

Integración de la temática de producción de hidrógeno verde mediante software de simulación

Integration of the green hydrogen production thematic via simulation Software

Nélida Mabel Agüero⁽¹⁾, Ignacio J. Zaradnik⁽²⁾, Hugo R. Tantignone⁽³⁾

⁽¹⁾ Universidad Nacional de la Matanza
maguero@unlam.edu.ar

⁽²⁾ Universidad Nacional de la Matanza
izaradnik@unlam.edu.ar

⁽³⁾ Universidad Nacional de la Matanza
htantignone@unlam.edu.ar

Resumen:

A continuación, se presenta un trabajo conjunto realizado por grupos de investigación de la Universidad Nacional de la Matanza asociados a las temáticas de energías renovables y softwares de simulación. Es conocida la importancia que están teniendo las energías renovables en la actualidad y la incidencia de la electrónica en ellas, por lo que las mismas pueden ser un nexo entre las distintas materias de la carrera de Ingeniería Electrónica. Lamentablemente, una instalación fotovoltaica, eólica o de generación de hidrógeno, tienen costos elevados y requieren de un espacio que no siempre se encuentra disponible en las instituciones. El uso de un software de simulación brinda una alternativa viable para integrar estas temáticas. En función de esto, se estudió la cadena de producción de hidrógeno verde, la relación de cada uno de sus elementos con las materias de Ingeniería Electrónica, y los softwares de simulación que se podrían emplear para analizarlos.

La selección realizada se fundamentó en la facilidad de uso y acceso a los softwares por parte de docentes y alumnos. Los softwares elegidos permiten integrar las energías renovables a la carrera, brindando a los estudiantes la posibilidad de concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.

Abstract:

The work carried out jointly by research groups from the Universidad Nacional de la Matanza associated with the topics of renewable energy and simulation software is presented below. The importance that renewable energies are having today and the impact of electronics on them is known, so they can be a link between the different subjects of the Electronic Engineering degree. Unfortunately, a photovoltaic, wind or hydrogen generation installation has high costs and requires space that is not always available in institutions, so the use of simulation software provides a viable alternative to integrate this topic. Based on this, the production chain of green Hydrogen was studied, the relationship of each of its elements with the subjects of Electronic Engineering and the simulation software that could be used to analyze them. The selection made was based on the ease of use of the software and the access to it by teachers and students. The chosen software not only allows the integration of renewable energies into the degree but also allows students to conceive, design and develop engineering projects.

Palabras Clave: *Software de simulación, Energías renovables, Hidrógeno verde*

Key Words: *Simulation software, Renewable energies, Green hydrogen*

Colaboradores: *Leandro Jaimes Soria, Javier Slawiski.*

I. CONTEXTO

En el marco del proyecto "Desarrollo de un sensor inteligente para certificación de origen del Hidrógeno" (Proyecto CyTMA2 C2-ING-113), se planteó trabajar en conjunto con los investigadores del proyecto de investigación "Softwares de Simulación para Tecnología Electrónica y otras cátedras del Departamento de Ingeniería de la UNLaM" (Proyecto CyTMA2 C2-ING-105). La línea de trabajo que se sigue en este artículo es un aporte a la propuesta de "Integración de la carrera de Ingeniería Electrónica a partir de tecnologías asociadas al Hidrógeno" [1] iniciada por el equipo de Softwares de Simulación.

II. INTRODUCCIÓN

Tal como se ha descrito en [1], en el mundo se plantea un cambio en la matriz energética. Es decir, se pretende migrar desde una basada principalmente en combustibles fósiles [2], a una con mayor incidencia de energías renovables. Para afrontar este desafío se requieren profesionales preparados en múltiples áreas y que cuenten con un amplio conjunto de competencias tecnológicas, industriales y formación ético-social adquiridas [3].

A su vez, desde el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), se está impulsando la implementación de estándares de educación orientados a la formación por competencias y el aprendizaje activo centrado en el estudiante [4].

A partir de la demanda social de potenciar la formación en temáticas vinculadas a las energías renovables y los requerimientos de competencias de egreso de un ingeniero, se realizó el trabajo "Integración de la carrera de Ingeniería Electrónica a partir de tecnologías asociadas al Hidrógeno" [1]. En este trabajo se obtuvieron las

siguientes conclusiones: interés por parte de los jefes de cátedra en la inclusión de la temática sobre energías renovables en los programas de las materias, necesidad de implementación de una capacitación niveladora, acuerdo unánime sobre la procedencia en la presentación y la realización de cálculos y diseños asociados a casos concretos y reales para mejorar el entendimiento por parte de los alumnos y entusiasmo por la posibilidad de contar con ejemplos concretos de aplicación.

Sin embargo, dado que en el ámbito educativo e industrial suele ser difícil recrear algunas situaciones, para continuar con la integración de la carrera de Ingeniería Electrónica a partir de tecnologías asociadas a hidrógeno, se planteó como alternativa el uso de simuladores. La simulación facilita el estudio, análisis y evaluación de situaciones que posibilitan la resolución de problemas. Además, mejora la experiencia de los estudiantes ya que brinda un entorno para aprender haciendo, tal como se detalla en trabajos como [5][6][7]. Las tareas que surgen para poner este entorno en marcha sumado al análisis de los resultados obtenidos, así como la forma en la que se organiza este trabajo en el aula, generan múltiples oportunidades para trabajar diferentes competencias transversales, adicionalmente a las tecnológicas.

III. MÉTODOS

Todo lo expuesto motivó el trabajo conjunto entre integrantes de los grupos de investigación asociados a las energías renovables, la producción de hidrógeno y el estudio de softwares de simulación para generar una transferencia de conocimientos a los docentes de los diferentes trayectos formativos de la carrera Ingeniería Electrónica.

Para adecuar la transferencia a las distintas áreas de conocimiento, en primer lugar, se identificaron las asignaturas que pudieran relacionar sus contenidos curriculares a las etapas que constituyen la cadena de generación de hidrógeno. Para esto, se consultaron los programas del nuevo plan de estudio de la carrera de Ingeniería Electrónica [8] identificando aquellas materias que pudieran abordar contenidos similares y/o aquellas que los desarrollen en forma progresiva. La segmentación en etapas del proceso de producción de hidrógeno que se utilizó para el desarrollo del presente trabajo se basó en la cadena de valor publicada por la Secretaría de Asuntos Estratégicos presentada en la Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno [9].

En segundo lugar, se investigó entre diferentes opciones de simulación para los procesos ligados a la producción de hidrógeno, analizando el potencial de cada una de las alternativas encontradas para una posterior evaluación de implementación en base a consideraciones relacionadas con el manejo del simulador, su integración efectiva con los temas de cada materia, la posibilidad de desarrollo de determinadas habilidades por parte de los estudiantes y la disponibilidad de recursos económicos, entre otras.

IV. RESULTADOS

De acuerdo con la cadena de valor [9], la segmentación en etapas del proceso de producción de hidrógeno verde mediante electrólisis se configura de la siguiente manera:

- a) Generación de energía renovable.
- b) Producción de hidrógeno verde a partir del proceso de electrólisis del agua.
- c) Almacenamiento del hidrógeno.
- d) Transporte y distribución para los diferentes usos y aplicaciones.

En relación con la primera etapa y asociado a las tres principales fuentes de energía limpia (hidroeléctrica, eólica y solar) los temas relevantes a la Ingeniería electrónica son: las propiedades de los materiales eléctricos y magnéticos; el uso de estas para la fabricación de dispositivos como generadores eléctricos y paneles fotovoltaicos y el uso, control y optimización de dichos dispositivos. Tales temas se relacionan con materias como: “Física”, “Fundamentos de Química”, “Tecnología Electrónica”, “Electrónica de Potencia”, “Electrónica Industrial”, “Control”, “Análisis Matemático”, “Teoría de Circuitos”, “Electrónica”, “Proyecto Final”, “Electromagnetismo”.

En la segunda etapa, además de las leyes de la electrólisis de Faraday, existen otros temas relevantes como por ejemplo la reacción de oxidación-reducción, conductividad eléctrica, tipos de electrolizadores y sus partes, embalamiento térmico y controladores de corriente. Las materias que integran estos conocimientos en el nuevo plan son: “Fundamentos de Química”, “Física”, “Automatización Industrial” y “Análisis de Señales”.

En cuanto a la tercera etapa, se pueden nombrar las propiedades de los gases, presión de fluidos, válvulas, sensores de flujo, caudalímetros, controladores de flujo, compresores y celdas de combustible entre los tópicos de mayor interés. Para trabajar sobre estos asuntos se mencionan las asignaturas: “Fundamentos de Química”, “Física”, “Elementos de Programación”, “Cálculo Numérico”, “Medidas Electrónicas” y “Procesamiento Digital de Señales”.

En la cuarta y última etapa, transporte y distribución para los diferentes usos y aplicaciones, además de los aspectos técnicos, es necesario adentrarse en las disposiciones y

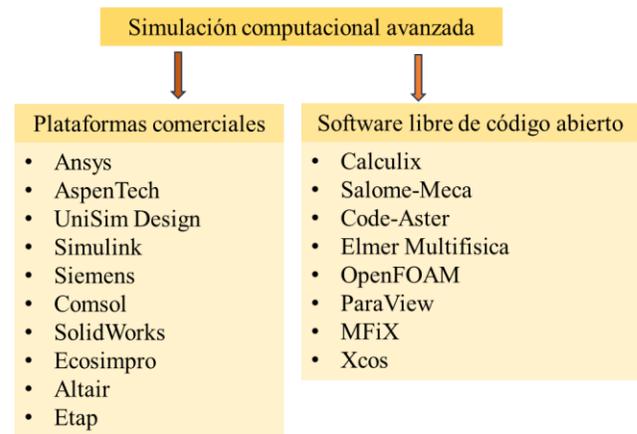
políticas locales. Como resultado del estudio, los temas técnicos pueden desarrollarse en muchas de las materias antes mencionadas, mientras que los temas de disposiciones y políticas pueden ser tratados en materias de integración tecnológica, así como en “Economía”, “Ejercicio de la Profesión” y “Seguridad e Higiene” y “Organización Industrial”.

En lo que respecta a los softwares de simulación, para lograr un mejor acercamiento de los estudiantes a los procesos y sistemas que componen las etapas de la cadena de valor en los diferentes trayectos formativos de la carrera, se identificaron dos grandes grupos de simuladores cuya categorización consiste principalmente en la facilidad de uso y/o acceso por parte de los alumnos. Estos son aspectos fundamentales a tener en cuenta ya que las materias involucradas abarcan todos los años de la carrera.

En el primer grupo se ubican los laboratorios virtuales o simuladores educativos. En este tipo de simuladores se trabaja en un entorno virtual de aprendizaje que modela un laboratorio real o un experimento. Este ambiente virtual tiene carácter interactivo a través de interfaces gráficas amigables, pero no permite el agregado de expresiones matemáticas ni modificaciones del modelo computacional. Entre ellos podemos nombrar: Phet Interactive Simulation, Vascak, Geogebra, Connected Chemistry Curriculum, Go-Lab, Labster, VRLab Academy, Algodo, Virtual Labs y Physion.

En el segundo grupo se sitúan los simuladores computacionales más avanzados que resuelven ecuaciones complejas de manera aproximada usando métodos numéricos. Los principales métodos que usan los simuladores propuestos son el método de elementos finitos (MEF) y el método de volúmenes finitos (MVF).

Este tipo de soluciones pueden clasificarse a su vez en dos subgrupos, que se diferencian principalmente por la necesidad o no de saber realizar el modelado, la generación de código e interpretación de resultados. En el caso de las plataformas comerciales, el preprocesamiento, procesamiento y postprocesamiento está más resuelto y el usuario dispone de guías de tareas, interfaces gráficas o diagramas de flujo para generar el modelo a simular. En cambio, si se trata de software de uso libre, el usuario debe generar su propio código o modificar el código que ya está desarrollado por otro usuario para hacer el modelado del



sistema e interpretar los resultados obtenidos en la simulación. En la figura N°1 se presentan algunos simuladores de esta categoría.

Figura N°1. Simuladores computacionales avanzados.

En general, los simuladores nombrados dentro de cada grupo cuentan con diversas soluciones o propuestas para simular los procesos vinculados a las diferentes etapas en la cadena de generación de hidrógeno.

En base al criterio expuesto anteriormente, seleccionar herramientas de fácil acceso y operación para los estudiantes, se proponen las siguientes opciones del grupo “Laboratorios virtuales y simuladores educativos”: Phet Interactive Simulation [10] para la simulación de

generación de corriente alterna y efecto fotoeléctrico (figura N°2); Vascak [11] para la simulación de procesos de electrolisis (figura N°3) y disociación electrolítica; Go-Lab [12] para la simulación de parques eólicos, cambios en los gases (figura N°4) y difusión a través de membranas entre otros, y Virtual Labs [13] para la simulación de rectificadores (figura N°5) y fluidos.

Por otro lado, si bien no estaba previsto trabajar en esta etapa con simuladores computacionales avanzados se seleccionó para un futuro trabajo OpenFOAM [14] para el preprocesado y procesado y ParaView [15] para el postprocesado.

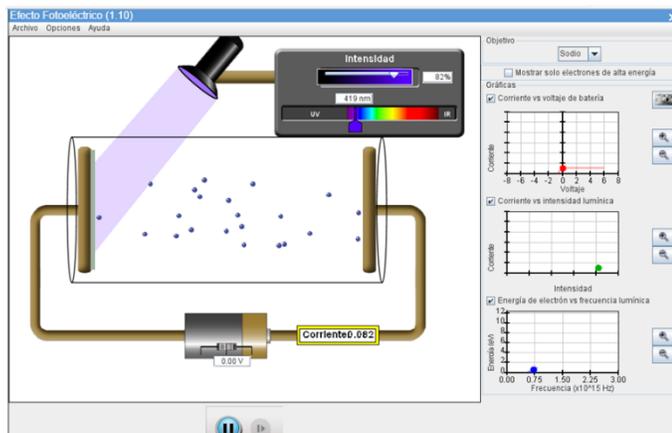


Figura N°2. Efecto fotoeléctrico a través de Phet Interactive Simulation.

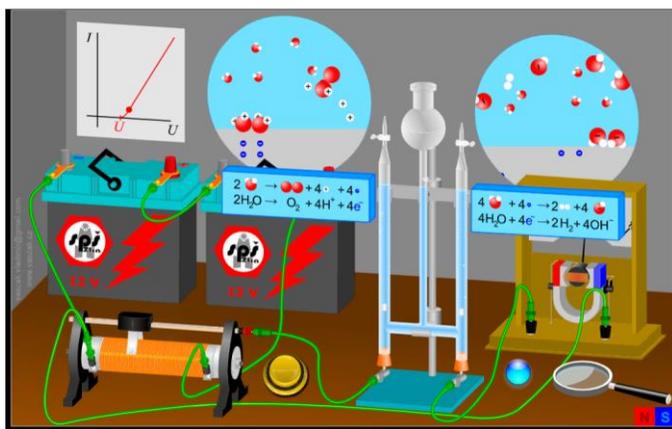


Figura N°3. Electrolisis a través de Vascak.

V. DISCUSIÓN

La oferta de softwares de simulación es muy amplia y dinámica. Hacer la selección de la herramienta adecuada para el proceso de enseñanza-aprendizaje implica la valoración de múltiples criterios. Este proyecto se apoya principalmente en la facilidad de uso y acceso a los simuladores dado que materias de los primeros años abordan varios contenidos relacionados con la producción de hidrógeno. Esto se traduce en la necesidad de anteponer la situación de estos alumnos ya que no disponen de los mismos conocimientos técnicos que otros más avanzados, no poseen un manejo de lenguajes de programación y ecuaciones matemáticas complejas imprescindibles para modelar procesos, ni manejan el mismo nivel de abstracción. El nivel de desarrollo del pensamiento crítico es otro requisito fundamental para lograr interpretar los resultados de las simulaciones, especialmente en los simuladores más complejos.

Así mismo, hay algunos puntos que trascienden al trayecto formativo tales como el costo de la licencia de uso, los requerimientos de hardware o la dificultad en el uso de idioma extranjero.

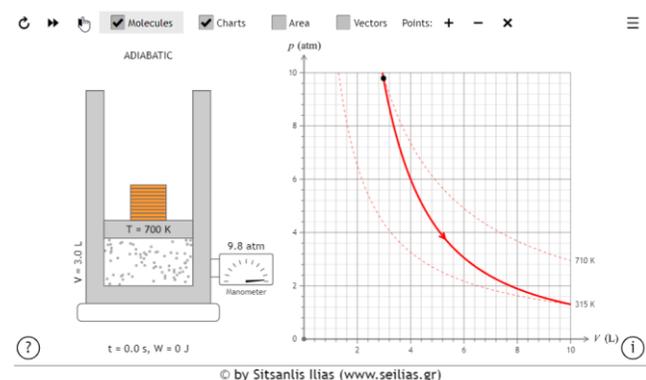


Figura N°4. Cambio en los gases a través de Go-Lab.

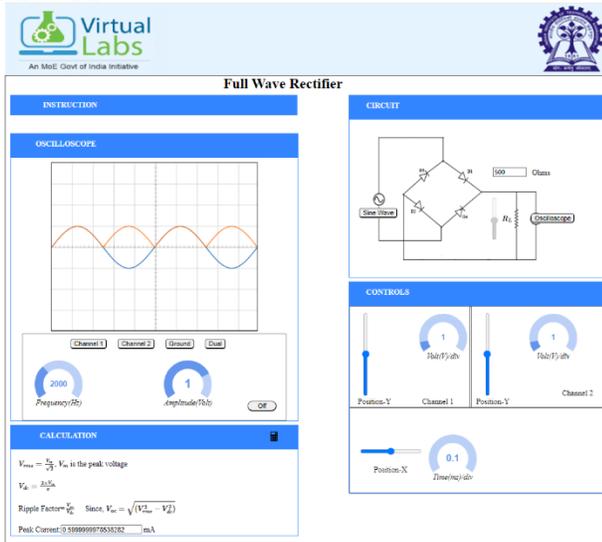


Figura N°5. Rectificadores a través de Virtual Labs.

En este escenario en donde, por un lado, se requieren profesionales preparados en múltiples áreas y por otro, hay un fuerte impulso a la enseñanza por competencias, el uso de simulaciones permite que los estudiantes ejerzan roles cada vez más autónomos y que los docentes actúen como facilitadores proporcionando suficientes oportunidades de experimentación orientadas a la comprensión del tema [16]. Esto nos hace pensar en la necesidad de formación técnica de los docentes no sólo en temáticas vinculadas a la economía del hidrógeno sino también en el uso de la simulación como estrategia didáctica.

VI. CONCLUSIONES

Luego del trabajo del grupo interdisciplinario se pudieron segmentar los temas de interés ligados a la cadena de producción de hidrógeno para cada asignatura e identificar los simuladores que podrían utilizarse para elaborar las secuencias didácticas dentro de cada espacio curricular. En una próxima fase del trabajo, se debería elaborar un plan para organizar la capacitación docente en los procesos y etapas de la cadena de generación de hidrógeno

verde y en el uso de simulaciones como estrategia didáctica para aquellos docentes que necesiten formarse en esta área. Aunque no se incluyeron en el análisis asignaturas tales como Responsabilidad Social Universitaria o Seguridad e Higiene y Organización industrial; se estima necesaria la capacitación del cuerpo docente a cargo de estos espacios curriculares ya que se pueden generar múltiples oportunidades para trabajar diferentes competencias transversales. En un siguiente paso, resultaría de interés evaluar los resultados de implementación de estas actividades dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje y su aporte en la formación de competencias de los estudiantes.

Finalizada la capacitación docente y la evaluación de los resultados previamente descriptos, no se descarta avanzar en una siguiente etapa asociada a los simuladores computacionales avanzados.

VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. Zaradnik, L. J. Soria, D. Brengi and R. Spano, "Integration of the Electronic Engineering course by using technologies associated with hydrogen," *2022 Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (XV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference)*, Teruel, Spain, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/TAEE54169.2022.9840590.
- [2] "bp Statistical Review of World Energy", Whitehouse Associates, London, London, 2022 | 71st edition, julio de 2022. Accedido el 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>

- [3] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería CONFEDI, “La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible”, Congreso Mundial Ingeniería 2010 – 23 Aportes del CONFEDI, octubre de 2010. Accedido el 6 de diciembre de 2023. [En línea].
Disponible: <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2020/03/La-Formación-del-Ingeniero-para-el-Desarrollo-Sostenible-APORTES-al-Congreso-Mundial-INGENIERIA-2010.pdf>
- [4] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería CONFEDI, “Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina “Libro rojo””, Universidad FASTA Ediciones, octubre de 2018. Accedido el 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- [5] B. Bravo, M. Braunmüller y C. Verucchi, “La inducción electromagnética y el desarrollo de competencias de resolución de problemas en el ciclo básico de carreras de Ingeniería”, en “El enfoque por Competencias en las Ciencias Básicas. Casos y ejemplos en Educación en Ingeniería”. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CONFEDI, 2019, pp. 208–221.
- [6] F. A. Martínez-Marín y I. A. Cantú-Munguía, “Manejo de la simulación en la enseñanza de la ingeniería”, Rev. Educ. En Ing., vol. 12, n.º 24, p. 58, julio de 2017. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.26507/rei.v12n24.749>
- [7] B. Venkatalakshmi, R. Balakrishnan, V. Saravanan and A. P. Renold, "Impact of simulation softwares as teaching tools in engineering learning - An instructional design choice," 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2016, pp. 868-873, doi: 10.1109/EDUCON.2016.7474654.
- [8] “Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas -”. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas - Página Principal. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://ingenieria.unlam.edu.ar/index.php?seccion=3&idArticulo=566>
- [9] A. P. Secretaría de asuntos estratégicos, “Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno”, octubre de 2023. Accedido el 6 de diciembre de 2023. [En línea].
Disponible: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/07/estrategia_nacional_de_hidrogeno_sae_2023.pdf
- [10] “PhET Interactive Simulations”. PhET. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea].
Disponible: <https://phet.colorado.edu>
- [11] “Physics at School”. RNDr. Vladimír Vaščák – osobní stránky učitele z Moravy. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea].
Disponible: <https://www.vascak.cz/data/index.html>
- [12] “Home | Golabz”. Home | Golabz. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea].
Disponible: <https://www.golabz.eu/>
- [13] “Welcome to Virtual Labs - A MHRD Govt of india Initiative”. Welcome to Virtual Labs - A MHRD Govt of india Initiative. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://be-iitkgp.vlabs.ac.in/>
- [14] “OpenFOAM”. OpenFOAM. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea].
Disponible: <https://www.openfoam.com/>

[15] “ParaView - Open-source, multi-platform data analysis and visualization application”. Accedido el 7 de diciembre de 2023. [En línea].
Extra, pp. 605–611, 2019. Accedido el 6 de diciembre de 2023. [En línea].

Disponible: <https://www.paraview.org/>

Disponible: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaE/article/view/26629/28333>

[16] M. Plano, F. Lerro y S. Marchisio, “Revista de Enseñanza de la Física”, Rev. Enseñanza Fis., vol. 31,

Recibido: 2023-12-06

Aprobado: 2023-12-27

Hipervínculo Permanente: <https://doi.org/10.54789/reddi.8.2.5>

Datos de edición: Vol. 8 - Nro. 2 - Art. 5

Fecha de edición: 2023-12-29

