

## Metodologías activas con GeoGebra para enseñanza de vectores y trigonometría en estudiantes de tecnología médica

Isabel Quintrileo Zabala<sup>2</sup>, Danny Avello Fernández<sup>\*1</sup>, René Pino Pino<sup>1</sup>

### Resumen

Este artículo evalúa una innovación educativa implementada en la asignatura Matemática y Física para estudiantes de primer año de Tecnología Médica, dirigida a abordar altas tasas históricas de reprobación ( $\geq 46\%$ ). El estudio utilizó una metodología de aprendizaje activo con integración de GeoGebra, mediante el diseño e implementación de 8 guías de trabajo colaborativo apoyadas con applets interactivos. La experiencia se desarrolló en modalidad presencial durante dos semestres consecutivos con 151 estudiantes. Se aplicaron instrumentos pre y post para medir logros de aprendizaje y disposición emocional. Los resultados mostraron una mejora significativa en las habilidades para resolver problemas vectoriales y trigonométricos, con porcentajes de logro del 79% en trigonometría básica y 78% en componentes vectoriales 2D. Sin embargo, se identificaron dificultades persistentes en propiedades vectoriales avanzadas (32% de logro). El cambio emocional positivo fue más notable en estudiantes que repetían la asignatura. Se concluye que la integración de GeoGebra con aprendizaje activo es efectiva para lograr aprendizajes significativos, aunque requiere repensar la calendarización de contenidos, enfrentar resistencias iniciales al trabajo colaborativo y desarrollar apoyos específicos para los temas de mayor complejidad.

**Palabras clave:** Enseñanza de la Física, aprendizaje activo, educación superior.

<sup>1</sup>Universidad del Desarrollo

<sup>2</sup>Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

[isabel.quintrileo@umce.cl](mailto:isabel.quintrileo@umce.cl), [davello@udd.cl](mailto:davello@udd.cl), [rene.pino@udd.cl](mailto:rene.pino@udd.cl)

## Abstract

This article evaluates an educational innovation implemented in the Mathematics and Physics course for first-year Medical Technology students, aimed at addressing historically high failure rates ( $\geq 46\%$ ). The study used an active learning methodology with GeoGebra integration, through the design and implementation of 8 collaborative work guides supported by interactive applets. The experience was developed in face-to-face mode over two consecutive semesters with 151 students. Pre- and post-instruments were applied to measure learning achievements and emotional disposition. Results showed significant improvement in skills for solving vector and trigonometric problems, with achievement rates of 79% in basic trigonometry and 78% in 2D vector components. However, persistent difficulties were identified in advanced vector properties (32% achievement). Positive emotional change was more notable in students repeating the course. It is concluded that the integration of GeoGebra with active learning is effective for achieving meaningful learning, although it requires rethinking content scheduling, addressing initial resistance to collaborative work, and developing specific supports for more complex topics.

**Keywords:** Physics education, active learning, higher education.

<sup>1</sup>Universidad del Desarrollo

<sup>2</sup>Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación  
[isabel.quintrileo@umce.cl](mailto:isabel.quintrileo@umce.cl), [davello@udd.cl](mailto:davello@udd.cl), [rene.pino@udd.cl](mailto:rene.pino@udd.cl)

## 1. Introducción

La asignatura de Física para la carrera de Tecnología Médica enfrentaba una problemática crítica, con tasas de reprobación históricas del 46.6 % (Fuente Interna, 2023). Este escenario se complejiza por el perfil de ingreso de los estudiantes, donde solo un 2 % rindió la prueba PAES específica de Física y un 45 % ingresó a la carrera con una preferencia superior a la tercera (Ministerio de Educación de Chile [Mineduc], 2023), evidenciando la necesidad de implementar estrategias que nivelen conocimientos previos y fomenten la adaptación a la vida universitaria. Para abordar esta situación, se diseñó una intervención basada en el uso de GeoGebra y metodologías activas, sustento respaldado por la literatura para la mejora en la comprensión de conceptos abstractos en ciencias (Breda, 2017; Hernández-Silva et al., 2018; Hohenwarter y Jones, 2020). La innovación didáctica integró este software en un entorno de aprendizaje activo y colaborativo, aplicándose a la totalidad de la cohorte durante 2024 y 2025. Esta implementación en dos fases permitió contrastar el impacto entre estudiantes que cursaban por segunda vez (2024) y quienes lo hacían por primera vez (2025).

## 2. Objetivos

El objetivo de este estudio fue mejorar la comprensión de trigonometría y álgebra vectorial en estudiantes de primer año de una carrera de ciencias de la salud. Específicamente, se buscó: diseñar e implementar una secuencia de aprendizaje activo; medir su impacto en el logro de aprendizajes, y analizar los cambios en la disposición emocional hacia la asignatura.

## 3. Metodología

La experiencia se implementó presencialmente entre el segundo semestre de 2024 y el primer semestre de 2025, con una cohorte de 151 estudiantes. La innovación didáctica consistió en:

**Diseño de Recursos:** Se crearon 8 guías de aprendizaje activo y 9 applets en GeoGebra, estructurados bajo un ciclo de indagación-modelización-aplicación. Las guías facilitaron la deducción colaborativa de conceptos (ej. razones trigonométricas) mediante exploración guiada en el software, análisis de datos y preguntas metacognitivas.

**Implementación:** Se destinaron 5 sesiones por semestre, aproximadamente hubo un docente por cada 20 estudiantes para una mediación efectiva del trabajo grupal (3-4 estudiantes).

**Evaluación:** Se utilizó un diseño pre-post con dos instrumentos:

- Un test de 18-21 ítems que medía cinco categorías de conocimiento (**Tabla 1**).
- Una escala Likert de 5 puntos para la disposición emocional.

**Tabla 1***Categorías de conocimiento y habilidades en el test de trigonometría y vectores*

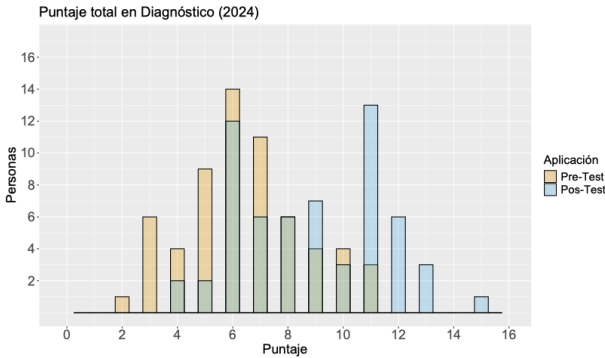
Categoría Evaluada	Conocimientos Específicos	Habilidades Medidas	N° de ítem
<b>Trigonometría Básica</b>	Definiciones de seno y coseno en un triángulo rectángulo.	Identificar la relación entre lados y ángulos en un triángulo rectángulo.	1, 2
<b>Trigonometría Aplicada a Vectores 2D</b>	Proyección ortogonal de vectores usando funciones trigonométricas.	Convertir entre representaciones polares y cartesianas.	3, 4
<b>Cálculo Vectorial (2D y 3D)</b>	Magnitud de un vector, suma vectorial, distancia entre puntos en el espacio.	Calcular distancias; realizar operaciones algebraicas con vectores tridimensionales.	5, 6, 7, 15, 16, 18, 19
<b>Propiedades de Vectores</b>	Producto punto y producto cruz.	Analizar el ángulo entre vectores.	8, 9, 11, 14, 17
<b>Resolución de Problemas en Contexto</b>	Aplicación de vectores a situaciones de desplazamiento y posición.	Modelar situaciones físicas del mundo real utilizando herramientas matemáticas.	10, 12, 13

#### 4. Resultados

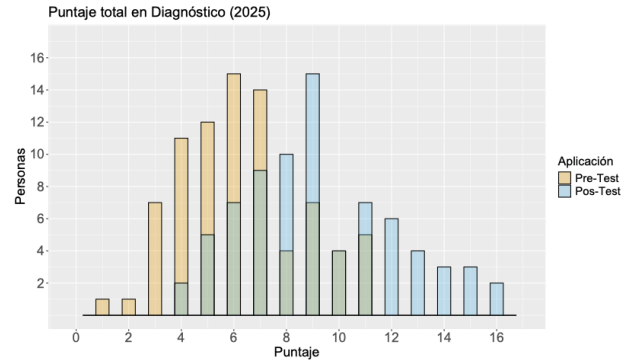
##### Logro de Aprendizajes:

El análisis de los ítems del post-test reveló un avance importante pero dispar. Se observó un alto dominio en los conceptos trabajados explícitamente con GeoGebra: trigonometría básica (79% de logro) y componentes vectoriales en 2D (78%). Sin embargo, persistieron dificultades críticas en temas que requieren mayor abstracción, como las propiedades del producto vectorial y la geometría 3D (32% de logro). Este patrón se corrobora con el desplazamiento general de las notas hacia puntajes más altos en el post-test (**Figuras 1 y 2**).

**Figura 1**  
Aumentaron los puntajes en el pos-test del instrumento aplicado (Estudiantes repitentes 2° semestre 2024).



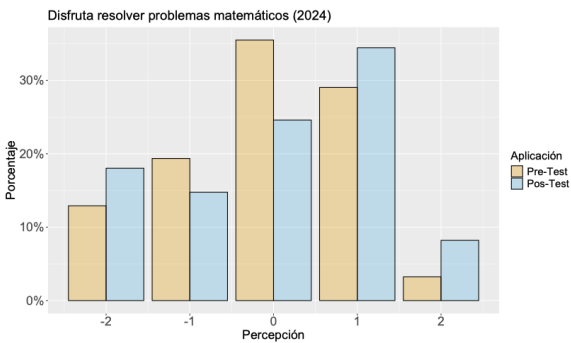
**Figura 2**  
Aumentaron los puntajes en el pos-test del instrumento aplicado (Estudiantes primer año, 1° semestre 2025).



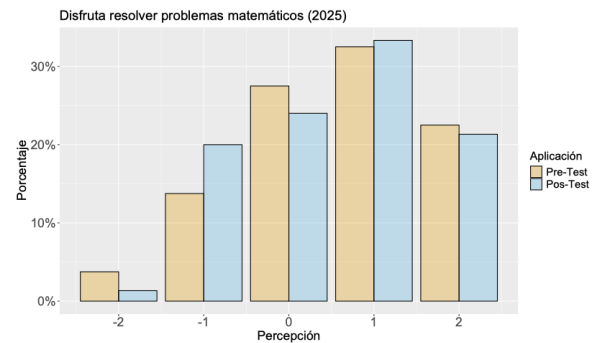
**Disposición Emocional:**

El impacto emocional fue contingente a la experiencia universitaria previa. Los estudiantes que repetían la asignatura (2024) reportaron un cambio positivo significativo (**Figura 3**), mientras que los novatos (2025) no mostraron una mejora estadísticamente significativa, a pesar de partir de una disposición ligeramente más favorable (**Figura 4**).

**Figura 3**  
Aumento de personas que disfrutaron resolver problemas matemáticos (estudiantes repitentes, 2° semestre 2024).



**Figura 4**  
Aumento de personas que disfrutaron resolver problemas matemáticos (estudiantes primer año, 1° semestre 2025).



## 5. Conclusiones y proyecciones

La intervención demostró ser un modelo efectivo para lograr aprendizajes significativos en los contenidos centrales de trigonometría y vectores. El análisis granular de resultados es un valor agregado de este estudio, ya que no solo confirma el éxito general, sino que diagnostica con precisión los puntos débiles (propiedades vectoriales avanzadas), señalando la necesidad de diseñar andamiajes específicos (ej. applets de visualización 3D) en futuras iteraciones. La disparidad en la disposición emocional refuerza el rol del docente como facilitador clave para guiar la adaptación de los estudiantes de primer ingreso a las metodologías activas. Como proyección, se recomienda: (1) crear recursos de refuerzo para los temas críticos, (2) expandir la metodología a otras unidades y (3) co-crear materiales con carreras afines. Esta experiencia provee un modelo transferible para la integración de herramientas digitales y aprendizaje activo en la educación superior.

## Referencias

- Breda, A. (2017). GeoGebra en la enseñanza de la matemática: Una mirada desde la perspectiva de la educación matemática realista. *Revista Paranaense de Educación Matemática*, 6(11), 244-265.
- Hernández-Silva, C., López-Fernández, L., González-Donoso, C., López-Fernández, L., González-Donoso, A. & Tecpan-Flores, S. (2018). Impacto de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de futuros profesores de física en un curso de didáctica. *Pensamiento Educativo*, 55(1), 1-12. <https://doi.org/10.7764/PEL.55.1.2018.6>
- Hohenwarter, M. y Jones, K. (2020). GeoGebra: From simulation to formalization in mathematics and science teaching. En M. A. (Ed.), *Simulations and modeling for science education* (pp. 89-105). Springer.
- Ministerio de Educación de Chile. (2023). *Base de datos de resultados académicos 2022-2023* [Conjunto de datos]. Portal de Datos Abiertos. <https://datosabiertos.mineduc.cl/>