

Hologramas como recurso didáctico y su influencia en el rendimiento académico de vectores

Holograms as a didactic resource and their influence on the academic performance of vectors

Artículo Original		
Recibido: 05/05/2026	Pico Moreta Liseth Estefania ¹ liseth.pico8396@utc.edu.ec ORCID: 0009-0003-3710-1526	Ugsha Yasig Segundo Antonio ¹ segundo.ugsha0565@utc.edu.ec ORCID: 0009-0002-8879-7407
Aceptado: 06/07/2026	Erazo Escudero Ayrton Daniel ¹ ayrton.erazo0624@utc.edu.ec ORCID: 0009-0001-6671-2620	
Publicado: 04/08/2026	Universidad Técnica de Cotopaxi ¹	

Resumen

La enseñanza de las matemáticas, es un reto, especialmente con contenido abstracto y complejo como la comprensión de vectores, donde el razonamiento espacial es elemental. La investigación se orienta a analizar la influencia de los hologramas como recursos didácticos en el rendimiento académico de la comprensión de vectores. En efecto, se determina bajo una metodología cuantitativa, aplicada, explicativa de diseño cuasiexperimental. La técnica empleada fue una prueba pedagógica mediante un cuestionario aplicado en tiempo previo y posterior. La muestra de estudio corresponde a dos grupos "A" y "B" denominados grupo de experimento y control respectivamente. El análisis estadístico consistió en estadística descriptiva y análisis inferencial mediante ANOVA de medidas repetidas, regresión lineal y modelo mixto con efectos fijos y aleatorios, procesado mediante el software RStudio. Los resultados reflejan, ANOVA con valores de elementos de grupo con valores $F = 5.126$; $p = 0.027$ y factor del tiempo $F = 115.733$; $p < 0.001$ y la interacción de grupo con $F = 4.916$; $p = 0.008$, resalta que el rendimiento evolucionó de forma distinta en los dos grupos, donde los hologramas reflejaron influencia positiva en el rendimiento y desempeño. La regresión lineal, R^2 de 0.462, se determina que la variación en el rendimiento de los estudiantes en la comprensión de vectores puede ser explicada por el uso de hologramas hasta en un 46.2%, respaldando una relación positiva y moderada. El modelo mixto, determina mediante efectos fijos, variación en el promedio general y mediante efectos aleatorios, variaciones individuales en los estudiantes, con un valor de Varianza sujeto = 0.378. Resaltando que, el nivel de influencia de los hologramas en la comprensión y rendimiento fue diferente en cada estudiante. Definitivamente, la intervención fue productiva y logró demostrar que con recursos

tridimensionales como los hologramas se puede generar un mayor impacto educacional y mejorar el rendimiento de los estudiantes de forma progresiva.

Palabras clave: Hologramas; recurso didáctico; rendimiento académico; matemáticas, vectores.

Abstract

The teaching of mathematics is a challenge, especially with abstract and complex content such as vector learning, where spatial reasoning is elementary. The research is aimed at analyzing the influence of holograms as didactic resources on the academic performance of vector learning. In fact, it is determined under a quantitative, applied, explanatory methodology of quasi-experimental design. The technique used was a pedagogical test through a questionnaire applied in the previous and subsequent time. The study sample corresponds to two groups "A" and "B" called experiment and control groups respectively. The statistical analysis consisted of descriptive statistics and inferential analysis using repeated-measures ANOVA, linear regression and mixed model with fixed and random effects, processed using RStudio software. The results reflect, ANOVA with values of group elements with values $F = 5.126$; $p = 0.027$ and time factor $F = 115.733$; $p < 0.001$ and group interaction with $F = 4.916$; $p = 0.008$, highlights that performance evolved differently in the two groups, where holograms reflected positive influence on performance and performance. The linear regression, R^2 of 0.462, determines that the variation in student performance in vector learning can be explained by the use of holograms by up to 46.2%, supporting a positive and moderate relationship. The mixed model determines by means of fixed effects, variation in the general average and by random effects, individual variations in students, with a subject variance value = 0.378. Highlighting that the level of influence of holograms on learning and performance was different in each student. The intervention was definitely productive and managed to demonstrate that with three-dimensional resources such as holograms, a greater educational impact can be generated and students' performance can be progressively improved.

Keywords: Holograms, didactic resource, academic performance, mathematics, vectors.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de matemáticas a nivel mundial se enfrenta aún en la actualidad con el avance tecnológico que existe y las

diversas herramientas didácticas, al reto de incrementar el nivel de comprensión de contenidos abstractos que involucra la

materia. En este sentido de acuerdo a, OECD (2023), la prueba PISA conocido como Programa para la Evaluación Internacional de Estudiante, donde se evalúa cada tres años a los estudiantes en términos de competencia matemática, científica y lectora. Los resultados determinan que en los países participantes las competencias matemáticas de los estudiantes cayeron hasta 15 puntos porcentuales, resaltando una problemática global, con la necesidad de renovar las estrategias pedagógicas en la enseñanza de las diferentes contenidos y niveles de matemáticas.

En este contexto, surgen tecnologías inmersivas, como los hologramas que ofrecen visualización tridimensional, ofreciendo múltiples beneficios para la comprensión conceptual y espacial en temas relevantes como son los vectores, la tecnología, pasa de ser una novedad para convertirse a nivel global en herramientas pedagógicas eficientes para propiciar la comprensión activa y significativa. La UNESCO (2026), recalca que, la tecnología debe ser integrada no como un sustitutivo del docente, sino más bien como elemento pedagógico que respalda y complementa el proceso de enseñanza.

Estudios contemporáneos que incluyen estrategias didácticas con recursos como hologramas en las clases de matemáticas como el estudio efectuado por Flavin et al. (2025), respaldan el efecto positivo y significativo de estos recursos en el incremento del rendimiento y

fortalecimiento de las competencias matemáticas. En este sentido, es importante analizar el uso de recursos como los hologramas en contextos aplicados de aprendizaje real.

En este sentido los hologramas, son el resultado del avance de las tecnologías tridimensionales y se consolida en la actualidad como una opción, óptima, gracias a su representación visual atractiva e interactiva que favorece la comprensión abstracta y espacial. De acuerdo a, Flowers (2024), la tecnología holográfica hace propicio el razonamiento matemático en nivel tridimensional, y la participación activa del estudiante, lo que sitúa estas herramientas como elementales para la enseñanza actual de matemáticas con énfasis en la enseñanza de vectores y geometría. Por su parte, Chulpongsatorn et al. (2023), hace énfasis en la capacidad de estos recursos para transformar la experiencia de aprendizaje al sustituir explicaciones del paradigma tradicional mediante la interactividad y la inmersión generando la experiencia visual.

A nivel regional, las brechas existentes remarcan desigualdades en el acceso a recursos, tecnología y metodologías innovadoras en el aula. De acuerdo al World Bank Group (2024), la brecha que resulta de la pobreza en la educación en la región era del 52% previo a pandemia y posterior se sitúa en 70% donde incide de forma sustancial la brecha pedagógica digital. En esta línea, Arias Ortiz et al. (2024), sostienen que en Latinoamérica existen

desigualdades en el nivel de enseñanza aprendizaje en matemáticas y que es necesario que se adopten recursos didácticos innovadores que integren experiencias visuales significativas como impulsor del entendimiento de temas abstractos. En América Latina, la consideración de los hologramas como recurso didáctico, ha tomado impulso especialmente al considerar la pobreza educativa, las dificultades de aprendizaje que reflejan estudiantes en áreas clave como matemáticas y la tendencia educativa que integra tecnología para alinearse a las necesidades actuales.

En base a esto, Carlian et al. (2024), asevera que los hologramas contribuyen de forma sustancial, al aprendizaje de matemáticas, al ofrecer una experiencia visual que refleja diversas perspectivas espaciales favoreciendo la comprensión de contenido abstracto que no se lograría con imágenes planas. Y, Kovalenko et al. (2022), sostiene que el uso de hologramas contribuye a reducir el nivel de complejidad que perciben los estudiantes frente a temas como vectores, favoreciendo una experiencia participativa, dinámica y activa. En la educación ecuatoriana la comprensión de vectores es un desafío en la asignatura de matemáticas, en este sentido el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL) (2023), recalca que en la evaluación ser estudiante se identificó reducción en las calificaciones obtenidas en las materias básicas, donde ese incluye matemáticas y la comprensión de vectores.

De acuerdo a, diversos estudios realizados en el área nacional como, Moya Carrera (2023), afirma que, el uso de hologramas como recurso didáctico favorece la comprensión del contenido abstracto y complejo de la asignatura de matemáticas, por su parte, Gaviláñez Bautista (2024), sostiene que, estos recursos hacen que la clase sea más innovadora, entretenida y que capta la atención del estudiante y promueve su motivación por aprender.

No obstante, Carlian et al. (2024) y (Flowers, 2024), coinciden en que el uso de hologramas en la enseñanza de matemáticas en el país aún es limitado, a pesar del interés progresivo por la adopción de tecnología en el sistema educativo especialmente en asignaturas básicas o elementales como matemáticas. Al considerar, el nivel de dificultad que reflejan los alumnos en temas específicos de representación gráfica y razonamiento espacial como vectores y álgebra.

Lo expuesto, resalta la relevancia de analizar de forma integral el uso de hologramas como recurso didáctico para la comprensión de vectores en el contexto actual, considerando que los contenidos de vectores son elemental en matemáticas y uno de los temas que generan mayor percepción de complejidad en el estudiantado, en este contexto, el razonamiento espacial mediante una interpretación gráfica basada en visualización tridimensional es óptimo para para la comprensión del contenido de vectores.

Se plantea como objetivo general de investigación el análisis de la influencia de los hologramas como recurso didáctico en el rendimiento académico de vectores. La importancia de la investigación, se respalda en términos pedagógicos y científicos, ofreciendo evidencia del uso de hologramas en un contexto educativo real donde predomina la enseñanza tradicional. En efecto el estudio, responde a la pregunta de investigación ¿En qué medida los hologramas como recurso didáctico

contribuyen a mejorar la comprensión de vectores?

Es importante recalcar que la investigación surge a partir del proyecto macro de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi denominado "Elaboración de recursos didácticos mediante la utilización de softwares especializados de matemáticas para la resolución de problemas de funciones reales con una variable real en la educación".

METODOLOGÍA

Enfoque. La investigación, se plasma bajo el enfoque cuantitativo porque se orienta a analizar la influencia del uso de hologramas como recurso didáctico en la comprensión de vectores, mediante la recolección de datos cuantitativos, provenientes de pruebas pedagógicas aplicadas en dos tiempos pre y post, en dos grupos a fin de determinar el nivel de influencia en el grupo de experimento en contraste con el grupo de control. Se emplea este enfoque al considerar que según, Espinoza Freire (2025), este enfoque permite trabajar con datos cuantificables que propician procedimientos estadísticos para comprobar relaciones entre variables y es ideal para mediciones objetivas en el contexto educativo.

Tipo. Es de tipo aplicada porque responde a una problemática educativa real y contextualizada, al observar el uso de hologramas como recurso didáctico como

propuesta de mejora, frente a los retos y desafíos que genera el nivel de complejidad de temas abstractos como es la comprensión de vectores. En línea con esto, Calle Mollo (2023), asevera que la investigación aplicada se orienta a analizar y dar solución a problemáticas del contexto real, con énfasis en el área tecnológica y educativa, llevando la teoría a estrategias y propuestas concretas.

Carácter. Es de carácter explicativo, porque se orienta a determinar y revelar la relación que existe entre el uso de hologramas como recurso didáctico y el incremento del rendimiento en vectores, estableciendo relación causal que se explica y sustenta en resultados mediante estadística y en la discusión mediante el respaldo de investigaciones que se alinean a los datos presentados. Como manifiesta, González Penagos y Rivera Quiroz (2024), la investigación explicativa permite revelar de

forma adecuada los resultados de una investigación especialmente cuando se plantea relaciones entre variables porque además de describir la relación busca comprender la causa y efecto que ocasiona dicha relación.

Diseño. El diseño corresponde al cuasiexperimento, al emplear un grupo de control y un grupo de experimento, la recolección y contraste de datos en tiempos previos y posteriores al uso de hologramas como recurso didáctico para favorecer la comprensión y el rendimiento académico en el tema de vectores. En base a, Ramos Galarza (2022), los estudios cuasiexperimentales son ideales para el ámbito educativo, especialmente cuando se requiere medir el uso de una metodología, herramienta o recursos, puesto que no es posible manipular de forma definitiva o completa a las variables ni asignar de forma aleatoria a estudiantes, sino más bien se trabaja con grupos establecidos por lo general como de experimento y de control.

Técnicas e instrumentos. Para la investigación fue necesario aplicar una prueba pedagógica mediante un cuestionario, para la recolección de datos en dos tiempos previo y posterior a la intervención, en el grupo de control y grupo de experimento. La prueba previa se tomó al inicio de la investigación como punto de partida. Se procedió a la intervención que consistió en trabajar mediante hologramas el tema de vectores, durante un mes con el grupo de experimento, posterior a la intervención se volvió a aplicar el

cuestionario para contrastar la información y determinar la incidencia. El cuestionario contiene preguntas direccionadas a vectores se analiza los conocimientos de los estudiantes referentes al tema determinando valoración numérica en cada pregunta lo que permite determinar un nivel de rendimiento académico. Es importante recalcar que el instrumento se realizó en consideración a los niveles de desempeño por estándar de aprendizaje que determina el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL) (2025):

- E.M.5.1. Emplea conceptos básicos de las propiedades algebraicas de los números reales para optimizar procesos, realizar simplificaciones y resolver ecuaciones, inecuaciones y sistemas de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas aplicando varios métodos y las propiedades de orden de los R en contextos reales e hipotéticos.

Análisis estadístico. Se realiza un análisis estadístico descriptivo. Se efectuó un análisis inferencial mediante ANOVA de medidas repetidas. Se desarrollo regresión lineal y se aplicó el método de modelo mixtos mediante efectos fijos y aleatorios. Con el uso del software RStudio.

Población y muestra. La población de estudio corresponde a los alumnos del tercer año de bachillerato de la Unidad Educativa "Provincia de Cotopaxi", quienes corresponden a la muestra efectiva de estudio determinada por conveniencia y accesibilidad del equipo investigador. En

este sentido la muestra se conforma por 64 estudiantes distribuidos en dos paralelos "A" que se determina grupo de experimento y "B" que se identifica como grupo de control. El grupo de experimento

se compone de 32 estudiantes de los cuales 15 son hombres y 17 mujeres y el grupo de control se orienta a 32 estudiantes 13 hombres y 19 mujeres.

RESULTADOS

Análisis descriptivo. Los valores de repuesta se distribuyen en el nivel medio en tiempo inicial, no obstante; el grupo de experimento refleja mayor frecuencia en niveles más altos especialmente en el tiempo posterior. Los resultados hacen énfasis en el rendimiento más elevado del grupo de experimento en comparación al grupo de control. De acuerdo a la figura 1 se puede evidenciar que en los dos grupos (experimento y control) presentaron incremento en el rendimiento de los estudiantes en tiempo posterior de forma progresiva pero más pronunciada en el grupo de experimento.

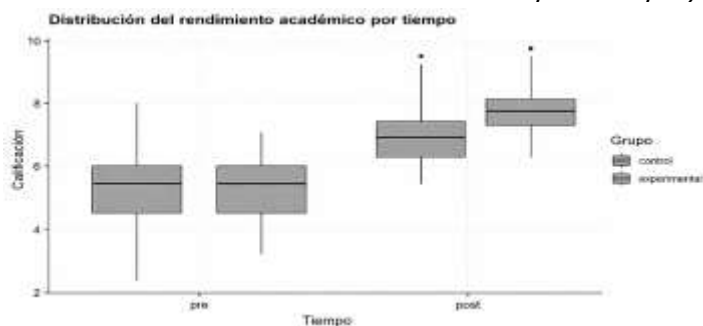
En el tiempo previo las medias son similares reflejando homogeneidad en el rendimiento inicial de los grupos de estudio, resaltando

un punto de partida eficiente con condiciones similares, con 5.4 el grupo de control y 5.5 el grupo experimento. Con el paso del tiempo las calificaciones incrementan en ambos grupos siendo más significativo en el grupo de experimento y en el tiempo posterior.

No se determinan valores atípicos en el tiempo previo, no obstante, en el tiempo posterior se determina la presencia de valores atípicos en los dos grupos, esto se asocia con estudiantes que lograron calificaciones excepcionalmente más altas en comparación al tiempo previo de la intervención, estos valores no alteran los resultados puesto que se aprecia tendencia de superioridad en el grupo de experimento.

Figura 1

Boxplot dispersión de la distribución del rendimiento académico por tiempo y grupo



Nota. Elaborado mediante RStudio.

Análisis inferencial

ANOVA de medidas repetidas. Mediante el análisis efectuado con el modelo ANOVA de medidas repetidas, se evidencia que existen mejoras sustancialmente significativas en los elementos de grupo con valores $F = 5.126$; $p = 0.027$ y en el tiempo con $F = 115.733$; $p < 0.001$ y la interacción de estos elementos es estadísticamente significativa con equivalencia de grupo * tiempo de $F =$

4.916 ; $p = 0.0080020$. Los resultados respaldan la variación entre los grupos a lo largo del tiempo resaltando que, aunque existe incremento en los dos grupos de estudio no en la misma medida siendo más significativo en el grupo de experimento. Referente a el nivel de impacto se da en mayor medida para el tiempo con un valor de $ges = 0.437$, reluciendo fuerte influencia en elementos de medidas temporales.

Tabla 1

ANOVA de medidas repetidas

ANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS							
Efecto	DFn	DFd	SSn	SSd	F	p	ges
Intercepto	1	62	7944.523	109.279	4507.365	<0.001	0.9769
Grupo	1	62	9.035	109.279	5.126	0.027	0.046
Tiempo	2	124	145.565	77.982	115.733	<0.001	0.4374
Grupo × Tiempo	2	124	6.183	77.982	4.916	0.008	0.032

Nota. Elaborado mediante RStudio.

Regresión lineal. El modelo de regresión lineal refleja un ajuste global adecuado, obteniendo un valor $R^2 = 0.462$ en el coeficiente de determinación, demostrado que el 46.2% de la variabilidad encontrada en las calificaciones se explica por las variables. El valor de R^2 ajustado 0.448 respalda y justifica la consistencia del

modelo. Los valores de $F 31.94$; $p < 0.001$ respaldan la significancia global del modelo y un error residual estándar de 1.003 revela una ligera dispersión de los datos obtenidos en base a la predicción. Estos resultados recalcan la capacidad del modelo para explicar las variables y la consistencia de los datos.

Tabla 2

Regresión lineal

RESUMEN DEL MODELO DE REGRESIÓN	
Indicador	Valor
Error estándar residual	1.003
R^2	0.462
R^2 ajustado	0.448

F	31.94
gl	5, 186
p	<0.001

Nota. Elaborado mediante RStudio.

Modelo mixto. En el modelo mixto los efectos fijos respaldan que el grupo de experimento reflejó un impacto significativo en el incremento del rendimiento académico con valor de 0.755 respaldando mayores calificaciones en relación al grupo de control. Respecto al tiempo en escala posterior es el que refleja mayor significancia con valor de 1.133 en comparación con el tiempo previo, esto concuerda con los resultados del ANOVA y de la regresión lineal confirmando que la intervención en el grupo de experimento con el uso de hologramas es significativa para el incremento de calificaciones y por ende del rendimiento de los estudiantes. En contraste los efectos aleatorios del modelo

mixto determinan variabilidad en la varianza con valor de 0.378, determinando que cada estudiante refleja variaciones específicas en el rendimiento y evolución, la varianza residual con valor de 0.629 refleja ciertos elementos subyacentes que tienen inferencia en las variaciones de rendimiento. Los resultados determinan la importancia del uso de este modelo para analizar los casos de los estudiantes de forma individual con sus variaciones específicas y no solo de forma grupal determinando mayor precisión y especificidad en los resultados considerando que se trabajó con datos longitudinales y con medidas repetidas.

Tabla 3

Modelo mixto – efectos fijos

MODELO MIXTO (EFECTOS FIJOS)			
Variable	Estimación	Error Std	t
Intercepto	6.058	0.177	34.153
Grupo experimental	0.755	0.251	3.009
Tiempo post	1.133	0.198	5.714
Tiempo pre	-0.659	0.198	-3.326
Grupo × Post	-0.141	0.28	-0.502
Grupo × Pre	-0.822	0.28	-2.931
MODELO MIXTO (EFECTOS ALEATORIOS)			
Efecto	Varianza	Desv. Std	
Sujeto (intercepto)	0.378	0.615	
Residual	0.629	0.793	

Nota. Elaborado mediante RStudio.

DISCUSIÓN

Mediante la investigación se pueden determinar aspectos relevantes del uso de hologramas como recurso didáctico para mejorar la comprensión de vectores. La intervención en el grupo de experimento resultó en un incremento considerable del rendimiento en comparación con los estudiantes del grupo de control, el punto de partida fue de promedios similares de 5.4 y 5.5 para el grupo de experimento y de control respectivamente. No obstante, en el tiempo post, el grupo de experimento reflejó un promedio general relativamente más alto, con mayor comprensión espacial de vectores, que el grupo de control. Los resultados concuerdan con Orellana Malla & Gualan Macas (2025) quienes determinan que el uso de hologramas contribuye al aprendizaje significativo y el incremento del rendimiento en el tema de vectores, especialmente por su representación tridimensional. Además, Aparicio Tejido & Barranco Crespo (2025) manifiestan que el beneficio de emplear hologramas es amplio y sustancial en la comprensión de vectores al innovar la experiencia tradicional de enseñanza en una actividad tridimensional e inmersiva.

Mediante el ANOVA de medidas repetidas, se pudo determinar diferencias que estadísticamente son significativas entre los dos grupos de estudio, especialmente al considerar el factor del tiempo $F = 115.733$; $p < 0.001$ y la interacción de grupo con $F = 4.916$; $p = 0.008$, resaltando

que el rendimiento evolucionó de forma distinta en los dos grupos en el transcurso de la intervención, donde los hologramas reflejaron influencia positiva en el rendimiento y desempeño. En línea con esto, Guzman Salcedo et al. (2025) determinaron mediante una investigación que los hologramas contribuyen a mejorar la comprensión de vectores, pasando del 40% al 85% incrementando la motivación y participación estudiantil. Y, Aparicio Tejido & Barranco Crespo (2025) quienes afirman que, los hologramas son eficientes en dinamizar las clases y motivar a los estudiantes a comprender y razonar temas complejos, mejorando el aprendizaje.

En línea con lo anterior, se afirma que, mientras mayor sea la intervención o exposición de los estudiantes a los hologramas, mayor será el nivel de comprensión de vectores. El efecto del tiempo y la interacción grupo por tiempo, son representativos y significativos lo que respalda la coherencia estadística de los datos presentados. Reportando eficiencia y estabilidad de la intervención como afirma Romero & Ventura (2024) y López Rodríguez (2024) los estudios estadísticos robustos y pertinentes permiten respaldar la eficiencia de los recursos empleados con mayor precisión.

La regresión lineal, determinó que las calificaciones incrementaron en el grupo experimental en el tiempo post, con un resultado R^2 de 0.462, se determina que la

variación en el rendimiento de los estudiantes en el tema de vectores puede ser explicada por el uso de hologramas hasta en un 46.2%, respaldando una relación positiva y moderada. Estos resultados se enmarcan con Chiluisa Villalva et al. (2026) y Mejia Coello (2026) quienes respaldan que el uso de recursos didácticos innovadores puede incrementar el rendimiento en matemáticas, con énfasis en recursos visuales y tridimensionales que contribuyen al razonamiento y retención del aprendizaje.

Por último, el modelo mixto que se aplicó, respalda los resultados puesto que se

identificaron efectos fijos y aleatorios, los primeros determinan variación en el promedio general de los dos grupos y los segundos efectos recalcan variaciones individuales en los estudiantes, con un valor de Varianza sujeto = 0.378. Esto recalca que cada estudiante presentó variación diferente en el nivel de influencia de los hologramas en su aprendizaje y rendimiento, la intervención fue productiva y logró demostrar que con recursos tridimensionales como los hologramas se puede generar un mayor impacto educacional y mejorar el rendimiento de los estudiantes de forma progresiva.

CONCLUSIÓN

El estudio respalda la influencia positiva de los hologramas como recurso didáctico, especialmente, en la asignatura de matemáticas, siendo eficiente para que los estudiantes comprendan de mejor forma contenido complejo y abstracto como el tema de vectores. El grupo de experimento superó al grupo de control, en las pruebas estadísticas descriptivas y ANOVA de medidas repetidas, se determinó diferencias significativas entre grupos, siendo más significativo el progreso del rendimiento del grupo de experimento frente al grupo de control en las dos medidas de tiempo sugiriendo que, mientras mayor sea el tiempo de intervención, donde se expone a los estudiantes a metodologías como hologramas el incremento del rendimiento

es relativamente mayor. Se identifica mediante regresión lineal y la prueba de modelo mixto que en efecto el uso de hologramas incrementa el rendimiento, considerando que la experiencia de visualización tridimensional, facilita el razonamiento abstracto y espacial, habilidad indispensable en la comprensión de vectores.

El desempeño académico de los estudiantes incrementa de forma progresiva, aunque los dos grupos reflejaron mejoras, estas fueron más significativas en el grupo de experimento. No obstante, el estudio mantiene limitaciones referentes a la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos para maximizar el aprovechamiento de los hologramas como recurso didáctico. El alcance definido a

estudiantes específicos de una institución educativa, limitan la generalización de resultados. Sin embargo, los resultados son replicables en otros contextos, generando líneas para investigaciones futuras donde se puede incrementar la población o incluir

otro tipo de tecnologías por un tiempo mayor de estudio que permita definir la eficiencia de distintas tecnologías empleadas como medio didáctico en la comprensión de vectores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsswey, A., El-Qirem, F. A., & Omar, F. (2025). 3D holograms and emotional intelligence: Transforming interactive learning in higher education. *Acta Psychologica*, 261, 105758. <https://doi.org/10.1016/J.ACTPSY.2025.105758>
- Alsswey, A., & Malak, M. Z. (2025). The effect of using 3D hologram technology as a learning method on university students' self-efficacy, curiosity, and emotional intelligence. *Interactive Learning Environments*, 8(4), 29-46. <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2559916>
- Aparicio Tejido, B., & Barranco Crespo, M. (2025). Holografía práctica: análisis de la presencia actual de la holografía en los programas didácticos en las universidades españolas. *Cuadernos Del Centro de Estudios En Diseño y Comunicación. Ensayos*, 2025(255), 141-160. <https://doi.org/10.18682/CDC.VI255.12180>
- Arias Ortiz, E., Dueñas, X., Giambruno, C., & López, Á. (2024). The State of Education in Latin America and the Caribbean: Learning Assessments. IDB. <https://doi.org/10.18235/0013171>
- Calle Mollo, S. E. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1865-1879. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I4.7016
- Carlian, Y., Mir'ayatul Hayati, S., & Marthyane Pratiwi, I. (2024). 3D Hologram: An Alternative Media for Learning Science in Elementary School in the Post-COVID-19 Period. *KnE Social Sciences*, 12(3), 1-15. <https://doi.org/10.18502/KSS.V9I8.15570>
- Chiluisa Villalva, L. F., Trávez Angueta, J. R., Velasteguí Medina, G. M., & Rosales Amores, E. M. (2026). Gamificación en matemáticas y rendimiento académico en Educación Básica. *Revista Ciencia Innovadora*, 4(2), 112-124. <https://doi.org/10.64422/RCI.V4N2.2026.176>
- Chulpongsatorn, N., Skovhus Lunding, M., Soni, N., & Suzuki, R. (2023). Augmented Math: Authoring AR-Based Explorable Explanations by

- Augmenting Static Math Textbooks. UIST 2023 – Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 23(36), 1–16. <https://doi.org/10.1145/3586183.3606827>
- Espinoza Freire, E. E. (2025). La investigación cuantitativa: fundamentos, características y aplicaciones en las ciencias sociales. *Sociedad & Tecnología*, 8(S3), 1283–1298. <https://doi.org/10.51247/ST.V8IS3.47>
- Flavin, E., Hwang, S., & Flavin, M. T. (2025). Augmented Reality for Mathematics Achievement: A Meta-Analysis of Main and Moderator Effects. *International Journal of Science and Mathematics Education 2025* 23:7, 23(7), 2305–2330. <https://doi.org/10.1007/S10763-025-10546-X>
- Flowers, L. O. (2024). Holographic Applications in STEM Pedagogy and Training. *International Journal of Science and Research*, 13(7), 1–13. <https://doi.org/10.21275/SR24719075813>
- Gavilanez Bautista, E. A. (2024). La realidad aumentada en la comprensión de la matemática en niños de quinto año de Educación General Básica [Unieversidad Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/items/bb45b55-06e6-4c76-ab1e-061c5eec8cb4>
- González Penagos, C., & Rivera-Quiroz, H. (2024). Investigación cuantitativa. Claves para estudiantes universitarios. Universidad Católica Luisamigo, 112. <https://doi.org/10.21501/9789588943985>
- Guzman Salcedo, M. A., Arguello Pozo, M. M., Maya Guapucal, C. G., Poveda Reira, J. P., & Robayo Andrade, D. A. (2025). Gamificación en la enseñanza de matemáticas: efecto en la motivación y rendimiento académico en básica superior. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 6(2), 1616. <https://doi.org/10.60100/RCMG.V6I2.627>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL) (2025). Informe Nacional de Resultados, Ser Estudiantes. https://cloud.evaluacion.gob.ec/dagireportes/sestciclo21/nacional/2023-2024_3.pdf
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL) (2023). Ser Estudiante Informe Nacional de Resultados Año lectivo 2022–2023. 103. https://cloud.evaluacion.gob.ec/dagireportes/sestciclo21/nacional/2022-2023_3.pdf
- Kovalenko, V., Marienko, M., & Sukhikh, A. (2022). Use of augmented and virtual reality tools in a general secondary education institution in the context of blended learning. *Information Technologies and Learning Tools*, 86(6), 70–86.

<https://doi.org/10.33407/itlt.v8i6.4664>

López Rodríguez, A. M. (2024). Análisis del comportamiento del rendimiento académico en matemáticas de los estudiantes de décimo año de educación general básica en la Unidad Educativa "Central Técnico mediante ANOVA Bootstrap. Implicaciones para la mejora continua. 97. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/14407/1/L%C3%B3pez%20Rodr%C3%ADguez%2C%20Gustavo%20%282024%29.%20An%C3%A1lisis%20Del%20Comportamiento%20Del%20Rendimiento%20Acad%C3%A9mico%20En%20Matem%C3%A1ticas%20De%20Los%20Estudiantes%20De%20D%C3%A9cimo%20A%C3%B1o%20De%20Educaci%C3%B3n%20General%20B%C3%A1sica%20En%20La%20Unidad%20Educativa%20%27Central%20T%C3%A9cnico%27%20Mediante%20An.pdf>

Mejía Coello, C. J. (2026). Impacto de las estrategias didácticas en el rendimiento académico en matemática de estudiantes de educación básica media. *Prisma Journal*, 2(1), 40–53. <https://doi.org/10.63803/PRISMA.V2N1.05>

Moya Carrera, Y. (2023). Uso de Realidad Virtual y Aumentada para mejorar la comprensión de conceptos abstractos en matemáticas. *Revista Científica Kosmos*, 2(1), 26–38.

<https://doi.org/10.62943/RCK.V2N1.2023.42>

OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. PISA, PISA. <https://doi.org/10.1787/53F23881-EN>

Orellana Malla, Á. K., & Gualan Macas, E. N. (2025). Enseñanza y aprendizaje de la geometría plana a través de un holograma. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 1428–1445. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V9I3.17754

Ramos Galarza, C. (2022). Diseños de investigación experimental | *CienciaAmérica*. <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356/699>

Romero, C., & Ventura, S. (2024). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), 18–25. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>

UNESCO. (2026). *Innovación educativa y TIC en educación*. <https://www.unesco.org/es/innovacion/nticeducacion>

World Bank Group. (2024). *La educación en América Latina y el Caribe*. <https://www.worldbank.org/en/programs/educacion-america-latina-caribe>