



Didáctica de la matemática educativa

DOI Desarrollo del pensamiento variacional en
Cálculo Diferencial con representaciones
semióticas y Octave en Ingeniería



RECIE
REVISTA CARIBEÑA DE
INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

ISSN (versión digital): 2960-771X
ISSN (versión impresa): 2960-7701

Este trabajo tiene licencia CC BY 4.0.

5^o CONGRESO CARIBEÑO DE
**INVESTIGACIÓN
EDUCATIVA**

Desarrollo del pensamiento variacional en Cálculo Diferencial con representaciones semióticas y Octave en Ingeniería

Development of Variational Thinking in Differential Calculus with Semiotic Representations and Octave in Engineering

Heidy María Gómez¹

Ana Mercedes Báez²

Resumen

El Cálculo Diferencial es uno de los principales desafíos en la enseñanza de ingeniería, especialmente en la comprensión de los procesos variacionales. Este estudio evaluó el desempeño académico de los estudiantes mediante un conjunto de actividades estructurado bajo un enfoque pedagógico que fusiona representaciones semióticas y el uso del *software* Octave. La investigación se hizo con 60 estudiantes de la Universidad ISA, empleando un diseño experimental puro de enfoque cuantitativo, con grupos de control y experimental, y un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados indicaron que los estudiantes del grupo experimental lograron avances significativos en la comprensión de los procesos de variación y cambio, en comparación con el grupo de control. Se concluye que la incorporación de representaciones semióticas y herramientas tecnológicas como Octave facilita una comprensión más profunda y contextualizada del Cálculo Diferencial, lo que resalta su importancia en la formación de futuros ingenieros.

Palabras clave: Cálculo Diferencial, ingeniería, Octave, procesos de cambio, procesos de variación, representaciones semióticas, sistema de tareas.

Abstract

Differential Calculus is one of the main challenges in engineering education, particularly in understanding variational processes. This study evaluated students' academic performance through a set of activities structured under a pedagogical approach that combines semiotic representations and the use of Octave software. The research was conducted with 60 students from Universidad ISA, using a pure experimental design with a quantitative approach, control and experimental groups, and a non-probabilistic convenience sampling method. The results indicated that students in the experimental group achieved significant improvements in understanding variation and change processes compared to the control group. It is concluded that incorporating semiotic representations and technological tools such as Octave facilitates a deeper and more contextualized understanding of Differential Calculus, highlighting its importance in the training of future engineers.

Keywords: Differential Calculus, Engineering, Octave, Processes of Change, Processes of Variation, Semiotic Representations, Task System.

¹ Universidad ISA. República Dominicana, heidygomez@isa.edu.do, 0000-0002-3104-6234

² Universidad ISA. República Dominicana, abaez@isa.edu.do, 0000-0001-7472-0471

1. Introducción

El Cálculo Diferencial es esencial en la formación de los ingenieros, ya que proporciona métodos para analizar fenómenos de cambio y variación, necesarios para resolver problemas complejos en ingeniería (Rojas Taño & Rodríguez Sosa, 2021). No obstante, la enseñanza tradicional de esta disciplina se enfoca principalmente en los procedimientos algorítmicos y no aborda adecuadamente los aspectos de variación y cambio, que son fundamentales para una comprensión profunda y aplicada de la materia (Báez & Gómez, 2025; Mariño & Falk de Losada, 2021).

En República Dominicana, los resultados de la prueba PISA muestran un bajo rendimiento en matemáticas, especialmente en el Cálculo Diferencial, lo que impacta negativamente la formación de futuros ingenieros (Ikeda, 2023; PISA, 2023). Las deficiencias en el desarrollo procedimental y el dominio de nociones matemáticas complejas limitan la capacidad de los escolares para solucionar problemas de ingeniería (Báez, 2018).

Esto resalta la necesidad de replantear los enfoques pedagógicos en la enseñanza del Cálculo Diferencial. Aunque se han logrado avances con el uso de herramientas tecnológicas y se ha reconocido la importancia de la variación y el cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje, aún no se integran de manera efectiva. La literatura educativa destaca que una adecuada comprensión de estos procesos, junto con el uso de representaciones semióticas, es esencial para mejorar la captación de la asignatura y la capacidad para aplicar estos conceptos en problemas prácticos (Doncel González et al., 2022; Duval, 2006).

El diseño de las tareas matemáticas de esta investigación se basa en uno de los subsistemas del modelo didáctico del desarrollo conceptual y procedimental en el Cálculo Diferencial de una variable real para las carreras de ingeniería (Báez et al., 2017a; Báez et al., 2017b), el cual integra subsistemas interrelacionados que fomentan el pensamiento variacional en contextos ingenieriles, buscando mejorar tanto el rendimiento procedimental como la comprensión de los procesos variacionales, cruciales para el aprendizaje de la asignatura en cuestión.

La investigación se orientó a evaluar el rendimiento de los estudiantes mediante la implementación de un sistema de tareas diseñado con un enfoque didáctico que integra representaciones semióticas y el uso del *software* Octave. Se llevó a cabo con una muestra de 60 estudiantes de la Universidad ISA, utilizando un diseño experimental puro de enfoque cuantitativo, con grupos de control y experimental y un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados mostraron que los alumnos del grupo experimental lograron mejoras significativas en su capacidad para interpretar y aplicar los procesos de variación y cambio, en comparación con el grupo de control. Se infiere que la integración de un enfoque variacional con representaciones semióticas y herramientas tecnológicas como Octave favorece un aprendizaje más contextualizado y aplicado, alineándose con las demandas educativas y profesionales del siglo XXI.

2. Metodología

Este estudio utilizó un diseño cuantitativo experimental con grupos de control y experimental para valorar el efecto de una estrategia didáctica en el rendimiento de los estudiantes de Cálculo Diferencial en carreras de ingeniería. La intervención incluyó representaciones semióticas y herramientas tecnológicas como el *software* Octave, con el fin de fortalecer la comprensión de los procesos variacionales. Se seleccionaron 60 estudiantes de la Universidad ISA de la República Dominicana mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, asignándolos a un grupo experimental (30 estudiantes) y un grupo de control (30 estudiantes).

La estrategia se basó en el subsistema «Orientación Procedimental en la Conversión de Registros de Representación Semiótica de los Procesos de Variación y Cambio», dentro del modelo didáctico de desarrollo conceptual y procedimental en Cálculo Diferencial. Se diseñaron tareas con orientación inductiva en la conversión de representaciones, deductiva en la justificación de los procesos de variación, y reflexiva para encapsular y desencapsular dichos procesos. Además, el uso del *software* Octave permitió una visualización y simulación más dinámica de los fenómenos matemáticos.

La intervención incluyó pruebas de entrada (pre-test) y salida (post-test) para valorar las competencias de los estudiantes en identificación, relación y deducción formal de los procesos de variación y cambio. En la entrada se abordaron funciones lineales, cuadráticas, trigonometría básica y vectores, mientras que en la salida se evaluaron geometría analítica, límite, derivada y aplicaciones de la derivada.

Los instrumentos fueron validados mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo valores entre 0.60 y 0.65, lo que refleja confiabilidad aceptable. Además, tres expertos revisaron los instrumentos para garantizar su validez, asegurando su pertinencia y adecuación al contexto del estudio.

3. Resultados

Se presentan los resultados del análisis comparativo entre los grupos experimental y de control, evaluando las diferencias en las mediciones pre y post-test para medir el efecto de la estrategia didáctica.

Tabla 1
Comparación del grupo experimental

Nivel	Entrada (%)	Salida (%)
Nivel 1: Reconocimiento	47.16	69.19
Nivel 2: Relación	38.53	65.25
Nivel 3: Deducción Formal	35.87	54.24

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 1 muestra mejoras reveladoras del rendimiento de los alumnos en los tres niveles. En el Nivel 1: Reconocimiento, hubo un avance del 22.03 %, en el Nivel 2: Relación, un 26.72 %, y en el Nivel 3: Deducción Formal, un 18.37 %. Estas diferencias indican que, aunque hubo progreso en todos los niveles, las mejoras fueron más pronunciadas en los primeros niveles, mientras que la deducción formal presentó un mayor desafío, lo que refleja un avance más modesto.

Figura 1
Comparación del grupo experimental

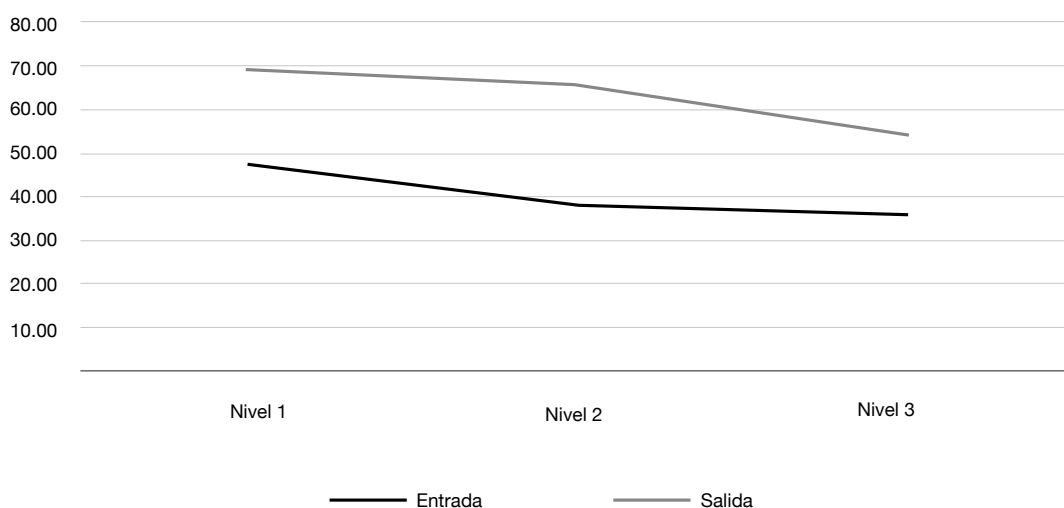


Tabla 2
Comparación del grupo de control

Nivel	Entrada (%)	Salida (%)
Nivel 1: Reconocimiento	53.83	62.67
Nivel 2: Relación	48.08	53.53
Nivel 3: Deducción Formal	37.42	47.06

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 2 muestra mejoras más modestas en el grupo de control. En el Nivel 1: Reconocimiento, los estudiantes pasaron del 53.83 % al 62.67 %, en el Nivel 2: Relación, del 48.08 % al 53.53 %, y en el Nivel 3: Deducción Formal, del 37.42 % al 47.06 %.

Aunque hubo un progreso en cada nivel, las mejoras fueron menores en comparación con el grupo experimental, lo que sugiere que la estrategia didáctica tuvo un efecto más significativo en el segundo grupo.

Figura 2
Comparación del grupo de control

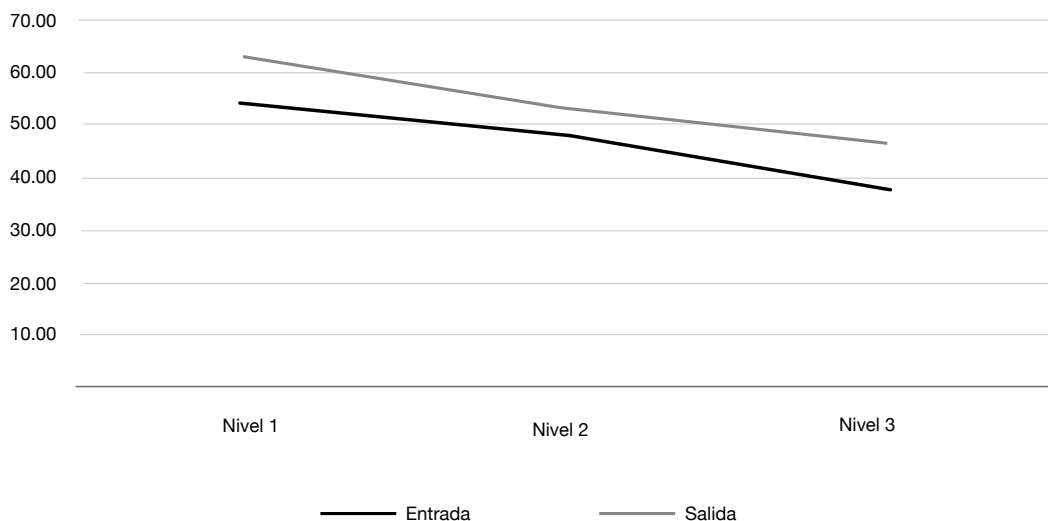


Tabla 3
Comparación de la prueba de entrada

Entrada	Grupo experimental (%)	Grupo de control (%)
Nivel 1: Reconocimiento	53.83	47.16
Nivel 2: Relación	48.08	38.53
Nivel 3: Deducción Formal	37.42	35.87

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 3 muestra que, en la prueba de entrada, el grupo experimental superó al grupo de control en los niveles de Reconocimiento (53.83 % vs. 47.16 %) y Relación (48.08 % vs. 38.53 %), mientras que en Deducción Formal ambos grupos comenzaron con puntuaciones similares (37.42 % vs. 35.87 %). Esto indica que el grupo experimental tenía una ligera ventaja inicial.

Figura 3
Comparación de la prueba de entrada

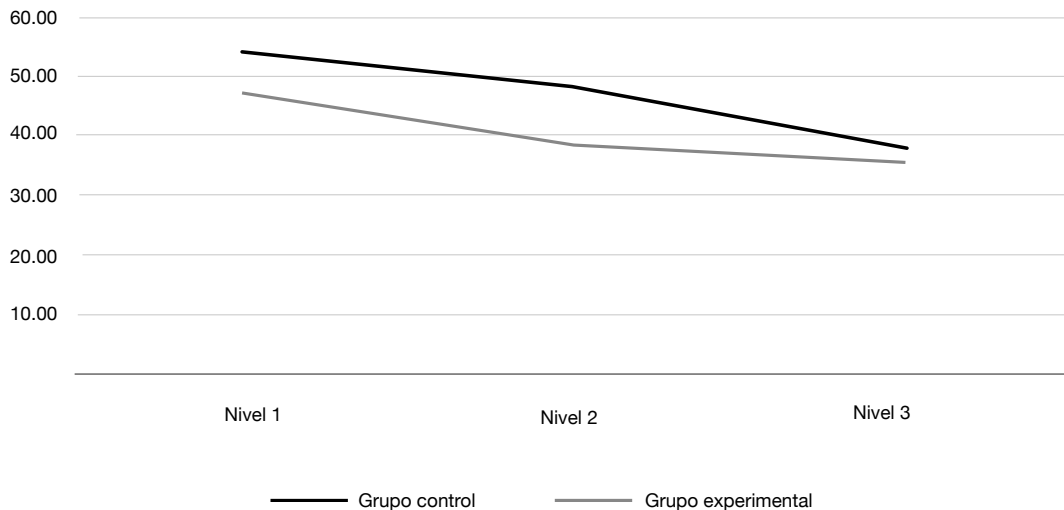


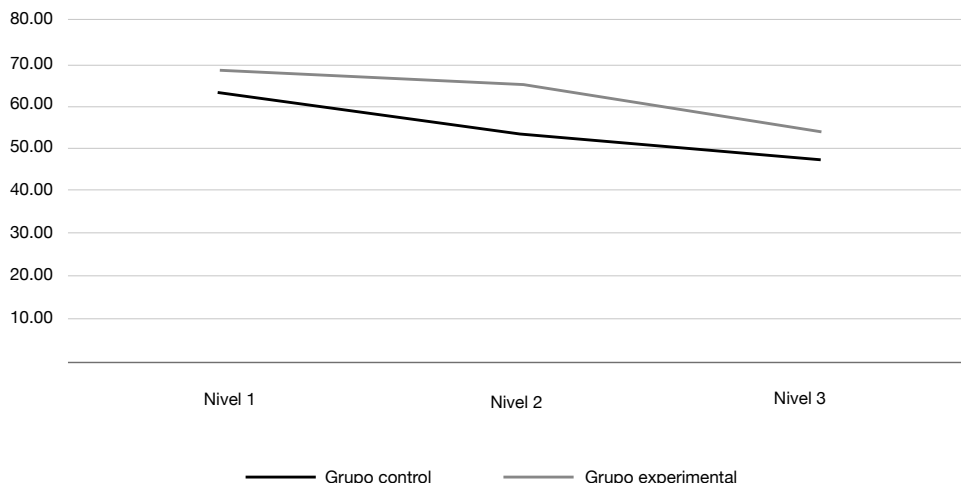
Tabla 4
Comparación de la prueba de salida

Entrada	Grupo experimental (%)	Grupo de control (%)
Nivel 1: Reconocimiento	80.23	64.40
Nivel 2: Relación	80.08	62.38
Nivel 3: Deducción Formal	62.03	54.93

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra que, en la prueba de salida, el grupo experimental superó al grupo de control en todos los niveles. En Reconocimiento, el grupo experimental alcanzó un 80.23 % frente al 64.40 % del grupo de control. En Relación, el grupo experimental obtuvo un 80.08 %, mientras que el grupo de control logró un 62.38 %. En Deducción Formal, el grupo experimental obtuvo un 62.03 %, frente al 54.93 % del grupo de control. Estos resultados destacan el rendimiento superior del grupo experimental, lo que evidencia la efectividad de la estrategia didáctica aplicada.

Figura 4
Comparación de la prueba de salida



El análisis de las tablas muestra que el grupo experimental superó al grupo de control en todos los niveles evaluados. Aunque en las pruebas de entrada ya presentaba una ventaja, las diferencias fueron más notables en las pruebas de salida. En el Nivel 1: Reconocimiento, pasó del 53.83 % al 80.23 %, mientras que el grupo de control subió del 47.16 % al 64.40 %. En el Nivel 2: Relación, aumentó del 48.08 % al 80.08 %, frente al 38.53 % al 62.38 % del grupo de control. En el Nivel 3: Deducción Formal, mejoró del 37.42 % al 62.03 %, mientras que el grupo de control subió del 35.87 % al 54.93 %. Estos resultados indican que la estrategia didáctica aplicada en el grupo experimental fue más efectiva para la comprensión de los procesos variacionales.

4. Discusión y conclusiones

Los resultados evidencian que el grupo experimental, que utilizó herramientas tecnológicas y representaciones semióticas, experimentó mejoras notables en comparación con el grupo de control. En las pruebas de entrada, el grupo experimental ya mostraba una ligera ventaja, pero fue en las pruebas de salida donde se evidenció el efecto significativo de la metodología. En los niveles de Reconocimiento y Relación, el grupo experimental mostró avances sustanciales, superando al grupo de control por márgenes amplios. Esto sugiere que las herramientas tecnológicas y las representaciones semióticas son efectivas para mejorar la comprensión de conceptos matemáticos, especialmente en fenómenos de variación y cambio.

El estudio demuestra que la integración de herramientas tecnológicas y representaciones semióticas en la enseñanza de Cálculo Diferencial tiene un efecto positivo en el rendimiento de los alumnos. El grupo experimental presentó avances significativos en los niveles de Reconocimiento y Relación, lo que destaca la efectividad de la estrategia didáctica.

En contraste, el grupo de control tuvo mejoras menores, lo que sugiere que la metodología tradicional no favorece tanto el aprendizaje en estos niveles. Estos resultados subrayan la importancia de innovar en la enseñanza matemática incorporando tecnologías que faciliten el aprendizaje activo y significativo.

5. Agradecimientos y reconocimientos

Se agradece al MESCyT de la República Dominicana por financiar, a través de Fondocyt, el proyecto Fondocyt 2020-2021-2B4-182 sobre estrategias didácticas en Cálculo Diferencial. También se reconoce el respaldo de la Universidad ISA por su apoyo institucional en la gestión y ejecución del proyecto.

6. Referencias bibliográficas

- Báez, A. M. (2018). Estrategia didáctica para el desarrollo conceptual procedimental en el cálculo diferencial de una variable real, para las carreras de ingeniería (Tesis doctoral, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz).
- Báez, A., Martínez-López, Y., Pérez, O., & Pérez, R. (2017a). Propuesta de tareas para el desarrollo del pensamiento variacional en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 10(3), 93-106. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000300010>
- Báez, A., Pérez, O., & Triana, B. (2017b). Propuesta didáctica para la comprensión de los procesos de variación y cambio en la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial. *Academia y Virtualidad*, 10(2), 1-13. <http://dx.doi.org/10.18359/ravi.2743>
- Báez, A. M., & Gómez Muñoz, H. (2025). Dificultades en el diseño de tareas matemáticas de desarrollo procedimental de procesos de variación y cambio: Un estudio con docentes dominicanos. *Transformación*, 21(e-486). <https://acortar.link/NWYqVo>
- Doncel González, E., Rodríguez-Hernández, F., & Melo Niño, J. (2022). *Innovaciones pedagógicas en el desarrollo del pensamiento matemático*. Editorial Académica Española. <https://doi.org/10.18359/bolredipe.1722>
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Ikeda, M. (2023). New PISA results: Strengthening education systems in the wake of the pandemic. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/62fc50a3-en>
- Mariño, L. F., & Falk de Losada, M. (2021). *Avances en la caracterización del pensamiento variacional emergente en el contexto del planteo y resolución de problemas en profesores de matemáticas en formación*. Universidad Antonio Nariño. <https://r.issu.edu.do/fgZ>
- PISA. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. <https://r.issu.edu.do/EwZ>
- Rojas Taño, A., & Rodríguez Sosa, J. B. (2021). La significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral. Varona. *Revista Científico Metodológica*, 72, 11-15. Epub 01 de junio de 2021. <https://r.issu.edu.do/sj>