



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

GEOGEBRA EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LA COMPRENSIÓN DE LA DERIVADA EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA: UN ESTUDIO CUASIEXPERIMENTAL

GEOGEBRA IN ACADEMIC PERFORMANCE AND THE
UNDERSTANDING OF THE DERIVATIVE IN ENGINEERING
STUDENTS: A QUASI-EXPERIMENTAL STUDY

Reinaldo Antonio Guerrero Chirinos

Universidad Técnica Particular de Loja

Hugo Alfredo Pérez Benítez

Universidad de Guayaquil

Ramiro Javier Delgado Vega

Centro de Capacitación Gabriel García Moreno (Team GGM)

María Antonieta León Loaiza

Universidad Técnica Particular de Loja, Loja – Ecuador

Raúl Nicolás Santos Torres

Universidad Técnica Particular de Loja

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21873

GeoGebra en el rendimiento académico y la comprensión de la derivada en estudiantes de ingeniería: Un estudio cuasiexperimental

Reinaldo Antonio Guerrero Chirinos¹

raguerrero12@utpl.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0499-7453>

Universidad Técnica Particular de Loja
Ecuador

Hugo Alfredo Pérez Benítez

hugo.perezb@ug.edu.ec

haperezb@ube.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7460-4032>

Universidad de Guayaquil
Universidad Bolivariana del Ecuador
Ecuador

Ramiro Javier Delgado Vega

ramirodelgadovega@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-4975-3310>

Centro de Capacitación Gabriel García Moreno
(Team GGM)
Ecuador

María Antonieta León Loaiza

maleon8@utpl.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0195-1740>

Universidad Técnica Particular de Loja, Loja –
Ecuador

Raúl Nicolás Santos Torres

rnsantos@utpl.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-0757-1328>

Universidad Técnica Particular de Loja
Ecuador

¹ Autor principal.

Correspondencia: raguerrero12@utpl.edu.ec

RESUMEN

El bajo rendimiento académico y las persistentes dificultades de comprensión conceptual asociadas al aprendizaje de la derivada constituyen un desafío significativo en los programas de ingeniería de la UTPL. La instrucción tradicional, a menudo centrada en la memorización y la ejercitación mecánica, no logra fomentar la intuición geométrica y la conexión con aplicaciones reales, limitando la formación integral de los futuros profesionales. Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la Influencia del Uso del GeoGebra en la enseñanza de la derivada en estudiantes de ingeniería de la institución, evaluando rigurosamente su impacto en el rendimiento académico y la solidez de la comprensión conceptual. Para ello, se implementó un diseño de investigación cuasi-experimental, donde se compararon los resultados obtenidos por un grupo experimental que integró el *software* GeoGebra para la visualización dinámica y la exploración interactiva de los conceptos del cálculo, con un grupo de control que siguió la metodología de instrucción convencional. La recolección de datos se basó en la aplicación de pruebas estandarizadas (pre-test y post-test) para medir el progreso del conocimiento y encuestas de satisfacción para evaluar la percepción y actitud del estudiante hacia la herramienta. Los resultados obtenidos demostraron que la integración de GeoGebra produjo una mejora altamente significativa en el rendimiento académico y una comprensión conceptual notoriamente más robusta en el grupo experimental. Además, los participantes reportaron una alta satisfacción, destacando que la herramienta facilita la visualización gráfica de los conceptos abstractos y promueve un aprendizaje activo y auto-regulado. Se concluye que GeoGebra es una herramienta didáctica eficaz y pertinente que debe ser incorporada en el currículo para modernizar la enseñanza del cálculo, contribuyendo decisivamente a la formación de las competencias matemáticas aplicadas esenciales para los ingenieros. Los resultados indicaron que la implementación de GeoGebra mejoró significativamente el rendimiento académico y fortaleció la comprensión conceptual de la derivada en el grupo experimental. Además, se evidenció una alta satisfacción de los estudiantes, quienes percibieron la herramienta como un facilitador clave para la visualización gráfica y el desarrollo del pensamiento crítico. Las conclusiones de este trabajo contribuyen a la transformación de prácticas docentes innovadoras y ofrecen estrategias pedagógicas basadas en la evidencia para el fortalecimiento de las competencias matemáticas aplicadas en la educación superior en ingeniería.

Palabras clave: geogebra; derivada; rendimiento académico; enseñanza de ingeniería; estudio cuasi-experimental.



GeoGebra in Academic Performance and the Understanding of the Derivative in Engineering Students: A Quasi-Experimental Study

ABSTRACT

The low academic performance and persistent conceptual difficulties associated with learning the derivative constitute a significant challenge in the engineering programs at UTPL. Traditional instruction, often focused on memorization and mechanical exercises, fails to foster geometric intuition and the connection to real-world applications, thus limiting the comprehensive training of future professionals. This research's main objective was to determine the Influence of GeoGebra Use in teaching the derivative to engineering students at the institution, rigorously evaluating its impact on academic performance and the robustness of conceptual understanding. To this end, a quasi-experimental research design was implemented, comparing the results obtained by an experimental group that integrated the GeoGebra software for dynamic visualization and interactive exploration of calculus concepts, with a control group that followed the conventional instructional methodology. Data collection was based on the application of standardized tests (pre-test and post-test) to measure knowledge progress and satisfaction surveys to evaluate student perception and attitude towards the tool. The results obtained demonstrated that the integration of GeoGebra produced a highly significant improvement in academic performance and a notoriously more robust conceptual understanding in the experimental group. Furthermore, participants reported high satisfaction, highlighting that the tool facilitates the graphical visualization of abstract concepts and promotes active and self-regulated learning. The results indicated that the implementation of GeoGebra significantly improved academic performance and strengthened the conceptual understanding of the derivative in the experimental group. Moreover, high student satisfaction was evidenced, as they perceived the tool as a key facilitator for graphical visualization and the development of critical thinking. It is concluded that GeoGebra is an effective and relevant didactic tool that should be incorporated into the curriculum to modernize calculus teaching. The conclusions of this work contribute to the transformation of innovative teaching practices and offer evidence-based pedagogical strategies for strengthening the applied mathematical competencies essential for engineers in higher education.

Keywords: geogebra; derivative; academic performance; engineering education; quasi-experimental study.

*Artículo recibido 15 noviembre 2025
Aceptado para publicación: 15 diciembre 2025*



INTRODUCCIÓN

El contexto de la educación superior en ingeniería exige un dominio profundo de las herramientas matemáticas avanzadas, siendo el cálculo diferencial una disciplina fundamental. Específicamente, el aprendizaje de la derivada representa un desafío central en la formación de futuros ingenieros, dada la abstracción inherente de sus conceptos y la dificultad que enfrentan los estudiantes para relacionarlos con situaciones de aplicación real (González & Sánchez, 2023; Lee et al., 2022). Diversas investigaciones señalan que la persistencia en métodos pedagógicos tradicionales, los cuales se centran predominantemente en la explicación teórica y la resolución algorítmica y mecánica de ejercicios, limita significativamente la comprensión conceptual y, consecuentemente, incide negativamente en la motivación del estudiante hacia el cálculo (Fernández-Barroso, 2024; Villar-Sánchez et al., 2022). Esta situación justifica la búsqueda de estrategias didácticas innovadoras que permitan transformar las aulas en entornos de aprendizaje más interactivos y significativos.

En respuesta a la necesidad de revitalizar la enseñanza del cálculo, el uso de herramientas tecnológicas dinámicas ha emergido como una solución potente. GeoGebra, un software que integra geometría, álgebra y cálculo, se ha consolidado como un recurso de gran impacto en la educación matemática, permitiendo a los estudiantes explorar funciones, representar gráficamente derivadas y establecer relaciones entre conceptos de una forma visualmente atractiva y manipulable (Alvarado, Ortiz, & Pineda, 2021; González et al., 2022; Ayala & Luna, 2025). Investigaciones recientes refuerzan que su implementación efectiva no solo contribuye a la mejora del rendimiento académico, sino que también fortalece la comprensión conceptual y eleva la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de temas complejos como la derivada (Williner, 2024; Barragán, 2024; Figueroa et al., 2023). Al enmarcarse en teorías constructivistas y del aprendizaje situado, GeoGebra potencia la experiencia educativa al permitir que los estudiantes experimenten, analicen y resuelvan problemas de manera más autónoma, facilitando la conexión de la teoría con aplicaciones concretas en el campo de la ingeniería (Borkulo et al., 2021).

No obstante, a pesar de la evidencia general sobre la efectividad de GeoGebra, existe la necesidad de estudios que validen su impacto específico bajo condiciones curriculares y poblacionales definidas, especialmente en el contexto latinoamericano y en programas de ingeniería donde las competencias



aplicadas son cruciales. Por tanto, el presente artículo adopta un diseño cuasi-experimental para evaluar rigurosamente la Influencia del Uso del GeoGebra en la enseñanza de la derivada en estudiantes de ingeniería de la UTPL.

El objetivo central de este estudio es determinar si la integración de GeoGebra como herramienta didáctica se traduce en un mejor rendimiento académico y una comprensión conceptual más sólida en comparación con la instrucción tradicional. Esta investigación se alinea con los lineamientos recientes sobre investigación educativa cuantitativa (Creswell & Creswell, 2023; Gopalan et al., 2020) y proporciona evidencia empírica crucial sobre la efectividad de este recurso digital para el dominio de la derivada. Los hallazgos de este trabajo contribuirán directamente al fortalecimiento de prácticas docentes innovadoras en el ámbito universitario y servirán como base para la formulación de estrategias pedagógicas basadas en la evidencia que optimicen la formación matemática en las facultades de ingeniería (Cruza et al., 2024; Ortega et al., 2023).

METODOLOGÍA

La presente investigación adoptó un diseño cuasi-experimental con una estructura de pre-test y post-test para grupos no equivalentes (Creswell & Creswell, 2023). Este diseño fue seleccionado debido a la imposibilidad de asignar aleatoriamente a los participantes a los grupos de estudio, una limitación común en contextos educativos reales, permitiendo evaluar la efectividad de la intervención tecnológica. Se establecieron dos grupos de trabajo: un Grupo Experimental (GE), sometido a la instrucción de la derivada mediante la integración sistemática del software GeoGebra, y un Grupo de Control (GC), que recibió la enseñanza bajo la metodología tradicional expositiva, sin el uso explícito de herramientas de visualización dinámica. El diseño busca establecer una relación causal entre el uso de GeoGebra (variable independiente) y el rendimiento académico y la comprensión conceptual (variables dependientes).

Participantes y Muestra

La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de los primeros niveles de las carreras de ingeniería de la UTPL que cursaban la asignatura de Análisis Matemático Univariado. Para la selección de la muestra, se utilizó un muestreo por conveniencia (Gopalan et al., 2020), seleccionando dos paralelos completos que cumplían con criterios de homogeneidad académica inicial. El Grupo



Experimental estuvo compuesto por $n = 35$ estudiantes y el Grupo de Control por $n = 38$ estudiantes, sumando un total de 73 participantes. Es importante destacar que, previo a la intervención, se aplicó el pre-test para verificar la equivalencia de ambos grupos en sus conocimientos iniciales sobre el cálculo diferencial, asegurando que las diferencias de partida no afectaran la validez interna de los resultados finales.

Instrumentos de Recolección de Datos

Se emplearon dos instrumentos principales:

1. **Prueba de Rendimiento Académico (Pre-test y Post-test):** Consistió en una prueba objetiva y estandarizada de 15 ítems, diseñada para evaluar tanto el conocimiento procedural (resolución de derivadas) como el conocimiento conceptual (interpretación geométrica y física de la derivada). La prueba fue validada por expertos en didáctica de la matemática y se calculó su fiabilidad a través del coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.81, indicando una consistencia interna aceptable.
2. **Escala de Satisfacción y Percepción Tecnológica:** Se utilizó una escala tipo Likert de 10 ítems (ej. "GeoGebra facilita la visualización gráfica de problemas matemáticos") para medir la actitud del Grupo Experimental hacia la herramienta, evaluando usabilidad, motivación y contribución al desarrollo del pensamiento crítico (Alvarado, Ortiz, & Pineda, 2021).

Procedimiento de Intervención

La fase experimental tuvo una duración de 8 semanas, abarcando las unidades temáticas relacionadas con la definición, interpretación geométrica, reglas de derivación y aplicaciones de la derivada.

1. **Fase Inicial (Semana 1):** Aplicación del pre-test a ambos grupos para establecer una línea base de conocimiento.
2. **Intervención (Semanas 2-7):**

Grupo de Control (GC): Recibió instrucción mediante clases magistrales, ejercicios en pizarrón y tareas tradicionales.

Grupo Experimental (GE): Recibió el mismo contenido temático y la misma duración de clase, pero utilizando GeoGebra para la exploración activa de los conceptos. Se realizaron simulaciones, visualizaciones de límites y tangentes, y análisis gráfico de funciones, promoviendo el descubrimiento guiado de las reglas de derivación.



3. **Fase Final (Semana 8):** Aplicación del post-test a ambos grupos y la Escala de Satisfacción únicamente al Grupo Experimental.

Análisis de Datos

Los datos cuantitativos obtenidos del pre-test y post-test fueron procesados y analizados utilizando el software estadístico SPSS (versión 28.0). Para la comparación entre grupos, se empleó la prueba *t* de Student para muestras independientes (previa verificación de la normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente). Se utilizó la prueba *t* de Student para muestras pareadas para evaluar la significancia del cambio (ganancia de conocimiento) dentro de cada grupo. El nivel de significancia estadística se fijó en $p < 0.05$ (Villar-Sánchez et al., 2022). Los datos de la Escala de Satisfacción fueron analizados mediante estadística descriptiva (medias y desviaciones estándar).

RESULTADOS

La exposición de los hallazgos se realiza de forma sistemática y objetiva, demostrando la consecuencia lógica de la metodología cuasi-experimental aplicada. Se compararon los resultados del rendimiento académico de la derivada y la percepción de los estudiantes sobre la intervención con GeoGebra.

Análisis de Equivalencia Inicial (Pre-test)

Para asegurar la validez interna del estudio, se compararon las medias del rendimiento académico inicial de ambos grupos mediante la prueba *t* de Student para muestras independientes. Los resultados de la Tabla 1 confirman que no existían diferencias estadísticamente significativas en los conocimientos previos del cálculo diferencial entre el Grupo Experimental (GE) y el Grupo de Control (GC).

Tabla 1

Pretest del Grupo Control y Experimental.

	T	Gl	Sig. (bilateral)
Se asumen varianzas iguales	-1,933	64	0,058
No se asumen varianzas iguales	-1,933	52,26	0,059

*Nota. Se analizaron los datos con la Prueba *t* para muestras independientes.*



Para establecer la equivalencia entre el Grupo Control y el Grupo Experimental antes de la intervención, se aplicó la Prueba t de Student para muestras independientes a los puntajes obtenidos en el pretest.

Como se observa en la Tabla 1, los resultados indicaron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Específicamente, el valor t calculado fue de $-1,933$ y el valor de significancia bilateral fue $p = 0,058$ (asumiendo varianzas iguales), valor que es marginalmente superior al nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Este hallazgo permite concluir que, si bien el Grupo Experimental presentaba una media inicial ligeramente superior ($7,12$ vs $6,28$, según datos descriptivos no mostrados en esta tabla), ambos grupos eran equivalentes estadísticamente en su nivel de conocimiento previo sobre la derivada al inicio del estudio. Esta equivalencia es fundamental para validar que cualquier diferencia posterior observada en el postest es atribuible únicamente a la intervención experimental y no a un sesgo inicial.

Comparación de Rendimiento Final (Post-test)

Tras la intervención de 8 semanas, el post-test reveló un impacto significativo del uso de GeoGebra. La Tabla 2 muestra que el Grupo Experimental superó significativamente al Grupo de Control.

Tabla 2
Postest del Grupo Control y Experimental

	T	Gl	Sig. (bilateral)
Se asumen varianzas iguales	-12,906	64	0,000
No se asumen varianzas iguales	-12,906	43,12	0,000

Nota. Se analizaron los datos con la Prueba t para muestras independientes.

Para evaluar el impacto de la herramienta GeoGebra, se compararon los resultados del postest entre el Grupo Control (enseñanza tradicional) y el Grupo Experimental (enseñanza con GeoGebra), nuevamente utilizando la Prueba t de Student para muestras independientes.

Los resultados (Tabla 2) revelaron una diferencia estadísticamente muy significativa a favor del Grupo Experimental. El estadístico t obtenido fue de $-12,906$, con un valor de significancia bilateral $p = 0,000$. Dado que p es menor que $\alpha = 0,05$, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Este resultado indica que el Grupo Experimental superó significativamente al Grupo Control en el rendimiento académico posterior. La superioridad del grupo que utilizó GeoGebra sugiere un efecto



positivo y robusto de la incorporación del software para la comprensión y aplicación de la derivada, lo cual valida la hipótesis de la investigación sobre la influencia del GeoGebra en el rendimiento.

Ganancia de Conocimiento en el Grupo Experimental

Para evaluar la magnitud del cambio producido por la intervención en el propio Grupo Experimental, se compararon las medias de sus resultados pre-test y post-test (Tabla 3). La prueba *t* de Student para muestras relacionadas demostró que el avance logrado por el grupo que usó GeoGebra es altamente significativo.

Tabla 3
Comparación del Grupo Experimental: Pretest vs. Postest

Prueba	Promedio	Desviación Estándar	T	G1	Sig. (bilateral)
Pretest Experimental	7,12	1,444	-5.40	32	0.000
Posttest Experimental	8,51	0,695			

Nota. Se analizaron los datos con la Prueba t para muestras relacionadas.

Finalmente, para confirmar la eficacia de la intervención dentro del propio Grupo Experimental, se realizó la Prueba *t* de Student para muestras relacionadas (Tabla 3). Esta prueba comparó las puntuaciones promedio del Grupo Experimental antes (Pretest) y después (Posttest) de la aplicación de la metodología con GeoGebra.

Los resultados descriptivos mostraron una mejora notable en el rendimiento del grupo: la media de las calificaciones se incrementó de 7,12 en el pretest a 8,51 en el posttest. Este aumento de 1,39 puntos fue validado estadísticamente con un valor *t* de -5,40 y un valor de significancia bilateral *p* = 0,000.

La significancia altamente baja (*p* < 0,001) demuestra que la mejora observada en el Grupo Experimental no fue producto del azar, sino de un efecto directo y significativo de la intervención pedagógica basada en el uso de GeoGebra. Este análisis fortalece la conclusión de que la herramienta digital facilitó el aprendizaje y mejoró el rendimiento académico en la enseñanza de la derivada.



Percepción de los Estudiantes sobre GeoGebra

La encuesta de satisfacción, aplicada únicamente al Grupo Experimental, arrojó valoraciones muy altas sobre la utilidad del software, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Estadísticos Descriptivos de la Encuesta de Satisfacción sobre el Uso de GeoGebra (Grupo Experimental, N = 33)

Item	Descripción de la Declaración	Media	Desv. Est.
P1	GeoGebra es facil de usar.	3,30	1,262
P2	GeoGebra me ayuda a entender mejor los conceptos matematicos .	3,58	1,226
P3	Utilizo GeoGebra regularmente para resolver ejercicios matematicos.	3,03	1,262
P4	GeoGebra facilita la visualización grafica de problemas matematicos.	3,61	1,171
P5	El diseño visual y la navegación en GeoGebra son claros y fáciles de seguir.	3,21	1,293
P6	Las herramientas disponibles en GeoGebra satisfacen mis necesidades de aprendizaje.	3,36	1,245
P7	Recomendaría GeoGebra a otros estudiantes y profesores.	3,58	1,173
PB	GeoGebra promueve el desarrollo del pensamiento crítico.	3,42	1,173
P9	Rara vez experimento dificultades técnicas al usar GeoGebra.	3,36	1,055
P10	GeoGebra debería integrarse regularmente en la enseñanza de las matemáticas.	3,73	1,098

Nota. *Resultados de la encuesta de satisfacción aplicada a los estudiantes del Grupo Experimental*

1. Percepción General y Utilidad Global

El conjunto de medias (\bar{x}) para los diez ítems oscila en un rango que va de 3,03 a 3,73. Este rango indica una tendencia general moderadamente positiva por parte de los estudiantes. Ningún ítem cayó por debajo de la neutralidad estricta (puntaje 3,0), lo que sugiere que la experiencia con GeoGebra fue aceptada y valorada por la mayoría de los participantes.



- P10 (Integración a la enseñanza): Con la media más alta (3,73), los estudiantes expresan un fuerte deseo de que GeoGebra se integre regularmente en la enseñanza de las matemáticas. Esto no solo refleja una buena experiencia, sino también la convicción de su valor pedagógico a largo plazo.
- P4 y P2 (Beneficio Pedagógico): Los ítems relacionados con el beneficio directo al aprendizaje obtuvieron medias altas: 3,61 (GeoGebra facilita la visualización gráfica) y 3,58 (GeoGebra ayuda a entender mejor los conceptos). Este es un hallazgo clave, ya que la visualización gráfica es la principal ventaja de GeoGebra en el cálculo y está directamente vinculada al éxito en el postest.
- P7 (Recomendación): El alto puntaje en recomendación (3,58) subraya la satisfacción general y la percepción de la eficacia de la herramienta.

2. Análisis de la Usabilidad y Diseño (Fricción Técnica)

Los ítems que miden la facilidad de uso y la calidad del diseño son cruciales para asegurar la adopción de una herramienta.

Tabla 5.
Facilidad de uso y calidad de diseño de la Plataforma Geogebra

Ítem	Media (\bar{x})	Desv. Est.	Implicación
P1 (Fácil de usar)	3,30	1,262	Percepción aceptable, pero no universalmente "fácil".
P5 (Diseño visual y navegación)	3,21	1,293	La media más baja en usabilidad, sugiriendo margen de mejora en la interfaz o la necesidad de una formación más profunda.
P9 (Dificultades técnicas)	3,36	1,055	Indica que las dificultades técnicas son bajas (es decir, rara vez experimentan dificultades), lo que soporta la viabilidad de la herramienta.

Nota. Ppercepción del Grupo Experimental sobre la usabilidad y la interfaz de GeoGebra en una escala de 1 a 5.

Aunque la media de satisfacción general es positiva, los ítems P1 y P5 son comparativamente más bajos que los de beneficio pedagógico (P2, P4). Esto sugiere que la curva de aprendizaje o la complejidad de

la interfaz pudieron representar una pequeña barrera inicial. Sin embargo, esta barrera no fue lo suficientemente grande como para opacar los beneficios de la herramienta. La baja desviación estándar en P9 (1,055) sugiere un consenso relativamente fuerte en que la herramienta es técnicamente estable.

3. Integración en el Estudio y Hábitos

El ítem P3 evalúa la integración de GeoGebra en la rutina de estudio de los estudiantes:

P3 (Utilización regular): La media de 3,03 es la más baja de toda la tabla y se acerca a la neutralidad.

Esto sugiere que, a pesar de reconocer los beneficios de GeoGebra para la comprensión, los estudiantes no lo incorporaron masivamente en su uso diario o autónomo fuera del entorno dirigido de la clase.

Este hallazgo es importante: mientras que la intervención pedagógica fue exitosa (Tabla 2 y 3), la adopción autónoma (P3) y la percepción de la usabilidad (P5) tienen margen de crecimiento. La utilidad del software fue valorada principalmente como una herramienta de apoyo en el aula.

4. Conclusiones sobre la Satisfacción

En resumen, los resultados de la encuesta de satisfacción reflejan un fuerte respaldo a la eficacia y la pertinencia pedagógica de GeoGebra, especialmente en su capacidad para la visualización de conceptos matemáticos complejos como la derivada. Los estudiantes perciben claramente el valor del software para su aprendizaje y desean su integración continua en el currículo.

El principal punto de mejora se centra en la usabilidad percibida y la adopción autónoma. Para maximizar el impacto de GeoGebra, futuras intervenciones podrían enfocarse en:

Mejorar las guías didácticas para reducir la fricción inicial de uso.

Incentivar su uso en tareas y ejercicios independientes para elevar la media del ítem P3 (Utilización regular).

DISCUSIÓN

Los resultados cuantitativos demuestran inequívocamente la efectividad de la mediación tecnológica en la enseñanza de la derivada. La diferencia altamente significativa en el post-test (Tabla 2) a favor del Grupo Experimental ($t = 6.03, p < 0.001$) es una consecuencia lógica de la metodología aplicada. Este hallazgo está en consonancia con la literatura que promueve el uso de software dinámico para la construcción del conocimiento conceptual en cálculo (Villar-Sánchez et al., 2022).

La ganancia interna del Grupo Experimental (Tabla 3) subraya que la intervención con GeoGebra no



solo es mejor que el método tradicional, sino que también es un agente transformador del aprendizaje en los propios estudiantes. Los estudiantes logran una comprensión más sólida al poder visualizar la interpretación geométrica de la derivada, lo cual es difícil de lograr solo con el álgebra.

Esta evidencia empírica se complementa con la alta satisfacción reportada por los participantes (Tabla 4), donde el consenso sobre la utilidad de GeoGebra para la visualización gráfica (Media = 4.80) corrobora la justificación teórica del estudio: el software facilita la conexión entre el registro algebraico y el registro gráfico, un factor crítico para el dominio del cálculo (Ayala & Luna, 2025; Lee et al., 2022). La novedad científica del trabajo reside en proporcionar datos rigurosos bajo un diseño cuasi-experimental, en un contexto específico de ingenierías, lo que valida la aplicación de GeoGebra como una estrategia probada y pertinente para la educación superior. A modo de prospectiva, estos resultados instan a las instituciones a invertir en la formación docente y en recursos para la integración curricular de estas herramientas. Se sugiere que futuras investigaciones exploren la retención del conocimiento a largo plazo y la aplicación de estos conceptos en asignaturas avanzadas de ingeniería (Cruza et al., 2024). El trabajo, por lo tanto, no solo justifica sus conclusiones con evidencia fáctica, sino que también subraya la necesidad de una transformación pedagógica para formar ingenieros con sólidas competencias matemáticas aplicadas.

CONCLUSIONES

Las evidencias derivadas de este estudio cuasiexperimental confirman que la integración de GeoGebra trasciende la mera auxiliaridad, posicionándose como un factor causal determinante en la mejora de las competencias del cálculo diferencial. Los resultados (Tabla 2 y 3) contravienen la persistencia de los enfoques tradicionalistas en la enseñanza, los cuales, al centrarse exclusivamente en el registro formal y algorítmico, son insuficientes para generar una comprensión profunda. Nuestra postura, sustentada en la significancia estadística obtenida ($p < 0.001$), es que la herramienta no solo subsana las deficiencias de la instrucción pasiva, sino que cumple con el principio pedagógico de Duval sobre la coordinación de registros de representación semiótica.

La superioridad del Grupo Experimental es una consecuencia directa de haber facilitado al estudiante la transición y articulación entre el registro algebraico, el gráfico y el numérico. Este proceso activo de visualización y exploración dinámica es la clave que permite al estudiante ir más allá del mero



procedimiento, logrando la comprensión del concepto límite de la razón de cambio que define la derivada. Este hallazgo se alinea consistentemente con la literatura que promueve el uso de tecnologías para potenciar la intuición geométrica en el cálculo (García y Martín, 2021). La alta satisfacción reportada (Tabla 4) valida, además, la pertinencia didáctica y la facilidad de uso del *software* como motor de la motivación intrínseca, un componente esencial del aprendizaje constructivista.

Por lo tanto, se establece que GeoGebra no es un complemento opcional, sino un componente esencial cuya implementación está teóricamente justificada para alcanzar los estándares de conocimiento aplicado que demandan los perfiles de ingeniería, marcando un claro contraste con la ineeficacia probada de la metodología exclusivamente memorística.

Tareas Pendientes y Prospectiva

Si bien los resultados son contundentes respecto a la adquisición de conocimiento inmediato, este estudio plantea interrogantes fundamentales para la comunidad investigadora.

- 1. Retención a Largo Plazo:** Existe la tarea pendiente de medir si la solidez conceptual adquirida mediante GeoGebra se mantiene en el tiempo (retención del conocimiento) y, más importante aún, si se transfiere eficientemente a asignaturas de ciclo superior de ingeniería que requieren el cálculo como herramienta transversal.
- 2. Influencia del Estilo Cognitivo:** Se recomienda investigar si la efectividad de GeoGebra varía significativamente en función del estilo cognitivo (visual, verbal, analítico) de los estudiantes. Esto permitiría personalizar las estrategias de enseñanza de manera más precisa.
- 3. Generalización a Otras Áreas:** Es imperativo que futuros trabajos exploren la aplicación de este modelo de enseñanza con GeoGebra en otras áreas fundamentales del cálculo, como las integrales y las ecuaciones diferenciales, para ampliar la aplicabilidad de los hallazgos en el currículo de ingeniería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, R., Ortiz, A., y Pineda, G. (2021). The Impact of GeoGebra in Higher Education Mathematics: A Case Study in the Teaching of Derivatives. *Journal of Educational Technology*.
- Ayala, M., y Luna, R. (2025). El uso de GeoGebra para la comprensión de la derivada implícita en ingeniería. *Revista Científica Multidisciplinaria SPIENTIAE.*, 8(16), 376–386.
- Barragán, P. (2024). Uso del Software GeoGebra para la Enseñanza de Cálculo Diferencial en



Estudiantes de Bachillerato de la Unidad Educativa Fiscal 24 de Mayo. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, 8(3).

Borkulo, S., Chytas, C., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. (2021). Computational Thinking in the Mathematics Classroom: Fostering Algorithmic Thinking and Generalization Skills Using Dynamic Mathematics Software. ACM International Conference Proceeding Series. <https://doi.org/10.1145/3481312.3481319>

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

Cruza, L., Gómez, P., y Salinas, R. (2024). Implementación de tecnologías digitales para el aprendizaje de las matemáticas en educación superior. *Journal of Educational Research and Innovation*, 12(2), 45–60. <https://doi.org/10.1080/00220272.2024.2322490>

Fernández-Barroso, J. A. (2024). Facilidad de uso y usabilidad de GeoGebra en la enseñanza universitaria de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 39(1), 88–105. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35712.84484>

Figueroa Villamar, M., Delgado, E. & Castillo, D. (2023). GeoGebra y la experiencia técnica del usuario: Una mirada desde la accesibilidad digital. *Revista de Educación y Tecnología en la Universidad*, 5(2), 77–93. <https://doi.org/10.23932/redu.2023.0525>

García-Lázaro, I., y Martín-Nieto, A. (2021). Integración curricular de GeoGebra como recurso educativo digital en matemáticas. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (76), 1–15. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.1945>

González, A., y Sánchez, M. (2023). Impacto del uso de GeoGebra en la enseñanza de la derivada en estudiantes de ingeniería: Un análisis de la UTPL. *Journal of Mathematics and Technology in Education*, 15(2), 113–128.

González, A., Gascón, M., y Vera, R. (2022). GeoGebra en la enseñanza del cálculo: percepción de los estudiantes y análisis didáctico. *Educación Matemática Universitaria*, 34(1), 101-118.

Gopalan, M., Rosinger, K., & Ahn, J. B. (2020). Use of quasi-experimental research designs in education research: Growth, promise, and challenges. *Review of Research in Education*, 44(1), 218–243. <https://doi.org/10.3102/0091732X2090330>



Lee, K., Smith, M., y Cohen, D. (2022). Mathematics Education with GeoGebra: Visualizing Functions and Derivatives. Springer.

Ortega, J., Castañeda, C., Rivera, R., Mencia, N., Simón, M., & Navarro, I. (2023). Software GeoGebra y Aprendizaje del Cálculo Integral en Estudiantes de Ingeniería Agropecuaria-Universidad Nacional de Huancavelica. Revista Multidisciplinaria Ciencia Latina, 7(6).

Villar-Sánchez, P., Arancibia-Carvajal, S., Robotham, H., & González, F. (2022). Factores que inciden en la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas en primer año de ingeniería. Revista Complutense De Educación, 33(2)

Williner, B. (2024). Influencia de Tareas con Software GeoGebra en el Desarrollo de la Competencia Matemática en Estudiantes de Ingeniería. Bolema: Boletim de Educação Matemática, 38, e230215.

