

Realidad virtual inmersiva como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje de vectores en estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado.

Immersive virtual reality as a teaching resource to strengthen the learning of vectors in first-year students of General Unified Baccalaureate

Lic. Guaman Gonzalez Yenny Patricia

U.E. Lauro Damerval Ayora
yenny.guaman@docentes.educacion.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-5900-4864>
Loja – Ecuador

MSc. Jimenez Flores Martha Oliva

U.E. Lauro Damerval Ayora
oliva.jimenez@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0006-2473-5249>
Loja – Ecuador

MSc. Saraguro Loarte Reinaria Doraliza

Unidad Educativa "18 De Noviembre"
reinariasaraguro@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0000-7314-4476>
Loja – Ecuador

MSc. Maza Poma Diana Rosario

U.E. "25 De Diciembre"
diana.maza@educacion.gob.ec
0009-0003-2835-3158
Loja – Ecuador

Formato de citación APA

Guaman, Y., Jimenez, M., Saraguro, R. & Maza, D. (2026). Realidad virtual inmersiva como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje de vectores en estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado. Revista REG, Vol. 5 (Nº. 4), p. 2381 – 2398.

NEXO CIENTIFICO

Vol. 5 (Nº. 4). Octubre – diciembre 2026.

ISSN: 3073-1259

Fecha de recepción: 20-10-2026

Fecha de aceptación: 25-10-2026

Fecha de publicación: 31-12-2026



RESUMEN

La incorporación de tecnologías inmersivas en los procesos educativos representa una alternativa para favorecer la comprensión de contenidos matemáticos caracterizados por su nivel de abstracción y la necesidad de razonamiento espacial. En este contexto, el estudio tuvo como objetivo analizar la realidad virtual inmersiva como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje de vectores en estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado. Metodológicamente, la investigación se desarrolló desde el paradigma sociocrítico, con enfoque mixto y diseño preexperimental de un solo grupo con pretest y postest. Participaron 27 estudiantes de primero de BGU de una unidad educativa ubicada en Ricaurte, Cuenca, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Para recopilar información se utilizaron pruebas de conocimiento, observación participante, diario de campo, grupos focales y encuesta de satisfacción. Los resultados evidenciaron una mejora después de implementar VRV: en el pretest, 26 estudiantes no alcanzaron los aprendizajes y solo uno los alcanzó; en el postest, 10 dominaron los aprendizajes, 3 los alcanzaron, 11 estuvieron próximos a alcanzarlos y 3 permanecieron en el nivel inferior. Por destrezas, el 100 % logró representar gráficamente vectores, el 96,3 % calculó su módulo y el 88,9 % resolvió ejercicios de suma y resta. Además, el 71 % valoró favorablemente la experiencia. Se concluyó que la realidad virtual presenta potencial para fortalecer principalmente la visualización, comprensión conceptual y representación de vectores; sin embargo, su efectividad requiere mediación docente, planificación pedagógica y condiciones tecnológicas adecuadas. (Este Debe contener: fundamento, objetivo, metodología utilizada, resultados más relevantes y conclusiones que respondan al objetivo).

PALABRAS CLAVE: realidad virtual, vectores, aprendizaje de matemáticas, recurso didáctico, Bachillerato General Unificado.



ABSTRACT

The incorporation of immersive technologies into educational processes represents an alternative for improving the understanding of mathematical content characterized by high levels of abstraction and the need for spatial reasoning. In this context, the objective of the study was to analyze immersive virtual reality as a didactic resource to strengthen vector learning among first-year General Unified Baccalaureate students. Methodologically, the research followed a socio-critical paradigm, a mixed-method approach, and a single-group pre-experimental design with pretest and posttest measurements. The participants were 27 first-year Baccalaureate students from an educational institution located in Ricaurte, Cuenca, selected through non-probability convenience sampling. Knowledge tests, participant observation, a field diary, focus groups, and a satisfaction survey were used to collect data. The results showed substantial improvement after implementing VRV. In the pretest, 26 students did not achieve the expected learning outcomes and only one reached them; in the posttest, 10 students mastered the learning outcomes, 3 achieved them, 11 were close to achieving them, and only 3 remained at the lowest level. Regarding specific skills, 100% successfully represented vectors graphically, 96.3% calculated vector magnitude, and 88.9% correctly solved vector addition and subtraction exercises. Furthermore, 71% of the participants evaluated the experience positively. It was concluded that immersive virtual reality has significant potential to strengthen vector learning, particularly spatial visualization, conceptual understanding, and graphical representation. However, its educational effectiveness depends on appropriate teacher mediation, pedagogical planning, technological accessibility, and the progressive integration of immersive experiences with mathematical procedures and symbolic representation.

KEYWORDS: virtual reality, vectors, mathematics learning, didactic resource, General Unified Baccalaureate.



INTRODUCCIÓN

La transformación digital de los sistemas educativos plantea la necesidad de incorporar recursos tecnológicos que respondan a las nuevas formas de aprender y favorezcan una participación más activa del estudiante. En este escenario, la realidad virtual (RV) adquiere especial relevancia debido a su capacidad para generar entornos tridimensionales e interactivos en los que es posible representar, explorar y manipular objetos que, mediante procedimientos convencionales, pueden resultar difíciles de comprender. Su incorporación en los procesos educativos permite ampliar las posibilidades de visualización, experimentación y construcción del conocimiento, especialmente cuando se abordan contenidos caracterizados por un elevado nivel de abstracción (Campos Soto et al., 2020).

En el campo de la educación matemática persisten dificultades asociadas con la comprensión de conceptos que exigen razonamiento abstracto y capacidad de representación espacial. Entre estos contenidos se encuentran los vectores, cuyo aprendizaje requiere reconocer elementos como magnitud, dirección, sentido y componentes, además de interpretar sus representaciones gráficas y efectuar diferentes operaciones. La tesis que sirve de base para este artículo identifica precisamente dificultades de estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado (BGU) para visualizar, representar y operar con vectores, situación que limita el desarrollo adecuado de los aprendizajes matemáticos esperados.

La importancia de atender esta problemática radica en que los vectores constituyen herramientas matemáticas esenciales para representar fenómenos relacionados con el movimiento, las fuerzas y las trayectorias, además de establecer conexiones entre las matemáticas y otras disciplinas científicas. Su aprendizaje contribuye al desarrollo del razonamiento lógico, espacial y abstracto, puesto que demanda relacionar representaciones algebraicas y gráficas con situaciones del entorno. Por consiguiente, las dificultades para comprender este contenido no se reducen al dominio de procedimientos matemáticos aislados, sino que pueden repercutir en aprendizajes posteriores vinculados con la física, la geometría y otras áreas científico-tecnológicas.

Frente a esta situación, la realidad virtual constituye una alternativa didáctica con posibilidades para transformar la presentación tradicional de los contenidos matemáticos. Los entornos virtuales permiten visualizar y manipular vectores en escenarios tridimensionales, observar sus componentes y analizar dinámicamente operaciones como la suma, resta y descomposición vectorial. De esta manera, el estudiante puede establecer relaciones entre las representaciones simbólicas y gráficas mediante experiencias interactivas, favoreciendo una aproximación más concreta

hacia conceptos que habitualmente se presentan de manera estática y abstracta (Campos Soto et al., 2020).

La literatura reciente muestra resultados favorables respecto a la incorporación de tecnologías inmersivas en la enseñanza. Ortí (2024) reporta mejoras en el rendimiento teórico y práctico y una valoración positiva de estos recursos en experiencias relacionadas con la enseñanza matemática. De manera semejante, Gil et al. (2024) destacan que los entornos tridimensionales contribuyen al desarrollo del pensamiento espacial-métrico mediante procesos de percepción y manipulación de magnitudes espaciales. Estos antecedentes adquieren pertinencia para el aprendizaje vectorial, debido a que la comprensión de magnitud, dirección y componentes requiere precisamente habilidades de visualización y razonamiento espacial.

En el contexto ecuatoriano también se reconoce el potencial de las tecnologías inmersivas para abordar contenidos matemáticos abstractos. Altamirano (2022) evidencia que el empleo de realidad aumentada en el aprendizaje de vectores favorece la comprensión de sus componentes y el desempeño en operaciones básicas; sin embargo, también identifica dificultades vinculadas con la disponibilidad de infraestructura tecnológica y la formación docente. Asimismo, la revisión presentada en la tesis señala que investigaciones nacionales recientes reconocen como desafíos recurrentes la infraestructura, la capacitación del profesorado y las dificultades didácticas asociadas con la abstracción matemática.

La incorporación de realidad virtual en la enseñanza de vectores encuentra también fundamento en el enfoque constructivista. Desde esta perspectiva, el estudiante participa activamente en la construcción del conocimiento mediante procesos de exploración, interacción, análisis y resolución de situaciones problemáticas. Un entorno virtual permite trasladar estos principios al aprendizaje matemático al proporcionar representaciones manipulables y retroalimentación sobre las acciones realizadas. Así, el estudiante deja de limitarse a observar representaciones bidimensionales para interactuar con objetos vectoriales y relacionar progresivamente la representación gráfica, el procedimiento matemático y su significado dentro de situaciones contextualizadas.

Esta integración requiere, no obstante, superar una concepción de la tecnología como un elemento añadido a la clase. La pertinencia educativa de la RV depende de su articulación con los objetivos curriculares, las estrategias pedagógicas y las características del contenido. En este sentido, el modelo TPACK ofrece un marco apropiado para integrar el conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar en la planificación de experiencias educativas. En la tesis analizada, este modelo orienta el

diseño del recurso VRV para asegurar que la tecnología mantenga correspondencia con la didáctica y con los conocimientos matemáticos relacionados con los vectores.

El problema científico se sitúa, por tanto, en la necesidad de encontrar alternativas didácticas capaces de favorecer la comprensión de los vectores frente a las dificultades de visualización, representación y resolución de operaciones que presentan los estudiantes de primero de BGU. La enseñanza apoyada principalmente en recursos como la pizarra y las representaciones bidimensionales puede resultar insuficiente para mostrar de manera dinámica las relaciones espaciales involucradas en este contenido. En la investigación de referencia, las evidencias diagnósticas muestran dificultades tanto en la identificación de componentes como en la representación gráfica de operaciones vectoriales, acompañadas de desmotivación hacia el aprendizaje de las matemáticas.

En consecuencia, estudiar la realidad virtual como recurso didáctico resulta pertinente porque permite vincular innovación tecnológica, aprendizaje activo y visualización espacial dentro de una problemática concreta de la educación matemática. Su utilización no busca sustituir la mediación docente ni los procedimientos matemáticos convencionales, sino complementarlos mediante experiencias que faciliten la exploración y comprensión de conceptos abstractos. Además, representa una oportunidad para promover prácticas educativas acordes con las demandas contemporáneas de integración tecnológica, siempre que su implementación responda a criterios pedagógicos y a las condiciones reales del contexto educativo.

En función de lo expuesto, el objetivo principal del presente artículo es analizar la realidad virtual inmersiva como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje de vectores en estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado, considerando sus aportes a la visualización, comprensión conceptual, participación activa y resolución de operaciones vectoriales.

MÉTODOS Y MATERIALES

La investigación se desarrolló bajo el paradigma sociocrítico, debido a que se orientó no solo al reconocimiento de las dificultades existentes en el aprendizaje de vectores, sino también a la transformación de la práctica educativa mediante la incorporación de un recurso tecnológico innovador. Este posicionamiento permitió analizar la realidad del aula e intervenir sobre la problemática identificada a través del uso de realidad virtual, promoviendo la participación activa de los estudiantes y la búsqueda de alternativas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se adoptó un enfoque metodológico mixto, mediante la integración de procedimientos cuantitativos y cualitativos. El componente cuantitativo permitió establecer el nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes antes y después de la intervención, mientras que el componente

cualitativo posibilitó interpretar sus experiencias, percepciones, actitudes y comportamientos durante el proceso educativo. La información procedente de ambos enfoques se integró mediante triangulación, con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos y alcanzar una interpretación integral del efecto producido por la incorporación de la realidad virtual en el aprendizaje de vectores.

El estudio respondió a un diseño preexperimental de un solo grupo con medición pretest y postest. Inicialmente se determinó el nivel de conocimientos de los participantes mediante una evaluación diagnóstica; posteriormente se implementó la intervención educativa basada en el recurso VRV y, al finalizar, se aplicó una segunda medición para identificar los cambios producidos en el aprendizaje. Este diseño permitió comparar el desempeño del mismo grupo antes y después de la experiencia pedagógica, sin incorporar un grupo de control.

La investigación se realizó en una unidad educativa ubicada en Ricaurte, cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador, durante el período académico 2024-2025. La población estuvo constituida por 27 estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado (BGU) que cursaban la asignatura de Matemática. Se trabajó con la totalidad del grupo disponible, por lo que la selección correspondió a un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los participantes no fueron seleccionados aleatoriamente ni mediante criterios individuales específicos, sino que pertenecían a un grupo previamente conformado y accesible para el desarrollo de la investigación.

La variable de intervención correspondió al uso de la realidad virtual como recurso didáctico, mientras que el objeto de evaluación se centró en el aprendizaje de vectores. Para este último se consideraron dimensiones relacionadas con la visualización y comprensión conceptual, el razonamiento lógico-vectorial y la aplicación operacional. Entre los indicadores se incluyeron la representación gráfica de vectores en el plano cartesiano; la identificación de dirección, sentido y magnitud; el cálculo de la norma; la igualdad entre vectores; la suma y resta mediante procedimientos analíticos y gráficos; la multiplicación de un vector por un escalar; y la determinación de la distancia entre dos puntos mediante la norma vectorial.

Para la recolección de información se utilizaron diferentes técnicas e instrumentos con el propósito de obtener evidencias desde distintas perspectivas. Se aplicó la observación participante, acompañada de un diario de campo, mediante el cual se registraron sistemáticamente las dinámicas desarrolladas en el aula, la participación estudiantil, las dificultades presentadas durante la resolución de ejercicios y los cambios observados a partir de la utilización del recurso tecnológico. Esta técnica permitió disponer de información contextualizada sobre las interacciones y comportamientos producidos durante el proceso de aprendizaje.

También se empleó la técnica de grupo focal, apoyada en una guía de preguntas, para explorar los conocimientos previos, expectativas, opiniones y actitudes de los estudiantes respecto a la utilización de la realidad virtual. La interacción entre los participantes permitió reconocer percepciones comunes, posibles resistencias y expectativas relacionadas con la incorporación de tecnologías inmersivas en las clases de Matemática. Esta información complementó los resultados cuantitativos y aportó elementos para comprender la experiencia educativa desde la perspectiva de los propios estudiantes.

Para evaluar el aprendizaje se aplicaron pruebas de conocimiento tipo pretest y postest, elaboradas específicamente para la investigación y sometidas a valoración de expertos. El pretest permitió establecer el nivel inicial de dominio de los contenidos vectoriales, mientras que el postest se utilizó después de la intervención para identificar los avances conceptuales y procedimentales alcanzados. Asimismo, se administró una encuesta de satisfacción con preguntas abiertas y cerradas, destinada a conocer la percepción, experiencia, aceptación y valoración de los estudiantes respecto al recurso VRV.

La prueba diagnóstica estuvo conformada por cuatro preguntas relacionadas con seis destrezas del aprendizaje de vectores, las cuales permitieron examinar conocimientos y procedimientos vinculados con la representación gráfica, las operaciones básicas y los fundamentos algebraicos necesarios para resolver situaciones vectoriales. Como resultado inicial, el grupo obtuvo un promedio de 1,85 sobre 10, correspondiente a la categoría *No alcanza los aprendizajes*. Además, se identificaron dificultades relacionadas con la ley de signos, operaciones aritméticas, cálculo de magnitudes, representación en el plano cartesiano y razonamiento aplicado a la resolución de problemas.

Para el procesamiento cuantitativo se realizó la comparación de los resultados obtenidos en el pretest y el postest, considerando las puntuaciones alcanzadas por los participantes antes y después de la intervención. La interpretación del rendimiento académico se efectuó mediante la escala cualitativa-cuantitativa establecida en el instructivo de evaluación del Ministerio de Educación del Ecuador: *Domina los aprendizajes* (9,00-10,00), *Alcanza los aprendizajes* (7,00-8,99), *Está próximo a alcanzar los aprendizajes* (4,01-6,99) y *No alcanza los aprendizajes* ($\leq 4,00$).

El tratamiento cualitativo se realizó mediante la organización, interpretación y contraste de la información procedente de la observación participante, el diario de campo, los grupos focales y las respuestas abiertas de la encuesta. Posteriormente, estos resultados se triangularon con los datos derivados de las pruebas de conocimiento. Este procedimiento permitió identificar coincidencias entre

el rendimiento académico, las conductas observadas y las percepciones expresadas por los estudiantes, fortaleciendo la interpretación de los efectos educativos producidos por la intervención.

Finalmente, durante el desarrollo del estudio se contemplaron criterios éticos relacionados con el consentimiento informado, confidencialidad, privacidad, no maleficencia, justicia, equidad, transparencia y honestidad. Debido a la participación de estudiantes menores de edad, se consideró la información previa a estudiantes y representantes acerca de los propósitos y procedimientos de la investigación, así como la protección de los datos personales y académicos recopilados.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidenciaron cambios relevantes en el aprendizaje de vectores después de la implementación de la realidad virtual como recurso didáctico. El diagnóstico inicial mostró un desempeño académico bajo: de los 27 estudiantes evaluados, 26 se ubicaron en la categoría *No alcanza los aprendizajes* y únicamente uno alcanzó los aprendizajes. Después de la intervención con VRV, la distribución cambió considerablemente: 10 estudiantes dominaron los aprendizajes, 3 los alcanzaron, 11 quedaron próximos a alcanzarlos y únicamente 3 permanecieron en la categoría más baja. Estos datos mostraron una evolución favorable del grupo y permitieron identificar una tendencia positiva asociada con la intervención pedagógica.

Tabla 1. Comparación del nivel de aprendizaje antes y después de la aplicación de VRV

Nivel de aprendizaje	Escala	Pretest	Posttest
Domina los aprendizajes (DA)	9,00–10,00	0	10
Alcanza los aprendizajes (AA)	7,00–8,99	1	3
Próximo a alcanzar los aprendizajes (PA)	4,01–6,99	0	11
No alcanza los aprendizajes (NA)	≤ 4,00	26	3
Total	—	27	27

Fuente: Autor (2025), a partir de los resultados de Encalada Ortega y Cajilima Parra (2025).

La comparación permitió observar que la principal transformación ocurrió en la reducción del número de estudiantes ubicados en el nivel *No alcanza los aprendizajes*, que pasó de 26 a 3. Paralelamente, 13 participantes finalizaron la intervención en las categorías *Alcanza* o *Domina los aprendizajes*. Sin embargo, 11 estudiantes permanecieron próximos a alcanzar el nivel requerido, aspecto que impidió interpretar la realidad virtual como una solución uniforme para todo el alumnado. Los resultados sugirieron, más bien, que la efectividad del recurso estuvo condicionada por las características individuales, el tiempo de adaptación y el acompañamiento pedagógico.

Al analizar las destrezas específicas se identificaron diferencias importantes. La representación gráfica de vectores presentó el mejor resultado, debido a que los 27 estudiantes lograron desarrollar esta destreza. En el cálculo del módulo, 26 estudiantes alcanzaron el indicador, equivalente al 96,3 %,

mientras que 24 resolvieron correctamente la suma y resta de vectores, correspondiente al 88,9 %. En contraste, las operaciones que exigieron mayores niveles de abstracción presentaron resultados inferiores: la multiplicación de un vector por un escalar fue dominada por 13 estudiantes y las operaciones mixtas por 10.

Tabla 2. Resultados del aprendizaje por indicadores vectoriales

Indicador evaluado	Estudiantes que alcanzaron el indicador	Porcentaje reportado
Representación gráfica de vectores	27	100 %
Cálculo del módulo de un vector	26	96,3 %
Suma y resta de vectores	24	88,9 %
Multiplicación de un vector por un escalar	13	46,3 %*
Operaciones mixtas con vectores	10	37,0 %
Tendencia general	—	Mayor dominio en visualización y operaciones básicas

Fuente: Autor (2025), a partir de Encalada Ortega y Cajilima Parra (2025).

*Se conserva el porcentaje consignado en la tesis fuente.

Estos hallazgos permitieron establecer una diferencia entre los aprendizajes predominantemente visuales y aquellos que demandaron mayor simbolización matemática. La realidad virtual mostró su mayor aporte en la representación gráfica, el reconocimiento espacial y las operaciones básicas, mientras que su contribución fue más limitada cuando los estudiantes debieron trasladar la experiencia tridimensional hacia procedimientos algebraicos más complejos. La propia investigación interpretó esta diferencia señalando que la RV facilita la materialización de conceptos abstractos, pero requiere una transición pedagógica intencionada hacia la representación simbólica.

Esta tendencia coincidió con los antecedentes revisados en la investigación. Gil et al. (2024) encontraron que los entornos tridimensionales favorecen la percepción y manipulación de magnitudes espaciales, mientras que Altamirano (2022), en el contexto ecuatoriano, reportó mejoras en la comprensión de componentes vectoriales y en operaciones como suma y resta mediante tecnologías inmersivas. Por tanto, los resultados del estudio analizado reforzaron la idea de que estas tecnologías poseen especial utilidad cuando el contenido requiere visualizar relaciones espaciales que resultan difíciles de representar únicamente mediante recursos convencionales. En cambio, el menor desempeño observado en operaciones de mayor abstracción mostró que la visualización no garantiza por sí sola el dominio algebraico.

Otro resultado significativo estuvo relacionado con la aceptación del recurso. El 45 % de los participantes calificó la experiencia como muy agradable y el 26 % como agradable, de modo que el 71 % manifestó una percepción favorable. El 11 % mantuvo una posición neutral, mientras que el 18 % expresó valoraciones negativas. En consecuencia, aunque predominó una actitud positiva hacia VRV, los datos también mostraron que la innovación tecnológica no produjo la misma experiencia en todos los estudiantes.

Tabla 3. Percepción estudiantil sobre la experiencia con VRV

Valoración	Porcentaje
Muy agradable	45 %
Agradable	26 %
Neutral	11 %
Poco agradable	7 %
Nada agradable	11 %
Percepción favorable total	71 %

Fuente: Autor (2025), a partir de Encalada Ortega y Cajilima Parra (2025).

El componente cualitativo complementó estos resultados. Entre los términos mencionados con mayor frecuencia aparecieron *interactivo, aprender, juego y animación*, lo que evidenció una valoración del carácter dinámico de la experiencia. Sin embargo, simultáneamente surgieron expresiones asociadas con *dificultad, mareo, calidad, compatibilidad, texto y fórmulas*. Esta coexistencia permitió advertir que la experiencia inmersiva generó interés, pero también presentó obstáculos tecnológicos, cognitivos y de usabilidad.

Tabla 4. Síntesis de hallazgos cualitativos sobre el uso de VRV

Categoría	Hallazgo principal	Interpretación
Percepción del recurso	Experiencia interactiva, novedosa y atractiva	Favoreció el interés por aprender Matemática
Dificultades técnicas	Problemas de carga, controles y dispositivos	La infraestructura condicionó la experiencia
Usabilidad	Dificultades de movilidad y presencia de mareo	Se requirió adaptación previa al entorno virtual
Comprensión matemática	Persistieron dificultades con fórmulas	La tecnología no sustituyó la explicación docente
Interactividad	Se solicitaron más animaciones, sonidos y actividades	Existió interés por experiencias más dinámicas
Accesibilidad	Problemas en celulares de menor capacidad	La compatibilidad representó un reto para la equidad

Diseño pedagógico	Se solicitó mayor claridad de textos y explicaciones	El diseño didáctico resultó tan importante como el tecnológico
--------------------------	--	--

Fuente: Autor (2025), a partir de Encalada Ortega y Cajilima Parra (2025).

Desde una perspectiva crítica, estos resultados evidenciaron que la incorporación de realidad virtual no debió entenderse como sustitución de la enseñanza docente. Algunos estudiantes continuaron manifestando dificultades para comprender las fórmulas y el contenido vectorial aun después de interactuar con VRV. La investigación reconoció expresamente que estas situaciones demandaron explicaciones guiadas, estrategias didácticas y procesos de retroalimentación. Por consiguiente, el principal aporte no radicó exclusivamente en utilizar una tecnología novedosa, sino en integrar adecuadamente la visualización inmersiva con la mediación pedagógica.

Asimismo, los problemas de compatibilidad, rendimiento de los dispositivos y conectividad demostraron que las condiciones tecnológicas representaron una limitación para la implementación. A ello se añadieron dificultades de desplazamiento dentro del escenario virtual y casos de mareo durante el uso de los visores. Estos hallazgos indicaron la conveniencia de incorporar períodos de familiarización con los equipos, instrucciones previas y condiciones técnicas adecuadas antes de desarrollar actividades curriculares mediante realidad virtual.

En relación con el objetivo planteado, los resultados permitieron sostener que la realidad virtual inmersiva presentó potencial como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje de vectores en estudiantes de primero de BGU, particularmente en la visualización espacial, la representación gráfica y determinadas operaciones vectoriales. No obstante, los hallazgos también mostraron que su efectividad dependió de la mediación docente, la calidad del diseño pedagógico, la disponibilidad tecnológica, la accesibilidad y las características de aprendizaje de los estudiantes. Por ello, futuras investigaciones deberían ampliar la muestra, incorporar grupos de comparación, analizar los efectos a mediano y largo plazo y examinar estrategias que articulen progresivamente la manipulación tridimensional con la representación algebraica y simbólica de los vectores.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten establecer que la incorporación de la realidad virtual como recurso didáctico produjo cambios favorables en el aprendizaje de vectores de los estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado. La comparación entre las mediciones realizadas antes y después de la intervención evidencia una modificación importante en los niveles de desempeño. Inicialmente, 26 de los 27 participantes se ubicaron en la categoría *No alcanza los aprendizajes* y solamente uno alcanzó el nivel requerido; después de la implementación de VRV, 10 estudiantes dominaron los aprendizajes, 3 los alcanzaron, 11 estuvieron próximos a alcanzarlos y únicamente 3

permanecieron en el nivel inferior. Estos resultados respaldan la pertinencia de incorporar experiencias inmersivas en contenidos matemáticos caracterizados por un elevado componente abstracto y espacial.

Uno de los hallazgos más relevantes se relaciona con la representación gráfica de los vectores. Después de la intervención, la totalidad de los estudiantes logró desarrollar esta destreza, mientras que el 96,3 % alcanzó satisfactoriamente el cálculo del módulo y el 88,9 % resolvió correctamente ejercicios de suma y resta. Estos resultados muestran que VRV tuvo mayor incidencia en aquellos aprendizajes donde la visualización y manipulación espacial desempeñan un papel fundamental. La posibilidad de interactuar con representaciones tridimensionales permitió transformar elementos tradicionalmente expresados mediante símbolos, coordenadas y gráficos bidimensionales en objetos susceptibles de exploración dentro de un entorno virtual.

Los resultados coinciden con la literatura analizada en la investigación de referencia. Gil et al. (2024) destacan las posibilidades de los entornos tridimensionales para desarrollar el pensamiento espacial-métrico, debido a que facilitan la percepción y manipulación de magnitudes espaciales. De manera semejante, Altamirano (2022) señala resultados favorables de las tecnologías inmersivas en la comprensión de los componentes de los vectores y en operaciones básicas. Esta correspondencia permite sostener que el valor educativo de estas tecnologías no reside únicamente en su carácter innovador, sino principalmente en su capacidad para ofrecer nuevas formas de representación de conceptos cuya comprensión exige razonamiento espacial.

No obstante, los resultados también muestran que el efecto de la realidad virtual no fue homogéneo en todas las destrezas evaluadas. Mientras que la representación gráfica y el cálculo del módulo alcanzaron niveles elevados, solamente 13 estudiantes dominaron la multiplicación de vectores por un escalar y 10 lograron resolver adecuadamente operaciones mixtas. Esta diferencia constituye un hallazgo importante, puesto que demuestra que la visualización tridimensional facilita principalmente la comprensión conceptual y espacial, pero no garantiza automáticamente la apropiación de procedimientos algebraicos más complejos. La propia investigación interpreta que la RV requiere una transición pedagógica intencionada desde la manipulación visual hacia la simbolización matemática convencional.

Desde esta perspectiva, la realidad virtual debe comprenderse como un recurso complementario y no como sustituto de la mediación docente. Algunos estudiantes señalaron que las fórmulas continuaron siendo difíciles de comprender y que determinados contenidos resultaron complejos incluso dentro del entorno virtual. Estos hallazgos confirman la necesidad de acompañar la

experiencia tecnológica con explicaciones, actividades secuenciadas y retroalimentación docente. En consecuencia, una aplicación pedagógica efectiva requiere articular el conocimiento disciplinar, las estrategias didácticas y el recurso tecnológico, evitando asumir que la innovación tecnológica genera aprendizaje por sí misma.

Otro aspecto relevante corresponde a la motivación y aceptación estudiantil. El 71 % de los participantes calificó la experiencia como agradable o muy agradable, evidenciando una valoración predominantemente favorable de VRV. Además, en el análisis cualitativo aparecieron recurrentemente términos como *interactivo*, *aprender*, *juego* y *animación*, relacionados con una experiencia más dinámica y participativa. Sin embargo, también surgieron expresiones vinculadas con *dificultad*, *mareo*, *compatibilidad* y *calidad*, lo que demuestra que la motivación generada por la tecnología coexistió con problemas técnicos, pedagógicos y de usabilidad.

Estas limitaciones adquieren especial importancia al considerar una posible implementación de la realidad virtual a mayor escala. Los estudiantes identificaron dificultades relacionadas con el rendimiento de los dispositivos, la carga de contenidos, la conexión entre controles y teléfonos móviles, así como problemas de movilidad dentro del escenario virtual. También se registraron molestias asociadas al uso de los visores. Por ello, la disponibilidad de infraestructura tecnológica, la compatibilidad de los dispositivos y una etapa previa de familiarización constituyen condiciones que deben considerarse en futuras intervenciones.

En síntesis, los hallazgos permiten responder al objetivo del estudio al demostrar que la realidad virtual inmersiva presenta un potencial significativo para fortalecer el aprendizaje de vectores en estudiantes de primero de BGU, principalmente en la visualización, representación gráfica, comprensión del módulo y operaciones básicas. No obstante, sus beneficios dependen de una adecuada mediación pedagógica y de condiciones tecnológicas que garanticen accesibilidad y estabilidad. Los resultados también evidencian la necesidad de profundizar en investigaciones con muestras más amplias y diseños comparativos que permitan determinar con mayor precisión la magnitud del efecto de VRV y establecer estrategias que articulen la experiencia tridimensional con el desarrollo progresivo del razonamiento algebraico y vectorial.

CONCLUSIONES

El análisis realizado permitió determinar que la realidad virtual inmersiva constituye un recurso didáctico con potencial para fortalecer el aprendizaje de vectores en estudiantes de primero de Bachillerato General Unificado. Los resultados mostraron una evolución favorable después de la implementación de VRV, puesto que inicialmente 26 de los 27 estudiantes se encontraban en la categoría *No alcanza los aprendizajes*, mientras que en la evaluación posterior únicamente 3 permanecieron en este nivel y 13 alcanzaron o dominaron los aprendizajes.

Los principales beneficios se observaron en los contenidos que requirieron visualización y razonamiento espacial. La totalidad de los participantes logró representar gráficamente los vectores, el 96,3 % desarrolló satisfactoriamente el cálculo del módulo y el 88,9 % alcanzó el indicador correspondiente a la suma y resta. En contraste, los resultados fueron menores en la multiplicación por un escalar y en las operaciones mixtas, lo que evidenció que la realidad virtual facilitó especialmente la comprensión visual y conceptual, pero requirió complementarse con estrategias específicas para avanzar hacia procesos de mayor abstracción matemática.

La principal contribución del estudio radicó en evidenciar que la utilidad educativa de la realidad virtual no se limita al componente tecnológico o motivacional. Su incorporación permitió aproximar contenidos abstractos a experiencias tridimensionales e interactivas, favoreciendo la relación entre representación gráfica, razonamiento espacial y aprendizaje matemático. De esta manera, los hallazgos aportaron elementos para comprender la RV como un medio de apoyo a la construcción del conocimiento vectorial y no únicamente como una herramienta destinada a hacer más atractivas las clases.

Asimismo, la experiencia presentó una aceptación predominantemente favorable, debido a que el 71 % de los estudiantes calificó el uso de VRV como agradable o muy agradable. Los participantes destacaron características asociadas con la interactividad, el aprendizaje y el componente lúdico. Sin embargo, también se identificaron dificultades vinculadas con el funcionamiento de los dispositivos, la compatibilidad tecnológica, el desplazamiento dentro del entorno, la claridad de determinados contenidos y molestias durante el uso de los visores.

En el ámbito práctico, los resultados indicaron que la realidad virtual puede incorporarse a la enseñanza de Matemática como un recurso complementario a la mediación docente, particularmente para contenidos que demandan visualización espacial. Su implementación requiere planificación didáctica, orientación permanente, períodos de adaptación al entorno virtual y recursos tecnológicos compatibles. La persistencia de dificultades relacionadas con fórmulas y procedimientos abstractos

confirmó que la tecnología por sí sola no garantiza el aprendizaje y que las explicaciones guiadas y la retroalimentación continúan siendo indispensables.

Desde la perspectiva teórica, los hallazgos reforzaron la importancia de articular tecnología, pedagogía y conocimiento matemático. La experiencia mostró que la representación tridimensional puede actuar como un puente entre la comprensión concreta y visual de un vector y su posterior representación simbólica. No obstante, los resultados inferiores obtenidos en operaciones de mayor complejidad señalaron la necesidad de diseñar una transición progresiva desde la manipulación virtual hacia el razonamiento algebraico, evitando que el estudiante dependa exclusivamente de la representación visual.

Finalmente, se considera pertinente que futuras investigaciones incorporen muestras más amplias, grupos de control y períodos de intervención de mayor duración, con el propósito de determinar si las mejoras obtenidas se mantienen a mediano y largo plazo. También resultaría relevante comparar la realidad virtual con otras tecnologías educativas, analizar su aplicación en contenidos como geometría, física y cálculo, y estudiar estrategias que integren realidad virtual, aprendizaje colaborativo y gamificación. Asimismo, deberían profundizarse investigaciones sobre accesibilidad, compatibilidad de dispositivos y diseño de entornos inmersivos de bajo costo, con la finalidad de favorecer una implementación educativa inclusiva y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano, D. (2022). *Realidad aumentada como estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de vectores*. Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Campos Soto, M. N., Ramos Navas-Parejo, M., & Moreno Guerrero, A. J. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *Alteridad. Revista de Educación*, 15(1), 47–60.
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8, 1–32.
- Huang, H. M., Rauch, U., & Liaw, S. S. (2020). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55(3), 1171–1182.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2020). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 1515–1529.
- Loza, R. M., Mamani, J. L., Mariaca, J. S., & Yanqui, F. E. (2020). Paradigma sociocrítico en investigación. *PsiqueMag*, 9(2), 30–39.
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33, 937–958.
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486–497.
- Pellas, N., Mystakidis, S., & Kazanidis, I. (2021). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*, 25, 835–861.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.

- Rodríguez, M., & Cubillas, M. (2024). Integración del modelo TPACK-ADDIE en el diseño instruccional para los cursos B-Learning en educación superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10605–10621.
- Southgate, E. (2020). *Virtual reality in curriculum and pedagogy: Evidence from secondary classrooms*. Routledge.
- Vega, V., Leyva, M., & Batista, N. (2023). Desarrollo y validación de un cuestionario para evaluar el conocimiento en metodología de la investigación. *Revista Conrado*, 19(S2), 51–60.
- Villalobos, J. (2024). La realidad virtual como herramienta educativa transformadora. *Revista de Innovación Educativa*, 15(2), 45–60.
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991–2005.
- Yang, C., Huan, S., & Yang, Y. (2020). A practical teaching mode for colleges supported by virtual reality technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(17), 20–35.
- Zhang, L., Bowman, D. A., & Jones, C. N. (2020). Exploring effects of interactivity on learning with interactive storytelling in immersive virtual reality. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 3(4), 1–21.

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

