

Rojas Rodríguez, N., Gutiérrez Avellaneda, D., & Ramos Orozco, V. de J. (2026, septiembre-diciembre). Aprendizaje experiencial y realidad aumentada en la enseñanza de la geometría en educación básica. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (79), 43-60.

<https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n79a3>

Aprendizaje experiencial y realidad aumentada en la enseñanza de la geometría en educación básica

Experiential learning and augmented reality in the teaching of geometry in basic education

Neuris Rojas Rodríguez

Magister en Tecnologías Digitales Aplicadas a la Educación
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Santander
Bucaramanga, Colombia

neuris.1999@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7598-8699>

CvLAC:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002223755

Daimer Gutiérrez Avellaneda

Magister en Tecnologías Digitales Aplicadas a la Educación
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Santander
Bucaramanga, Colombia

daymer2007@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-1236-8042>

CvLAC:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001532469

Víctor de Jesús Ramos Orozco

Magister en Tecnologías Digitales Aplicadas a la Educación
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Santander
Bucaramanga, Colombia

ramosorozco1986@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-8369-7882>

CvLAC:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002371721

Recibido: 6 de octubre de 2025

Evaluado: 28 de marzo de 2026

Aprobado: 3 de agosto de 2026

Tipo de artículo: Investigación

Resumen

La enseñanza tradicional de geometría en educación secundaria muestra deficiencias en la representación visual de objetos tridimensionales, provocando que el desarrollo de competencias espaciales sea limitado. Se integró el aprendizaje experiencial a través de la realidad aumentada (RA) para mejorar las competencias geométricas en 34 estudiantes de séptimo grado, seleccionados por muestreo no probabilístico por conveniencia en una institución educativa pública de Colombia. La investigación tiene un enfoque mixto y un predominio cuantitativo para abordar las barreras de la enseñanza tradicional, específicamente en la visualización de objetos 3D. Se implementó una secuencia didáctica utilizando la aplicación Sólidos RA, y se emplearon instrumentos pretest y postest validados por expertos. Adicionalmente, se recolectó información cualitativa mediante diarios de campo y observaciones. Los efectos revelaron un progreso notable de las competencias de visualización y transformación geométrica (Wilcoxon, $p < .001$, $r = 0.862$), junto con el fortalecimiento de competencias socioemocionales asociadas a la colaboración entre pares y al abordaje efectivo de problemas. En los hallazgos cualitativos se destaca una mayor motivación, participación y colaboración entre pares. Se concluye que la RA, bajo una perspectiva experiencial, constituye una herramienta eficaz para fortalecer los procesos de aprendizaje de contenidos geométricos y contribuir al desarrollo integral.

Palabras clave: Aprendizaje Experiencial; Educación básica; Geometría; Matemáticas; Realidad Aumentada.

Abstract

Traditional geometry instruction in secondary education has shortcomings in the visual representation of three-dimensional objects, resulting in limited development of spatial skills. Experiential learning through augmented reality (AR) was integrated to improve geometric skills among 34 seventh-grade students, selected via non-probabilistic convenience sampling at a public school in Colombia. The study employs a mixed-methods approach with a quantitative focus to address the barriers of traditional teaching, specifically regarding the visualization of 3D objects. A teaching sequence was implemented using the Sólidos AR app, and expert-validated pre- and

post-tests were administered. Additionally, qualitative data were collected through field journals and observations. The results revealed notable progress in geometric visualization and transformation skills (Wilcoxon, $p < .001$, $r = 0.862$), along with the strengthening of socio-emotional skills associated with peer collaboration and effective problem-solving. The qualitative findings highlight increased motivation, participation, and peer collaboration. It is concluded that AR, from an experiential perspective, constitutes an effective tool for strengthening the learning processes of geometric content and contributing to holistic development.

Keywords: Experiential Learning; Basic Education; Geometry; Mathematics; Augmented Reality.

Introducción

En el panorama educativo actual, existe un consenso creciente sobre la necesidad de que la formación escolar trascienda la mera transmisión de contenidos académicos. El desarrollo de las distintas dimensiones del estudiante, alineado con las competencias requeridas en los entornos educativos del siglo XXI, como el razonamiento crítico, el trabajo colaborativo y la capacidad de afrontar problemas complejos, se ha vuelto un pilar fundamental en aras de prepararlos para los desafíos futuros.

Con el fin de lograr este desarrollo integral, es importante explorar mediaciones pedagógicas que ayuden en la comprensión de áreas abstractas como la geometría. En este escenario, la realidad aumentada (RA) surge como una solución innovadora; de hecho, diversos estudios evidencian el creciente interés por integrar la RA en los procesos formativos, resaltando mejoras en la motivación, visualización espacial y comprensión conceptual. No obstante, existe una escasa producción científica aplicada al contexto colombiano que relacione directamente RA y aprendizaje experiencial con propósitos evaluables (Bulut & Borromeo Ferri, 2023; Canbaz & Yalçın, 2024; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Kaźmierczak et al., 2025). La ausencia identificada respalda la necesidad de llevar a cabo este estudio.

Por lo anterior, esta investigación propone un enfoque didáctico que combina el aprendizaje experiencial con el uso pedagógico de la realidad aumentada mediante la aplicación “Sólidos RA”, orientada a la consolidación de las competencias geométricas en estudiantes del

grado séptimo. El objetivo general de este estudio fue analizar la incidencia del aprendizaje experiencial a través de la mediación de la realidad aumentada, con énfasis en el fortalecimiento de las competencias geométricas en estudiantes de séptimo grado. En este marco, se definieron los objetivos específicos que se presentan a continuación:

Diagnosticar el nivel de comprensión de conceptos geométricos tridimensionales en los estudiantes en la etapa previa a la intervención.

Diseñar una propuesta pedagógica basada en el modelo ADDIE que integre la aplicación Sólidos RA como recurso de aprendizaje.

Implementar actividades de aprendizaje experiencial mediadas por RA en el contexto del aula.

Evaluar el impacto de la intervención en el desempeño académico, la motivación y la participación de los estudiantes.

Analizar los resultados desde un enfoque mixto, incorporando datos cuantitativos y cualitativos a través de triangulación metodológica.

En conclusión, la investigación desarrollada no se limitó a analizar el impacto de una estrategia pedagógica mediada por el uso de realidad aumentada en el desarrollo de competencias geométricas, sino que también exploró el desarrollo de habilidades socioemocionales clave. Para ello, se aplicaron pretest/posttest para cuantificar el conocimiento geométrico, y se utilizaron diarios de campo y una encuesta de percepción para recoger datos cualitativos.

Marco teórico

La necesidad de la evolución educativa se fundamenta en el concepto de desarrollo integral, orientado a la promoción del bienestar humano en los ámbitos mental, físico, social y emocional. Este enfoque se caracteriza por la interrelación entre estas dimensiones y la búsqueda de un equilibrio constante (Angulo Vergara et al., 2020). Dicho modelo encuentra respaldo en teorías seminales como la de Vygotsky, que argumenta que el desarrollo cognitivo y socioafectivo está mediado por la interacción social, y la de Erikson, entendiendo el desarrollo humano como un proceso secuencial de etapas en el que cada una presenta desafíos psicosociales, cuya adecuada resolución es determinante para un desarrollo provechoso (Erskine & Pérez Burgos, 2020). A este

marco se suma el concepto de inteligencia emocional, asociada a la competencia para interpretar y gestionar de manera adecuada los procesos emocionales propios y de los demás (Ruiz-Ortega & Berrios-Martos, 2023); una habilidad esencial para el éxito personal y académico.

Bajo esta premisa, la mediación tecnológica en los procesos formativos asociados al aprendizaje matemático es una línea de investigación consolidada, donde se exploran diversas herramientas tecnológicas y recursos pedagógicos orientados a la mejora del aprendizaje. En este sentido, la investigación ha demostrado que las aplicaciones móviles, en combinación con estrategias de enseñanza centradas en la participación del estudiante, como el aprendizaje orientado a la resolución de problemas, mejoran la comprensión de conceptos (Ortiz Ortiz & Hernández Yomayuza, 2023). De manera similar, se ha evidenciado el impacto de herramientas de software como GeoGebra para mediar prácticas de aprendizaje eficaces orientadas a potenciar las habilidades matemáticas (Mena Gonzales et al., 2025). Estos estudios resaltan la necesidad de explorar continuamente cómo las tecnologías emergentes pueden ser integradas de forma significativa en la práctica pedagógica para contrarrestar las restricciones de la enseñanza tradicional.

Desde la perspectiva de la gestión tecnológica, integrar una tecnología emergente exige identificar alternativas, seleccionar la opción más pertinente y gestionar las condiciones que favorecen su adopción. Este proceso permite reducir los riesgos asociados con el uso de tecnologías nuevas y alinear su implementación con las necesidades del contexto educativo (Ríos Echeverri et al., 2026).

En los últimos años, la RA se ha posicionado como una estrategia emergente en el aprendizaje de las matemáticas, particularmente en geometría, por su potencial para fortalecer la habilidad de representación y comprensión espacial, la motivación y entendimiento de objetos tridimensionales (Rohendi et al., 2025). Estudios como los de Akbar et al. (2025) y Chonchaiya y Srithammee (2025) han reportado mejoras significativas en los procesos formativos relacionados con la geometría en estudiantes del nivel secundario mediante la incorporación de RA en contextos controlados.

No obstante, la mayor proporción de las investigaciones se ha concentrado en países de Asia y Europa, con poca evidencia empírica en contextos latinoamericanos. Asimismo, aunque se han documentado beneficios didácticos, algunos estudios señalan debilidades en la

implementación, especialmente en cuanto a la planificación pedagógica y la validación de instrumentos (Bulut & Borromeo Ferri, 2023).

Por consiguiente, las investigaciones previas sobre RA en la instrucción en el área de matemáticas abordan distintos enfoques; uno de los temas centrales es el impacto en los resultados académicos junto con el fortalecimiento de los procesos cognitivos y espaciales. Canbaz y Yalçın (2024), en Turquía, demostraron que la incorporación de la RA favorece de manera relevante el rendimiento en matemáticas en comparación con métodos tradicionales, mientras que Alqarni y Alzahrani (2022), en Indonesia, comprobaron que la RA contribuye al desarrollo de las habilidades en comparación con métodos tradicionales; igualmente, Angraini et al. (2023) destacaron que la RA promueve el abordaje de problemas matemáticos a través del reconocimiento de patrones y el diseño de algoritmos.

La inclusión educativa también ha sido abordada en diversas investigaciones. Kellems et al. (2020), en EE.UU., analizaron cómo los videos basados en RA pueden mejorar las habilidades matemáticas de estudiantes con discapacidades de aprendizaje, y Ahmad (2021), en Jordania, concluyó que la RA favorece el pensamiento visual, beneficiando a estudiantes con dificultades en el aprendizaje de conceptos abstractos. Desde una perspectiva de implementación tecnológica, Schutera et al. (2021), en Alemania, desarrollaron la aplicación cleARmaths, evidenciando que la RA facilita la enseñanza de geometría vectorial mediante visualizaciones tridimensionales.

El uso de juegos educativos basados en RA es otro enfoque en expansión. Hanggara et al. (2024), en Indonesia, encontraron que los juegos matemáticos en RA potencian las habilidades de pensamiento crítico, mientras que Amir et al. (2020) analizaron la herramienta 3Dmetric, concluyendo que la RA favorece la visualización de formas geométricas tridimensionales en primaria. Otro aspecto relevante es el aprendizaje colaborativo con RA, el cual permite que los estudiantes construyan conocimiento de manera colaborativa mientras interactúan con el mismo objeto virtual.

Al respecto, Mailizar y Johar (2021), en Indonesia, aplicando el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), determinaron que la RA favorece la motivación y la disposición del estudiantado para interactuar con los contenidos matemáticos. Incluso, en esta conceptualización se resalta la adaptabilidad del modelo Kolb cuando se aplica en escenarios donde es predominante el aprendizaje experiencial. En un estudio realizado en alumnos de secundaria, se determinó el

abordaje de errores comunes de lectura y escritura mediante actividades estructuradas proyectadas en la implementación de la experimentación activa; los sujetos de estudio mejoraron significativamente, en contraste con el grupo control (Herrera Tinizaray et al., 2023).

Un estudio realizado por Espinar Álava y Viguera Moreno (2020), encontró que la incorporación del ciclo de aprendizaje propuesto por Kolb en la práctica educativa incide positivamente en el fortalecimiento de las competencias y destrezas tanto en estudiantes como en docentes. Por otro lado, al vincular el aprendizaje experiencial y las matemáticas, se tiene que este último debe interactuar con conceptos abstractos y su memorización; por este motivo, autores de literatura científica e investigadores convergen en que la metodología más efectiva de comprensión matemática en temprana edad se logra mediante un aprendizaje centrado en la resolución de situaciones problemáticas, ya que incrementa las conexiones entre términos, conceptos, métodos y su aplicabilidad dando una perspectiva (Winardi, 2022).

Actualmente la tecnología juega un papel importante como catalizador del aprendizaje en el campo de la geometría; en ella se puede interactuar y visualizar las temáticas numéricas traducidas a gráficos. Estos procesos mejoran la motivación para el aprendizaje y potencian el rendimiento mediante la creación de experiencias formativas participativas que facilitan la apropiación de los principios geométricos (Su et al., 2022).

La integración de la RA y el aprendizaje experiencial con las matemáticas permite a los usuarios interactuar con su entorno de formas innovadoras, lo que convierte a la RA en un instrumento de múltiples aplicaciones en campos variados, incluida la educación, la gamificación, la arquitectura, la accesibilidad, la salud y la ingeniería. Actualmente múltiples estudios relacionados con la aplicación de la realidad aumentada mediante estrategias didácticas señalan su efectividad para aumentar la motivación y los resultados académicos sin aumentar la carga cognitiva de los estudiantes (González Pérez & Cerezo Cortijo, 2020).

Los estudios anteriores respaldan la premisa de que el aprendizaje experiencial, combinado con la RA, tiene una consecuencia positiva en la potenciación de habilidades matemáticas y en la motivación de los aprendices. En Colombia continúan las brechas en matemáticas y, por ende, en el pensamiento espacial. Según los resultados de las pruebas Saber (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [ICFES], 2025), en las instituciones públicas los recursos son limitados e impiden que se puedan mejorar dimensiones como la visualización 3D; sin embargo,

en este estudio el uso de tecnologías de bajo costo como la RA hace posible reducir las brechas educativas y las desigualdades al acceder a herramientas que facilitan el aprendizaje geométrico.

En este sentido, el estudio se orienta a ampliar la literatura disponible mediante la exploración de cómo estas estrategias pueden implementarse en instituciones educativas colombianas con el propósito de promover un desarrollo integral en la infancia. Estas investigaciones no solo destacan los beneficios cognitivos, como el incremento del pensamiento espacial y el entendimiento de objetos tridimensionales, sino también aspectos motivacionales y actitudinales. En la tabla 1 se muestra una recopilación cronológica de algunos de los aportes más relevantes, los cuales evidencian la evolución y consolidación de esta línea de trabajo en el ámbito educativo.

Tabla 1

Estudios previos sobre realidad aumentada y aprendizaje en geometría

Autor(es) y año	Contexto / Nivel educativo	Hallazgos principales
Kellems et al. (2020)	Educación media, EE. UU.	Uso de RA con video-instrucción mejora comprensión en estudiantes con dificultades de aprendizaje.
Amir et al. (2020)	Primaria, Indonesia	Evaluación positiva sobre uso de RA 3D en aprendizaje de geometría.
Del Cerro Velázquez & Méndez (2021)	Secundaria, España	La RA mejora la visualización espacial y el rendimiento en funciones.
Abdul Hanid et al. (2022)	Primaria, Malasia	La RA potencia el pensamiento computacional en geometría.
Angraini et al. (2023)	Secundaria, Indonesia	Mejora en el pensamiento computacional y rendimiento en geometría.
Canbaz & Yalçın (2024)	Secundaria, Turquía	Uso de RA móvil mejora actitudes hacia matemáticas y logros académicos.
Tarng et al. (2024)	Primaria, Taiwán	La RA mejora significativamente la comprensión geométrica.
Kaźmierczak et al. (2025)	Educación básica, Polonia	Aumento en la motivación y el razonamiento espacial.

Para vincular este enfoque del desarrollo integral con una propuesta pedagógica mediada por tecnología, se adoptó el modelo ADDIE como guía para el diseño instruccional de la intervención. Este modelo, reconocido por su estructura secuencial y cíclica que permite una evaluación continua y ajustes en cada fase (Losada Cárdenas & Peña Estrada, 2022; Morales González, 2022), proporcionó un marco sistemático para el desarrollo de una secuencia de aprendizaje que integrara el aprendizaje experiencial y la RA. Su implementación buscó no solo

fortalecer las competencias geométricas, sino también crear un entorno de aprendizaje que fomentara las habilidades socioemocionales de los aprendices de séptimo grado.

El uso pedagógico de tecnologías emergentes, como la RA, dentro del aula, mediada por enfoques pedagógicos como el aprendizaje experiencial de Kolb, no solo promete mejorar la apropiación de conceptos de carácter complejo como la geometría, sino que, además, proporciona un contexto propicio para el desarrollo de dichas habilidades. Al requerir la manipulación conjunta de modelos virtuales y la resolución de desafíos en equipo, estas metodologías incentivan activamente la comunicación, el trabajo colaborativo y la adopción de decisiones compartida.

Método

Este estudio adoptó una metodología de investigación mixta de carácter explicativo con predominio cuantitativo y complemento cualitativo. El propósito del estudio fue examinar la incidencia de una intervención pedagógica fundamentada en el aprendizaje experiencial, mediada por la realidad aumentada, sobre la comprensión de conceptos geométricos en estudiantes de séptimo grado en edades entre 12 a 13 años. La fase cuantitativa se centró en la medición del rendimiento académico a través de pruebas pretest/postest. La fase cualitativa, por su parte, hizo posible un análisis profundo de las vivencias de estudiantes y docentes, documentando sus interacciones, percepciones y el desarrollo de habilidades no directamente cuantificables.

Para ello, se emplearon observaciones participantes sistemáticas y la realización de diarios de campo, que registraron las dinámicas del aula, las reacciones de los estudiantes frente a la aplicación de RA y las incidencias surgidas durante las sesiones. La triangulación de datos (cuantitativos del pretest/postest y cualitativos de los diarios de campo y observaciones) se empleó para validar y enriquecer la interpretación de los resultados, proporcionando una mirada integral del fenómeno examinado.

Se empleó un diseño cuasiexperimental con un solo grupo y medición pretest/postest. La dimensión cualitativa se integró mediante observación sistemática y análisis de percepción estudiantil. La triangulación de datos permitió contrastar los hallazgos entre las fuentes cuantitativas y cualitativas, como se detalla en los resultados.

Participaron 34 estudiantes del grado séptimo, seleccionados por muestreo de conveniencia, en una institución educativa pública en el departamento de Bolívar, Colombia. La selección consideró el grupo con menor desempeño académico en geometría, identificado a partir de reportes institucionales.

Instrumentos de recolección

Se aplicaron los siguientes instrumentos (ver Tabla 2), cuya validez fue determinada mediante juicio de expertos conforme a criterios de pertinencia, coherencia, claridad y relevancia educativa:

Tabla 2

Instrumentos

Instrumento	Tipo	Validación realizada	Número de ítems / estructura
Prueba pretest/postest	Cuantitativa	Revisión por 3 expertos en matemáticas	12 ítems de opción múltiple
Encuesta de percepción	Cuantitativa	Revisión por 2 expertos en pedagogía	10 ítems tipo Likert
Diario de campo	Cualitativa	Revisión de categorías por experto en investigación	6 categorías observacionales definidas

La Prueba de conocimientos fue utilizada para los análisis cuantitativos de pretest/postest, mientras que el Diario de campo y la Encuesta de percepción sirvieron como instrumentos complementarios para un análisis cualitativo. Los datos de la encuesta de percepción, que indagaron sobre la experiencia de aprendizaje y la colaboración, se analizaron de forma complementaria a las observaciones del diario de campo para triangular la evidencia cualitativa sobre las habilidades socioemocionales.

Fase de diagnóstico (Análisis)

Inicialmente, se administró un pretest diagnóstico. Luego, se implementó una secuencia didáctica con actividades mediadas por la aplicación “Sólidos RA”, que permite visualizar y

manipular objetos tridimensionales mediante realidad aumentada. Al finalizar, se aplicó el postest, la encuesta de percepción, y se sistematizaron los datos consignados en el diario de campo.

Fase de diseño y desarrollo

La intervención se estructuró mediante el modelo instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación), el cual facilitó la planificación de una secuencia centrada en el aprendizaje experiencial. Para ello, se diseñaron estrategias que integraron herramientas como Sólidos RA, Classroom, Genially y Camtasia, las cuales posibilitaron que los estudiantes observaran e interactuaran con sólidos geométricos en entornos virtuales.

Herramienta de realidad aumentada y secuencia didáctica

La intervención se basó en la utilización de la aplicación móvil de realidad aumentada denominada “Sólidos RA”, un instrumento pedagógico concebido para favorecer la apropiación de los conceptos de la geometría euclidiana mediante la visualización y manipulación de figuras sólidas en un entorno tridimensional interactivo. La aplicación, disponible para dispositivos Android, permite a los estudiantes, a través de la cámara de sus dispositivos, escanear marcadores impresos para superponer modelos 3D de figuras geométricas sobre un entorno físico. La selección se dio principalmente porque está disponible gratuitamente y que permite la manipulación de cada una de sus funciones en tiempo real sin conexión a internet, siendo indispensable en contextos con recursos limitados.

Las principales funcionalidades de “Sólidos RA” que fueron explotadas durante la intervención incluyeron:

Visualización 3D: Los estudiantes podían ver y rotar figuras como cubos, pirámides y prismas desde cualquier ángulo, lo que facilitaba la identificación de sus caras, aristas y vértices.

Manipulación interactiva: La aplicación permitía a los estudiantes interactuar con los modelos virtuales para explorar sus propiedades y realizar mediciones de forma dinámica.

Secciones y transformaciones: Se exploraron módulos que permitían a los estudiantes observar las secciones que se formaban al “cortar” un sólido, y cómo estas figuras planas se relacionaban con el sólido original.

La integración de esta herramienta se realizó a través de una secuencia didáctica de ocho sesiones, diseñada bajo los principios del aprendizaje experiencial de Kolb. En cada sesión, los estudiantes realizaban actividades de exploración con la aplicación, seguidas de discusiones guiadas por el docente para conceptualizar los hallazgos. Por ejemplo, se les pedía que exploraran un sólido específico, identificaran sus características principales con la ayuda de la RA, y luego compartieran sus descubrimientos con sus compañeros. Esto permitió que la tecnología no fuera un fin en sí mismo, sino una mediación para un aprendizaje activo y colaborativo.

Fase de implementación

En la Unidad 3, los estudiantes recibieron un marcador impreso con un prisma hexagonal. Usando la aplicación Sólidos RA, lo escanearon y observaron la figura en 3D. Luego, rotaron la figura en la pantalla para identificar el número de caras, aristas y vértices. A continuación, los estudiantes realizaron un despliegue virtual del sólido y dibujaron las diferentes caras en el cuaderno. Finalmente, construyeron un modelo físico con cartulina, comparándolo con la visualización en RA.

La Tabla 3 presenta un ejemplo de una de las actividades realizadas durante la intervención, correspondiente a la identificación y representación de prismas y pirámides en el espacio tridimensional.

Tabla 3

Actividad de aprendizaje mediada por realidad aumentada

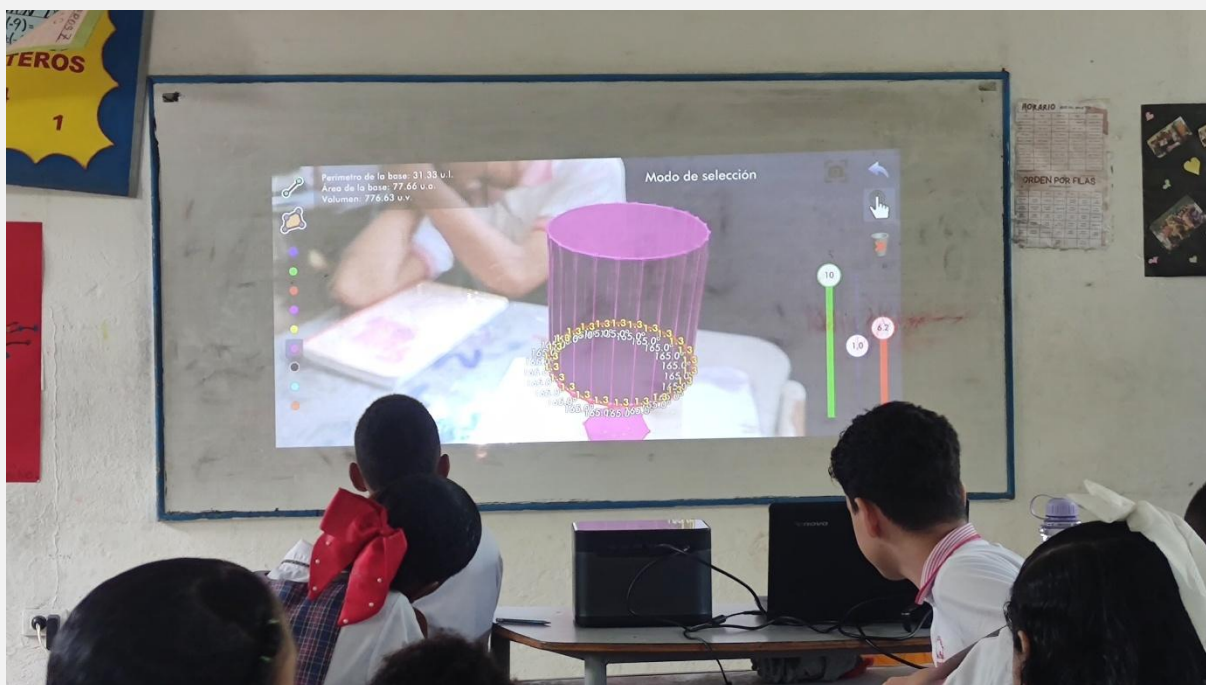
Elemento	Descripción
Tema	Prismas y pirámides
Objetivo de aprendizaje	Identificar y representar prismas y pirámides a partir de sus elementos y vistas en 3D.
Recursos	Dispositivos móviles, aplicación “Sólidos RA”, cuaderno, guía de exploración, lápices de colores.

Actividad principal	Exploración de un prisma hexagonal mediante la aplicación Sólidos RA para identificar y representar sus elementos (caras, aristas, vértices).
Producto esperado	Representación a mano alzada del sólido observado, esquema con sus elementos y clasificación.
Competencias desarrolladas	Visualización espacial, reconocimiento de figuras, trabajo colaborativo, uso de TIC.
Estrategias de evaluación	Rúbrica de observación, coevaluación en grupo, guía de autoevaluación, revisión del producto final.

Esta actividad, como otras de la secuencia, se llevó a cabo en grupos colaborativos, promoviendo el diálogo entre pares y la toma compartida de decisiones sobre cómo representar los objetos. La aplicación de RA facilitó una comprensión más profunda de las figuras tridimensionales, especialmente para estudiantes con dificultades de visualización. La propuesta completa incluyó cinco actividades similares, cada una enfocada en un objetivo geométrico específico, todas con el apoyo de “Sólidos RA” y estructuradas según los principios del aprendizaje activo. La Figura 1 evidencia la exploración realizada por los estudiantes como parte de las secuencias de aprendizaje del componente geométrico.

Figura 1

Estudiantes de séptimo grado explorando la aplicación "Sólidos RA"



Fase de evaluación y análisis de datos

El tratamiento de los datos cuantitativos se realizó mediante Microsoft Excel y el software estadístico Jamovi, con el fin de realizar la tabulación, la construcción de gráficos y la ejecución de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para datos pareados. Esta prueba permitió contrastar los resultados del pretest/posttest, evidenciando diferencias significativas entre ambos momentos. Mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se determinó la ausencia de normalidad en los datos, posteriormente se aplicó la prueba de Wilcoxon para rangos con signo para muestras relacionadas. Se reportaron el tamaño del efecto (r de Cohen) y los intervalos de confianza al 95 %.

Los datos cualitativos fueron codificados temáticamente y analizados mediante categorías emergentes y preestablecidas. La triangulación metodológica se realizó contrastando los rendimientos de las pruebas escritas, las percepciones estudiantiles y los registros del diario de campo, permitiendo enriquecer la interpretación de los hallazgos. Estos resultados cualitativos se muestran y estudian de manera integrada en la sección de resultados del artículo.

Declaración ética

Los participantes y representantes de los estudiantes involucrados en el estudio firmaron consentimiento informado para uso de imágenes y tratamiento de información personal, para este documento no se relaciona información sensible respetando el uso de datos personales. Resultados

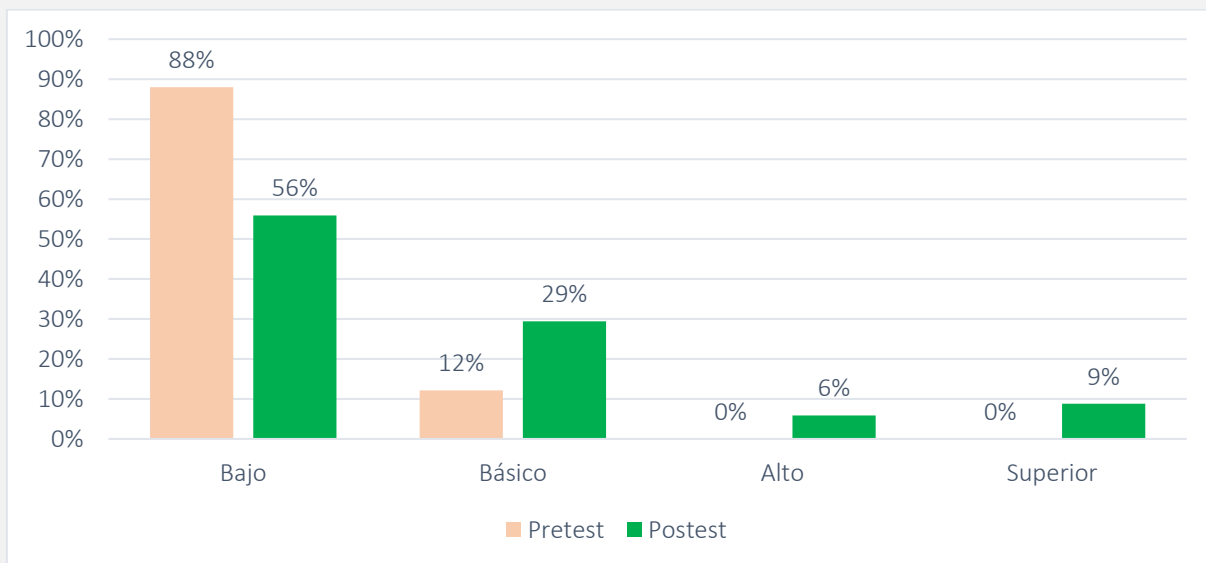
Resultados cuantitativos

En la implementación de estrategias de RA para fortalecer habilidades geométricas en estudiantes de séptimo grado, se realizó una evaluación antes y después de la intervención. La prueba pretest permitió establecer un diagnóstico inicial de las competencias de los estudiantes en temas de visualización espacial y transformaciones geométricas, mientras que el posttest evaluaba el progreso alcanzado tras aplicar la estrategia de RA. La Figura 2 muestra la comparación entre

los niveles de rendimiento alcanzados en las mediciones pretest/posttest, categorizados en los niveles “Bajo”, “Básico”, “Alto” y “Superior”.

Figura 2

Comparación niveles de desempeño pretest/posttest



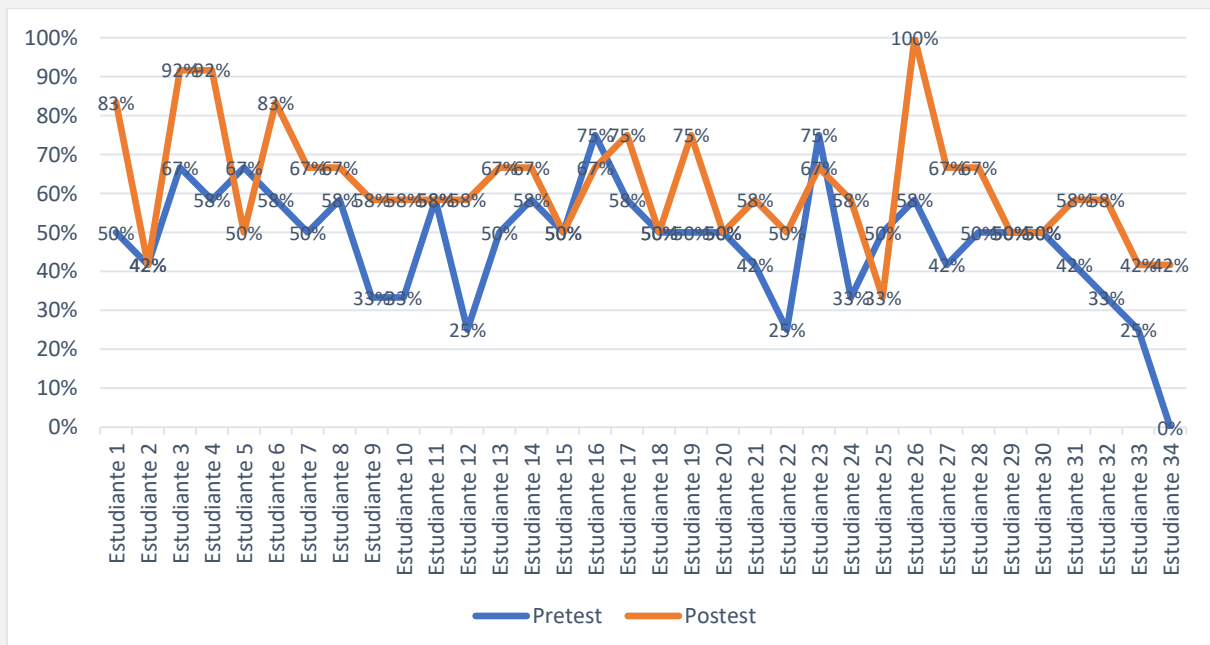
La Figura 2 muestra un cambio notable en cómo se agrupan los participantes en cada categoría de logro después de la intervención pedagógica. Antes de la intervención, gran parte de los estudiantes (88 %) se ubicó en el nivel “Bajo”, porcentaje que se redujo al 56 % en el posttest. Este cambio fue acompañado de un incremento en los niveles “Básico” (del 12 % al 29 %), “Alto” (del 0 % al 6 %) y “Superior” (del 0 % al 9 %), lo que evidencia en el rendimiento académico del alumnado que mostró un incremento significativo después de ejecutada la estrategia.

El análisis comparativo de la prueba pretest/posttest evidenció una mejora significativa en el desempeño académico de los estudiantes, con un aumento en el nivel de comprensión geométrica que pasó de un promedio de desempeño del 49 % al 63 %, lo cual fue respaldado por las observaciones consignadas en el diario de campo, donde se registró que los estudiantes lograban identificar vértices y aristas con mayor facilidad al usar la RA en comparación con las sesiones iniciales. Igualmente, el uso de la RA contribuyó a propiciar un ambiente de aprendizaje interactivo, promoviendo una mayor predisposición y actividad académica por parte del alumnado.

El análisis del impacto de la intervención pedagógica con realidad aumentada (RA) se complementa con la comparación individual de los puntajes arrojados por cada estudiante en las pruebas pretest/postest. La Figura 3 presenta el rendimiento de los estudiantes en porcentajes, evidenciando la evolución de sus desempeños antes y después de la ejecución de la estrategia de RA. Este análisis posibilita la identificación de los progresos individuales, consolidando una perspectiva más detallada del efecto de la metodología en el aprendizaje.

Figura 3

Comparación resultados individuales pretest/postest



La Figura 3 muestra una comparación entre pretest/postest, destacando los siguientes puntos clave: Se evidencia una mejora en los puntajes para la mayoría de los estudiantes. Casos como el Estudiante 1 y el Estudiante 26 muestran incrementos notables, pasando de 50 % a 83 % y de 58 % a 100 %, respectivamente. Esto refleja un avance sustancial en su desempeño tras la intervención. Un grupo de estudiantes mostró un aumento más gradual en sus puntajes. Por ejemplo, el Estudiante 9 incrementó de 33 % a 58 %, indicando una mejora, aunque aún limitada.

Algunos estudiantes, como el Estudiante 29 y el Estudiante 30, no mostraron mejoría o presentaron puntajes consistentes en ambas evaluaciones (50 % y 50 %, respectivamente). Los

resultados obtenidos evidencian la urgencia de modificar los enfoques pedagógicos para atender a quienes experimentan mayores dificultades. En términos generales, la tendencia del posttest supera consistentemente los puntajes del pretest, indicando el impacto favorable de la estrategia en la mayoría de los estudiantes. No obstante, persiste la variabilidad en el progreso individual.

Los puntajes posteriores a la intervención evidencian un avance parcial en el aprendizaje de las competencias geométricas y espaciales pasando de un promedio de calificación general del grupo de 2,4, con 49 % de aciertos, a 3,1, con 63 % de aciertos. Aunque se requiere mayor esfuerzo para conseguir que una parte sustancial del estudiantado logre competencias de mayor nivel, la metodología didáctica que utiliza entornos de realidad aumentada ha mostrado beneficios para los estudiantes, lo que sugiere que es un enfoque prometedor.

La comparación de los resultados de las mediciones de entrada y salida, teniendo en cuenta la variable desempeño y focalizando los indicadores de posición central y de dispersión, permitieron caracterizar la evolución del rendimiento del colectivo. Con lo anterior, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 4 que contiene los indicadores estadísticos seleccionados:

Tabla 4*Medidas de estadística descriptiva*

Descriptivas					
	N	Media	Mediana	DE	EE
Posttest	34	3.10	2.90	0.771	0.132
Pretest	34	2.39	2.50	0.761	0.130

En la Tabla 4, antes de la intervención (pretest), la mediana de las puntuaciones fue de 2.50 (Media = 2.39; DE = 0.761). Tras la aplicación de la intervención educativa apoyada en entornos de realidad aumentada, se observó un aumento cuantificable en la efectividad del proceso de aprendizaje, evidenciado por un incremento en la mediana a 2.90 (Media = 3.10; DE = 0.771). Este cambio refleja que un porcentaje elevado de estudiantes experimentaron una mejora, elevando el valor central de las puntuaciones en el grupo.

Por otro lado, la desviación estándar se mantuvo relativamente constante (pretest: 0.761; posttest: 0.771), sugiriendo que la variabilidad de las puntuaciones no se vio significativamente

alterada, y la mejora no se limitó a un subgrupo de estudiantes, sino que fue consistente a lo largo de la muestra.

Estos resultados descriptivos proporcionan una fuerte evidencia inicial de que la intervención tuvo un impacto positivo. Para confirmar si este cambio fue estadísticamente significativo, y en coherencia con la no-normalidad de los datos, se aplicó el estadístico de Wilcoxon para rangos signados.

La Tabla 5 recopila las medidas estadísticas clave que siguen a la aplicación de la prueba de Wilcoxon.

Tabla 5

Resumen de estadísticos – prueba Wilcoxon

Prueba t para Muestras Pareadas						
Estadístico			<i>p</i>		Tamaño del Efecto	
Posttest	Pretest	W de Wilcoxon	352 ^a	<.001	Correlación biseriada de rangos	0.862

Nota. $H_a \mu_{\text{Medida 1}} - \mu_{\text{Medida 2}} \neq 0$

^a 7 par(es) de valores estaban repetidos

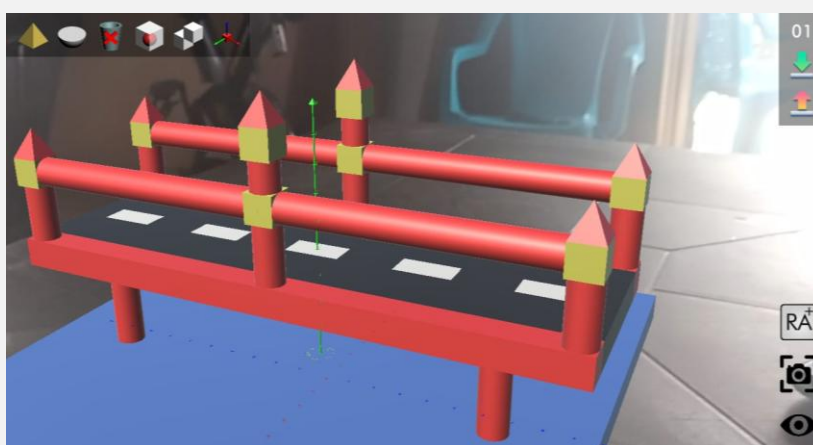
Al analizar el efecto de la estrategia mediada por realidad aumentada en el aprendizaje de los conceptos geométricos, se evaluó primero la normalidad de la distribución de las puntuaciones de los pretest y posttest mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados (Pretest: $p = .031$; Posttest: $p = .048$) revelaron que los datos no se distribuían de manera normal. Por tanto, se optó por aplicar una prueba de Wilcoxon para rangos con signo (Wilcoxon Signed-Rank Test), una prueba no paramétrica adecuada para comparar dos muestras relacionadas cuando no se cumple la asunción de normalidad. Esta prueba se aplicó a una muestra de 34 estudiantes y sirvió para evaluar si las variaciones en los resultados de aprendizaje de los estudiantes, atribuibles a la intervención, eran estadísticamente significativas.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon evidenciaron una desigualdad estadísticamente significativa ($Z = 5.03$; $p < .001$), lo que muestra un incremento sustancial en el desempeño tras la implementación de la estrategia. De igual forma, se calculó el tamaño del efecto (r), obteniendo

un valor de 0.862. Este valor de r se interpreta como un efecto muy grande, según los criterios de Cohen (1988), lo que sugiere que aproximadamente el 86 % de la varianza que refleja el pretest se debe a la intervención con la aplicación Sólidos RA que tuvo un impacto considerable en el crecimiento de habilidades para la visualización, transformación y representación de objetos tridimensionales en los estudiantes de séptimo grado.

Figura 4

Ejemplo de resultado de actividad elaborada por un estudiante



Resultados cualitativos y triangulación metodológica

Con el fin de enriquecer los hallazgos cuantitativos, se integraron los datos recogidos mediante observación sistemática (diario de campo) y la encuesta de percepción estudiantil. Esta información permitió contrastar los efectos de la intervención no solo en términos de desempeño académico, sino también en aspectos actitudinales, motivacionales y participativos.

Antes de la aplicación de la propuesta se realizó una caracterización de la población revelando que el 97 % de los estudiantes se siente satisfecho con la incorporación de dispositivos tecnológicos dentro del salón de clases, el 70 % considera que utilizar tecnologías le permite comprender mejor las matemáticas, el 53 % ocasionalmente participa en actividades que le faciliten aprender haciendo y el 46 % prefiere actividades grupales. Los resultados anteriores contribuyeron a la adaptación de recursos como videos tutoriales, presentaciones interactivas y actividades que resultaban en saber-hacer con los recursos facilitados a través de la aplicación

sólidos RA. Lo anterior se tuvo en cuenta dentro de la planificación de cada sesión de aprendizaje para obtener resultados favorables.

Posterior a la aplicación de la propuesta se evidenciaron cambios progresivos en la motivación, la interacción entre pares y la comprensión espacial. Por ejemplo, en relación con el objetivo específico sobre el reconocimiento y transformación de objetos tridimensionales, se anotó en uno de los registros: “Los estudiantes lograron identificar las figuras desde distintos ángulos y rotarlas con seguridad. Comentaban entre ellos las diferencias, hacían conjeturas y se corregían mutuamente”.

Acerca del fomento de habilidades para la vida y la convivencia, emergió espontáneamente la disposición de cooperación: “Varios estudiantes asumieron roles dentro del equipo para guiar el uso de la aplicación y resolver los retos propuestos. Se observó liderazgo, escucha activa y autonomía”. Estos hallazgos cualitativos triangulan y refuerzan los resultados estadísticos, aportando evidencia sobre el potencial del aprendizaje experiencial mediado por RA en dimensiones tanto cognitivas como socioafectivas.

Durante las sesiones, se evidenció una evolución progresiva en la participación activa de los estudiantes. Inicialmente, varios mostraban apatía o resistencia al uso de dispositivos móviles en clase. No obstante, a partir de la segunda semana de implementación de la aplicación “Sólidos RA”, se observó un aumento en la disposición al trabajo colaborativo, el interés por explorar los objetos tridimensionales y el uso autónomo de la herramienta para resolver actividades propuestas.

La evaluación no cuantitativa de las notas de campo y la encuesta de percepción reveló, además de los beneficios cognitivos, que el criterio del estudiantado referente al impacto en el entorno social y de resolución de problemas de la intervención fue positivo. Los resultados del instrumento de percepción, administrado al cierre del período de implementación, mostraron que el 65 % de los estudiantes estuvo “De acuerdo” o “Totalmente de acuerdo” con que “Trabajar en equipo con las herramientas de realidad aumentada mejoró mi aprendizaje” (Encuesta de percepción), y un 79 % percibió que las actividades “reforzaron mi capacidad para resolver problemas matemáticos”.

Las categorías más recurrentes en los registros del diario de campo fueron: motivación aumentada, interacción significativa con los objetos geométricos, colaboración espontánea entre pares y curiosidad por el contenido. Estas categorías fueron trianguladas con las respuestas de la

encuesta de percepción, en la que más del 85 % de los estudiantes manifestó sentirse “muy motivados” o “motivados” con el uso de la RA, considerándola útil para entender mejor los sólidos tridimensionales.

La tabla 6 resume el proceso de triangulación:

Tabla 6

Triangulación de datos

Fuente de datos	Categorías emergentes	Coincidencias encontradas
Diario de campo	Motivación, curiosidad, colaboración, autonomía	Alta
Encuesta de percepción	Interés, utilidad, claridad, agrado por la metodología	Alta
Resultados pretest/postest	Mejora en comprensión de formas, visualización espacial	Coherencia con observación

Esta triangulación muestra una correspondencia significativa entre el aumento del desempeño académico y las actitudes observadas durante la intervención; dicha evidencia refuerza la idea de que la combinación de aprendizaje experiencial y RA configura un entorno óptimo para la asimilación de geometría por parte de estudiantes de niveles básicos.

La satisfacción de los estudiantes, evaluada mediante una escala tipo Likert de 10 ítems aplicada al finalizar la experiencia, mostró un promedio general del 91 %, destacando aspectos como el interés por la actividad, la facilidad de uso de la aplicación Sólidos RA, y el deseo de repetir la experiencia con otras temáticas matemáticas. Estos resultados evidencian una percepción altamente positiva por parte del estudiantado hacia el uso de realidad aumentada como recurso mediador del aprendizaje, especialmente por su carácter visual, interactivo y lúdico.

Análisis cualitativo de la experiencia de aprendizaje

La evaluación de los diarios de campo y las observaciones participantes complementó los hallazgos cuantitativos, ofreciendo una perspectiva más rica sobre la dinámica en el aula y las percepciones de los estudiantes durante la intervención. Se identificaron patrones recurrentes en la manera en que los estudiantes interactuaron con la realidad aumentada y cómo esta mediación influyó en su dinámica de adquisición de conocimientos y formación de destrezas.

Motivación y engagement. Desde las primeras sesiones, se observó un incremento notable en la motivación y el interés de los estudiantes hacia la clase de geometría. La novedad y la interactividad de la aplicación Sólidos RA generaron un marco educativo más flexible y con participación activa. Los registros del diario de campo muestran comentarios como: “Los estudiantes se mostraban asombrados por la capacidad de manipular los objetos en 3D, lo que facilitaba su comprensión”. La curiosidad y el deseo de explorar la aplicación eran evidentes, lo que se tradujo en una mayor disposición a participar en las actividades propuestas.

Colaboración y trabajo en equipo. La implementación de las actividades con RA fomentó activamente el trabajo colaborativo entre los estudiantes. Se observó cómo, de manera espontánea, compartían sus hallazgos, discutían las propiedades de las figuras y se ayudaban mutuamente en la manipulación de los modelos virtuales. Los registros indican que “Muchos estudiantes formaban pequeños grupos para resolver los desafíos, explicando a sus compañeros cómo girar o ampliar las figuras para verlas desde diferentes ángulos”. Este entorno colaborativo facilitó la construcción participativa de respuestas y la socialización de ideas, robusteciendo capacidades de convivencia como la coordinación y el apoyo mutuo.

Comprensión conceptual y visualización. Las observaciones en el aula confirmaron que la RA mejoró significativamente la visualización tridimensional y la comprensión de conceptos geométricos complejos. Los estudiantes, que previamente tenían dificultades para abstraer y manipular mentalmente objetos 3D, ahora podían interactuar directamente con ellos. Por ejemplo, al estudiar las transformaciones geométricas, “los estudiantes lograron identificar y aplicar rotaciones, traslaciones y reflexiones con mayor facilidad al manipular los sólidos directamente en sus dispositivos, una diferencia notable con la enseñanza tradicional”. Esta interacción tangible pareció reducir la brecha entre la representación abstracta y la comprensión concreta.

Retos y adaptaciones iniciales. Si bien la adopción fue generalmente positiva, se identificaron desafíos iniciales relacionados con el manejo técnico de la aplicación y los dispositivos. Se constató en los registros de campo que “Algunos estudiantes requirieron asistencia para la calibración inicial de la cámara o la correcta interacción con los gestos de la aplicación”. Sin embargo, estas dificultades fueron rápidamente superadas con la práctica y el apoyo entre pares, lo que demostró la aptitud de los participantes para adecuarse a las herramientas digitales recientes.

Discusión

Los resultados del presente estudio evidencian un efecto favorable y relevante en la asimilación de nociones geométricas en 3D después de aplicar un diseño instruccional fundamentado en metodologías vivenciales asistidas por RA. Esta conclusión es congruente con investigaciones previas que han demostrado el impacto positivo de la RA en la enseñanza de la geometría al favorecer la visualización espacial, la interacción dinámica con objetos tridimensionales y el aprendizaje significativo (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Los hallazgos coinciden con estudios previos que resaltan el papel de la RA en la mejora de la motivación y la comprensión espacial (Kazmierczak et al., 2025; Tarng et al., 2024). Al igual que en la investigación de Chonchaiya y Srithammee (2025), los estudiantes en este estudio reportaron altos niveles de satisfacción y una mayor participación, lo cual fue evidenciado tanto en los registros observacionales como en las encuestas.

En línea con los hallazgos de Ahmad (2021) y Alqarni & Alzahrani (2022), los estudiantes mostraron avances significativos en la visualización tridimensional. Sin embargo, a diferencia de estos estudios, la presente investigación incorporó una estrategia basada en aprendizaje experiencial, lo que permitió no solo incrementar los resultados académicos, sino promover capacidades colectivas, como la colaboración. Esta combinación metodológica ha sido poco explorada en contextos latinoamericanos, lo que posiciona este trabajo como una contribución relevante tanto a nivel práctico como teórico.

Desde una perspectiva teórica, el valor de esta investigación enfatiza en la articulación del ciclo de Kolb con la tecnología de RA. Mientras que gran parte de los estudios se limitan a la eficacia de la herramienta tecnológica, este trabajo señala que la RA actúa como un mediador de la “experiencia concreta” y la “experimentación activa”, permitiendo que conceptos abstractos de la geometría euclidiana se vuelvan tangibles y manipulables en tiempo real. Esta combinación metodológica ofrece un marco robusto para el diseño de secuencias didácticas en ciencias exactas.

En cuanto a las implicaciones prácticas, el estudio revela que la implementación de RA es viable en instituciones educativas públicas de contextos vulnerables, incluso bajo limitaciones de infraestructura tecnológica fija. El uso de dispositivos móviles bajo un modelo instruccional como el ADDIE, permite a las instituciones optimizar sus recursos existentes para cerrar la brecha digital

y pedagógica. Esto implica que las instituciones no necesitan laboratorios con tecnología avanzada o disponibilidad total para todos los estudiantes, sino una planificación docente centrada en la mediación tecnológica.

El tamaño del efecto obtenido ($r = 0.862$) es considerable, lo cual refuerza la hipótesis de que el uso de tecnologías emergentes, cuando está acompañado de un diseño instruccional riguroso, puede tener un impacto relevante en el aprendizaje. No obstante, es importante reconocer que esta mejora no puede atribuirse exclusivamente al uso de RA, ya que no se contó con grupo control, y otras variables como la motivación o el contexto pudieron influir en los resultados.

Además, se reconoce que el acceso a dispositivos móviles y la familiaridad con la utilización de tecnología podrían haber influido en la experiencia. Estos factores no fueron controlados de forma experimental, lo que representa un sesgo potencial. También debe señalarse que, aunque se incluyeron técnicas cualitativas, la profundidad del análisis podría ampliarse en futuras investigaciones mediante entrevistas a profundidad o grupos focales. Asimismo, estudios como los de Bulut y Borromeo Ferri (2023) advierten que estos efectos pueden depender del diseño pedagógico y de la formación docente, factores que deben ser considerados en futuras intervenciones.

Por último, como proyecciones para futuras investigaciones, se sugiere realizar estudios longitudinales que cuantifiquen la retención del conocimiento a largo plazo tras el uso de RA. También, se recomienda explorar la replicabilidad de esta estrategia en contextos rurales y el impacto de programas de formación docente continua en la aplicación de estas herramientas, para asegurar que la innovación no sea un evento aislado, sino una política institucional de transformación pedagógica en múltiples instituciones y ambientes de aprendizaje.

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian que el uso de realidad aumentada, mediante la aplicación Sólidos RA, permitió mejorar significativamente el aprendizaje de contenidos geométricos en estudiantes de séptimo grado, en especial en el reconocimiento, transformación y representación de objetos tridimensionales, cumpliendo así con el objetivo general del estudio. En relación con los objetivos específicos, se evidenció que los alumnos potenciaron su destreza para

visualizar objetos desde diferentes perspectivas, así como para identificar transformaciones como rotaciones, traslaciones y reflexiones.

El análisis de la incidencia de las estrategias aplicadas a través de la realidad aumentada reflejó, mediante la triangulación, la validación de la hipótesis de que el aprendizaje experiencial mediado por RA fortalece las competencias geométricas en los estudiantes. Además, el análisis cualitativo, a través de los diarios de campo y observaciones sistemáticas, reflejó una transformación positiva en la postura y receptividad del alumnado frente al proceso formativo, mostrando un aumento en su interés y compromiso, la cooperación entre pares y la apropiación de los conceptos geométricos.

Esta investigación contribuye con la evidencia empírica al cuerpo de investigación sobre aprendizaje experiencial mediado por realidad aumentada en matemáticas, particularmente en contextos latinoamericanos. Si bien se obtuvieron resultados positivos, se reconoce como limitación la ausencia de un grupo control y la aplicación en una sola institución, lo cual restringe la validez externa. Se recomienda realizar estudios posteriores con muestras más grandes y diseños experimentales más robustos, reforzando la base teórica con literatura de mayor impacto.

A partir de estas limitaciones y de los hallazgos emergentes, se determinan cuatro proyecciones investigativas fundamentales. En primer lugar, se requiere la ejecución de estudios longitudinales que posibiliten determinar la durabilidad y transferencia del aprendizaje mediado por RA a lo largo del tiempo, para verificar si el impacto en el razonamiento espacial persiste en niveles escolares superiores. En segundo lugar, se propone investigar la escalabilidad de esta estrategia hacia otras áreas de la matemática, como el cálculo vectorial o la trigonometría, donde la visualización tridimensional es igualmente crítica.

Además, se identificaron sesgos en relación con la mejora temporal por la novedad de la herramienta tecnológica, la selección por conveniencia de la muestra que limita la generalización de los resultados y la falta de control del uso de la aplicación por parte de los estudiantes fuera del aula, lo que pudo influir en las habilidades iniciales para manipular la aplicación. Por lo anterior, se recomienda que para futuras investigaciones se controlen estas variables mediante diseños que contemplen grupos experimentales equivalentes y mayor cantidad de mediciones durante la intervención.

En tercer lugar, resulta necesario investigar el impacto de la formación docente previa en el éxito de estas intervenciones, analizando cómo la competencia digital del educador incide en los resultados de aprendizaje. Finalmente, se proyecta la exploración de estas herramientas en contextos de inclusión educativa, específicamente para alumnos con necesidades educativas específicas en el ámbito del aprendizaje o en entornos rurales con acceso limitado a recursos físicos, validando la RA como un puente de transformación hacia la equidad pedagógica.

Financiación

Se desarrolló el estudio con recursos propios.

Contribución de los autores

Conceptualización, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; curación de datos, N. R. R.; análisis formal, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; investigación, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; metodología, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; administración del proyecto, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; supervisión, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; validación, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; visualización, D. G. A., N. R. R. y V. J. R. O.; redacción—preparación del borrador original, N. R. R.; redacción—revisión y edición, D. G. A., N. R. R.

Referencias

- Abdul Hanid, M. F., Mohamad Said, M. N. H., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). The elements of computational thinking in learning geometry by using augmented reality application [Los elementos del pensamiento computacional en el aprendizaje de la geometría mediante una aplicación de realidad aumentada]. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(2), 28-41. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i02.27295>
- Ahmad, F. (2021). The effect of augmented reality in improving visual thinking in mathematics of 10th-grade students in Jordan [El efecto de la realidad aumentada en la mejora del pensamiento visual en matemáticas de estudiantes de décimo grado en Jordania]. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(5). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120543>

- Akbar, A., Herman, T., Suryadi, D., Mursalim, Alman, Putra, E. D., & Blegur, J. (2025). Integrating Augmented Reality in mathematics learning to improve critical thinking skills of elementary school students [Integración de la realidad aumentada en el aprendizaje de las matemáticas para mejorar las habilidades de pensamiento crítico de los alumnos de primaria]. *Emerging Science Journal*, 9(2), 764–779. <https://doi.org/10.28991/esj-2025-09-02-014>
- Alqarni, & Alzahrani. (2022). The impact of augmented reality on developing students' mathematical thinking skills [El impacto de la realidad aumentada en el desarrollo de las habilidades de pensamiento matemático de los estudiantes]. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(3), 553-556. <https://doi.org/10.22937/ijcsns.2022.22.3.71>
- Amir, M. F., Fedyanto, N., Rudyanto, H. E., Nur Afifah, D. S., & Tortop, H. S. (2020). Elementary students' perceptions of 3Dmetric: A cross-sectional study [Percepciones de los estudiantes de primaria sobre 3Dmetric: Un estudio transversal]. *Heliyon*, 6(6), article e04052. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04052>
- Angraini, L. M., Yolanda, F., & Muhammad, I. (2023). Augmented reality: The improvement of computational thinking based on students' initial mathematical ability [Realidad aumentada: La mejora del pensamiento computacional basada en la capacidad matemática inicial de los estudiantes]. *International Journal of Instruction*, 16(3), 1033-1054. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16355a>
- Angulo Vergara, H. G., Aguayo García, Á. A., Farfán Meza, G. B., & Delgado Álvarez, S. V. (2020, mayo-agosto). Análisis del desarrollo integral infantil desde la perspectiva de las actividades lúdicas en el nivel preescolar. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 5(2), 42-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673171025004>
- Bulut, M., & Borromeo Ferri, R. (2023). A systematic literature review on augmented reality in mathematics education [Una revisión sistemática de la literatura sobre la realidad aumentada en la enseñanza de las matemáticas]. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 556-572. <https://doi.org/10.30935/scimath/13124>
- Canbaz, B., & Yalçın, N. (2024). The effect of mathematics teaching with mobile augmented reality technology on secondary school students' attitudes and academic achievements [El

- efecto de la enseñanza de las matemáticas con tecnología de realidad aumentada móvil en las actitudes y el rendimiento académico de los estudiantes de secundaria]. *Participatory Educational Research*, 11(4), 59-76. <https://doi.org/10.17275/per.24.49.11.4>
- Chonchaiya, R., & Srithammee, N. (2025). Augmented Reality as a Tool for Enhancing Geometry Learning and Improving Mathematical Understanding [La realidad aumentada como herramienta para mejorar el aprendizaje de la geometría y la comprensión matemática]. *ECTI Transactions On Computer And Information Technology (ECTI-CIT)*, 19(2), 350-363. <https://doi.org/10.37936/ecti-cit.2025192.260291>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* [Análisis de la potencia estadística para las ciencias del comportamiento] (2 ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Del Cerro Velázquez, F., & Méndez, G. M. (2021). Application in augmented reality for learning mathematical functions: A study for the development of spatial intelligence in secondary education students [Aplicación de la realidad aumentada para el aprendizaje de funciones matemáticas: Un estudio para el desarrollo de la inteligencia espacial en estudiantes de educación secundaria]. *Mathematics*, 9(4), 1-19. <https://doi.org/10.3390/math9040369>
- Erskine, R. G., & Pérez Burgos, A. (2020). Desarrollo infantil en psicoterapia integrativa. *Revista de Psicoterapia*, 31(117), 213-232. <https://doi.org/10.33898/rdp.v31i117.390>
- Espinar Álava, E. M., & Viguera Moreno, J. A. (2020). El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39(3). <https://revistas.uh.cu/rces/article/view/2015>
- González Pérez, A., & Cerezo Cortijo, I. (2020). Implicaciones pedagógicas de la realidad aumentada para la mejora de la enseñanza de las ciencias en primaria. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (9), 1-16. <https://doi.org/10.6018/riite.444961>
- Hanggara, Y., Qohar, A., & Sukoriyanto. (2024). The impact of augmented reality-based mathematics learning games on students' critical thinking skills [El impacto de los juegos de aprendizaje de matemáticas basados en realidad aumentada en las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes]. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(7), 173-187. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i07.48067>

- Herrera Tinizaray, F. E., Henríquez, E. F., & Cruz Herrera, C. A. (2023). El método de Kolb y la lectoescritura en los estudiantes de séptimo grado de la escuela “Luis Alfredo Samaniego Arteaga”. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(3). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1076>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review [Realidad aumentada para el aprendizaje de STEM: una revisión sistemática]. *Computers & Education*, 123, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. (2025). *Informe nacional de resultados del examen Saber 11. ° - 2024*. Icfes. https://www.icfes.gov.co/wp-content/uploads/2025/09/INFORME_NACIONAL_RESULTADOS_SABER_11_2024.pdf
- Kaźmierczak, R., Grunwald, G., Skowroński, R., Kaźmierczak, L., & Kowalczyk, C. (2025). Augmented reality tools for mathematics and geoscience education [Herramientas de realidad aumentada para la enseñanza de las matemáticas y las geociencias]. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02090-z>
- Kellems, R. O., Eichelberger, C., Cacciatore, G., Jensen, M., Frazier, B., Simons, K., & Zaru, M. (2020). Using video-based instruction via augmented reality to teach mathematics to middle school students with learning disabilities [Utilizar la instrucción basada en video mediante realidad aumentada para enseñar matemáticas a estudiantes de secundaria con dificultades de aprendizaje]. *Journal of Learning Disabilities*, 53(4), 277-291. <https://doi.org/10.1177/0022219420906452>
- Losada Cárdenas, M. Á., & Peña Estrada, C. C. (2022). Diseño instruccional: fortalecimiento de las competencias digitales a partir del modelo Addie. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(25). <https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1309>
- Mailizar, & Johar, R. (2021). Examining students' intention to use augmented reality in a project-based geometry learning environment [Examinar la intención de los estudiantes de utilizar la realidad aumentada en un entorno de aprendizaje de geometría basado en proyectos]. *International Journal of Instruction*, 14(2), 773-790. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14243a>

- Mena Gonzales, K. Y., Delgado Arroyo, L., & Ríos-Cuesta, W. (2025, mayo-agosto). Una experiencia de aprendizaje mediada por GeoGebra en la enseñanza de ecuaciones lineales a estudiantes universitarios. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (75), 42-66. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n75a3>
- Morales González, B. (2022). Diseño instruccional según el modelo ADDIE en la formación inicial docente. *Apertura*, 14(1), 80-95. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v14n1.2160>
- Ortiz Ortiz, M. L., & Hernández Yomayaza, O. M. (2023, mayo-agosto). Aprendizaje basado en problemas mediado por una aplicación educativa móvil. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (69), 43-69. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n69a3>
- Ríos Echeverri, D., Valencia-Arias, A., Arango Botero, D., Correa Henao, S., Gaviria Yepes, L., Henao Colorado, L., Henao Tamayo, L., Macías Urrego, J., Patiño Vanegas, J., & Rodríguez Lora, V. (2026). *La gestión estratégica de la tecnología, el conocimiento y la innovación*. Editorial ITM. <https://hdl.handle.net/20.500.12622/8063>
- Rohendi, D., Ramadhan, M. O., Abdul Rahim, S. S., & Zulnaidi, H. (2025). Enhancing student's interactivity and responses in learning geometry by using augmented reality [Mejorar la interactividad y las respuestas de los estudiantes en el aprendizaje de la geometría mediante el uso de la realidad aumentada.]. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 21(1), em2559. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15796>
- Ruiz-Ortega, A., & Berrios-Martos, B. (2023). Revisión sistemática sobre inteligencia emocional y bienestar en adolescentes: evidencias y retos. *Escritos de Psicología*, 16(1). <https://doi.org/10.24310/espsiescpsi.v16i1.16060>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertzel, T., Seybold, J., Bauer, P., Teutscher, D., Raedle, M., Heß-Mohr, N., Röck, S., & Krause, M. J. (2021). On the potential of augmented reality for mathematics teaching with the application cleARmaths [Sobre el potencial de la realidad aumentada para la enseñanza de las matemáticas con la aplicación cleARmaths]. *Education Sciences*, 11(8), article 368. <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>
- Su, Y., Cheng, H., & Lai, C. (2022). Study of virtual reality immersive technology enhanced mathematics geometry learning [Estudio de la tecnología inmersiva de realidad virtual que mejora el aprendizaje de la geometría matemática]. *Frontiers in Psychology*, 13, article 760418. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.760418>

- Tarng, W., Huang, J.-K., & Ou, K.-L. (2024). Improving elementary students' geometric understanding through augmented reality and its performance evaluation [Mejora de la comprensión geométrica de los alumnos de primaria mediante la realidad aumentada y su evaluación del rendimiento]. *Systems*, 12(11), article 493.
<https://doi.org/10.3390/systems12110493>
- Winardi, A. (2022). Pemahaman konsep matematika melalui problem base learning pada peserta didik kelas VIII-E SMP Negeri 1 Kenduran tahun pelajaran 2020/2021 [Comprensión de conceptos matemáticos a través del aprendizaje basado en problemas en los alumnos de la clase VIII-E de la escuela secundaria SMP Negeri 1 Kenduran en el año académico 2020/2021]. *Postulat Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 2(2), 142.
<https://doi.org/10.30587/postulat.v2i2.2643>