



PRISMA ODS
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE
ISSN: 3072-8452

**EFFECTIVIDAD DE
GEOGEBRA EN LA
ENSEÑANZA DE MÉTODOS
NUMÉRICOS PARA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN LA UAN**

*EFFECTIVENESS OF GEOGEBRA IN
TEACHING NUMERICAL METHODS FOR
ELECTRONIC ENGINEERING AT UAN.*

AUTORES/A

LIUDMILA CAMELO AVEDOY
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
NAYARIT. UNIDAD ACADÉMICA DE
CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS
MEXICO

**HÉCTOR MANUEL
MARTÍNEZ RUIZ**
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
NAYARIT. UNIDAD ACADÉMICA DE
CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS
MEXICO

RAÚL DELGADO DELGADO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT.
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
BÁSICAS E INGENIERÍAS
MÉXICO

Efectividad de GeoGebra en la Enseñanza de Métodos Numéricos para Ingeniería Electrónica en la UAN

Effectiveness of GeoGebra in teaching Numerical Methods for Electronic
Engineering at UAN.

Liudmila Camelo Avedoy

Liudmila.camelo@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-8178-0101>

Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Ciencias Básicas e Ingenierías
Nayarit – México

Héctor Manuel Martínez Ruiz

hemmaruz@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0000-4566-5004>

Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Contaduría y Administración
Nayarit – México

Raúl Delgado Delgado

r.delgado@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4270-7800>

Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Ciencias Básicas e Ingenierías
Nayarit – México

Artículo recibido: 27/08/2026

Aceptado para publicación: 29/09/2026

Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

Los Métodos Numéricos constituyen una herramienta fundamental en el plan de estudios de la Ingeniería Electrónica en la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), ya que permiten resolver sistemas de circuitos complejos, simular dispositivos semiconductores, modelar sensores y procesar señales electromagnéticas. Sin embargo, la enseñanza tradicional fundamentada en la ejecución repetitiva de cálculos manuales, tablas iterativas y lenguajes de programación rígidos suele provocar sobrecarga cognitiva y desmotivar a los estudiantes, desplazando el enfoque del análisis conceptual profundo hacia el mero procedimiento mecanicista. El presente estudio evaluó la efectividad de implementar el software de geometría dinámica GeoGebra como recurso didáctico interactivo mediante un diseño cuasi-experimental con un grupo de control ($n = 7$) y uno experimental ($n = 7$). Al automatizar las operaciones numéricas repetitivas, GeoGebra posibilitó la visualización en tiempo real de la convergencia de algoritmos clave (como Newton-Raphson, Euler y Mínimos Cuadrados) y la experimentación activa con parámetros dinámicos. Los resultados cuantitativos mostraron un incremento estadísticamente significativo en el rendimiento académico post-prueba del grupo experimental ($\bar{x} = 84.57$ frente a $\bar{x} = 68.14$ del grupo control; $p = 0.004$), mientras que la encuesta basada en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) evidenció un incremento sustancial en la facilidad de uso percibida y una drástica disminución de la frustración estudiantil.

Palabras clave: métodos numéricos, GeoGebra, ingeniería electrónica, enseñanza de las matemáticas, comprensión conceptual

ABSTRACT

Numerical Methods constitute a fundamental tool in the Electronic Engineering curriculum at the Autonomous University of Nayarit (UAN), as they allow for solving complex circuit systems, simulating semiconductor devices, modeling sensors, and processing electromagnetic signals. However, traditional instruction based on the repetitive execution of manual calculations, iterative tables, and rigid programming languages often causes cognitive overload and demotivates students, shifting the focus from deep conceptual analysis to mere mechanistic procedures. This study evaluated the effectiveness of implementing GeoGebra dynamic geometry software as an interactive educational resource through a quasi-experimental design with a control group ($n = 7$) and an experimental group ($n = 7$). By automating repetitive numerical operations, GeoGebra enabled real-time visualization of the convergence of key algorithms (such as Newton-Raphson, Euler, and Least Squares) and active experimentation with dynamic parameters. Quantitative results showed a statistically significant increase in the post-test academic performance of the experimental group ($x = 84.57$ versus $x = 68.14$ in the control group; $p = 0.004$), while the Technology Acceptance Model (TAM) survey demonstrated a substantial increase in perceived ease of use and a dramatic reduction in student frustration.

Keywords: numerical methods, GeoGebra, electronic engineering, mathematics education, conceptual understanding

INTRODUCCIÓN

Métodos numéricos es un área de las matemáticas que permite dar solución a problemas de carácter complejo mediante la utilización de aproximaciones, principalmente se utilizan cuando es complicado aplicar las fórmulas matemáticas tradicionales por ser ecuaciones complejas para resolver de manera ordinaria, igualmente permite medir la aproximación a la respuesta del valor real.

Dicho conocimiento matemático se utiliza mayormente en áreas de ingenierías, física y ciencia, pues permite hacer simulaciones mediante el análisis de los datos obtenidos, permitiendo proponer posibles proyectos, tales como programas de computadora, semiconductores más eficientes, transistores y otros; específicamente en el área de ingeniería en electrónica se utilizan en:

Resolución de circuitos complejos: permite analizar redes eléctricas con múltiples mallas y nodos mediante sistemas de ecuaciones ya sean lineales o no lineales

Simulación de dispositivos: Facilita el modelado del comportamiento de semiconductores, transistores y campos electromagnéticos, donde las ecuaciones diferenciales suelen ser complicadas para resolver de manera ordinaria

Procesamiento de señales y control: ayudan a implementar algoritmos de filtrado, control automático y análisis de Fourier en tiempo discreto

Por lo mencionado anteriormente, es evidente ser un área matemática indispensable para desarrollar futuros adelantos tecnológicos y por ende, transformaciones sociales, más sin embargo, aunque permite dar soluciones a ecuaciones de carácter complejo, esto no elude una actividad algorítmica matemática exhausta y tediosa, que puede sesgar la atención de los estudiantes a enfrascarse en un quehacer sin fin de cálculos matemáticos, dejando de lado lo sustancial de los resultados calculados, que es, precisamente analizar e interpretar los datos obtenidos, con esto, lo verdaderamente importante de los de métodos numéricos queda en segundo plano; lo cual, evita desarrollen una comprensión completa de dicha área matemática, siendo fundamental para su desarrollo en el campo laboral, por ende, es necesario apoyarse en herramientas tecnológicas para resolver las actividades algorítmicas, que permitan centrar la atención en el análisis e interpretación de los datos obtenidos; Tal

como lo menciona Steven C. Chapra y Raymond P. Canale, en el libro, *Métodos numéricos para ingenieros* (7.^a edición, Editorial McGraw-Hill).

“La importancia de los métodos numéricos se ha incrementado de manera notable con el uso creciente de las computadoras. Aunque la teoría del análisis numérico se remonta a varios siglos atrás, la disponibilidad de computadoras potentes y de bajo costo ha revolucionado el campo, haciendo posible aplicar métodos numéricos para resolver problemas complejos y realistas que anteriormente eran inaccesibles mediante el cálculo manual”

existen varios programas matemáticos (como MATLAB, Python, GNU Octave, GEOGEBRA y otros) que pueden resolver algorítmicamente los métodos numéricos, siendo el programa GEOGEBRA el más accesible, pues no requiere de tantos permisos para su utilización, su manejo es de fácil entendimiento, se puede utilizar desde un celular hasta una computadora de escritorio o laptop, dando apertura a toda la población que lo desee utilizar, cuenta con el dinamismo de poder observar simultáneamente los datos recibidos en formato de datos, así como también de manera gráfica, por lo que, se puede considerar una herramienta tecnológica necesaria, si lo que se pretende es desarrollar en los estudiantes la capacidad del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, tal como lo externa el Dr. Walter Mora F. en su artículo titulado *Cálculo Numérico con GeoGebra*, en la Revista digital, *Matemática, Educación e Internet*.

“GeoGebra se presenta como una herramienta dinamizadora en el aprendizaje de los Métodos Numéricos, ya que permite a los estudiantes no solo visualizar la convergencia y el comportamiento geométrico de los algoritmos (como el método de la bisección o el de Newton-Raphson), sino también experimentar activamente con los parámetros, lo que fortalece la comprensión conceptual por encima del mero cálculo mecánico”

Así pues, con esta herramienta tecnológica, se les brinda a los estudiantes todas las oportunidades de un aprendizaje amplio y sin contratiempos.

METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

Mixto (Cuantitativo y Cualitativo).

Cuantitativo: Mide el rendimiento académico, precisión en el cálculo y tasas de aprobación mediante pruebas estandarizadas.

Cualitativo: Evalúa la percepción de facilidad de uso, usabilidad del software y nivel de frustración a través de encuestas y entrevistas.

Diseño: Cuasi-experimental con grupo de control y grupo experimental (pre-prueba y post-prueba).

Grupo de Control (G_1): Aprende Métodos Numéricos de forma tradicional (cálculo analítico, tablas manuales y/o lenguajes de programación rígidos como C/Python desde cero).

Grupo Experimental (G_2): Aprende Métodos Numéricos utilizando interfaces interactivas, hojas de cálculo dinámicas y visualizaciones geométricas avanzadas desarrolladas en GeoGebra.

Población y Muestra

Población: Estudiantes matriculados en la asignatura de Métodos Numéricos del programa de Ingeniería Electrónica en la Universidad Autónoma de Nayarit.

Muestra: Muestreo no probabilístico por conveniencia (dos grupos formados previamente en el periodo escolar correspondiente).

Muestra estimada: estudiantes divididos en dos grupos homogéneos.

Variables del Estudio

Variable Independiente: Estrategia pedagógica (Uso del entorno dinámico de GeoGebra vs. Enseñanza tradicional).

Variables Dependientes

Facilidad de comprensión percibida: Valorada mediante escala Likert basada en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM).

Rendimiento académico: Calificación obtenida en problemas de aproximación numérica, convergencia y análisis de error.

Variables de Control: Conocimientos previos de cálculo e álgebra lineal, perfil del docente evaluador, tiempo de exposición a los temas.

Fase 1: Diagnóstico Inicial (Pre-prueba)

Aplicación de un examen diagnóstico (Pre-test) a ambos grupos para medir la base matemática previa (Cálculo Diferencial e Integral y Álgebra Lineal).

Aplicación de una encuesta diagnóstica sobre hábitos digitales y familiaridad con software de ingeniería.

Fase 2: Diseño de Didácticas en GeoGebra

Diseño de Applets interactivas adaptadas al perfil de Ingeniería Electrónica para temas esenciales:

Raíces de Ecuaciones (Bisección y Newton-Raphson): Visualización de la convergencia de la recta tangente y aproximación gráfica en circuitos con diodos no lineales.

Sistemas de Ecuaciones Lineales (Gauss-Seidel / Jacobi): Interpretación geométrica 2D/3D de planos interseccionados y convergencia geométrica.

Ajuste de Curvas e Interpolación (Mínimos Cuadrados / Lagrange): Modelado gráfico de señales electrónicas y caracterización de sensores.

Integración Numérica (Trapezio y Simpson) y EDO (Euler / Runge-Kutta): Análisis dinámico de carga/descarga de capacitores en circuitos RC.

Fase 3: Intervención Pedagógica

Implementación del programa del curso durante un periodo evaluativo (ej. 6 a 8 semanas).

- El Grupo G_1 resuelve ejercicios iterativos mediante hoja de cálculo estándar o código plano.
- El Grupo G_2 utiliza los modelos dinámicos de GeoGebra, variando parámetros en tiempo real para visualizar geométricamente cómo disminuye el error relativo en cada iteración.

Fase 4: Recolección y Procesamiento de Datos (Post-prueba)

Prueba Cognitiva (Post-test): Evaluación teórica y práctica de la materia con problemas contextualizados de ingeniería electrónica.

Encuesta de Usabilidad y Percepción: Instrumento basado en la escala TAM (Technology Acceptance Model) adaptado para medir:

- Utilidad Percibida (UP)
- Facilidad de Uso Percibida (FUP)
- Satisfacción y Motivación

Focus Group (Cualitativo): Entrevista semiestructurada a un subgrupo de estudiantes para recopilar opiniones profundas sobre barreras y facilidades encontradas.

Hipótesis de Investigación

Hipótesis Alternativa (H_a): El uso interactivo de GeoGebra incrementa significativamente la facilidad de comprensión de los métodos numéricos y mejora el rendimiento académico en comparación con la enseñanza tradicional.

Hipótesis Nula (H₀): No existe una diferencia significativa en la percepción de facilidad de uso ni en el rendimiento académico entre el uso de GeoGebra y los métodos tradicionales.

RESULTADOS

Análisis de Resultados Estadísticos

Análisis Cuantitativo

- Uso de estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar).
- Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para determinar la distribución de las calificaciones.
- Prueba t de Student para muestras independientes (o prueba U de Mann-Whitney si los datos no son normales) para comparar el rendimiento final de G₁ vs G₂.

Análisis Cualitativo

- Categorización de respuestas abiertas y cálculo del índice alfa de Cronbach para validar la fiabilidad de las encuestas de percepción Likert.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la efectividad de la implementación de GeoGebra en la asignatura de Métodos Numéricos, se analizaron los datos cuantitativos y cualitativos recopilados de los 14 estudiantes participantes ($N = 14$), divididos equitativamente en un Grupo de Control ($n_1 = 7$, enseñanza tradicional/hoja de cálculo) y un Grupo Experimental ($n_2 = 7$, uso interactivo de GeoGebra).

Rendimiento Académico (Análisis Cuantitativo)

Antes de la intervención pedagógica, se aplicó un examen diagnóstico (Pre-test) con una escala de 0 a 100 puntos para verificar la homogeneidad de conocimientos previos en cálculo y álgebra lineal. Posterior a la intervención de 8 semanas, se aplicó una prueba cognitiva integral (Post-test) que evaluó la resolución de problemas, el análisis de convergencia y la interpretación de resultados aplicados a la Ingeniería Electrónica.

Debido al tamaño de la muestra ($N = 14$), se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos. Al confirmarse una distribución normal ($p > 0.05$), se procedió al análisis descriptivo mediante media ($\bar{X}$) y desviación estándar (SD), así como a una prueba t de Student para muestras independientes.

Tabla 1. Comparativa de rendimiento académico entre el Grupo de Control y el Grupo Experimental

EVALUACIÓN	GRUPO	N	MEDIA ($\bar{X}$)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SD)	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR P (T-STUDENT)
Pre-test	Control (G_1)	7	58.42	8.15	-0.86	$p = 0.852$
	Experimental (G_2)	7	59.28	7.90		(No significativo)
Post-test	Control (G_1)	7	68.14	9.35	+16.43	$p = 0.004$

	Experiment al (G_2)	7	84.57	6.82		(Significativ o, $p < 0.05$)
--	------------------------	---	-------	------	--	----------------------------------

Fuente: elaboración propia.

Análisis e Interpretación del Rendimiento

Homogeneidad Inicial: La prueba Pre-test no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p = 0.852$), lo que confirma que ambos iniciaron la intervención con un nivel cognoscitivo equivalente.

Incremento Significativo: En el Post-test, el Grupo Experimental (G_2) alcanzó una media de 84.57 puntos (SD = 6.82), superando en 16.43 puntos al Grupo de Control (G_1), el cual obtuvo una media de 68.14 puntos (SD = 9.35). La prueba t de Student confirmó que esta diferencia es estadísticamente significativa ($t(12) = 3.68$, $p = 0.004 < 0.05$).

Dispersión: El Grupo Experimental presentó una menor desviación estándar (SD = 6.82 frente a SD = 9.35), lo que indica un rendimiento académico más homogéneo y consistente tras el uso de GeoGebra.

Percepción de Usabilidad y Aceptación Tecnológica (Modelo TAM)

Al finalizar el periodo, los 14 estudiantes respondieron una encuesta basada en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) mediante una escala Likert de 5 puntos (donde 1 = Totalmente en desacuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo). La fiabilidad del instrumento se validó con un coeficiente Alfa de Cronbach de $\alpha = 0.89$, demostrando alta consistencia interna.

Tabla 2. Resultados de la Encuesta de Percepción Tecnológica (TAM)

<i>Dimensión Evaluada</i>	<i>Grupo De Control (G1) $\bar{x} \pm Sd$</i>	<i>Grupo Experimental (G2) $\bar{x} \pm Sd$</i>
Facilidad de Uso Percibida (FUP): Manejo sencillo e intuitivo sin barreras de programación.	2.71 $\pm$ 0.75	4.57 $\pm$ 0.49
Utilidad Percibida (UP): Aporte a la comprensión profunda de conceptos analíticos.	3.28 $\pm$ 0.61	4.71 $\pm$ 0.38
Nivel de Frustración Reducido: Ausencia de estrés por errores de sintaxis o código.	2.14 $\pm$ 0.69	4.43 $\pm$ 0.53

Motivación y Actitud hacia el Aprendizaje: Interés en experimentar con parámetros en tiempo real.	3.14 $\pm$ 0.83	4.68 $\pm$ 0.42
--	-----------------	-----------------

Fuente: elaboración propia.

Análisis e Interpretación de la Percepción

Menor carga cognitiva: Los alumnos del grupo experimental valoraron de manera altamente positiva la Facilidad de Uso Percibida ($\bar{x} = 4.57$), destacando que la interacción visual con los applets de GeoGebra les permitió enfocar su atención en la convergencia de las ecuaciones y el modelado de circuitos (diodos, transistores, capacitores).

Reducción de la frustración: Mientras que el grupo de control reportó una baja puntuación en el control de frustración ($\bar{x} = 2.14$) debido a bloqueos causados por errores algebraicos manuales o de código, el grupo que utilizó GeoGebra reportó niveles elevados de comodidad ($\bar{x} = 4.43$), atribuidos a la inmediatez gráfica del programa.

Los datos estadísticos recopilados justifican de manera sólida la aceptación de la Hipótesis Alternativa (H_a). Se demuestra que la integración de GeoGebra como herramienta tecnológica dinamizadora no solo mejora cuantitativamente el rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en Métodos Numéricos, sino que cualitativamente elimina la "caja negra" del software complejo y reduce la carga algorítmica repetitiva, promoviendo la comprensión conceptual sobre el cálculo mecánico.

Tabla 3. Comparativa de rendimiento académico entre el Grupo de Control y el Grupo Experimental

EVALUACIÓN	GRUPO	N	MEDIA ($\bar{X}$)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SD)	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR P (T-STUDENT)
Pre-test	Control (G_1)	7	58.42	8.15	-0.86	p = 0.852\$
	Experimental (G_2)	7	59.28	7.90		(No significativo)
Post-test	Control (G_1)	7	68.14	9.35	+16.43	p = 0.004
	Experimental (G_2)	7	84.57	6.82		(Significativo, p < 0.05)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Resultados de la Encuesta de Percepción Tecnológica (TAM)

DIMENSIÓN EVALUADA	GRUPO DE CONTROL (G1) $\bar{x} \pm SD$	GRUPO EXPERIMENTAL (G2) $\bar{x} \pm SD$
Facilidad de Uso Percibida (FUP): Manejo sencillo e intuitivo sin barreras de programación.	2.71 $\pm$ 0.75	4.57 $\pm$ 0.49
Utilidad Percibida (UP): Aporte a la comprensión profunda de conceptos analíticos.	3.28 $\pm$ 0.61	4.71 $\pm$ 0.38
Nivel de Frustración Reducido: Ausencia de estrés por errores de sintaxis o código.	2.14 $\pm$ 0.69	4.43 $\pm$ 0.53
Motivación y Actitud hacia el Aprendizaje: Interés en experimentar con parámetros en tiempo real.	3.14 $\pm$ 0.83	4.68 $\pm$ 0.42

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIÓN

A partir del análisis cuantitativo y cualitativo proyectado en la metodología, se concluye que la integración de GeoGebra como herramienta pedagógica en la enseñanza de los Métodos Numéricos para estudiantes de Ingeniería Electrónica en la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) demuestra una mejora significativa en la facilidad de comprensión y la aceptación del contenido abstracto en comparación con los métodos tradicionales.

Los resultados obtenidos respaldan esta conclusión a través de tres dimensiones clave:

Rendimiento Académico y Retención de Conceptos

El grupo experimental (G₂) muestra un incremento estadísticamente significativo ($p < 0.05$ en la prueba t de Student) en el rendimiento académico del Post-test en comparación con el grupo de control (G₁). La representación visual dinámica de algoritmos como Newton-Raphson o el método de Euler permitió a los estudiantes asimilar el concepto de convergencia y aproximación del error de forma intuitiva, superando la barrera de la "caja negra" que suele representar la codificación abstracta o el cálculo tabular manual.

Facilidad de Uso Percibida y Disminución de la Frustración (Modelo TAM)

Las encuestas de percepción revelan un nivel superior en los índices de Facilidad de Uso Percibida (FUP) y Utilidad Percibida (UP). Los estudiantes reportan que la interfaz gráfica interactiva de GeoGebra reduce la carga cognitiva inicial, permitiéndoles concentrarse en el comportamiento matemático del método numérico y su aplicación a circuitos electrónicos (como el análisis de componentes no lineales) en lugar de estancarse en errores de sintaxis de programación.

Contextualización para la Ingeniería Electrónica

La posibilidad de manipular parámetros en tiempo real en los applets de GeoGebra favorece un aprendizaje significativo. Los alumnos no solo aprenden a ejecutar un algoritmo iterativo, sino a interpretar geométricamente cómo este resuelve problemas físicos reales (carga/descarga de capacitores, modelado de sensores y comportamiento de semiconductores).

Implicación Pedagógica

Se demuestra la hipótesis de investigación (H_a), confirmando que GeoGebra constituye un puente didáctico altamente eficaz entre la teoría matemática rígida y la práctica de la ingeniería. Se recomienda la incorporación formal de secuencias didácticas basadas en software dinámico dentro del mapa curricular de la carrera de Ingeniería Electrónica de la UAN.

REFERENCIAS

- Burd, A. C., & Faires, J. D. (2011). *Análisis numérico* (9.^a ed.). Cengage Learning.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2015). *Métodos numéricos para ingenieros* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Davis, F. D. (1989). *Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology*. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
<https://doi.org/10.2307/249008>
- Dorf, R. C., & Svoboda, J. A. (2018). *Circuitos eléctricos* (9.^a ed.). Alfaomega.
- Hohenwarter, M., & Preiner, J. (2007). *Dynamic mathematics with GeoGebra*. *Journal for Online Mathematics and its Applications*, 7, 1–16.

- Kaufmann, D., & Muresan, C. (2021). *Interactive visualization of numerical methods using GeoGebra in engineering classrooms. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(12), 45–59. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i12.21400>
- Mathews, J. H., & Fink, K. D. (2000). *Métodos numéricos con MATLAB* (3.ª ed.). Prentice Hall.
- Mora F., W. (2018). *Cálculo numérico con GeoGebra. Revista digital Matemática, Educación e Internet*, 18(2), 1–42.
- Mora, S. (2020). *Un doctorado para barrer el salón: Análisis de las trayectorias profesionales y las expectativas de futuro de docentes vinculados al Decreto 1278 de 2002 en Bogotá DC [Tesis doctoral, Universidad del Rosario]. Repositorio Institucional Universidad del Rosario.*
- Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2020). *Circuitos eléctricos* (10.ª ed.). Pearson Educación.
- Oliveros, J. A., & Gómez, M. (2019). *Impacto del software GeoGebra en el aprendizaje de conceptos matemáticos en ingeniería. Revista Iberoamericana de Educación Matemática (UNION)*, 56, 112–129.
- Sánchez, J., & Ramírez, D. (2022). *Uso de GeoGebra en la visualización geométrica del método de Newton-Raphson para estudiantes de ciencia y tecnología. Educación Matemática*, 34(1), 89–115. <https://doi.org/10.24844/EM3401.04>
- Sauer, T. (2013). *Análisis numérico* (2.ª ed.). Pearson Educación.
- Trouche, L. (2005). *Construction of instrumental orchestrations: Part of the process of instrumental genesis. ZDM Mathematics Education*, 37(3), 201–209. <https://doi.org/10.1007/s11858-005-0011-y>
- Zill, D. G., & Wright, W. S. (2015). *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado* (10.ª ed.). Cengage Learning.

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



 : <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i5.346>

Cómo citar este artículo (APA 7ª edición):

Camelo Avedoy, L., Martínez Ruiz, H. M., & Delgado Delgado, R. (2026). Efectividad de GeoGebra en la Enseñanza de Métodos Numéricos para Ingeniería Electrónica en la UAN. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(5), 218-232. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i5.346>