alcanza nuestro conocimiento no se han reportado implementaciones de este tipo. Esto puede atribuirse a los desafíos que implica el diseño de arquitecturas distribuidas y el uso de lenguajes de descripción de hardware.

En este proyecto se diseña e implementa el algoritmo de llenado (flood-fill) mediante una arquitectura completamente paralela sobre FPGA, en la que el laberinto es modelado como una matriz de celdas interconectadas. Esta propuesta permite resolver el laberinto en tiempo real, y a la vez explora las ventajas del procesamiento distribuido aplicado a sistemas embebidos de navegación.

Algoritmo de llenado

El algoritmo de llenado utilizado se basa en una estrategia exploratoria, en la que el robot parte del supuesto de un entorno libre de obstáculos. A medida que avanza, actualiza dinámicamente un mapa interno, asignando a cada celda un valor que representa la distancia al objetivo y marcando como inaccesibles aquellas celdas adyacentes a los muros detectados por sus sensores. Esta información se emplea para recalcular rutas óptimas, permitiendo que el robot se adapte progresivamente al entorno real y construya su propio mapa del laberinto (Nadour, 2022).

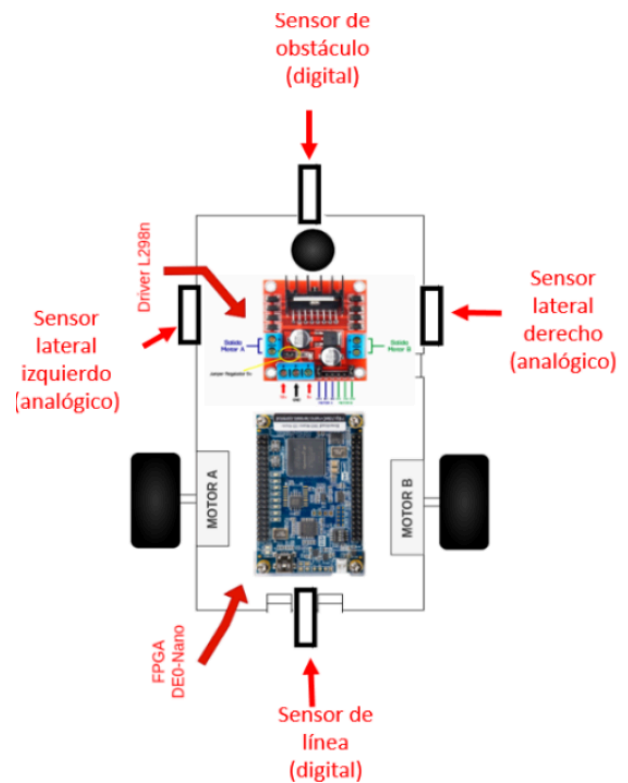


Figura 1 - Esquema funcional del robot implementado.

Desarrollo

Robot

El robot (ver Fig. 1) incorpora dos motores de corriente continua controlados por un driver L298N (STMicroelectronics, 2000). Además, dispone de un sensor frontal digital, un sensor digital para detección de línea y dos sensores laterales infrarrojos analógicos.

El control y procesamiento de los datos de los sensores, así como el accionamiento de los motores, se gestionan en una placa de desarrollo DE0-Nano Field Programmable Gate Array (FPGA) de Altera (Altera, 2011). En esta FPGA se implementa el algoritmo de navegación, el cual regula los movimientos del robot en función de las lecturas de los sensores. Los sensores infrarrojos laterales están conectados a dos canales de un conversor analógico-digital (ADC) integrado en la placa de desarrollo. Este ADC es gestionado por la FPGA para recibir en tiempo real la información de distancia de los laterales del robot, lo que permite un desplazamiento recto y estable.

Laberinto

El laberinto (ver Fig. 2) está construido en madera, con columnas impresas en 3D, y diseñado con cuadrículas delimitadas por líneas negras detectables por el robot. Además, cada cuadrícula está configurada para permitir la incorporación de muros, lo que posibilita ajustar y variar la complejidad del laberinto para diferentes escenarios de navegación.



Figura 2 - Laberinto implementado con paredes rebatibles.

Control del Robot

El algoritmo de llenado fue implementado en una FPGA con el objetivo de resolver un laberinto de 4x4. Para modelar el entorno, se diseñó una arquitectura modular basada en celdas, donde cada celda representa una posición del laberinto.

Cada celda fue implementada como una unidad funcional en VHDL (ver Fig. 3), con capacidad para interactuar con sus celdas vecinas. Cada bloque de celda recibe como entradas:

- La información sobre muros en las cuatro direcciones (N, S, E, O).
- Los valores de peso (distancia estimada al objetivo) provenientes de las celdas adyacentes.

Con esta información, la celda calcula su propio peso siguiendo una lógica simple: adopta el menor peso de sus vecinos accesibles (es decir, aquellos sin muro en común) y le suma una

unidad. Luego, transmite su peso actualizado y su configuración de muros hacia las celdas vecinas, propagando la información a lo largo de toda la red.

Al interconectar las 16 celdas en una matriz, se forma un laberinto completo en el que cada celda actúa localmente, pero contribuye al comportamiento global del sistema. Esta estructura distribuida permite que el algoritmo sea altamente paralelizable y se ejecute eficientemente en hardware.

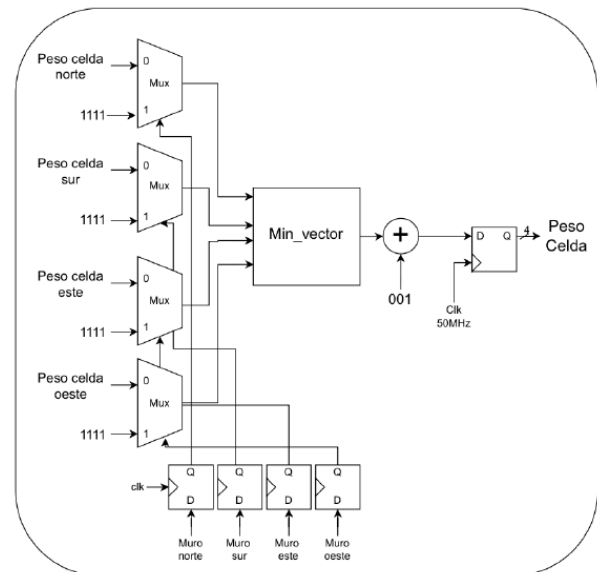


Figura 3 - Esquemático combinacional de una celda.

Durante la exploración física del entorno, el robot actualiza dinámicamente la información de muros en las celdas correspondientes, lo que fuerza una nueva propagación de pesos. De esta forma, el sistema converge progresivamente hacia una representación real del laberinto, y el robot puede decidir su próximo movimiento basándose en los pesos más bajos disponibles en las celdas accesibles.

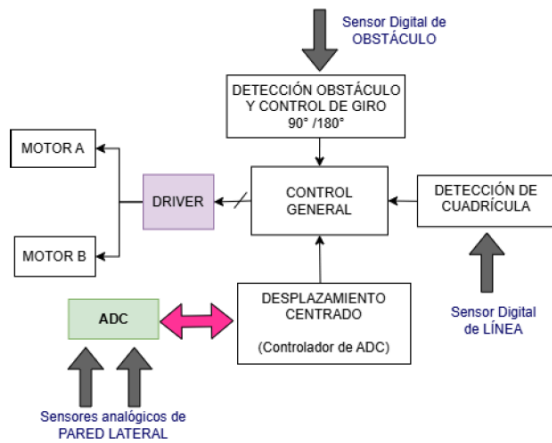


Figura 4 - Esquema del control implementado.

Una vez propagados los pesos, el robot evalúa las celdas adyacentes y selecciona aquella con el menor peso, siempre que no haya un muro que impida el paso. Tras avanzar a una nueva celda, actualiza la información local detectando la presencia de muros mediante el sensor frontal. Estos datos se almacenan en la celda correspondiente del laberinto y se comparten con las demás a través de las interconexiones. Si se detectan cambios en la topología, se desencadena una nueva propagación.

El sistema de movimiento permite giros de $\pm 90^\circ$ o 180° según sea necesario para alinearse con la celda elegida. Esta lógica le permite adaptarse de forma eficiente a las condiciones reales del entorno.

Cuando el robot alcanza la celda objetivo, se detiene y queda a la espera de nuevas instrucciones. El sistema incorpora un mecanismo de reinicio parcial mediante un pulsador externo: al activarse, se reinicia únicamente la posición actual del robot, conservando la memoria de los muros previamente detectados. Así, en ejecuciones sucesivas, el robot navega hacia el objetivo sin necesidad de volver a explorar.

La Fig. 4 muestra un esquema del control implementado en la FPGA, destacando las funcionalidades necesarias para el desplazamiento: detección de obstáculos y giro, desplazamiento centrado, control de motores y conteo de celdas atravesadas.

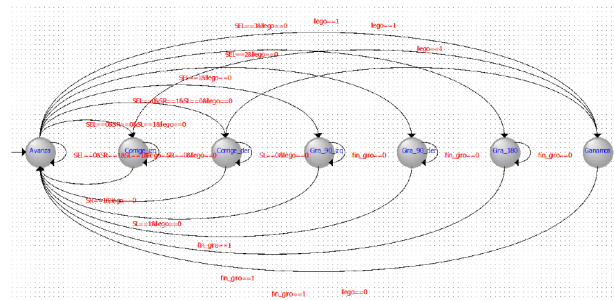


Figura 5 - Diagrama de estados del control de motores.

Funciones del sistema de control

- Desplazamiento centrado y control de motores: se implementa mediante una máquina de estados que comanda los motores en tiempo real (ver Fig. 5). Por ejemplo, el robot avanza en línea recta utilizando los sensores laterales. Si el valor entregado por los sensores (entradas al ADC) es menor a un umbral, se ajusta la dirección para alejarse de la pared. Por otro lado, si el control general determina que debe realizar un giro para cambiar de casilla, este bloque ejecuta la acción.
- Detección de obstáculos y giro: el robot emplea el sensor frontal para detectar muros. Si un muro es detectado, el sistema acciona los motores y ejecuta giros de 90° o 180° .
- Detección de cuadrícula: mediante un sensor de línea, se detecta el cruce entre celdas. Esta señal actualiza la posición actual del robot.
- Control general y lógica de decisión: este módulo selecciona la estrategia de navegación y decide el próximo movimiento en función de la información disponible.

La implementación completa de este trabajo, incluyendo el diseño en VHDL y la documentación correspondiente, se encuentra disponible en GitHub (Mozo, 2024).

Conclusiones y trabajo futuro

una respuesta en tiempo real, aspecto clave para la navegación en el laberinto. A futuro, se evaluará la escalabilidad del sistema para entornos más complejos y aplicaciones industriales, tales como la automatización en almacenes o la inspección en ambientes peligrosos, lo que requerirá pruebas adicionales en condiciones reales.

Asimismo, la FPGA ofrece una ventaja significativa al posibilitar la ejecución paralela de tareas como la detección de muros, la actualización del mapa y el control de motores. De este modo, se evitan las interferencias y retrasos típicos de microprocesadores secuenciales, los cuales pueden bloquear tareas y provocar pérdidas de información durante la navegación.

Bibliografía

- Elshamarka, I., Saman, A. B. S. (2012). Design and implementation of a robot for maze-solving using flood-fill algorithm. *International Journal of Computer Applications*, 56(5), 8–13.
- Tjiharjadi, S. (2019). Design and implementation of flood fill and pledge algorithm for maze robot. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 8(4), 632–638.
- Nadour, M., Cherroun, L. (2022). Using flood-fill algorithms for an autonomous mobile robot maze navigation. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13(1), 546–555.
- STMicroelectronics, (2000). L298N Dual Full Bridge Driver – Datasheet. <https://www.handsontec.com/dataspecs/L298N%20Motor%20Driver.pdf>
- Terasic Inc., (2016). DE0-Nano User Manual. <https://www.terasic.com.tw/cgi-bin/page/archive.pl?Language=English&CategoryNo=139&No=593>
- Mozo, D. N. (2024). Proyecto Escape de Laberinto – Robot Autónomo en FPGA. https://github.com/demianmozo/proyecto_labirinto



E-PÓSTERS

“Abordaje holístico en la producción de palta Hass en el cinturón frutihortícola de Mar del Plata: Herramientas cuantitativas e inteligencia artificial como solución a los desafíos del sector productivo regional con potencial de mercado internacional”

PEREZ Carolina; GOYENECHÉ Rosario; ALVAREZ Victoria y PONCE Alejandra

Grupo de Investigación en Ingeniería en Alimentos (GIIA), Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Ambiente (INCITAA), FI -UNMdP-CONICET

TECNOLOGÍA E
INNOVACION

CALIDAD
NUTRICIONAL

PROYECCION
INTERNACIONAL

Sensor manual + Inteligencia Artificial



Madurez y cosecha óptima de forma rápida y no destructiva

Biomarcadores y análisis avanzados



Valor diferencial

Promoción como superalimento argentino con identidad regional



RESULTADOS ESPERADOS

- Mayor competitividad
- Sustentabilidad regional
- Empleo local
- Superalimento argentino

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

GIIA - INCITA- UNMdP / ICYTE - FI - UNMdP / LIHMAS - CIDCA - UNLP / ITAPROQ - FCEyN - UBA

SECTOR PUBLICO Municipalidad de General Pueyrredón - Dirección general de Asuntos Agrarios

SECTOR PRIVADO PROYECTO AGRARIO S.A.



De Mar del Plata al mundo: Una Palta con identidad propia

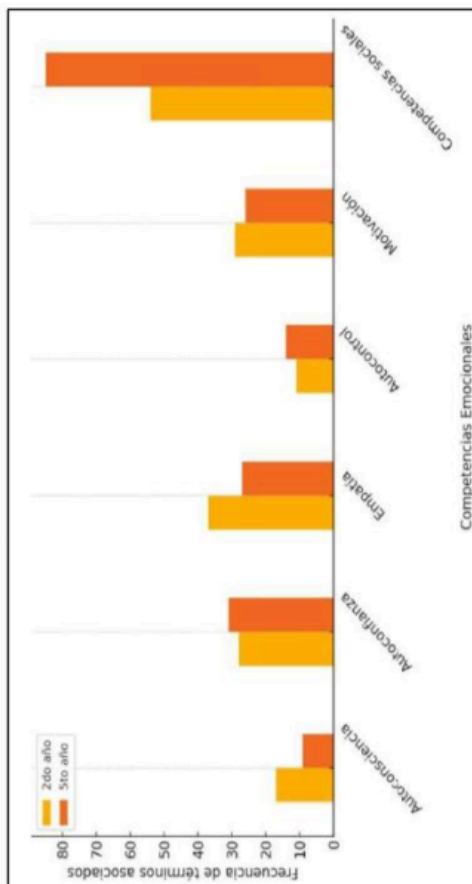


Competencias emocionales en estudiantes de Ingeniería Industrial. De la universidad al trabajo.

María Victoria D'Onofrio y Antonio Morcela

Departamento de Ingeniería Industrial – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Mar del Plata

OBJETIVO: Explorar la evolución de las competencias emocionales en estudiantes de Ingeniería Industrial.



DESARROLLO:

Análisis de 130 relatos autobiográficos de estudiantes de 2° (n=60) y 5° (n=70).

Estudio **exploratorio-comparativo**.

Identificación de palabras clave asociadas a las **seis competencias emocionales** clasificadas por Daniel Goleman.

CONCLUSIONES: La trayectoria universitaria **transforma el perfil emocional** del estudiante. Se pasa de una emocionalidad **relacional y aspiracional** (en 2° año) a una más **autorregulada y pragmática** (en 5° año).

Valorización de residuos pesqueros (Fase I): ajuste del proceso de extracción y caracterización de gelatina de pescado para aplicación potencial en envases biodegradables



Rondal, Jonathan^{a,c}; Seoane, Irene^b; Cyras, Viviana^b; Agustinelli, Silvina^{a,c}; Czerner, Marina^{a,c}

^a GIPCAL, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Ambiente (INCTIAA), Fac. de Ingeniería-Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

^b Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), CONICET-UNMDP, Mar del Plata, Argentina.

^c CONICET- CCT Mar del Plata, Argentina.

Introducción

La industria pesquera argentina genera anualmente más de 800 mil toneladas de residuos (45% del volumen), destinados principalmente a harina. Sin embargo, su piel (~50% colágeno) posee un enorme potencial para extraer gelatina, útil en películas biodegradables. Este trabajo evaluará la aptitud de estos residuos, optimizará su extracción y caracterizará las propiedades de películas de gelatina para envasado.

Metodología



Para pieles, pretratamiento alcalino (NaOH 0.1 M, 1:5 p/v, 6 h, 4°C), lavado, extracción térmica en agua destilada (1:10 p/v, pH 6, 80-90°C, 3 h), filtración, concentración a 80°C, alicuotado y liofilización.

Resultados

La gelatina de piel de merluza mostró alta calidad, con 24.8% de proteína y tiempo de gelificación de 7 h. El análisis FTIR confirmó su estructura colagénica, evidenciando las bandas amida características. Aunque se detectó una ligera desnaturalización, se conserva la triple hélice.

Tabla 3. Análisis comparativo FTIR de colágeno: estándar vs producto seco de pieles

Amidas	Referencias*	Producto seco (gelatina) cm ⁻¹	Estándar
III	1220	1350	1237.16
II	1540	1560	1531.10
I	1625	1690	1638.41
B	2922	2940	2941.45
A	3400	3440	3255.38
			3270.71

Conclusión

Las pieles de merluza fueron seleccionadas como materia prima óptima por su mayor pureza proteica y capacidad gelificante frente a las cabezas. El FTIR confirmó estructura colagénica en la gelatina. El material resultante es viable para laminados con PLA, ofreciendo una solución sostenible basada en economía circular.

Bibliografía

- Denech, S., K. Kuzma, Y. A. Bagdasaryan, A. V. Adamek, D. S. & Wronko, N. G. (2018). Tailoring Collagen Structure and Physical Properties with Chemical Crosslinking. *Journal of Applied Polymer Science*, 141, 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>
- Quintero, J. & López, L. E. (2017). Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Agua de Subproductos del Tapa de Salmón (Oncorhynchus mykiss) y su Caracterización. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>
- Rodríguez, M. & Rodríguez, M. (2017). Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Agua de Subproductos del Tapa de Salmón (Oncorhynchus mykiss) y su Caracterización. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>
- *Journal of Applied Polymer Science*, 141, 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>
- *Journal of Applied Polymer Science*, 141, 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>
- *Journal of Applied Polymer Science*, 141, 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>
- *Journal of Applied Polymer Science*, 141, 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>
- *Journal of Applied Polymer Science*, 141, 1-10. <https://doi.org/10.1002/polb.24500>

Contacto

Jonathan D. Rondal S.
rondal@fimmdp.edu.ar
2233121221
Becario Doctoral-CONICET
Grupo de Investigación Preservación y Calidad de Alimentos
Fac. de Ingeniería-Universidad Nacional de Mar del Plata,
Argentina

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL BANCO PARA EL BANCO DE ALIMENTOS MAR DEL PLATA

Criterios	C1: N° de Instituciones	C2: Cobertura	C3: Apertura de las instituciones	C4: Tipo de institución	C5: Servicio
Características	0	Más de 300 personas	Todos los días (7 días a la semana)	Comedores autónomos	Comedor - merendero
	Entre 1 y 2	Entre 201 y 300 personas	De lunes a viernes (5 días a la semana)	Centro comunitario y comedores	Comedor
	Entre 3 y 4	Entre 101 y 200 personas	3 días a la semana	Hogares	Merendero
	Entre 5 y 7	Entre 50 y 100 personas	2 días a la semana	Iglesias	Entrega de mercadería
	Más de 7	Menos de 50 personas	1 vez por semana	Casa de entrega	0

Tabla 2: Escalas de valoración para cada criterio.
Fuente: Elaboración propia

Alternativas	Criterios					D+
	C1	C2	C3	C4	C5	
A10	0,055	0,411	0,369	0,035	0,130	0,666
A5	3	4	2	5	3	0,618
A2	5	5	2	5	4	0,607

Tabla 3: Matriz de decisión ordenada por resultados del ranking
Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones:
Se logró profesionalizar tareas del Banco de Alimentos. Se desarrollaron dos herramientas clave: una para seleccionar objetivamente a las instituciones beneficiarias y un manual de funciones para estandarizar puestos y evitar duplicación de tareas. La Metodología de Sistemas Blandos fue efectiva para estructurar y resolver los problemas

Bibliografía:

- Alles, M. (2006). Dirección estratégica de recursos humanos Gestión por competencias.
- Méndez M., Álamo A.L., Frutos M., & Aguasca R. (2014): Fundamentos de Ayuda Multicriterio a la Decisión.
- Kusumaningrum, D. E., Sumarsono, R. B., & Gunawan, I. (2020). Professional ethics and teacher performance: measuring teacher empowerment using a soft systems methodological approach.

Contacto:
aesteban@fi.mdp.edu.ar
mflorenciabasualdo@gmail.com
cnzarate@fi.mdp.edu.ar
bberardi@fi.mdp.edu.ar

Sector: Legitimación: 5/17/2004

Puesto: Auxiliar de depósito
Dependencia: Responsable de logística
Supervisión: Colaboración en la supervisión de voluntarios
Dedicación: 20 horas semanales, 4 horas diarias

Objetivo del Puesto: Colaborar en la organización, almacenamiento y distribución de productos en el depósito, asegurando el cumplimiento de normas de higiene y seguridad, y apoyando en el armado de pedidos para los usuarios del depósito.

Tareas y responsabilidades:

- El puesto implica responsabilidades en los siguientes puntos:
 - *Preparación de pedidos: Asistencia al responsable del área Depósito en el codéo, almacenamiento y armado de empaques a las instrucciones receptoras según las instrucciones de los datos.
 - *Almacenamiento: Almacenamiento de productos recibidos por donaciones y compras, siguiendo las normas y procedimientos del banco de alimentos, tras su control y clasificación.
 - *Control: Control y registro de aparición de mercancías vendidas y gestión de descuentos.
 - *Seguridad e higiene: Mantenimiento de la limpieza en las instalaciones del depósito y generación del correcto uso de los elementos de seguridad e higiene correspondientes al puesto.

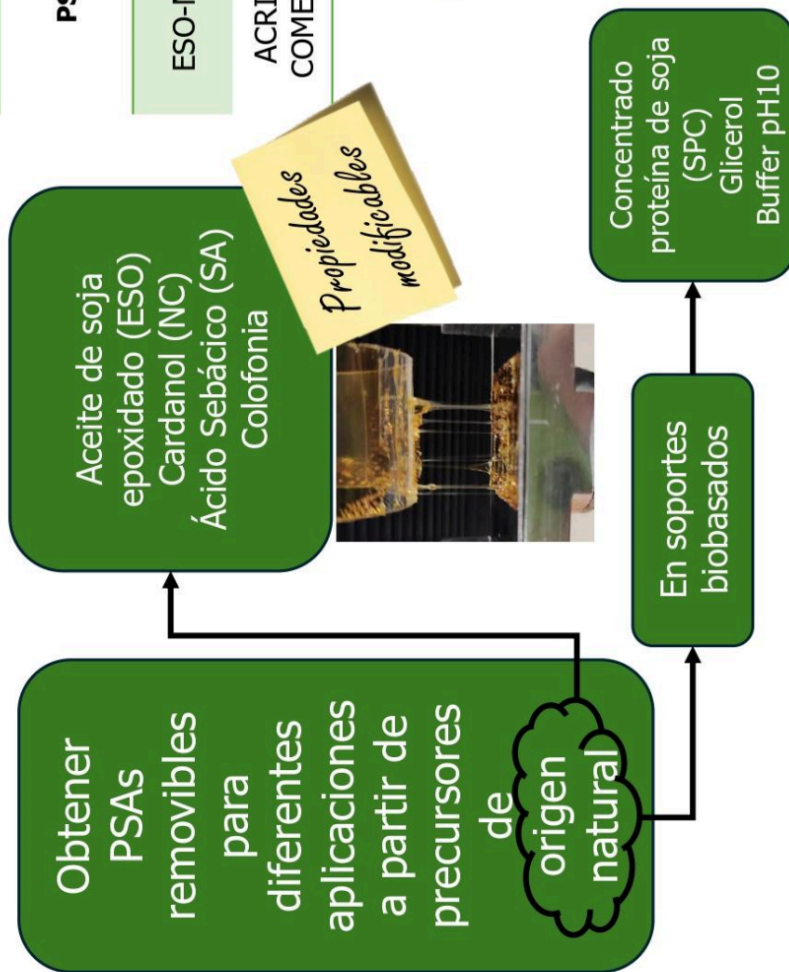
Competencias Requeridas:

Competencias Requeridas	Competencias Requeridas
Buenos conocimientos del puesto	Interacción con el cliente
Buenos conocimientos de los procesos de trabajo	Trabajo en equipo
Buenos conocimientos de los procedimientos de trabajo	Trabajo en equipo
Buenos conocimientos de los procedimientos de trabajo	Trabajo en equipo

Figura 2: Descripción de puesto – Auxiliar de Depósito.
Fuente: Elaboración propia

Diseño y caracterización de adhesivos sensibles a la presión (PSAs) biobasados

Teper Marinelli, Lautaro; Ruseckaite, Roxana; Ciannamea, Emiliano
 Materiales Sostenibles - Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA)
 Contacto: lgteper@fi.mdp.edu.ar emiliano@fi.mdp.edu.ar



PSA	Fuerza de despegue (N/cm)	Adhesividad instantánea (N/cm ²)	Resistencia al corte (min)
ESO-NC-SA	4.02 ± 0.46	2.36 ± 0.65	427 ± 1
ACRILICO COMERCIAL	1.83 ± 0.17	0.12 ± 0.02	> 99 h



Degradación en suelos en 30 días



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

I N T E M A

GESE

Grupo de Estudio en
Sistemas Energéticos
Dto. de Ingeniería Eléctrica
FI-UNMdP

Optimización en el Diseño de Transformadores de Distribución

Segundo Flamini Marczuk, Octavio Sainz, Justo J. Roberts*, Gustavo Belliski

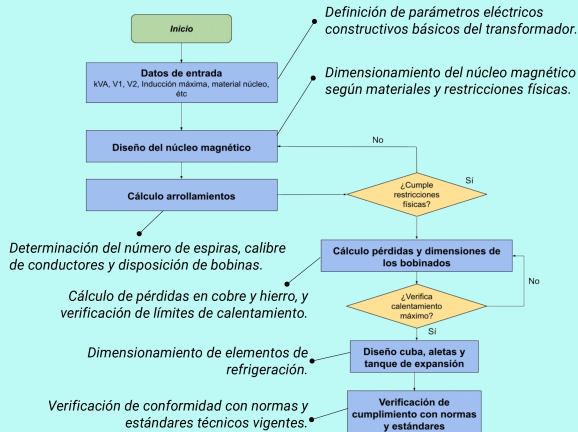
*jjroberts@fi.mdp.edu.ar



Resumen

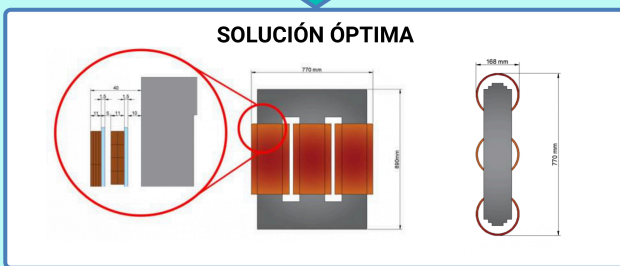
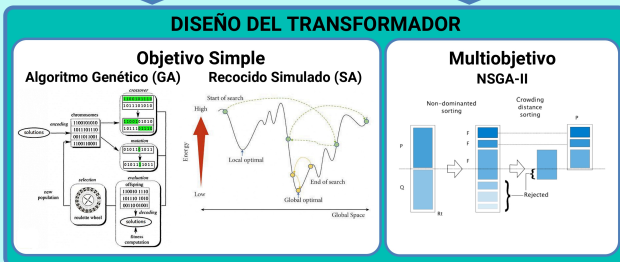
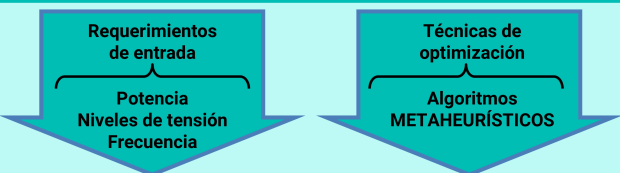
El presente trabajo tiene como objetivo optimizar el diseño de transformadores de distribución trifásicos mediante la aplicación de técnicas metaheurísticas. A partir de un modelo de transformador típico, se formuló el problema a través de una función objetivo compuesta por dos términos principales: las pérdidas eléctricas y el costo de los materiales. Se definieron las variables de diseño, las restricciones técnicas y los rangos admisibles conforme a las normativas vigentes. Se implementaron y analizaron tres algoritmos de optimización: Algoritmo Genético (GA), Algoritmo de Recocido Simulado (SA) y el Algoritmo Multiobjetivo NSGA-II.

Proceso Convencional de Diseño

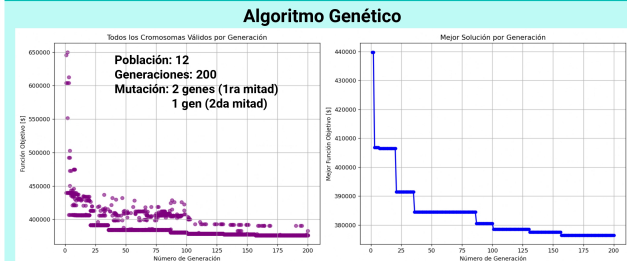


El método convencional es eficaz para encontrar un diseño que cumpla las normas, pero no busca la solución óptima.

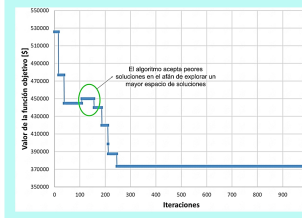
Metodología Propuesta



Resultados



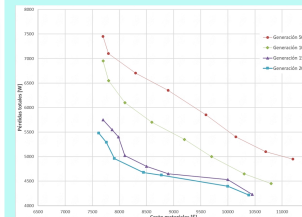
Evolución de la función objetivo por generación: población total (izquierda) y mejor solución (derecha)



Recocido Simulado

Evolución del valor de la función objetivo en función de las iteraciones.

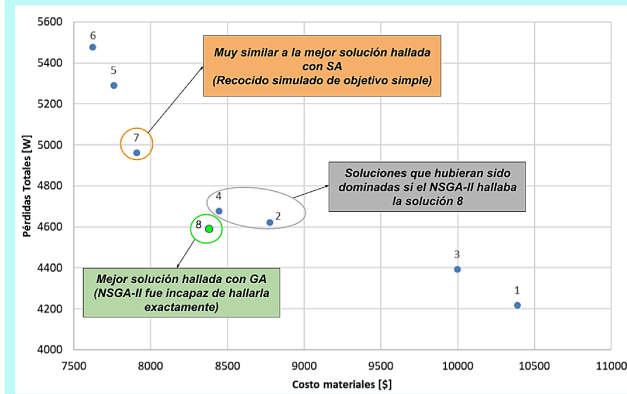
Tasa de enfriamiento: 0,99
Cantidad de iteraciones: 1000



NSGA-II

Evolución del frente de Pareto en función del número de generaciones

Población: 12
Generaciones: 200
Mutación: 2 genes (1ra mitad)
1 gen (2da mitad)



Conclusiones

Se logró resolver el diseño de transformadores como un problema de optimización multiobjetivo, considerando simultáneamente criterios económicos y energéticos. Se obtuvieron alternativas de diseño técnicamente viables y más eficientes respecto al diseño convencional. Logrando reducción de 21% en las pérdidas totales y 12% en el costo de materiales, con respecto a dicho método.



E-PÓSTERS DE ESTUDIANTES

Carrera Digital – Desafío de Conocimiento Técnico Digital



Pose, M., Nicoletti, A., Pais, T., Altuna, I., Villalba, M., Díaz, A., Valotto, F., Peretta, A., García, N.
 Depto. de Electrónica y Computación, Facultad de Ingeniería - UNMDP. Mar del Plata, Argentina. 2025

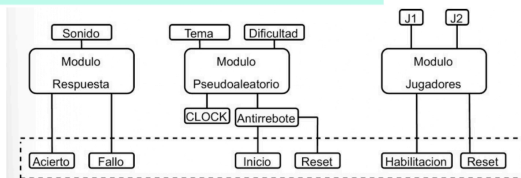
Resumen

Carrera Digital es un juego interactivo de preguntas técnicas entre dos participantes y un juez, inspirado en "Carrera de Mente" y adaptado a sistemas digitales. Incluye módulos para detectar a jugador más rápido, seleccionar temáticas y niveles, y emitir señales según la respuesta. El sistema fue diseñado, simulado, probado en protoboard, implementado en PCB y cuenta con una carcasa diseñada en 3D.

Introducción

Carrera Digital es un sistema interactivo desarrollado como proyecto integrador de la asignatura Técnicas y Dispositivos Digitales 1, de 3er año de la carrera de Ing. Electrónica de FIUNMDP. Propone una competencia técnica entre dos jugadores, simulando un entorno lúdico donde se repasan y aplican conceptos básicos de electrónica digital. Este trabajo representa el primer acercamiento de los estudiantes al diseño de circuitos combinacionales y secuenciales con componentes discretos, sin recurrir a microcontroladores. Los primeros juegos electrónicos, anteriores a la popularización de los microprocesadores, se construían completamente con circuitos digitales discretos. Ejemplos emblemáticos como Arcade [1] que empleaban puertas lógicas, flip-flops y contadores para implementar reglas de juego, generar aleatoriedad y detectar secuencias, sin necesidad de software, representar los inicios de los videojuegos [2]. Estas implementaciones clásicas demostraron la versatilidad de la lógica digital para diseñar sistemas interactivos simples y robustos. Inspirándose en esta tradición, la presente propuesta desarrolla un sistema interactivo basado en lógica digital combinacional y secuencial distribuida en módulos independientes, sin uso de microcontroladores. La dinámica del juego, inspirada en Carrera de Mente, combina velocidad de respuesta, selección aleatoria de categorías técnicas y niveles de dificultad, junto con indicadores visuales y sonoros para mejorar la experiencia del usuario. El proyecto se organizó en subgrupos responsables de diseño y desarrollo de módulos específicos, con el objetivo de lograr una integración funcional y coherente de sistema completo, fomentando el aprendizaje práctico y colaborativo de los conceptos básicos de electrónica digital.

Desarrollo



La Fig. 1 muestra los distintos módulos funcionales; cada subgrupo de trabajo se encargó del diseño lógico, simulación, y coordinación de señales de entrada y salida de estos módulos. Para asegurar el correcto funcionamiento se establecieron convenciones para tipos de señal, niveles lógicos, parámetros de corriente, tecnología utilizada (CMOS) y tiempos de respuesta.

Resultado

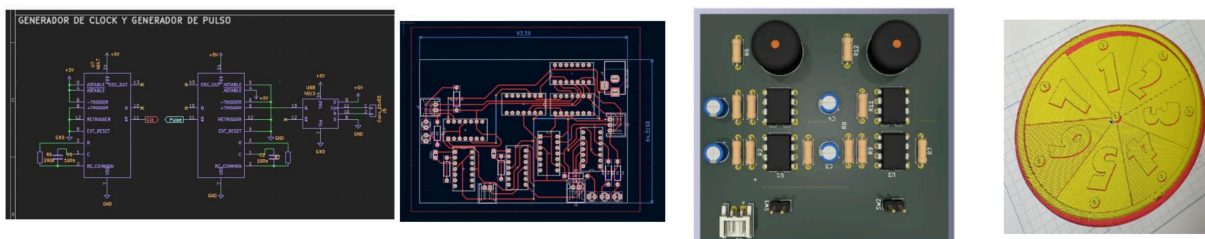
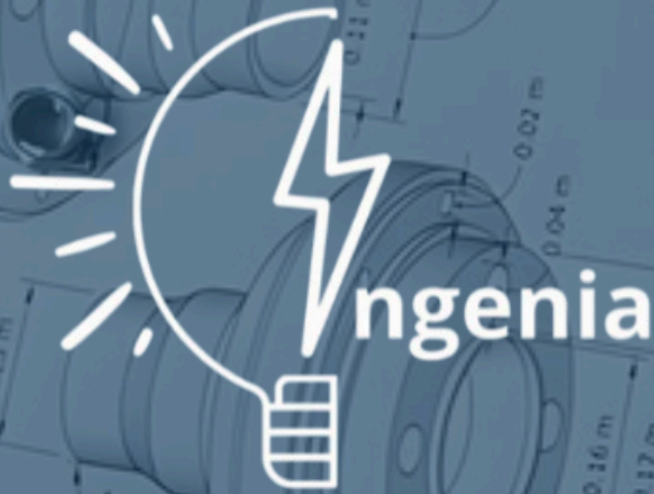


Fig. 2. a) Simulación b) Diseño de PCB c) Esquemático 3D sobre PCB d) Ejemplo diseño 3D vista exterior.

El sistema final cumplió con todos los requerimientos funcionales. Se logró una detección precisa del primer jugador en pulsar, una generación pseudoaleatoria confiable de temática y dificultad, y una activación diferenciada del buzzer según el tipo de respuesta. Los indicadores visuales fueron claros y las entradas se mantuvieron estables, sin rebotes ni errores lógicos. Además, se diseñaron en Canva [7] tarjetas temáticas para complementar el juego.

Referencias

1. "Arcade video game," *Wikipedia*, 2025. https://en.wikipedia.org/wiki/Arcade_video_game
2. R. Baer, *Videogames: In the Beginning*. New York, NY, USA: Rolenta Press, 2005.
3. KiCad EDA. Available: <https://www.kicad.org/>
4. FlatCAM: PCB CAM software. Available: <http://flatcam.org/>
5. Autodesk Inc., *Autodesk Fusion*. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360>
6. Ultimaker Cura. [Online]. Available: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>
7. Canva Pty Ltd, *Canva*, plataforma de diseño gráfico en línea. <https://www.canva.com>



VI JORNADAS DE INGENIERÍA APLICADA

OCTUBRE 2025 | NÚMERO 3

ISBN: 978-631-6662-42-2



FACULTAD
de INGENIERÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL
de MAR DEL PLATA

ISBN 978-631-6662-42-2



9 786316 662422