



# Potencialidades de la aplicación OPEDU para el estudio de los amplificadores operacionales

## *Potentialities of the OPEDU application for the study of operational amplifiers*

Maykop Pérez Martínez<sup>1</sup> \*, Josnier Ramos Guardarrama<sup>1</sup>, Raimundo Carlos Silvério Freire<sup>11</sup>, José Antonio Rodríguez Valdés<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae. Cuba.

<sup>11</sup>Universidad Federal de Campina Grande, Brasil.

\*Autor de correspondencia: [maykop@electronica.cujae.edu.cu](mailto:maykop@electronica.cujae.edu.cu)

Recibido: 30 de abril de 2022

Aprobado: 28 de mayo de 2022

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



### RESUMEN/ABSTRACT

El presente trabajo tiene como objetivo proponer la aplicación educativa libre sobre amplificadores operacionales (OpEdu), en su versión 0.5, basada en el software libre Scilab, que permite el análisis, la experimentación, demostración y diseño de las funciones de los amplificadores operacionales. Dentro de los resultados obtenidos se encuentran el desarrollo de siete módulos de diseño como son el amplificador inversor, amplificador no inversor, amplificador diferencial, amplificador sumador y convertidor de tensión – corriente. La aplicación va dirigida a la enseñanza de la ingeniería específicamente de los amplificadores operacionales, entre sus utilidades prácticas se encuentran que los estudiantes sean capaces de realizar independientemente sus propios experimentos y diseños en un ambiente seguro y contribuir al desarrollo nacional de aplicaciones informáticas libres. Este tipo de software es generalmente de licencia privada, con un alto costo de adquisición, por lo que sus semejantes, en licencia libre, permite un mayor alcance entre los estudiantes y especialistas a fines.

**Palabras clave:** amplificadores operacionales, software libre, proceso de enseñanza – aprendizaje, Scilab.

*The objective of this work is to propose the free educational application on operational amplifier (OpEdu), in its version 0.5, based on the free software Scilab, which allow the analysis, experimentation, demonstration and design of the functions of operational amplifiers. Among the results obtained are the development of seven design modules such as the inverting amplifier, non-inverting amplifier, differential amplifier, summing amplifier and voltage-current converter. The application is aimed at teaching engineering, specifically operational amplifiers, among its practical uses are that students are able to independently carry out their own experiments and designs in a safe environment and contribute to the national development of free computer applications. This type of software is generally licensed privately, with a high acquisition cost, so that its peers, in free license, allows a greater reach among students and specialists for purposes.*

**Key Words:** operational amplifiers, free software, teaching-learning process, Scilab.

### INTRODUCCIÓN

La mayor parte del sistema control y de mediciones de los procesos industriales se realiza mediante circuitos electrónicos, siendo el amplificador operacional un módulo básico de dichos circuitos de control. Aunque cada vez más, el procesamiento de la información y la toma de decisiones del sistema se realiza con circuitos digitales o sistemas basados en microprocesadores, la conversión de las variables medidas, como, por ejemplo, temperatura, presión, velocidad, etc., en variables eléctricas: corriente o tensión, en los sensores, o la conversión inversa, en los actuadores analógicos, requiere de circuitos analógicos, donde el amplificador operacional juega un papel fundamental [1]. En correspondencia en la referencia [2], se afirma que la aparición de la electrónica ha revolucionado los conceptos relacionados con el proceso enseñanza - aprendizaje y la práctica, en sí misma, de la ingeniería eléctrica, específicamente en la rama de la electrónica, ya que los equipos de medición electrónicos comenzaron a reducir los errores asociados a ellos a una fracción mínima en comparación con los equipos electromecánicos.

Cómo citar este artículo:

Maykop Pérez Martínez, *et al.* Potencialidades de la aplicación OPEDU para el estudio de los amplificadores operacionales. Ingeniería Energética, 2022, 43(2), mayo/agosto. ISSN:1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

Las microcomputadoras comenzaron a tener un procesamiento más rápido, se han creado nuevas interfaces, se popularizó el concepto de comunicación a distancia, y la electrónica permitió reducir sustancialmente el volumen físico de los dispositivos eléctricos, además de aumentar su eficiencia. En ese sentido [3], plantea que la industria de la electrónica en el mundo, ha mostrado un crecimiento exponencial desde la aparición de los primeros dispositivos semiconductores a mediados del siglo XX. La aparición del concepto de Circuito Integrado (CI) en la década de los 1950's contribuyó de manera decisiva a la generación de la tecnológica como ahora se conoce. Hoy en día, esta tecnología se encuentra en constante evolución, demandando desorbitantes cantidades de recursos humanos y económicos. Para muchas de las aplicaciones, los amplificadores operacionales que actualmente se fabrican tienen un comportamiento muy al ideal. Sin embargo, cuando se los aplica a situaciones de mayor precisión o requisitos más restrictivos se necesita considerar modelos más detallados de su comportamiento.

Por otro lado, en consulta realizada a la obra de diversos autores tanto nacionales, como internacionales que han desarrollado sus investigaciones en el empleo de los amplificadores operacionales para diversas aplicaciones tanto en el campo de la medicina a través del uso de los dispositivos biomédicos, como en el campo de la ingeniería con disímiles aplicaciones, como por ejemplo sistemas de medición y control en sistemas industriales, en los sistemas de comunicación, en el mejoramiento de las estrategias de diseño de la telefonía móvil con el considerable ahorro de la energía y los costos, así como en el control del calentamiento por inducción electromagnética en la cocción de los alimentos. No obstante, se valora la necesidad de continuar el desarrollo de investigaciones referentes al diseño de los amplificadores operacionales sobre todo en el perfeccionamiento de aplicaciones que permitan realizar el análisis, diseño y simulación de los diferentes diseños utilizando amplificadores operacionales ante su posterior implementación física, lo que potencia la eficacia de los modelos a desarrollar con la consecuente disminución de los costos, además que se proporciona una herramienta basada en software libres, como la que aquí se propone, en la cual se pueden realizar trabajos teóricos - prácticos que enriquezcan y mejoren la enseñanza de la ingeniería eléctrica y por ende el trabajo de los ingenieros en las industrias [4-7].

En cualquier caso, conocer las características específicas del amplificador operacional que se utiliza, es necesario para comprobar que su comportamiento es válido y estimar si puede ser utilizado en la aplicación que se está desarrollando o debe ser sustituido por otro. La forma habitual de analizar un circuito que se basa en un amplificador operacional, parte de considerar inicialmente un comportamiento ideal, y luego, partiendo de este estudio se analizan las limitaciones que sobre el mismo introducen las diferentes características reales específicas del amplificador. El resultado de este análisis es, bien la validación del amplificador operacional, o la propuesta de su sustitución por otro tipo de amplificador operacional con características más adecuadas. En ese sentido, en las referencias [3, 8-11] se explican que un punto crítico en la industria de estos dispositivos lo constituyen los períodos de demora en su fabricación. Para mejorar estos tiempos se disponen de varias técnicas, una de las cuales es el desarrollo de nuevos modelos de mayor precisión que sean capaces de reproducir el comportamiento del dispositivo en diversas condiciones de operación y que se puedan implementar fácilmente en simuladores. De esta manera se puede predecir su comportamiento antes de su fabricación, ahorrando tiempo y dinero.

Por su parte de acuerdo con los estudios desarrollados [12-16], Scilab es un software libre que permite visualizar, construir y realizar simulaciones interactivas de circuitos eléctricos mediante una interfaz gráfica. De esta forma es posible aprender cómo funcionan los circuitos eléctricos, cuáles son los parámetros a tener en cuenta para el diseño de un determinado circuito de control y cómo afectan los cambios en los diferentes elementos. Todo esto ayuda a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje contrastando los conocimientos teóricos estudiados con los prácticos mediante el método de la simulación. La simulación permite ahorrar tiempo en la etapa de implementación puesto que se puede observar en las herramientas el resultado de un amplificador antes de implementarlo físicamente. Consecuentemente a lo anteriormente planteado el objetivo general de este trabajo es proponer la aplicación educativa libre sobre amplificadores operaciones (OpEdu), en su versión 0.5, basada en el software libre Scilab, que permite el análisis, la experimentación, demostración y diseño de las funciones de los amplificadores operacionales.

En esta primera versión la aplicación consta de la implementación de cinco módulos debidamente seleccionados en correspondencia con las funciones más utilizada de los amplificadores operacionales a partir de la bibliografía consultada. El texto del artículo fue organizado con el fin de presentar inicialmente de manera general la situación actual del tema abordado, con el fin de exponer la necesidad del desarrollo de herramientas computacionales mediante la utilización de *softwares* libres, insertando al lector en el contexto actual, en lo que se refiere al conocimiento del desarrollo de la electrónica específicamente de los circuitos integrados, llevándolo al punto de análisis de la utilidad práctica de la aplicación propuesta.

## 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 al análisis de los modelos de las configuraciones más utilizadas de los amplificadores operacionales para su implementación en OpEdu para su versión 0.5.

Se consultaron, un total de 16 referencias bibliográficas, además de catálogos y normas técnicas, lo que permitió darle continuidad a los estudios desarrollados por las referencias [2, 12-16] que se iniciaron en el contexto actual caracterizado por la situación sanitaria convulsa de pandemia ocasionada por el COVID-19, todo lo cual ha facilitado minimizar el impacto negativo que impone el aislamiento social y los costos tecnológicos asociados a ello para favorecer el proceso de enseñanza – aprendizaje de las asignaturas Circuitos Eléctricos y Electrónica sin necesidad de la presencialidad en los laboratorios.

Por otro lado, con el objetivo de validar OpEdu desde el punto de vista de su utilidad para el mejoramiento del proceso de enseñanza – aprendizaje de la ingeniería eléctrica, específicamente de la electrónica y los circuitos, se entrevistaron a 30 estudiantes de 2<sup>do</sup> años de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, 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.

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

### Interfaz gráfica de OpEdu

A partir del análisis anterior se desarrolló la aplicación OpEdu para su versión 0.5, como ya se mencionó, el software libre Scilab, la cual tiene como objetivo facilitar una herramienta, que permita, desde la simulación, la experimentación y demostración de las funciones de los amplificadores operacionales, para mejorar de esta forma las actividades docentes mediante la interactividad y lograr en el estudiante independencia en la creación de sus propios diseños, además contribuir al desarrollo nacional de aplicaciones informáticas libres.

Por otro lado, se pretende con OpEdu facilitar una herramienta de trabajo para los ingenieros de las industrias que le permita realizar, desde la simulación, el análisis de los diseños de las diferentes aplicaciones de los amplificadores para forma obtener la mejor variante para su implementación práctica.

En la ventana principal de la aplicación, mostrada en la figura 1, se puede observar los siete módulos implementados, los cuales son:

- Amplificador inversor
- Amplificador no inversor
- Amplificador diferencial
- Amplificador sumador
- Convertidor de U-I
- Integrador con fuente de onda cuadrada
- Integrador con fuente de corriente directa

Para acceder al módulo deseado selecciona en la ventana “Módulos”, se recomienda no tener abierto más de un módulo al mismo tiempo.

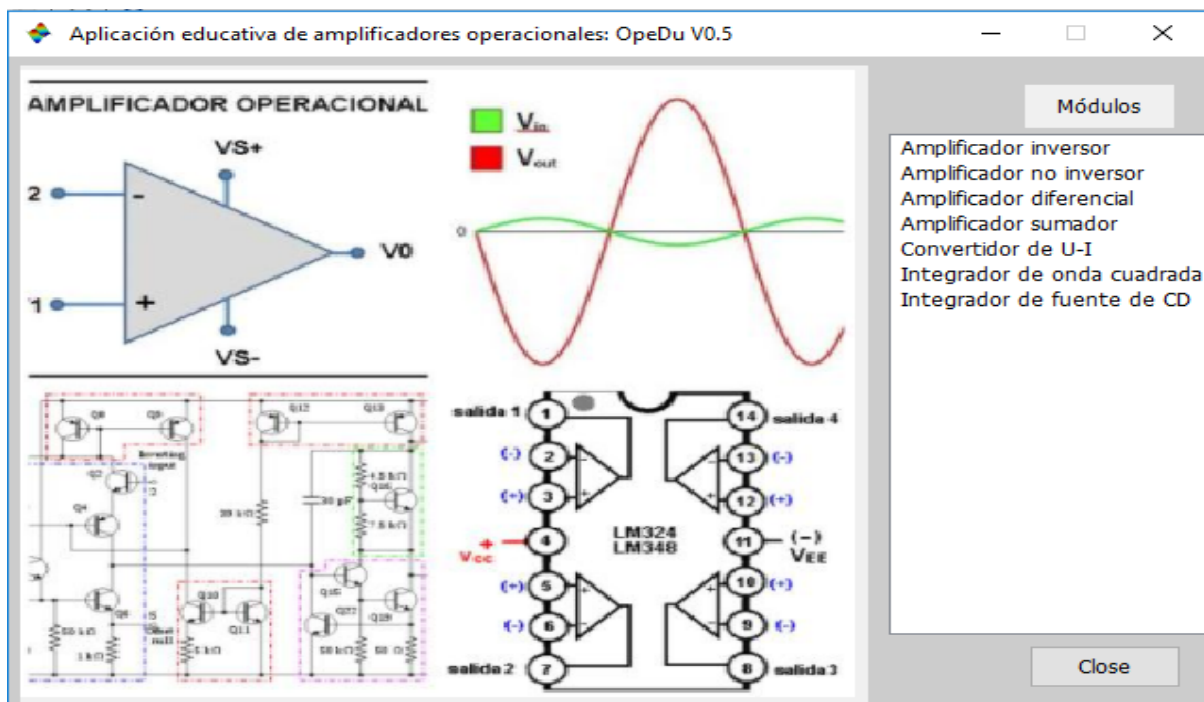


Fig. 1. Ventana principal de la aplicación OpEdu, en su versión 0.5

En cada módulo, como se verá más adelante, se debe explicar que de manera general todos cuentan con la etiqueta “Datos” debajo de la cual se pueden modificar los parámetros del circuito o modelo del amplificador operacional mostrado, seleccionando así los parámetros adecuados para obtener el comportamiento de la respuesta de salida deseada. Para obtener la respuesta de salida se cuenta con dos opciones, disponibles por los dos botones presentes en la aplicación. Con el botón “Solución”, se puede obtener numéricamente la ganancia y la amplitud máxima de la tensión de salida, mientras que, si usa el botón “Gráficas”, se puede obtener las formas de onda de la tensión de entrada y de salida.

Además, una de las ventajas de esta aplicación es su capacidad para funcionar con tensiones de entrada de corriente directa o de corriente alterna. Si desea que la fuente sea de corriente directa, simplemente se debe colocar un cero en la frecuencia de la fuente. Con el objetivo de exponer las potencialidades de OpEdu, a modo de ejemplo, se explicará el módulo del amplificador inversor, con el estudio de tres variantes.

### Amplificador inversor

En la figura 2, se muestra la interfaz gráfica del módulo del amplificador inversor, en la cual se pueden observar los elementos que componen el circuito.

Donde:

$R_2$ : resistencia de retroalimentación     $U_1$  (V): módulo de la tensión de entrada     $U_1$  (°): fase de la tensión de entrada  
 $R_1$ : resistencia de entrada     $U_1$  (Hz): frecuencia de la señal de tensión

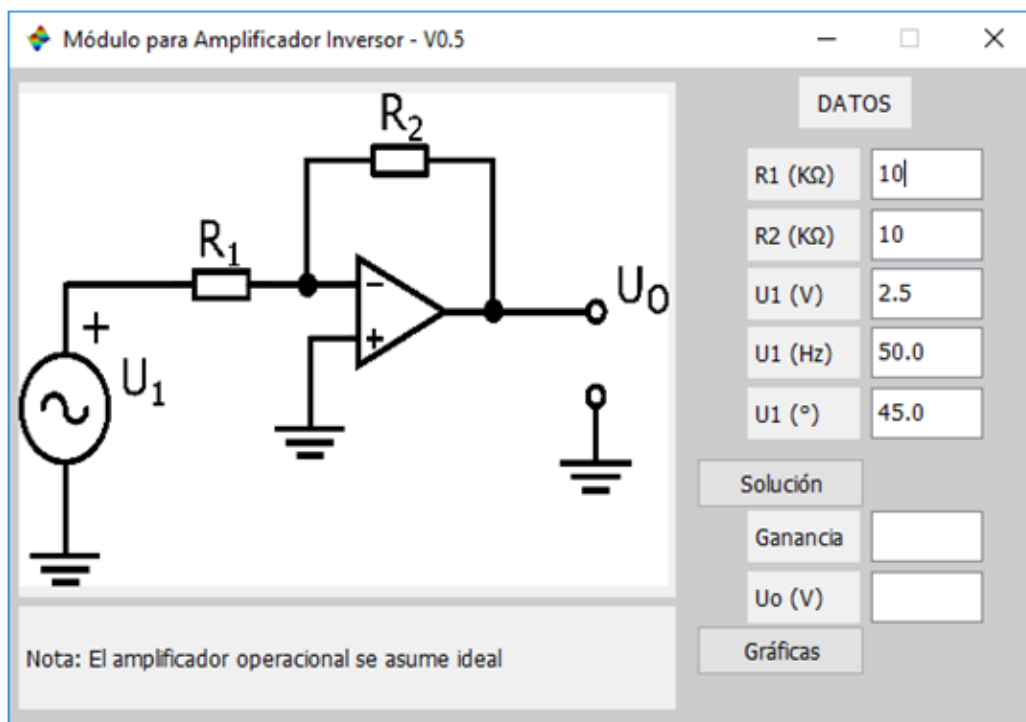


Fig. 2. Interfaz gráfica del módulo amplificador operacional inversor

Los datos mostrados son por defecto en la aplicación, los cuales pueden ser cambiados a voluntad del usuario en correspondencia del diseño que se quiera obtener.

Para la comprensión del estudio de las variantes, se debe aclarar que la función del amplificador inversor es invertir la polaridad de la señal de entrada mientras la amplifica la señal de salida y la ganancia dependerá únicamente de los elementos externos conectados al amplificador operacional, como se muestra en la ecuación (1), donde A representa la ganancia del amplificador inversor.

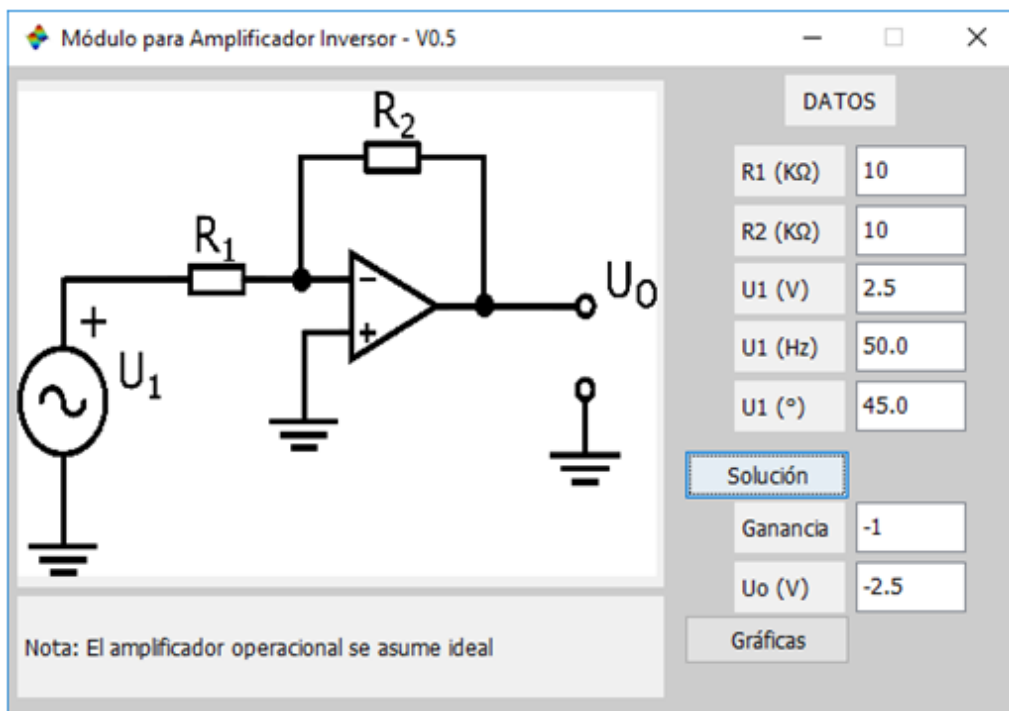
$$\frac{U_0}{U_1} = -\frac{R_2}{R_1} = A \quad (1)$$

### Variante 1

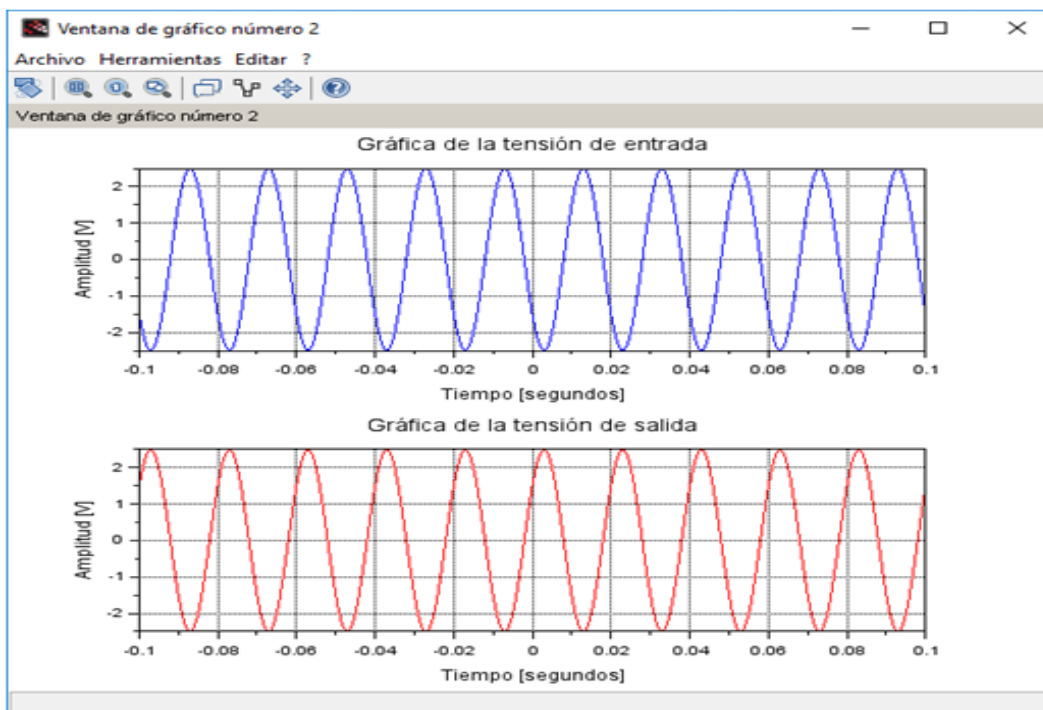
Para el análisis de la variante 1 se dejarán los datos que aparecen por defecto al abrir el módulo que consisten en que las resistencias de entrada y retroalimentación serán de igual valor y el estímulo es de corriente alterna, como muestra la tabla 1. En la figura 3, se muestran los resultados de ganancia y tensión de salida, mientras que en la figura 4, se muestran las gráficas de la tensión de entrada y salida.

**Tabla 1.** Valores de los parámetros de entrada para la variante 1

Parámetro	Valor	Unidad
Resistencia de entrada $R_1$	10	$k\Omega$
Resistencia de retroalimentación $R_2$	10	$k\Omega$
Tensión de entrada $U_1$	Módulo: 2,5 Fase: $45^\circ$	V
Frecuencia	50	Hz



**Fig. 3.** Resultados de ganancia y tensión del módulo amplificador operacional inversor, para la variante 1



**Fig. 4.** Gráficas de tensión de entrada y salida del módulo amplificador inversor, para la variante 1

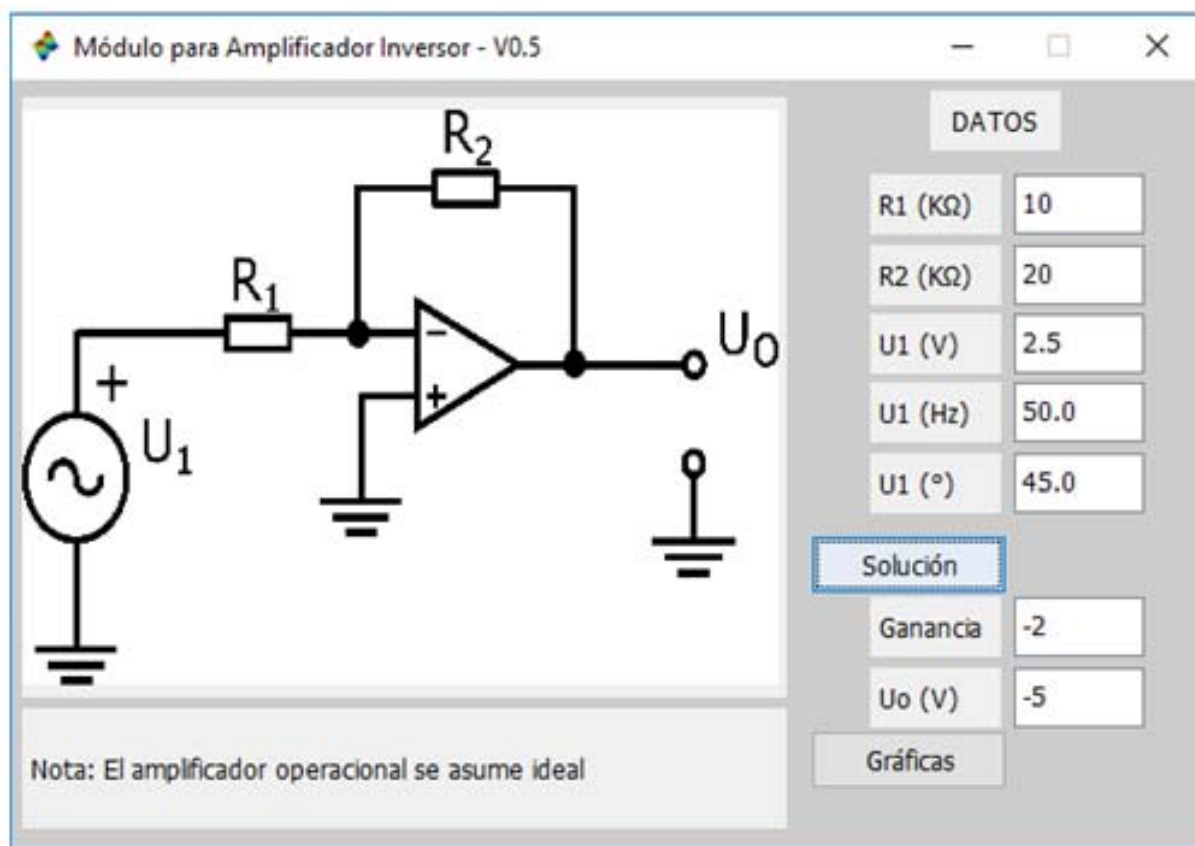
Como puede observarse en los valores de la ganancia y tensión de salida de la figura 3, para los valores seleccionados en este diseño de amplificador inversor el resultado es únicamente invertir la polaridad de la señal de salida puesto que su ganancia es -1, resultados que se verifican en las gráficas de la figura 4, donde se debe resaltar, como se muestra en las gráficas, el cambio de polaridad punto a punto.

### Variante 2

Para el análisis de la variante 2 se duplicará el valor de la resistencia de retroalimentación con respecto a la resistencia de entrada y el estímulo se mantendrá de corriente alterna, como se muestra en la tabla 2. En la figura 5, se muestran los resultados de ganancia y tensión de salida, mientras que en la figura 6, se muestran las gráficas de la tensión de entrada y salida.

**Tabla 2.** Valores de los parámetros de entrada para la variante 2

Parámetro	Valor	Unidad
Resistencia de entrada $R_1$	10	k $\Omega$
Resistencia de retroalimentación $R_2$	20	k $\Omega$
Tensión de entrada $U_1$	Módulo: 2,5 Fase: 45°	V
Frecuencia	50	Hz



**Fig. 5.** Resultados de ganancia y tensión del módulo amplificador operacional inversor, para la variante 2

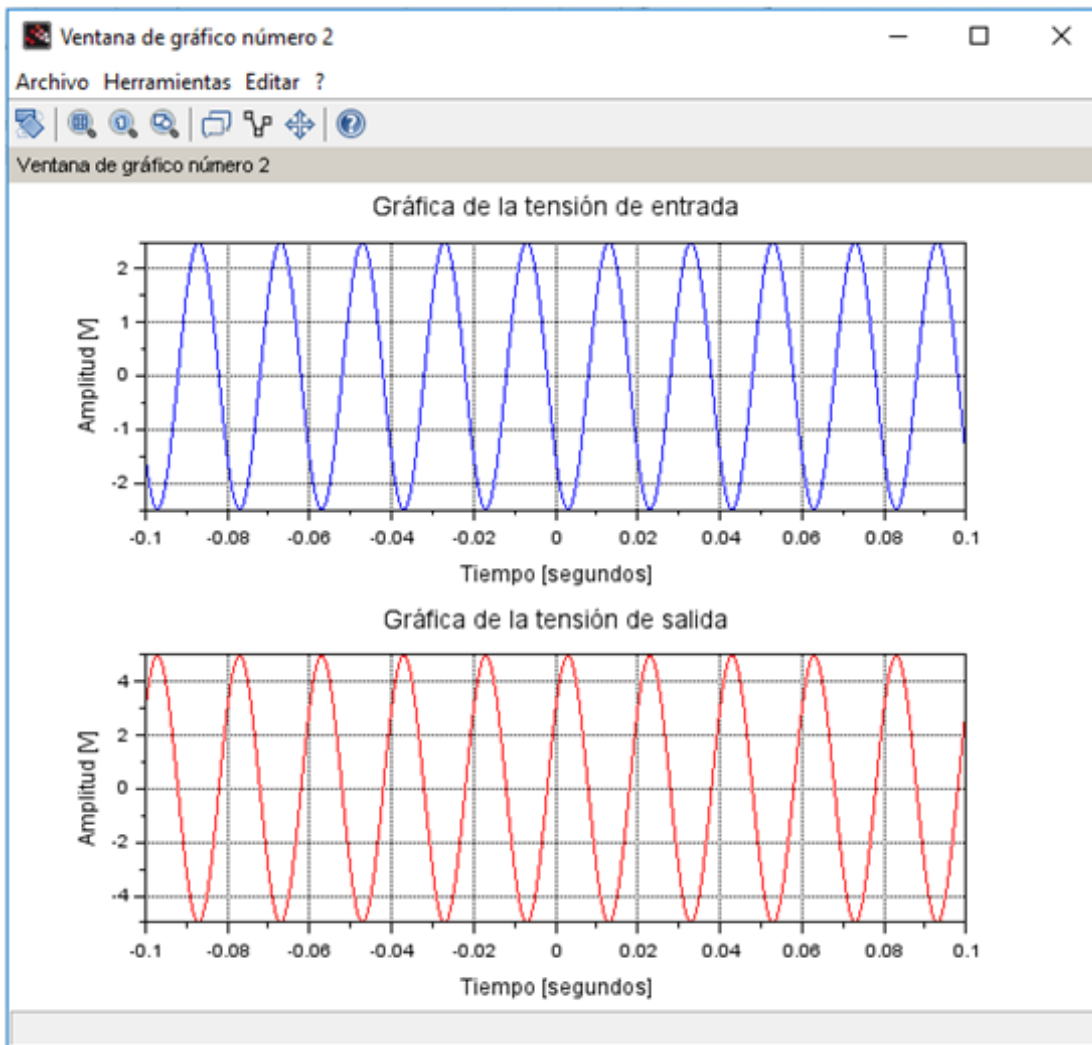


Fig. 6. Gráficas de tensión de entrada y salida del módulo amplificador inversor, para la variante 2

Como puede observarse en los valores de la ganancia y tensión de salida de la figura 5, para los valores seleccionados en este diseño de amplificador inversor el resultado es invertir la polaridad de la señal de salida y amplificar la señal de salida al doble de la señal de entrada, estos resultados se verifican en las gráficas de la figura 6, donde se debe resaltar, como se muestra en las gráficas, el cambio de polaridad punto a punto, mientras amplifica la señal de salida al doble de la señal de entrada.

### Variante 3

Para el análisis de la variante 3 se dejarán los datos que aparecen por defecto al abrir el módulo que consisten en que las resistencias de entrada y retroalimentación serán de igual valor y el estímulo en este caso será de corriente directa, como muestra la tabla 3. En la figura 7, se muestran los resultados de ganancia y tensión de salida, mientras que en la figura 8, se muestran las gráficas de la tensión de entrada y salida.

Tabla 3. Valores de los parámetros de entrada para la variante 3

Parámetro	Valor	Unidad
Resistencia de entrada $R_1$	10	$k\Omega$
Resistencia de retroalimentación $R_2$	10	$k\Omega$
Tensión de entrada $U_1$	2,5	V
Frecuencia	0	Hz

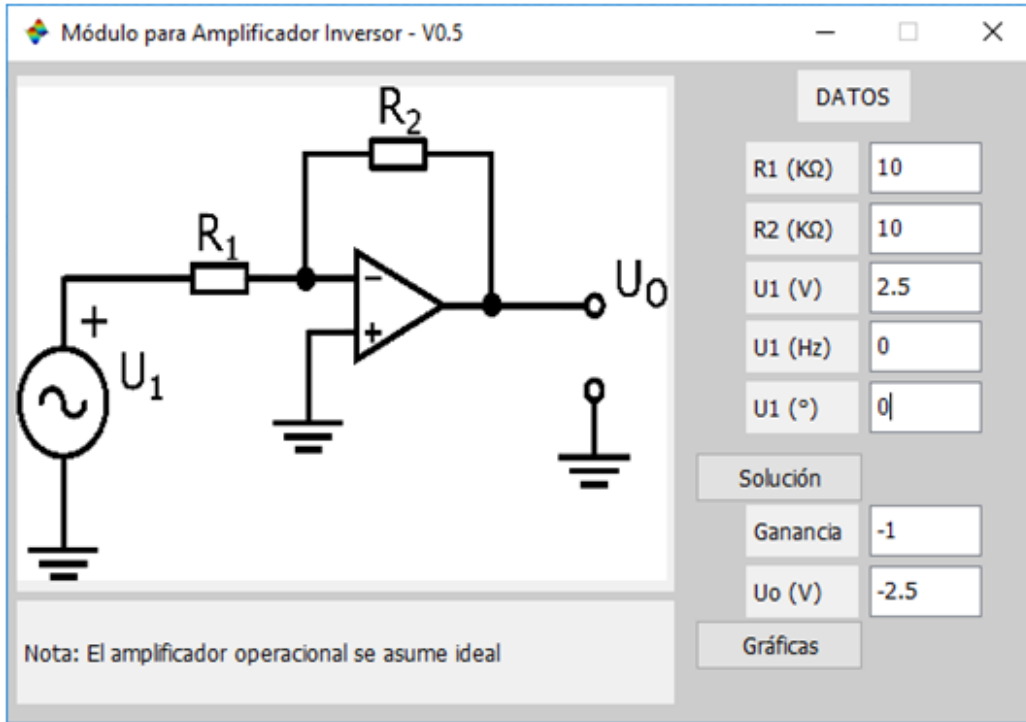


Fig. 7. Resultados de ganancia y tensión del módulo amplificador operacional inversor, para la variante 3

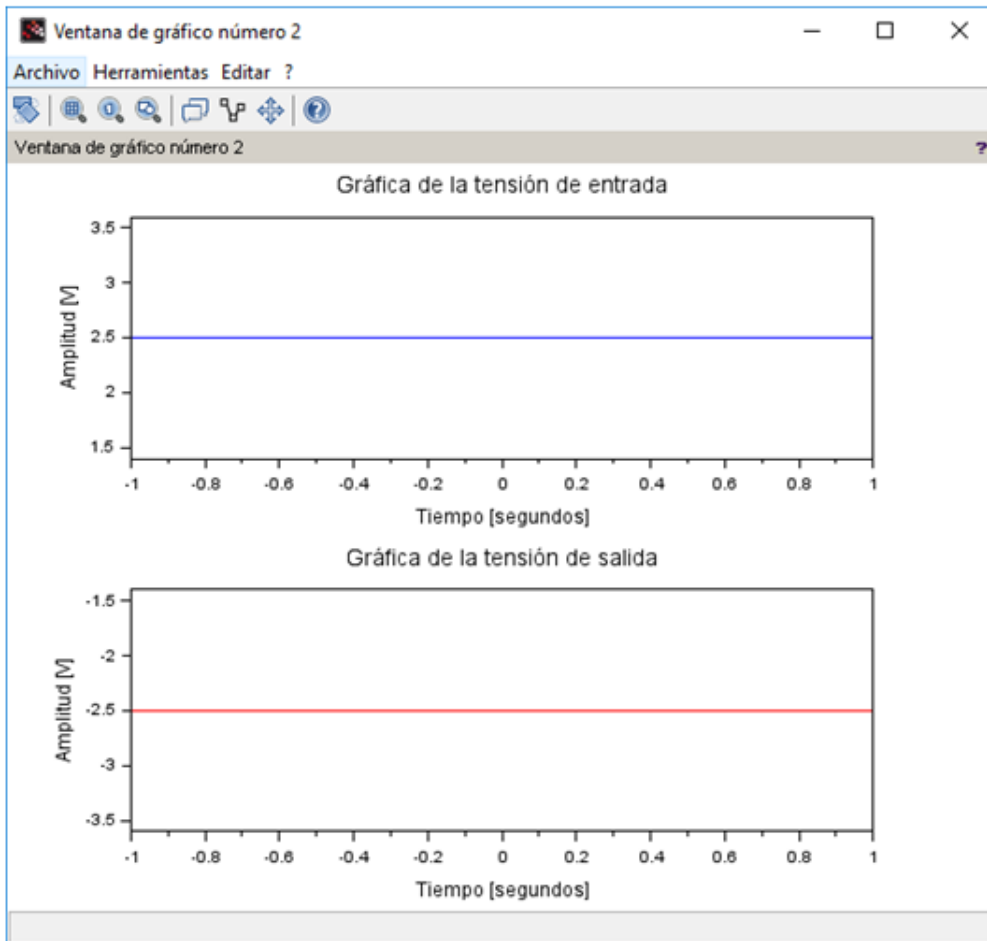


Fig. 8. Gráficas de tensión de entrada y salida del módulo amplificador inversor, para la variante 2

Obsérvese que los valores de la ganancia y tensión de salida de la figura 7, para los valores seleccionados en este diseño de amplificador inversor son iguales a la variante 1 puesto que las resistencias de entra y salida son iguales, sin embargo, las formas de ondas son diferente debido a que el estímulo, tensión de entra es de corriente directa, como se muestran en la figura 8.



## Análisis de los resultados

Con el objetivo de analizar y evaluar los resultados obtenidos con la aplicación OpEdu, se entrevistó una muestra de 30 estudiantes de 2<sup>do</sup> año que cursaron las asignaturas de Circuitos Eléctricos en el período 2020 -2021, de la carrera de ingeniería eléctrica en la Universidad Tecnológica de la Habana, Cujae.

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

**Pregunta No. 1.** ¿Considera que la aplicación OpEdu le ayudó a reforzar los contenidos teóricos – prácticos, así como el desarrollo de habilidades prácticas?

Las respuestas de esta pregunta se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados de la Pregunta No 1

	Frecuencia	%
Si	30	100
No	-	-
Total	30	100

**Análisis e interpretación:** Se observa que el 100% de los estudiantes entrevistados consideran que la aplicación OpEdu, desarrollada con el software libre Scilab, los ayudó a reforzar y mejorar el aprendizaje de los contenidos teóricos – prácticos impartidos en las actividades lectivas, así como a desarrollar habilidades en el diseño de circuitos eléctricos utilizando amplificadores operacionales. Lo que pudiera interpretarse que a partir del empleo de la aplicación OpEdu como herramienta educativa se ha obtenido un mejoramiento en el proceso de enseñanza – aprendizaje de los circuitos eléctricos, específicamente en el tema de los amplificadores operacionales.

**Pregunta No. 2.** ¿El empleo de la aplicación OpEdu elevó la motivación por la carrera?

Las respuestas de esta pregunta se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.** Resultados de la Pregunta No 2

	Frecuencia	%
Si	27	90
No	1	3
En alguna medida	2	7
Total	30	100

**Análisis e interpretación:** El 90 % de los estudiantes entrevistados plantean que el empleo de la aplicación OpEdu los ayudó a elevar la motivación por la carrera pues además de los conocimientos teórico – prácticos adquiridos con la herramienta también estos son aplicados a casos de estudios reales de la profesión como por ejemplo el diseño de circuitos eléctricos analógicos con el empleo de amplificadores operacionales.

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo y empleo de la aplicación OpEdu versión 0.5, se pudo comprobar que presenta una gran utilidad práctica para el mejoramiento del proceso de enseñanza – aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, pues no solo ayuda al análisis de los modelos que están implementados, sino también facilita una herramienta, con una interfaz gráfica, para que a partir de los modelos propuestos realizar nuevas configuraciones, a través de variaciones de los parámetros de entrada. Estas herramientas tienen acceso de forma gratuita, para apoyar a un mayor alcance, de aquellos que no pueden costear herramientas semejantes.

Por otro lado, el trabajo metodológico que se desarrolla en las asignaturas de Circuitos Eléctricos y Electrónica en la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de la Habana, Cujae, potencia el desarrollo, a través de la experimentación, de herramientas educativas mediante el empleo de software libres como el Scilab, lo que ha elevado el nivel de motivación e interés de los estudiantes por la carrera con el consecuente mejoramiento del proceso de enseñanza – aprendizaje de los circuitos eléctricos y electrónica.

## REFERENCIAS

- [1] HERNÁNDEZ J. G. Garfías, *et al.* "La importancia de los amplificadores operacionales en los equipos médicos". Revista del centro de graduados e investigación. Instituto Tecnológico de Mérida. vol. 34, n. 76, ISSN 0185-6294, 2019. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.revistadelcentrodegraduados.com/2020/02/la-importancia-de-los-amplificadores.html>
- [2] MARTÍNEZ M. Pérez, *et al.* "Desarrollo de aplicaciones en el software Scilab para el análisis de armónicos en sistemas industriales". Revista Ingeniería Energética. vol. 43, n. 1. ISSN 1815-5901, 2022. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/647/792>
- [3] VÁZQUEZ A. S. Medina, *et al.* "Metodología de bajo costo para implementar circuitos electrónicos integrados, un ejemplo de aplicación". Ingeniería Investigación y Tecnología. vol. 20, n. 3, ISSN 2594-0732, 2019. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.029>
- [4] DEL CUETO L. Herrera. "Diseño de un amplificador de potencia Clase-E de banda ancha usando filtros en las redes de adaptación". Revista de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones (RIELAC), vol. 41, n. 2, ISSN: 1815-5928, 2020. [En línea]. [Consultado 21 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.scienceopen.com/document?vid=43961d61-f1c0-4926-ac95-96d6cc407af8>
- [5] RENDÓN J. F. López, *et al.* "Comparación entre el amplificador operacional real y su modelo ideal: un análisis estadístico". Revista Scientia Et Technica. vol. 15, n. 43, ISSN: 0122-1701, 2009. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917310021>
- [6] GONZALEZ M. L. Luna, *et al.* "Implementación de tecnologías libres y sensores remotos para un biobanco: el desafío de producir a bajo costo". Implementación de tecnologías. vol. 31, n. 2, ISSN 0718-0764, 2020. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000200149>
- [7] MEDINA E. R. Moo y D. Romero Romero. "Controlador difuso tipo-2 para el control de velocidad de un motor de CD sujeto a un disturbio grande". Computación y Sistemas, vol. 22, n. 2, ISSN 2007-9737, 2018. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/cys/v22n2/1405-5546-cys-22-02-521.pdf>
- [8] CISNEROS O. Sepúlveda, *et al.* "Desarrollo de un sistema embebido para un compostero doméstico inteligente". Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información. vol. 3, n. 41, ISSN 1646-9895, 2021. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://scielo.pt/pdf/rist/n41/1646-9895-rist-41-112.pdf>
- [9] DOMÍNGUEZ Y. Rodríguez, *et al.* "Implementación de un sistema de detección de menaje para aplicaciones en cocinas de inducción". Revista de Ingeniería Energética. vol. 40, n. 2, ISSN 1815-5901, 2019. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/565>
- [10] MATANGO S. y E. Ávalos. "Diseño e Implementación de un Sistema Bifrecuencial Basado en Láseres de Baja Potencia". Revista Politécnica. vol. 45, n. 02. ISSN 2477-8990, 2020. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.33333/rp.vol45n2.06>
- [11] GUILLERMO R. Valdivia. "Modelo compacto con capacidad de predicción de parámetros físicos para amplificadores de RF". Revista Facultad de Ingeniería. vol. 28, n. 51, ISSN: 0121-1129, 2019. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n51.2019.9132>
- [12] MATÍNEZ M. Pérez, *et al.* "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. vol. 14, n. 2. ISSN:1988-3145, 2021. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/MSEL/article/view/15005>
- [13] MARTÍNEZ M. Pérez, S. Z. López Collazo y J. Ramas Guardarama. "Potencialidades del software Scilab en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la asignatura de circuitos eléctricos". Tecnología Educativa, vol. 6, n. 1, ISSN: 2519-9436, 2021. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://tecedu.uho.edu.cu/index.php/tecedu/article/view/259/201>
- [14] MARTÍNEZ M. Pérez, *et al.* "Utilización del software libre Scilab en las asignaturas de Circuitos Eléctricos de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría". 1 ed ,Cujae. ISBN: 978-959-261-605-9, 2021. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/354536713\\_Utilizacion\\_del\\_software\\_libre\\_Scilab\\_en\\_las\\_asignaturas\\_de\\_Circuitos\\_Electricos\\_de\\_la\\_carrera\\_de\\_Ingenieria\\_Electrica\\_de\\_la\\_Universidad\\_Tecnologica\\_de\\_la\\_Habana\\_Jose\\_Antonio\\_Echeverria](https://www.researchgate.net/publication/354536713_Utilizacion_del_software_libre_Scilab_en_las_asignaturas_de_Circuitos_Electricos_de_la_carrera_de_Ingenieria_Electrica_de_la_Universidad_Tecnologica_de_la_Habana_Jose_Antonio_Echeverria)
- [15] MARTÍNEZ M. Pérez, J. Ramos Guardarrama y J. Santos Baranda. "Integración de las tecnologías en las asignaturas de Circuitos Eléctricos". Revista Pedagogía Profesional. vol. 20. n. 1. ISSN: 1684-5765, 2022. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/360407777\\_Integracion\\_de\\_las\\_tecnologias\\_en\\_las\\_asignaturas\\_de\\_Circuitos\\_Electricos](https://www.researchgate.net/publication/360407777_Integracion_de_las_tecnologias_en_las_asignaturas_de_Circuitos_Electricos)

- [16] MARTÍNEZ M. Pérez, *et al.* `` Empleo del simulador edison como herramienta didáctica para el aprendizaje de los circuitos eléctricos''. 2022. [En línea]. [Consultado 12 de enero de 2022]. Disponible en: <https://tecedu.uho.edu.cu/index.php/tecedu/article/download/205/158?inline=1>

### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Maykop Pérez Martínez:** <https://orcid.org/0000-0003-3073-1675>

Diseño de la investigación , recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, en la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

**Josnier Ramos Guardarrama:** <https://orcid.org/0000-0002-8796-8481>

Diseño de la investigación , recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, en la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

**Raimundo Carlos Silvério Freire:** <https://orcid.org/0000-0002-5395-7143>

Recolección de datos. Diseño de la investigación. Análisis de los resultados, en la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

**José Antonio Rodríguez Valdés:** <https://orcid.org/0000-0003-3890-0613>

Recolección de datos. Redacción del borrador del artículo, en la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.