

Diseño de laboratorios virtuales en Scilab para el estudio de armónicos en Circuitos eléctricos

Design of virtual laboratories in Scilab for the study of harmonics in electrical circuits

Maykop Pérez Martínez
 UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
maykoperez@udec.cl

Alexander Fernández Correa, Susset Guerra Jiménez
 UNIVERSIDAD FEDERAL DE RORAIMA
alexander.fernandez@ufrr.br, susset.guerra@ufrr.br

Josnier Ramos Guardarrama
 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA “JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA”, CUJAE
josnier@electronica.cujae.edu.cu

Abstract

Obtener cambios significativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el empleo de las TIC ha sido una de las bases de la actual transformación curricular en la Educación Superior, aspecto que tomó relevante importancia durante la Pandemia Covid-19. Estas transformaciones han de manifestarse en la actualización de las concepciones y prácticas pedagógicas que impliquen redefinir el rol del profesor y diseñar modelos de enseñanza-aprendizaje diferentes a los tradicionales. Es precisamente, en este entorno educativo, donde emergen los laboratorios virtuales en las asignaturas de Circuitos Eléctricos para promover la formación de conocimientos y habilidades profesionales en los estudiantes, así como el desarrollo del aprendizaje autónomo, colaborativo y profesionalizado. El objetivo de la investigación es diseñar prácticas de laboratorios virtuales para el estudio de los armónicos en circuitos eléctricos. La aplicación está basada en el software libre Scilab y permite el estudio de los armónicos, así como la experimentación, demostración y diseño de filtros eléctricos para atenuar su efecto. El estudio se basó en una metodología mixta aplicada en la que se utilizaron los métodos analítico-sintético e inductivo-deductivo y como métodos empíricos se empleó la encuesta. La investigación se desarrolló en la carrera de Ingeniería Eléctrica con una muestra de 40 estudiantes. Los resultados corroboran la importancia de utilizar los laboratorios virtuales para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje post pandemia.

Achieving significant changes in the teaching-learning process through the use of ICT has been one of the foundations of the current curricular transformation in Higher Education, an aspect that gained significant importance during the Covid-19 pandemic. These transformations must manifest in the updating of pedagogical concepts and practices that involve redefining the role of the teacher and designing teaching-learning models different from traditional ones. It is precisely in this educational environment where virtual laboratories in Electrical Circuits courses emerge to promote the formation of knowledge and professional skills in students, as well as the development of autonomous, collaborative, and professionalized learning. The objective of the research is to design virtual laboratory practices for the study of harmonics in electrical circuits. The application is based on the free software Scilab and allows for the study of harmonics, as well as experimentation, demonstration, and design of electrical filters to mitigate their effects. The study was based on a mixed methodology in which analytical-synthetic and inductive-deductive methods were used, and as empirical methods, a survey was employed. The research was conducted in the Electrical Engineering program with a sample of 40 students. The results corroborate the importance of using virtual laboratories to improve the teaching-learning process post-pandemic.

Palabras clave: Proceso de enseñanza-aprendizaje, Circuitos Eléctricos, Laboratorios virtuales, Scilab, Armónicos
Keywords: [Teaching-learning process](#), [Electrical Circuits](#), [Virtual laboratories](#), [Scilab](#), [Harmonics](#)

1. Introducción

Las características ideales de las formas de onda de la tensión y la corriente en los sistemas eléctricos de potencia (SEP) deben mostrar una senoide pura, con amplitud y frecuencia constante, así como simetría entre las fases, como es el caso de los sistemas trifásicos balanceados.

En ese sentido se plantea por Pérez et al. (2023), que la forma de onda de la tensión y corriente en los nodos de un SEP pueden suponerse como puramente sinusoidal y de frecuencia constante. Esta frecuencia se denomina usualmente “frecuencia de red” o “frecuencia fundamental”. Cuando estas características son alteradas variando sus condiciones ideales, se dice que la onda de tensión o corriente sufren perturbaciones.

En la práctica actual de la ingeniería eléctrica, las condiciones nunca son ideales, las formas de onda se encuentran frecuentemente muy distorsionadas; esta diferencia con la perfecta senoide se expresa en términos de “Distorsión Armónica” de las formas de onda de la tensión y la corriente.

Debido a la importancia del estudio de los armónicos en los SEP en los contenidos a impartir en la asignatura de Circuitos Eléctricos II de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, CUJAE existe un tema dedicado a ello, que consta de 19 actividades distribuidas en conferencias, clases prácticas y laboratorios, para un total de 38 horas/clases que representan el 53 % del total de horas de la asignatura.

Ahora bien, es importante destacar que el estudio que se presenta tiene como antecedentes la ocurrencia de la pandemia de COVID-19, la cual aceleró significativamente la forma de interrelación entre las personas. Potenció la evolución y desarrollo de dinámicas laborales y educativas caracterizadas por el empleo de Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Después de la crisis, muchas de estas nuevas formas de trabajo, estudio y comunicación permanecen, lo que conlleva a la necesaria reevaluación de las estrategias educativas, académicas y profesionales.

En correspondencia, como afirma Idoyaga (2023), las universidades implementaron en el proceso de enseñanza-aprendizaje, durante la época de aislamiento social, la modalidad a distancia y de esta forma garantizar la continuidad del proceso de formación de los futuros profesionales. Esta experiencia posibilitó el desarrollo de nuevos escenarios educativos a partir de la combinación de métodos de enseñanza-aprendizajes presenciales y a distancia a partir del empleo de las TIC. (Idoyaga, 2023)

La planificación e implementación de esta modalidad de enseñanza-aprendizaje sigue siendo un tema de debate entre los profesionales docentes e instituciones educativas, principalmente se analiza sobre cuál debe ser el papel a desempeñar por estudiantes y profesores en este nuevo escenario educativo y como deben ser orientadas las TIC para alcanzar los objetivos propuestos.

Las asignaturas de Circuitos Eléctricos se enfrentan a desafíos particulares en esta nueva concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje. Las prácticas experimentales en el laboratorio son fundamentales para esta área del conocimiento, pues brindan herramientas tecnológicas para el diseño, simulación y modelación de casos reales de la profesión.

En este sentido, autores como Zaldívar, (2019); Arroba & Acurio, (2021); Chávez, (2023); Farfán, et al. (2023), concuerdan que los laboratorios virtuales utilizados como recursos didácticos hacen posible el diseño, planificación, ejecución y evaluación de actividades docentes en el estudio de los circuitos eléctricos, estos medios permiten la formación de conocimientos, habilidades y valores profesionales en los estudiantes, así como la demostración del contenido profesional mediante la simulación como método lo cual facilita que la significación del aprendizaje se construya de manera autónoma, activa, participativa y colaborativa en contextos profesionalizados.

Por otro lado, de acuerdo con Cabanillas et al. (2020); Páez & Tavares (2022); Pérez, et al.,

(2022); Pérez, et al. (2023), la incorporación e integración de las TIC en el ámbito educativo no solo se ha vuelto una herramienta esencial en los distintos planes de estudio, sino que también ha modificado la infraestructura de las instituciones educativas. Además, el acceso y la utilización de las TIC como recurso pedagógico, así como la capacitación del profesorado, dependen de factores organizacionales que destacan la motivación. Por lo tanto, el desafío actual consiste en asegurar que las universidades integren estos nuevos cambios y contextos en sus procesos formativos, con el objetivo de establecer una universidad enfocada en la formación continua, la investigación, la innovación y la generación y transferencia de contenidos a través de las asignaturas del plan de estudios.

Es importante destacar que la implementación de la propuesta se tornó un tanto complicada en el contexto digital, pues, aunque se han desarrollado estrategias para mejorar la comunicación entre profesores y estudiantes, la realización de experimentos digitales ha sido un reto, pues se ha ampliado el aula fuera de los contornos institucionales, pero aún queda pendiente la expansión de las prácticas de laboratorios que tiene como objetivo permitir la realización de actividades experimentales con la ayuda de tecnologías digitales.

Debido a todo lo planteado anteriormente, el objetivo de este artículo es diseñar prácticas de laboratorios virtuales para el estudio de los armónicos en circuitos eléctricos con el software Scilab que ayuden a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) de las asignaturas de Circuitos Eléctricos.

2. Materiales y métodos

Para poder desarrollar el objetivo de la presente investigación, fue necesario la constatación de los estudios teóricos existentes y la búsqueda de los conocimientos científicos acumulados en torno a la búsqueda de aplicación metodológicas sobre la resolución de circuitos eléctricos y la utilización de software libres profesionales.

El estudio se basó en una metodología cualitativa descriptiva, en la que se utilizaron los métodos de análisis documental y la sistematización de fuentes documentales que sirven como referentes a este trabajo, fundamentalmente aquellos en los que se expone la importancia de integración de las TIC para mejorar proceso de enseñanza-aprendizaje expresados en las investigaciones de Quintero et al. (2015); Hernández (2020); Rodríguez & Gallardo (2020); Zambrano & Intriago (2022); Cabero et al. (2022).

El software utilizado para la propuesta mediante la simulación es el software libre Scilab, que incorpora un gran grupo de paquetes para la computación científica, orientado fundamentalmente al cálculo numérico, a las operaciones matriciales de gran utilidad para el desarrollo de las aplicaciones en ingeniería. Cabe señalar que dentro de las prestaciones del software se encuentra el desarrollo de simulaciones a partir de la creación de scripts para los programas, funciones o bibliotecas propias, en la simulación que se propone se utilizan las prestaciones a partir del entorno gráfico de programación Guibuilder.

Es importante destacar que a diferencia con la obra de (Pérez, López, Santos, & Santos, 2021), donde se empleó la aplicación móvil EveryCircuit para simulaciones básicas de circuitos eléctricos con un enfoque en la interactividad y accesibilidad, este estudio utiliza Scilab para abordar problemas más complejos, como el análisis de armónicos y el diseño de filtros, aprovechando sus capacidades avanzadas de cálculo numérico y programación científica.

Como método del nivel empírico fue aplicada la entrevista estructurada para conocer las opiniones de los estudiantes acerca de la utilidad de la aplicación de interfaz gráfica propuesta para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de Circuitos Eléctricos.

La población estuvo compuesta por 40 estudiantes de segundo año de la carrera de Ingeniería

Eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, CUJAE, en el período 2023-2024.

Como método estadístico se utilizó el cálculo de las frecuencias absolutas y relativas para el procesamiento y análisis de la información obtenida en las entrevistas realizadas.

El trabajo metodológico llevado a cabo para desarrollar la aplicación destinada a las prácticas de laboratorio dio como resultado la creación del procedimiento que se presenta en la Figura 1.

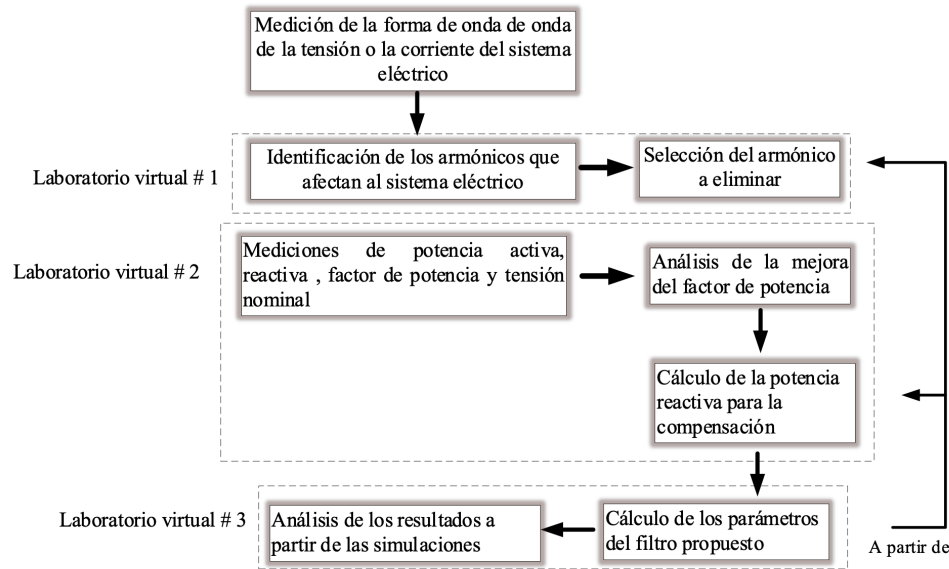


Figura 1: Procedimiento seguido para la elaboración de la propuesta mediante el software libre Scilab (Fuente elaboración propia).

3. Resultados

Según los estudios realizados por (Pérez, López, & Ramos, 2021), Scilab es un software de código abierto que facilita la visualización, construcción y simulación interactiva de circuitos eléctricos a través de una interfaz gráfica. Esta herramienta permite a los usuarios comprender el funcionamiento de los circuitos eléctricos, identificar los parámetros esenciales para el diseño de un circuito de control específico y analizar cómo las variaciones en los distintos componentes afectan su rendimiento. Todo esto contribuye a enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, al permitir la confrontación de los conocimientos teóricos adquiridos con la práctica, utilizando el método de simulación.

Para llevar a cabo el desarrollo de la aplicación de interfaz gráfica basada en Scilab, se realizó un análisis de los objetivos de las asignaturas de Circuitos Eléctricos. Además, se implementaron diversas actividades metodológicas en la disciplina con el fin de identificar los aspectos más relevantes que requieren mejora, con el propósito de implementar un enfoque de aprendizaje basado en problemas a través del método de simulación.

En ese sentido, la aplicación de interfaz gráfica derivada del Scilab quedó conformada en una primera versión de acuerdo con los resultados de Pérez M. M. et al. (2022), como se muestra en la Figura 2, la cual permite analizar el impacto de los armónicos generados en un sistema eléctrico industrial que cuenta con un elevado número de cargas no lineales. Además, la aplicación muestra cómo estos armónicos pueden ser mitigados mediante la implementación de filtros.

Ventana de gráfico número 0

Datos del Sistema Eléctrico Industrial

Potencia activa [kW] Potencia Reactiva [kvar] Tensión nominal [V]

Factor de potencia Entre el número de armónicos para el análisis Frecuencia [Hz]

THD de corriente antes de la implementación del filtro THD de tensión antes de la implementación del filtro

Click para entrar las corrientes armónicas

Inductancia [mH] ☐ Filtro serie

Capacitancia [μ F] ☐ Filtro paralelo

Resistencia [Ω] ☐ Filtro pasa altos

Click resultados de la implementación del filtro

THD de corrientes después de implementado el filtro THD de tensión después de implementado el filtro

Factor de potencia después de implementado el filtro

Figura 2: Interfaz gráfica de la aplicación para análisis de armónicos en sistemas eléctricos industriales (Fuente: elaboración propia).

Es fundamental resaltar que, mediante la simulación, el estudiante adquiere y desarrolla habilidades para resolver problemas profesionales a través del método de ensayo y error. Este enfoque le permite aprender de manera sistemática y aplicar sus conocimientos en actividades prácticas. Además, la simulación ofrece la oportunidad de recibir retroalimentación, lo que contribuye a mejorar su proceso enseñanza-aprendizaje y a reducir significativamente la cantidad de errores cometidos.

A partir de esta aplicación se desarrollaron tres actividades docentes de laboratorios virtuales, las cuales serán descritas a continuación:

3.1. Actividad de laboratorio virtual #1: Análisis de los armónicos en los sistemas eléctricos industriales.

En esta clase de laboratorio virtual el estudiante debe analizar a partir de la identificación de los armónicos que posee un sistema eléctrico industrial tomado como ejemplo, las propiedades de cada armónico y en correspondencia seleccionar el armónico a eliminar. Esto le permite apropiarse de una manera interactiva de los conocimientos y habilidades necesarias para aplicarlas a la resolución de casos reales y estudiar el efecto que estos tienen sobre el sistema. Además, se calcula el índice de distorsión armónica de tensión y corriente.

3.2. Actividad de laboratorio virtual #2: Análisis de la mejora del factor de potencia.

En esta clase de laboratorio virtual el estudiante a partir las mediciones de potencia activa y reactiva de un sistema eléctrico industrial podrá mejorar el factor de potencia a uno deseado y

realizar el efecto que este tiene sobre el sistema calculando la potencia reactiva antes y después de la compensación, así como la potencia reactiva del banco de condensadores a conectar y la capacitancia por fase, la aplicación se muestra en la Figura 3.

Figura 3: Interfaz gráfica de la aplicación para la mejora del factor de potencia y el diseño de filtros pasivos (Fuente: elaboración propia).

3.3. Actividad de laboratorio virtual #3: Cálculo de la propuesta de filtro

Esta última actividad de laboratorio integra las actividades anteriores pues el estudiante debe ser capaz de proponer el diseño de un filtro que permita eliminar el armónico que por su efecto se desea eliminar y a partir del cálculo de la capacitancia de los condensadores a conectar para mejorar el factor de potencia se calcularán los restantes parámetros del filtro como se mostró en la Figura 3.

Es importante señalar que estas actividades de laboratorio virtual se desarrollaron sin la intervención directa del profesor solo se les orientó a los estudiantes lo que se pretendía desarrollar y como utilizar la aplicación. Para esto los estudiantes crearon equipos de trabajo y la evaluación de las actividades se realizó a partir de la entrega de un informe para su posterior defensa oral.

4. Discusión de los resultados

El formulario que sirvió de guía para la realización de la entrevista fue estructurado de la forma siguiente:

4.1. Pregunta No. 1.

A su criterio, considera que las actividades de laboratorio virtual propuestas le ayudaron a reforzar los contenidos teóricos-prácticos, ¿así como el desarrollo de habilidades?

Las respuestas de esta pregunta se muestran en la Tabla 1.

	Frecuencia	%
Si	40	100
No	-	-
Total	40	100

Tabla 1: Resultados de la Pregunta No 1.

Análisis e interpretación:

Se observa que el 100 % de los estudiantes entrevistados consideran que la aplicación de interfaz gráfica desarrollada los ayudó a comprender los contenidos teóricos impartido en las conferencias y a desarrollar habilidades prácticas y profesionales. De estos resultados puede inferirse que la aplicación desarrollada ayudó en gran medida al mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. Además, las actividades propuestas a través de la simulación son altamente efectivas para reforzar tanto los contenidos teóricos como prácticos. Estas actividades no solo facilitan la comprensión de conceptos complejos, sino que también fomentan el desarrollo de habilidades prácticas esenciales. Al permitir a los estudiantes experimentar y aplicar sus conocimientos en un entorno simulado, se promueve un aprendizaje más profundo y significativo, lo que contribuye a una mejor preparación para enfrentar situaciones reales en el ámbito profesional.

4.2. Pregunta No. 2.

Desde su punto de vista, ¿la implementación de la aplicación ha incrementado el interés por la carrera y promovido la autonomía en el aprendizaje?

Las respuestas de esta pregunta se muestran en la Tabla 2.

	Frecuencia	%
Si	38	95
No	2	5
Total	40	100

Tabla 2: Resultados de la Pregunta No 2.

Análisis e interpretación:

El 95 % de los estudiantes plantean que la utilización de la herramienta en las prácticas de laboratorios virtuales los ayudó a mejorar el interés y motivación por la carrera, pues, además de los conocimientos teórico-prácticos adquiridos con la aplicación, estos también son aplicados a casos de estudios reales de la profesión como, por ejemplo, el análisis de la calidad de la energía en un sistema eléctrico industrial. También la utilización de la aplicación ha fomentado la autonomía en el aprendizaje. Al ofrecer una herramienta interactiva y práctica, los estudiantes pueden explorar conceptos de manera más dinámica y atractiva, lo que puede despertar su curiosidad y motivación hacia la materia. Además, al permitirles experimentar y aprender a su propio ritmo, la aplicación promueve la autonomía, ya que los estudiantes pueden tomar la iniciativa en su proceso de aprendizaje, resolver problemas y buscar soluciones de forma independiente. Esto no solo enriquece su experiencia educativa, sino que también los prepara mejor para su futuro profesional.

4.3. Pregunta No. 3.

Desde su perspectiva, ¿la realización de las actividades mediante el uso de la aplicación le facilitó el intercambio de conocimientos y habilidades con sus compañeros?

Las respuestas de esta pregunta se muestran en la Tabla 3.

	Frecuencia	%
Si	40	100
No	-	-
Total	40	100

Tabla 3: Resultados de la Pregunta No 3.

Análisis e interpretación:

El 100 % de los estudiantes enfatizan que la formación de equipos para realizar las actividades de laboratorios virtuales con la aplicación propuesta, los ayudó a intercambiar información en cuanto a la utilización y a la implementación de los modelos filtros propuestos, así como el estudio de la calidad de la energía en sistemas eléctricos industriales, las propiedades de los armónicos y sus efectos, así como su mitigación. Este resultado evidencia que la formación de equipos y la integración de las TIC desde la concepción de las tecnologías del aprendizaje, el conocimiento, el empoderamiento y la participación en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la simulación, mejoran el aprendizaje colaborativo de los estudiantes, sobre todo cuando se aplican en situaciones problemáticas relacionadas con la profesión.

Por otro lado, la realización de actividades virtuales mediante de la aplicación resultó ser muy beneficiosa para el intercambio de conocimientos y habilidades entre compañeros. Al trabajar juntos en un entorno interactivo, los estudiantes tienen la oportunidad de colaborar, discutir ideas y compartir experiencias, lo que enriquece su aprendizaje. Este tipo de interacción no solo fortalece la comprensión de los conceptos, sino que también fomenta un sentido de comunidad y apoyo mutuo, lo que es fundamental en el proceso educativo. Por lo que, el uso de la aplicación potenció un ambiente propicio para el aprendizaje colaborativo y el desarrollo de habilidades profesionales.

Cabe destacar que como se demostró en la investigación de (Pérez, López, Santos, & Santos, 2021) , las herramientas móviles como EveryCircuit son ideales para introducir conceptos básicos al facilitar la comprensión inicial de conceptos fundamentales de circuitos eléctricos como las Leyes de Ohm y Kirchhoff en el análisis de circuitos estimulados con corriente directa y alterna. En este sentido, la presente investigación utiliza Scilab para el diseño de laboratorios virtuales enfocados en problemas complejos como los armónicos en circuitos eléctricos, para ofrecer un entorno flexible para la simulación y el análisis numérico. Esta evolución refleja la necesidad de adaptar las herramientas digitales a los distintos niveles de complejidad en la formación de ingenieros eléctricos.

5. Conclusiones

La realización de prácticas de laboratorio virtuales utilizando la simulación como método de enseñanza-aprendizaje, junto con el uso de una aplicación de interfaz gráfica basada en scilab, mejora los resultados de aprendizaje de los estudiantes en las asignaturas de Circuitos Eléctricos, ya que favorece una conexión más estrecha entre la teoría y la práctica. La aplicación desarrollada se distingue por ser un recurso educativo que optimiza los resultados de aprendizaje

y es especialmente útil para los estudiantes de segundo año de la carrera de ingeniería eléctrica en las materias de circuitos eléctricos tanto en actividades presenciales como en modalidades a distancia. Además, fomenta un aprendizaje personalizado, considerando los ritmos individuales de aprendizaje y promoviendo la colaboración entre los estudiantes y el profesor, reforzando la idea de continuar fortaleciendo las actividades a distancias u online como aspecto positivo postpandemia.

Referencias

-  Arroba, A. M., & Acurio, M. S. (2021). *Laboratorios virtuales en entorno de aprendizaje de química orgánica para el bachillerato ecuatoriano*. Revista científica Uisrael, 8(3), 73-93. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.456>
-  Cabanillas, G., Veríssimo, C., & Luengo, G. (2020). *Contraste en la percepción sobre el uso de una plataforma virtual para la mejora de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas*. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 38, 33-47. <https://doi.org/10.17013/risti.38.33--47>
-  Cabero, A., Barroso, O., Gutiérrez, C., & Palacios, R. (2022). *Desarrollando competencias digitales y emprendedoras en Pedagogía. Grado de aceptación de una propuesta formativa*. Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa, 12. <https://revistas.um.es/riite/article/view/522441>
-  Chávez, C. (2023). *El laboratorio virtual PhET y la Competencia "Indaga" del área de Ciencia y Tecnología en los estudiantes del cuarto grado de una escuela secundaria de Cusco*. Aportes, 35, 41-51. <https://doi.org/10.56992/a.v1i35.436>
-  Farfán, P. J., Candia, M. M., Manchego, V. J., Delgado, A. R., Ormeño, G. M., Melgarejo, R. W., ... Peña, C. A. (2023). *Laboratorios Virtuales en la Enseñanza de la Física: Un Análisis Teórico*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(4), 7117-7128. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7466
-  Hernández, S. C. (2020). *Perspectivas de enseñanza en docentes que integran una red de matemáticas: percepciones*. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 61. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n61a3>
-  Idoyaga, I. (2023). *El laboratorio extendido: nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales*. Revista Innovaciones Educativas, 25 (Número Especial), 45-59. <https://doi.org/10.22458/ie.v25iespecial.5083>

-  Pérez, M. M., López, C. Z., Santos, B. J., & Santos, F. A. (2021). *Potencialidades de la app EveryCircuit en las prácticas de laboratorio de Circuitos Eléctricos en la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana*. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(2). Recuperado el 2024, de <https://doi.org/10.4995/msel.2021.15005>
-  Pérez, M. M., Ramos, G. J., & Santos, B. J. (2022). *Integración de las tecnologías en las asignaturas de Circuitos Eléctricos*. *Revista Pedagogía Profesional*, 20(1). <http://revistas.ucpejv.edu.cu/index.php/rPProf/article/view/1533/1925>
-  Pérez, M. M., Ramos, G. J., Silvério, F. R., & Barrios, G. D. (2022). *Desarrollo de aplicaciones en el software Scilab para el análisis de armónicos en sistemas industriales*. *Ingeniería Energética*, 43(1), 1-10. <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v43n1/1815-5901-rie-43-01-24.pdf>
-  Pérez, M., Ramos, G., & Santos, B. (2023). *Propuesta metodológica mediante la simulación con Scilab de circuitos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales*. *Revista Científico Pedagógica "Horizonte Pedagógico"*, 12(2), 3-14. <https://horizontepedagogico.cu/index.php/hop/article/view/290/570>
-  Quintero, O. S., Díaz, C. á., & Ortiz, R. G. (2015). *Las TIC-TAC-TEP: Un referente para la educación policial*. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 6(2). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=517751486010>
-  Rodríguez, T. J., & Gallardo, P. ó. (2020). *Perfil docente con visión inclusiva: TIC - TAC - TEP y las habilidades*. Artículo en conferencia. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Encuentro Internacional de Educación En Ingeniería. Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/731>
-  Zaldívar, C. (2019). *Laboratorios reales versus laboratorios virtuales en las carreras de ciencias de la computación*. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 9-22. http://dx.doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v10i18.454
-  Zambrano, G. M., & Intriago, M. C. (2022). *Los entornos virtuales como recursos didácticos en el proceso de enseñanza aprendizaje del nivel de estudios básico superior*. *Dominio de las Ciencias*, 8(3). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8635192.pdf>