

La Realidad Aumentada como herramienta para el aprendizaje de la geometría 3D en el tercer ciclo de Primaria

2

Alejandro Santana Sánchez^a
Eduardo Gregorio Quevedo Gutiérrez^b

Colegio Claret Las Palmas^a
Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria^b
alesantana@claretlaspalmas.digital; eduardo.quevedo@ulpgc.es

Resumen:

La Realidad Aumentada es una herramienta potente y beneficiosa para el aprendizaje que consigue captar la atención del alumnado, eliminando barreras existentes. Su interactividad y su uso intuitivo permite mejorar los resultados en el aprendizaje de contenidos complejos o que requieran habilidades visoespaciales como puede ser el aprendizaje de los cuerpos geométricos 3D en el área de matemáticas. En este capítulo se presenta una propuesta didáctica de uso de la Realidad Aumentada en el tercer ciclo de Educación Primaria para el aprendizaje de los sólidos geométricos 3D, así como su correspondiente análisis de resultados. En rasgos generales, se ha concluido tras el análisis que el uso de la Realidad Aumentada afecta de manera directa en la motivación del alumnado y acerca los contenidos a su entorno próximo de manera vivencial.

Palabras clave:

STEAM; Realidad Aumentada; matemáticas; tecnologías inmersivas.

1. Introducción

En los últimos años, se han ido introduciendo gradualmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) convirtiéndose en una herramienta indispensable en la práctica de la mayoría del profesorado. Son muchos los centros educativos que han ido adquiriendo diferentes dispositivos

como *tablets* o *chromebooks* para mejorar la calidad educativa tanto para el alumnado como el equipo docente. Consecuentemente en la Comunidad Autónoma de Canarias la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias está desarrollando un programa formativo para mejorar y certificar al profesorado en activo la Competencia Digital Docente fundamentándose en el Marco Común de Competencia Digital Docente (2022) adaptado del marco europeo.

Por otra parte, en la mayoría de los centros escolares, se desarrolla un itinerario formativo propio con el objetivo de que el equipo educativo esté al corriente de los avances que van surgiendo, así como desarrollar sus propios proyectos de innovación educativa en este campo. La entrada en vigor de la LOMLOE en el sistema educativo ha traído ciertas novedades en el currículo educativo de las diversas áreas del conocimiento en la Comunidad Autónoma de Canarias. Entre ellas, destaca la introducción de la Realidad Aumentada (RA) en el Currículum de Matemáticas (Gobierno de Canarias. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes, 2023) a finales de la etapa de Educación Primaria, en Educación Secundaria y Bachillerato; lo que ha abierto un nuevo campo de investigación en tecnologías inmersivas, metodologías activas y el desarrollo de propuestas didácticas para atender a la diversidad del aula.

En base a esto, el CEIPS San Antonio María Claret lleva varios años investigando en este campo. Concretamente, desde el curso 2018-2019 se desarrolla un Proyecto de Innovación Educativa para el Desarrollo del Pensamiento Computacional y el fomento de las competencias STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), colaborando con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), con el que se han ido incorporando elementos como la robótica educativa o la programación en la didáctica de las matemáticas abarcando todas las etapas educativas del centro: Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria y Bachillerato (Álamo et al., 2019). Desde entonces, esto ha generado un gran interés y motivación en el alumnado, y es por ello, por lo que se ha decidido pasar a un siguiente nivel introduciendo una nueva línea de innovación educativa en la temática de la RA, permitiendo así mejorar la práctica docente y seguir motivando al alumnado con las nuevas tecnologías y metodologías que van surgiendo.

La RA aplicada al aula genera múltiples beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje. rompiendo las barreras en él y acercando los contenidos de manera significativa. A su vez, la RA resulta especialmente adecuada para el alumnado con necesidades especiales puesto que mejora la atención, concentración y participación de los mismos (Asatryan et al., 2023).

En base a lo expuesto anteriormente, se ha desarrollado un Trabajo Final de Máster (TFM) en la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) en el que se pone práctica un proyecto de innovación tecnológico sobre la RA aplicada a la didáctica de las matemáticas en el tercer ciclo de Educación Primaria, concretamente en 6º de Educación Primaria. El objetivo principal consiste en diseñar un proyecto de innovación didáctica a través de la RA para la enseñanza de las matemáticas en 6º de Primaria. Los objetivos específicos del estudio incluyen: examinar los beneficios y desventajas de la RA en la enseñanza de las matemáticas en la Educación Primaria; integrar la RA en la enseñanza del contenido de geometría tridimensional en matemáticas; realizar una revisión de las herramientas de RA disponibles para la Educación Primaria; y fomentar el aprendizaje cooperativo. En este capítulo se presentan los resultados de una propuesta de intervención realizada en el contexto del TFM comentado.

La estructura del capítulo se organiza de la siguiente forma: el apartado 2 aborda el uso de las tecnologías inmersivas, centrándose en los beneficios de la RA en el ámbito de la educación. Seguidamente, en el apartado 3 se presenta la propuesta didáctica llevada a cabo en el aula con alumnado de 6º de Primaria. En el apartado 4 se muestra el análisis de los resultados obtenidos en la intervención, así como una comparativa entre la evaluación inicial diagnóstica y la evaluación cualitativa del alumnado. Finalmente, en el apartado 5 se sintetizan las conclusiones alcanzadas.

2. Marco teórico

2.1. Tecnologías inmersivas

Las Tecnologías Inmersivas son herramientas y sistemas avanzados diseñados para crear o transformar espacios, combinando contenido multimedia virtual con el mundo físico, proporcionando a los usuarios una experiencia completamente inmersiva. Entre las tecnologías más destacadas se encuentran la RA, la Realidad Virtual (RV) y la Realidad Mixta (RM), las cuales están generando experiencias virtuales significativas para los consumidores. Para comprender cada una de estas tecnologías, es esencial conocer el continuo de virtualidad-realidad (ver Figura 1). Según Milgram et al. (1994), existe una continuidad entre la realidad y la virtualidad, ubicadas en los extremos de un diagrama. A medida que nos alejamos del entorno real, se introducen más elementos virtuales, dando lugar a la RA (AR, Augmented Reality en inglés), mientras que al acercarnos más al mundo virtual, encontramos la RV (VR, Virtual Reality en inglés). La Realidad Mixta (MR, Mixed Reality en inglés) se sitúa en el centro de estos extremos, combinando elementos de ambos extremos.

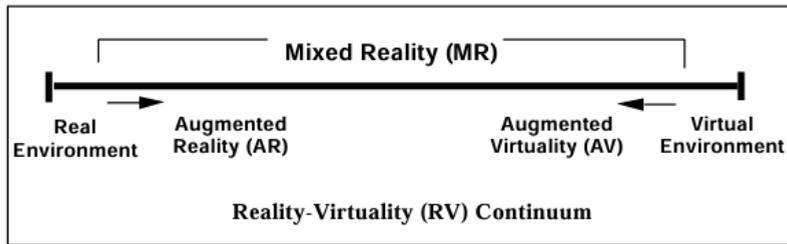


Figura 1: Esquema Continuo virtualidad-realidad de Milgram et al. (1994)

Por tanto, la RA es una tecnología que integra imágenes e información virtual con el entorno del mundo real, creando una experiencia interactiva que fusiona elementos físicos y digitales. (Liu et al., 2023). Por otro lado, la RV permite la creación de entornos simulados que ofrecen a los usuarios experiencias inmersivas, las cuales pueden replicar o diferir notablemente de la realidad. En contraste con los medios convencionales, la RV se distingue por su capacidad para integrar una amplia gama de señales verbales y no verbales, convirtiéndose así en una forma de comunicación única. (Dzardanova et al., 2022). La Realidad Mixta (RM) es la más avanzada de las tres, ya que integra tanto la RA como la RV, creando entornos en los que se fusionan objetos físicos y digitales (Guha et al., 2023).

Las tecnologías inmersivas son unas herramientas que poseen una gran capacidad y pueden ser aplicadas en múltiples campos. Con el progreso en el procesamiento de la información audiovisual y las tecnologías sensoriales, se logran experiencias cada vez más auténticas y envolventes mediante la recopilación de datos como la expresividad facial, los gestos o los sonidos ambientales (Pieri et al., 2022). Esto ha llevado a la creencia de que tales avances están principalmente orientados al entretenimiento, como en los videojuegos a través de las gafas de RV o RM (un ejemplo de esta última se ilustra en la Figura 2). No obstante, con el paso del tiempo, estas tecnologías se han implementado en diversas áreas como la terapia ocupacional, la salud, el turismo, la manufactura, la educación y el sector inmobiliario, desafiando las percepciones comunes y generando aplicaciones innovadoras (Abdallah et al., 2023).



Figura 2: Gafas de Realidad Mixta Meta Quest Pro (<https://www.meta.com/es/quest/>)

En el contexto educativo, las tecnologías inmersivas han ido ganando terreno gradualmente en las aulas debido a su atractivo tanto para estudiantes como para docentes. La incorporación de estas tecnologías busca incrementar la participación, la motivación y los logros académicos de los estudiantes. Al proporcionar experiencias educativas inmersivas e interactivas, los alumnos pueden aprovechar entornos de aprendizaje más personalizados, realistas y contextualizados.

Los estudiantes investigan y se relacionan con el contenido de forma más intuitiva y significativa utilizando estas tecnologías. De esta manera, la realidad virtual se presenta como una de las alternativas más poderosas, permitiendo a los alumnos involucrarse en actividades que imitan situaciones reales o explican conceptos complejos que, de otro modo, serían más difíciles de comprender. Diversas investigaciones indican que la realidad virtual (RV) puede potenciar el aprendizaje, particularmente en disciplinas que requieren una gestión espacial efectiva. Además, es especialmente beneficiosa para estudiantes con dificultades en la percepción espacial, ya que les proporciona herramientas que les ayudan a superar estos obstáculos (Akçayır y Akçayır, 2017; Botev y Rodríguez Lera, 2021).

2.2. La Realidad Aumentada en educación aplicada a las matemáticas

La RA se incorpora en la RV al superponer información digital en el entorno físico, mejorando la percepción de la realidad mediante datos o imágenes adicionales. Su potencial en el ámbito educativo ha sido investigado, y estudios como los de Belter et al., (2023) y Ridloka et al. (2023) indican que las experiencias inmersivas pueden transformar la enseñanza, permitiendo al alumnado interactuar con elementos que usualmente no están presentes en el entorno escolar cotidiano..

En lo que se refiere a la didáctica de las matemáticas en Educación Primaria, se ha visto que tiene un potencial significativo para mejorar su aprendizaje creando experiencias inmersivas e interactivas que conduzcan a una mejor comprensión y retención de los conceptos matemáticos (Setyaningsih et al., 2024). Del mismo modo, la integración de la RA en los centros educativos puede generar un cambio en la metodología de aprendizaje tradicional proporcionando un enfoque más práctico y creativo de las matemáticas y que el alumnado puede plantearse como un desafío (Hanggara et al., 2024; Hascher & Waber, 2021).

La implementación de la RA en dispositivos inteligentes y objetos físicos ha demostrado fomentar el desarrollo cognitivo y social en niños en edad preescolar. Esto se traduce en conductas más estratégicas y una mayor participación e interacción, con una menor necesidad de apoyo adulto (Cameron & Kim, 2016). Esto indica que la RA puede hacer el aprendizaje de matemáticas más agradable para los estudiantes, alentando la exploración y el trabajo colaborativo. Según Hinske et al. (2008), la capacidad de la RA para conectar símbolos matemáticos abstractos con representaciones del mundo real supera la simple memorización tradicional de estos conceptos. Al proporcionar representaciones concretas de problemas y soluciones matemáticas, la RA facilita a los estudiantes la comprensión de las aplicaciones prácticas de las matemáticas, ayudando a reconocer la relevancia del tema y disminuyendo su percepción intimidante. Un análisis exhaustivo de la literatura sobre el uso de la RA en la enseñanza de las matemáticas revela que esta tecnología es adecuada para todos los niveles educativos, especialmente en la educación primaria, y se utiliza principalmente en la enseñanza de la geometría y las funciones (Pahmi et al., 2023).

3. Contextualización y Propuesta Metodológica

En este apartado, se aborda la contextualización del centro y el diseño de la propuesta didáctica con las actividades más relevante que se han llevado a cabo para el TFM usando la aplicación “Calculadora 3D” para generar poliedros en RA. Se ha diseñado una propuesta de actividades que permite al alumnado de 6º de Primaria generar e identificar las características de los sólidos geométricos 3D.

El centro educativo donde se ha realizado la intervención es el CEIPS San Antonio María Claret, un centro concertado-privado de carácter religioso ubicado en el municipio de Las Palmas de Gran Canaria en la isla de Gran Canaria. Se trata de un centro de línea 5 (5 líneas por curso) que se distribuye en tres secciones:

- Sección de Canalejas: acoge la etapa de Educación Infantil.
- Sección de Rabadán: acoge el tercer y cuarto curso de Educación Secundaria y Bachillerato.
- Sección de Tamaraceite: acoge la etapa de Educación Primaria y el primer y segundo curso de Educación Secundaria.

La intervención se ha llevado a cabo en esta última sección. Se ha tomado como muestra a 50 alumnos de dos de las cinco líneas (6ºB y 6ºE) de 6º de primaria.

En esta propuesta, se ha decidido emplear la RA para trabajar, según el currículo de matemáticas del tercer ciclo de Educación Primaria de Canarias, los siguientes saberes básicos del bloque III (Sentido Espacial):

- *1.1. Identificación y clasificación de figuras geométricas en objetos de la vida cotidiana, atendiendo a sus elementos y a las relaciones entre ellos.*
- *1.3. Adquisición y uso de vocabulario geométrico: propiedades de figuras geométricas (figuras regulares e irregulares, cóncavas y convexas, simetrías, etc.) y descripción verbal de los elementos (vértice, lado, diagonal, arista, cara, base, apotema, radio, diámetro, cuerda, sector circular, arco, etc.).*
- *1.4. Descubrimiento, generalización y uso de propiedades de figuras geométricas: exploración mediante materiales manipulables (cuadrículas, geoplanos, policubos, etc.) y herramientas digitales (programas de geometría dinámica, realidad aumentada, robótica educativa, etc.).*

Además, se ha relacionado con las siguientes Competencias Específicas:

- 3. *Explorar, formular y comprobar conjeturas sencillas o plantear problemas de tipo matemático en situaciones basadas en la vida cotidiana, de forma guiada, reconociendo el valor del razonamiento y la argumentación, para contrastar su validez, adquirir e integrar nuevo conocimiento.*
- 4. *Utilizar el pensamiento computacional, organizando datos, descomponiendo en partes, reconociendo patrones, generalizando e interpretando, modificando y creando algoritmos de forma guiada, para modelizar y automatizar situaciones de la vida cotidiana.*

Estas Competencias Específicas se han relacionado con los siguientes criterios de evaluación:

- 3.1. *Formular conjeturas matemáticas sencillas, investigando patrones, propiedades y relaciones, utilizando materiales manipulativos, representaciones gráficas o herramientas digitales, para extraer conclusiones, comunicarlas y argumentarlas de forma verbal, manipulativa, gráfica o a través de medios tecnológicos..*
- 4.2. *Resolver problemas y realizar pequeñas investigaciones, utilizando las herramientas adecuadas, entre ellas las tecnológicas.*

Para ello, se ha diseñado una propuesta de actividades con 5 niveles de dificultad en la que el alumnado irá resolviendo los siguientes problemas:

1. Actividad de nivel 1: crear un cubo con la aplicación de “Calculadora 3D” e identificar el tipo de polígono que forma sus caras, así como el número de vértices, aristas y caras.
2. Actividad de nivel 2: crear un prisma triangular con la aplicación e identificar el número de caras, vértices y aristas.
3. Actividad de nivel 3: aprovechando el prisma anterior, averiguar su altura fijándose en los ejes cartesianos y deducir cuál tiene la mayor superficie.
4. Actividad de nivel 4: crear un tetraedro y un cubo con su desarrollo en el plano y comparar las dos figuras en cuanto al número de caras, vértices y aristas, y cuál tiene mayor superficie.
5. Actividad de nivel 5: crear un cubo, un cilindro, una pirámide triangular y un cono para comprobar si se cumple la Fórmula de Euler (Vértices – Aristas + Caras = 2)

Para emplear la RA en el aula, hay disponibles diversas herramientas y aplicaciones que facilitan la interacción y la creación de modelos, como *Quiver*, *Unity*, *MergeCube* y *Coespaces*, entre otras. No obstante, tras revisar el currículo de matemáticas, se eligió la aplicación gratuita “Calculadora 3D” de GeoGebra, cuyo logotipo se muestra en la Figura 3, debido a su simplicidad y adecuación a los contenidos a tratar.



Calculadora 3D

Grafica funciones 3D, superficies y objetos 3D con GeoGebra Graficador 3D

Figura 3: Aplicación Calculadora 3D (<https://www.geogebra.org/download?lang=es-ES>)

GeoGebra es una herramienta matemática que se ha adaptado exitosamente a diversos niveles educativos, integrando distintos bloques temáticos de las matemáticas (como álgebra, geometría, cálculo, estadística, gráficas y hojas de cálculo) en una sola plataforma virtual (*GeoGebra*, s. f.). Al acceder a la aplicación, permite de manera intuitiva crear figuras a partir de un punto en el plano, con opciones para generar pirámides, cilindros, cubos, entre otros, y ofrece la capacidad de dibujar automáticamente su desarrollo, como se observa en la Figura 4. Además, en su versión para dispositivos móviles y tabletas, permite seleccionar entre generar el poliedro en 3D dentro de la interfaz de la aplicación, hacerlo en RA escaneando una superficie, o visualizarlo en RV utilizando gafas de realidad virtual.

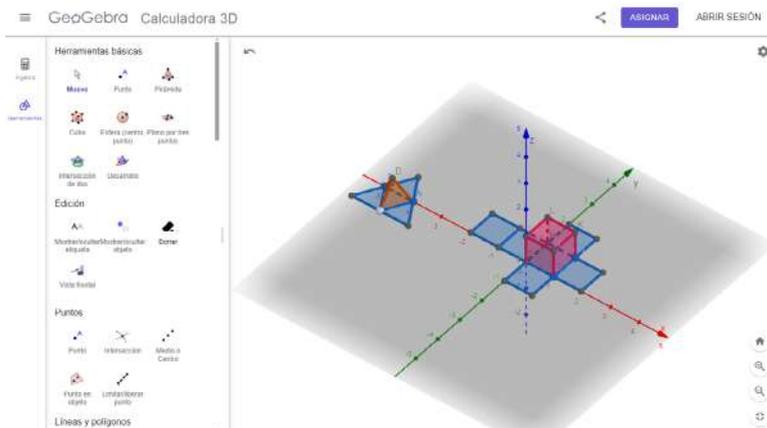


Figura 4: Creación de un tetraedro y un cubo con su desarrollo en el plano. (Elaboración propia)

Por otro lado, se diseñó un cuestionario basado en el vídeo “Los Poliedros” del canal de YouTube “*Happy Learning*”, presentado en la Figura 5, con el propósito de evaluar el conocimiento previo de los estudiantes sobre los poliedros. Para la creación del cuestionario se utilizó la extensión para Google Chrome de la herramienta *Quizizz*. En este cuestionario, los estudiantes, organizados en parejas, respondieron a preguntas de opción múltiple y, en caso de dudas, podían volver a ver el vídeo.



Figura 5: Vídeo Los poliedros
(<https://youtu.be/3wniQ7NA3Io?si=B7VV8lvA1K6NmCnv>)

4. Análisis de los Resultados

Tal como se ha expuesto, el uso de la RA en el aprendizaje de las matemáticas puede mejorar los resultados y la motivación del alumnado. Al inicio de la actividad se les pasó un cuestionario por parejas (12 parejas de 6ºE y 13 parejas de 6ºB) empleando la aplicación *Quizizz* como evaluación diagnóstica sobre el conocimiento previo del alumnado. En base a esto, como se puede ver en la Figura 6, el porcentaje promedio de aciertos en ambas clases no su-

para el 50% por lo que se puede inferir que el alumnado tenía un conocimiento limitado sobre el tema. Seguidamente, se aborda los resultados obtenidos por pregunta de manera más detallada.



Figura 6: Resumen de los resultados obtenido del Quizizz en ambas clases.

En la Tabla 1 y la Tabla 2 se muestran las preguntas con las cuatro opciones de respuesta que se le hizo al alumnado al comienzo de la intervención. Dentro de las preguntas se puede distinguir varias categorías:

Preguntas de conocimiento general: estas se encuentran en las P_01, P_07 y P_014 y podían contestarse, en el caso de tener alguna dificultad, visualizando el vídeo adjunto al Quizizz.

- Preguntas de definición: en estas cuestiones se abordan las definiciones esenciales para entender un poliedro y sus partes. Las podemos encontrar en las P_02, P_03, P_08, P_11 y P_15.
- Preguntas de clasificación: aquí se abordan la clasificación de los prismas y pirámides según el polígono de su base. Estas son la P_04, P_05, P_06 y P_13.
- Preguntas de identificación o reconocimiento: con ellas se pretende que el alumnado sea capaz de reconocer los poliedros en figuras del mundo real como edificios o monumentos. Las encontramos en las P_09, P_10 y P_12.

Sin embargo, como se observa en la Tabla 1, existen algunas preguntas duplicadas. El objetivo que se buscaba al repetir las P_02, P_05, P_07, P_08 y P_09 en las P_11, P_12, P_13, P_14 y P_15 consistía en comprobar si el alumnado tenía interiorizado el contenido del curso pasado. Igualmente, tal y como se muestra en la Tabla 2, la formulación de las respuestas es bastante clara y concisa para que pudieran contestarse en el menor tiempo posible.

Tabla 1: Preguntas del cuestionario inicial con Quizizz

Identificador de la pregunta (ID)	Pregunta
P_01	¿Qué significa la palabra poliedro en latín?
P_02	¿Qué elementos forman un poliedro?
P_03	¿Qué son las aristas en un poliedro?
P_04	¿Cómo se clasifican los prismas según el número de lados de su base?
P_05	¿Qué tipo de base tienen las pirámides?
P_06	¿Cómo se nombran las pirámides según el número de lados de su base?
P_07	¿Qué ocupan los poliedros en las tres dimensiones?
P_08	¿Qué son los vértices en un poliedro?
P_09	¿Qué tipo de poliedro es un edificio formado por cuadriláteros?
P_10	¿Qué tipo de poliedro es una pirámide de Egipto?
P_11	¿Qué elementos forman un poliedro?
P_12	¿Qué tipo de poliedro es un edificio formado por cuadriláteros?
P_13	¿Qué tipo de base tienen las pirámides?
P_14	¿Qué ocupan los poliedros en las tres dimensiones?
P_15	¿Qué son los vértices en un poliedro?

Tabla 2: Respuesta correcta e incorrectas posibles asociadas a las preguntas Quizizz

ID	R_Correcta	R_Incorrecta 1	R_Incorrecta 2	R_Incorrecta 3
P_01	A) Muchas caras.	B) Alto y ancho.	C) Triángulos y cuadrado.	D) Pocos lados.
P_02	D) Caras, vértices y aristas.	A) Lados, esquinas y diagonales.	B) Ángulos, radios y diámetros.	C) Superficies, puntos y segmentos.
P_03	D) Los lados de las caras.	A) Los segmentos que unen los vértices.	B) Las caras del poliedro.	C) Los puntos donde se unen tres o más caras.
P_04	D) Triangular, cuadrangular, pentagonal, hexagonal, etc.	A) Pequeño, mediano, grande, gigante, etc.	B) Rojo, azul, verde, amarillo, etc.	C) Redondo, cuadrado, triangular, pentagonal, etc.
P_05	B) Una sola base.	A) Base circular.	C) Tres bases diferentes.	D) Dos bases iguales.
P_06	D) Triangular, cuadrangular, pentagonal, hexagonal, etc.	A) Redondo, cuadrado, triangular, pentagonal, etc.	B) Rojo, azul, verde, amarillo, etc.	C) Pequeño, mediano, grande, gigante, etc.
P_07	A) Volumen.	B) Peso.	C) Área.	D) Longitud.
P_08	C) Los puntos donde se unen tres o más caras.	A) Los segmentos que unen los vértices.	B) Los lados de las caras.	D) Las caras del poliedro.
P_09	C) Prisma.	A) Pirámide.	B) Esfera.	D) Cubo.
P_10	D) Pirámide.	A) Cubo.	B) Prisma.	C) Esfera.
P_11	A) Caras, vértices y aristas.	B) Lados, esquinas y diagonales.	C) Ángulos, radios y diámetros.	D) Superficies, puntos y segmentos.
P_12	C) Prisma.	A) Esfera.	B) Cubo.	D) Pirámide.
P_13	D) Una sola base.	A) Base circular.	B) Tres bases diferentes.	C) Dos bases iguales.
P_14	C) Volumen.	A) Área.	B) Peso.	D) Longitud.
P_15	D) Los puntos donde se unen tres o más caras.	A) Los segmentos que unen los vértices.	B) Las caras del poliedro.	C) Los lados de las caras.

La Tabla 3 corresponde al porcentaje de respuesta de cada una de las cuatro respuestas posibles y además contemplando el porcentaje de respuestas no intentadas. En el cuestionario han participado en total 25 parejas, combinando las 13 de 6° B y las 12 de 6° E. A grandes rasgos se observa un porcentaje de aciertos bastante variable por pregunta, especialmente a partir de la P_06 donde empieza a descender de manera considerable hasta la P_09 donde as-

ciende hasta el 20%. Igualmente, como se puede ver en la Tabla 3 y la Figura 8, el porcentaje de parejas que no ha intentado responder a las preguntas aumenta gradualmente desde el comienzo hasta el final llegando a alcanzar el 76 %, esto se debe al tiempo empleado por pregunta. A cada grupo se les propuso un tiempo de entre 5 y 7 minutos para completar el cuestionario. Algunas parejas tuvieron dificultades técnicas con los dispositivos a la hora de visualizar el vídeo adjunto perdiendo tiempo en el proceso de resolución. Otros grupos presentaban dificultades organizativas en las parejas generando conflictos que incidían igualmente en el tiempo y en el acierto de la respuesta. Otro factor determinante, ha sido los momentos en los que se han llevado a cabo la intervención. La clase de 6ºE tuvo la práctica a primera hora de la mañana y obteniendo un 48% de precisión de respuestas; mientras que la clase de 6ºB tuvo la sesión a la cuarta hora de la mañana, hora previa al comienzo del recreo de mediodía, obteniendo una precisión del 27%.

Tabla 3: Porcentajes de respuesta de cada respuesta por pregunta del Quizziz

ID	%_Respuesta Correcta	%_Respuesta Incorrecta 1	%_Respuesta Incorrecta 2	%_Respuesta Incorrecta 3	%_NO Intentado
P_01	76%	0%	8%	8%	8%
P_02	88%	0%	0%	4%	8%
P_03	36%	40%	8%	8%	8%
P_04	64%	0%	4%	20%	12%
P_05	52%	8%	8%	12%	20%
P_06	64%	0%	0%	8%	28%
P_07	36%	0%	16%	0%	48%
P_08	12%	16%	16%	0%	56%
P_09	4%	4%	4%	28%	60%
P_10	24%	4%	0%	4%	68%
P_11	24%	0%	8%	0%	68%
P_12	16%	0%	12%	0%	72%
P_13	20%	0%	0%	20%	76%
P_14	20%	0%	4%	0%	76%
P_15	20%	0%	0%	4%	76%

Como se observa en la Tabla 3, las preguntas de conocimiento general (P_01, P_07 y P_14) no han tenido resultados favorables salvo la primera. Esto puede deberse a las dificultades encontradas para visualizar el vídeo adjunto

y en las últimas cuestiones por la falta de tiempo. Sin embargo, en las cuestiones de definición, al haberse trabajado en cursos anteriores, han obtenido los mejores resultados salvo en las cuestiones finales que el porcentaje de no intentos era superior al 60%.

La P_03 planteaba un repaso del curso anterior y se encuentra disparidad de respuestas. Se observa que el alumnado ha dudado al responder entre la opción A y D, ya que el grado de selección de ambas opciones es muy semejante. En este caso, tras una revisión con el alumnado, se ha decidido anular la pregunta, ya que confundieron el concepto de arista con el de diagonal de un poliedro.

En la P_07, la formulación de la pregunta era algo compleja de entender dado el contexto en el que se encontraba y esto se manifiesta en el resultado obtenido ya que el 48% de las parejas han optado por no contestar a la pregunta. Esto ocurre igualmente, cuando se repite la misma cuestión en la P_14 obteniendo un 76% de no intentos.

En las cuestiones de carácter competencial, identificando el tipo de poliedro asociado a un elemento del mundo real, más de la mitad del alumnado ha optado por no responder a esta pregunta a pesar de su sencillez. Esto puede deberse a dos factores: bien por el desconocimiento del contenido; o bien por la falta de tiempo para cumplimentar el cuestionario. En el caso de las cuestiones P_09 y P_12, se observa que el alumnado duda al responder entre prisma y cubo. Ambas respuestas, entendiendo la definición de cuadrilátero como un polígono de cuatro lados, serían correctas. Sin embargo, al no especificar el polígono, la respuesta más acertada sería el prisma. De este modo, se observa que se ha obtenido un 4% en la P_09 y aumenta levemente al 12% en la P_12.

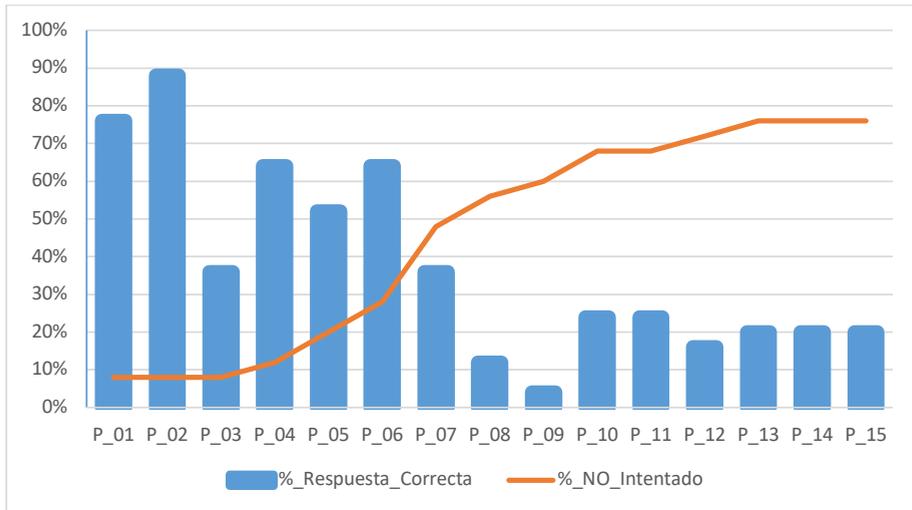


Figura 7: Gráfico comparativo entre el %_Respuesta_Correcta y el %_NO_Intentado.

A la vista de los resultados diagnósticos, tras finalizar el cuestionario, se fue realizando adaptaciones de las tareas para atender a las necesidades del alumnado. A medida que se les presentaba las tareas a realizar, se iba mostrando en tiempo real cómo se construía con la aplicación paso a paso para que luego pudieran investigar y jugar con las figuras cambiando la posición de los puntos o generando unas propias combinando otras formas como se puede ver en la Figura 8.



Figura 8: Imagen de un alumno redimensionando un prisma triangular con la opción 3D de la aplicación de GeoGebra Calculadora 3D.

A pesar de no haberse podido realizar la última actividad por falta de tiempo, al final de la intervención de los 50 estudiantes, se tomó una muestra aleatoria de 33 alumnos entre las dos clases que valoró positivamente en la encuesta la actividad como se puede ver en la Tabla 4 con una media de 7,76 sobre 10 puntos. En la encuesta, se le pedía al estudiante que respondiera a las cuestiones planteadas valorando en una escala del 1 al 10, siendo 1 la peor valoración y 10 la mejor.

Tabla 4: Resultados de la encuesta de satisfacción del alumnado.
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta	Media	Desviación típica
¿Te ha gustado la actividad que has hecho hoy en clase?	7,76	1,66
¿Te ha parecido que la actividad era muy fácil o muy difícil de realizar?	6,39	1,77
¿Crees que al trabajar en equipo la actividad ha sido más sencilla?	7,45	2,97
¿Crees que la actividad te ha ayudado a entender los poliedros utilizando la Realidad Aumentada?	8,00	1,48

Como se puede ver en la Tabla 4, las preguntas eran sencillas y simplemente debían responder dan una nota del 1 al 10, siendo el 10 la nota más alta y el 1 la nota más baja. Además, al final del cuestionario se dejó un espacio para que el alumnado aportase su opinión o propuestas de mejora. A continuación, se detallarán los resultados de cada pregunta.

En la primera cuestión, se pedía que valorara las actividades realizadas del 1 al 10, siendo 1 que no le había gustado nada y el 10 que le había gustado muchísimo. Los resultados que obtuvimos fueron positivos, con una media de 7,76 de 10. La frecuencia de las puntuaciones se presenta en la Figura 9.

¿Te ha gustado la actividad que has hecho hoy en clase?

33 respuestas

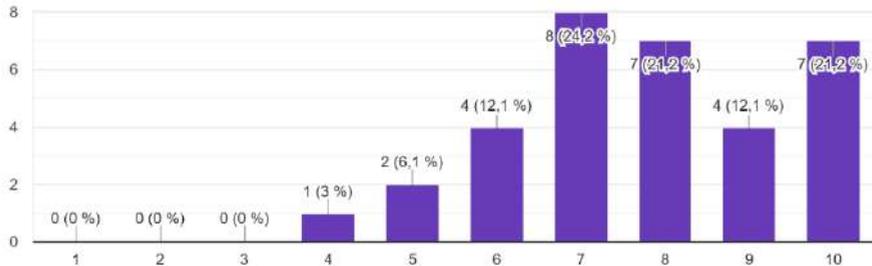


Figura 9: Pregunta 1 de la encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

En la segunda pregunta, se le pidió que valorase el nivel de dificultad de las tareas siendo el 10 muy fácil y el 1 muy difícil. La media obtenida fue de 6,39 sobre 10 (la frecuencia de las puntuaciones se presenta en la Figura 10), lo que muestra que las actividades estaban balanceadas con tendencia a difíciles. Esto puede deberse a la falta de conocimiento previo de la materia trabaja, es probable que varíen los resultados en próximas intervenciones.

¿Te ha parecido que la actividad era muy fácil o muy difícil de realizar?

33 respuestas

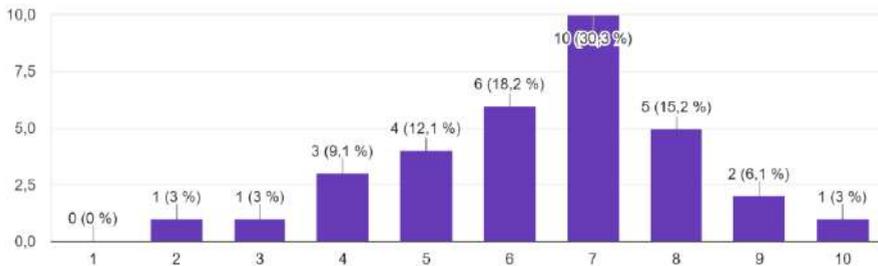


Figura 10: Pregunta 2 encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

En la tercera pregunta, se le preguntó que valorara si les resultó más sencilla la actividad realizándola con en parejas. Se obtuvo una media de 7,45 sobre 10. La frecuencia de puntuaciones se presenta en la Figura 11, donde se observa que existe una desviación bastante amplia en las respuestas pudiendo deberse a que tan solo se empleó un dispositivo por pareja.

¿Crees que al trabajar en equipo la actividad ha sido más sencilla?

33 respuestas

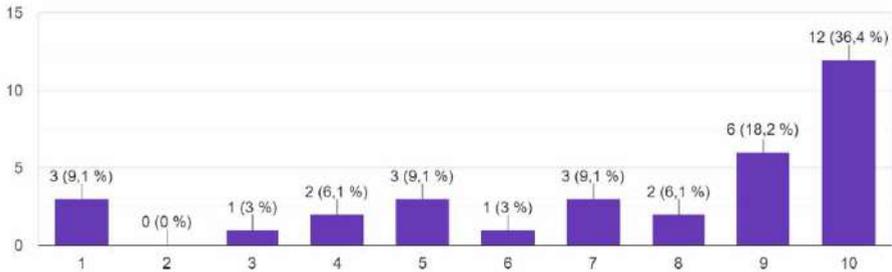


Figura 11: Pregunta 3 encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

En la cuarta pregunta, se les pedía que valorasen si les había ayudado la RA a entender los poliedros. La frecuencia de las puntuaciones se muestra en la Figura 12, mientras que la media obtenida fue de 8,00, por lo que se puede inferir que las actividades han cumplido el objetivo inicial de aprender e identificar los sólidos geométricos 3D.

¿Crees que la actividad te ha ayudado a entender los poliedros utilizando la Realidad Aumentada?

33 respuestas

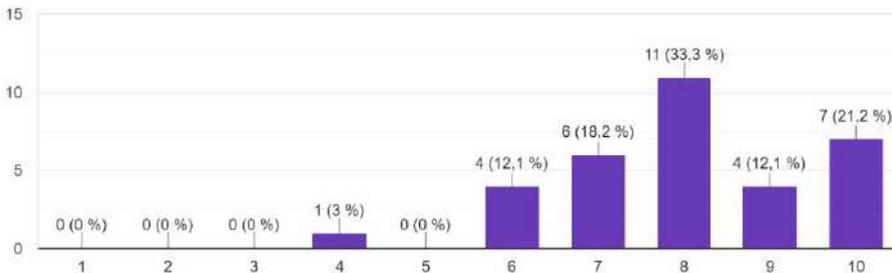


Figura 12: Pregunta 4 encuesta de satisfacción-Fuente Google Forms.

La última pregunta era de carácter opcional y el alumnado podía escribir sus impresiones o propuestas de mejora de las actividades. En rasgos generales, de los 19 comentarios tan solo 4 afirmaban que les pareció difícil, pero les había gustado bastante la actividad. Todos coinciden en que han aprendido bastante y les gustaría repetir la actividad en otro momento para trabajar en mayor profundidad.

En general, se puede concluir que los resultados obtenidos y los comentarios del alumnado son bastante favorables permitiéndonos reflexionar sobre la práctica realizada y mejorar para futuras experiencias.

5. Conclusiones y Líneas Futuras

A raíz del análisis de los resultados obtenidos se observa que la RA podría ser una herramienta que ayude a mejorar la motivación y la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje, en este caso de las matemáticas. Esta actividad de innovación educativa ha mostrado que el uso de la RA tiene un impacto considerable cambiando la metodología tradicional por una realidad más cercana a los intereses del alumnado. Prueba de ello, la calificación media de la actividad de 7,76 sobre 10 que valoró el alumnado al final de la experiencia.

Las actividades propuestas han conseguido captar la atención del alumnado motivándolo a superarse y enfrentarse a los diferentes desafíos. A medida que se iba avanzando en la intervención, el profesorado iba tomando un rol de acompañante o guía dejando que el alumnado construya su propio aprendizaje y comparta con sus iguales. Según Sampaio y Almeida (2018), la RA juega un papel esencial en la motivación, lo cual es clave para mantener la atención. Incrementando el interés de los estudiantes en el contenido, se resuelve en una mayor concentración y mejores logros académicos. Además, se ha observado que el nivel de concentración en la tarea usando la RA era mayor que cuando intentaban crear las figuras usando la versión tridimensional de la aplicación puesto que los movimientos tenían que ser más precisos para conseguir el objetivo.

De igual manera, se ha observado cómo el alumnado gestionaba la frustración ante los desafíos de diferentes maneras. Muchos de ellos, se apoyaban en sus parejas para conseguir el objetivo; otros se fijaban en lo que hacían los compañeros que lo habían conseguido imitándolos; y otros tantos intentaban buscar la seguridad en el adulto. Por tanto, el componente emocional jugaba un papel importante en el éxito del desafío. Según la revisión sistemática realizada por Riegel (2021), las emociones, especialmente la frustración, juegan un papel esencial en la resolución de problemas matemáticos. Aunque tradicionalmente se perciben como negativas, la frustración puede tener efectos positivos en contextos educativos. Las investigaciones sugieren que la frustración es una emoción común durante la resolución de problemas matemáticos y que su impacto es complejo, con resultados que pueden ser tanto beneficiosos como perjudiciales.

Por otro lado, se ha encontrado limitaciones en la práctica. Muchas de las aplicaciones de RA existente incluyen una membresía que permite acceder a contenido de mejor calidad y encontrar aplicaciones de carácter gratuito ha sido desafiante. Se estuvo contemplando la posibilidad de emplear *Merge Cube* y su aplicación educativa *Merge Explorer* para visualizar los diferentes poliedros y pudiesen resolver los problemas propuestos. Sin embargo, nos encontramos con la problemática de que la aplicación ocupa mucho espacio en el dispositivo que se vaya a instalar y muchas veces si el dispositivo no está actualizado puede generar bugs en la misma o sobrecargar la aplicación. Ciertamente, el uso de la aplicación de *GeoGebra* ha sido un acierto dado a su sencillez y fácil manejo tanto para el alumnado como para el profesorado que vaya a impartir la asignatura. Además, a medida que el alumnado va creciendo y aprendiendo más matemáticas puede emplear opciones avanzadas como trazar diagonales, dibujar otros planos, etc.

En general, se puede concluir que los resultados obtenidos han sido muy positivos. El trabajo realizado por alumnado ha sido satisfactorio y se vislumbra un gran interés por seguir aprendiendo y trabajando con la RA pues se ha visto que tiene beneficios en el estudiantado y muchos de ellos se han hecho visibles en la práctica. Sin lugar a dudas, el más notable ha sido el componente emocional y motivacional que mostraban al aprender los contenidos que para muchos eran desconocidos de una manera diferente y significativa.

En la Figura 12 y la Figura 13 se muestran dos momentos de la primera intervención. Como afirman Serrano-Durá et al. (2021), la introducción de metodologías gamificadas consigue mejores resultados en el alumnado que una metodología tradicional. Es por ello por lo que, se espera continuar en esta línea de investigación sobre la RA en las aulas y su aplicación a la didáctica de las matemáticas con el objetivo de ampliar su implementación en el primer ciclo de Educación Secundaria en el centro.

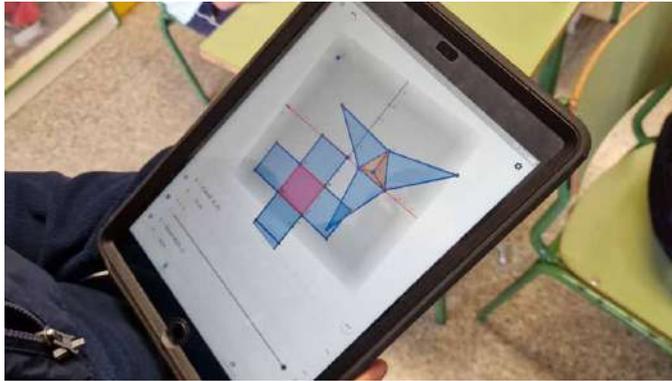


Figura 12: Intervención en el aula de 6° de Primaria.



Figura 13: Intervención en el aula de 6° de Primaria.

Bibliografía

ABDALLAH, M., PRABHAKARAN, B., CAI, W., & HSU, C.-H. 2023. «Recent Advances in Immersive Multimedia». IEEE MultiMedia, 30(2), 5-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/MMUL.2023.3280408>

Acerca de GeoGebra. (s. f.). GeoGebra. Disponible en: <https://www.geogebra.org/about>

- AKÇAYIR, M., & AKÇAYIR, G. 2017. «Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature». *Educational Research Review*, 20, 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- ÁLAMO, J., QUEVEDO, E., & MARQUÉS, J. P. 2019. «Integration of educational robotics with active didactic methodologies in primary school». En VI Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC, Las Palmas de Gran Canaria, 14 y 15 de noviembre de 2019, p. 129-135. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/jspui/handle/10553/58075>
- ASATRYAN, S., SVAJYAN, A., & ANTONYAN, S. 2023. «Augmented Reality in Education for Children with Special Needs». *Armenian Journal of Special Education*, 7(1), 56-62. Disponible en: <https://doi.org/10.24234/se.v6i1.304>
- BELTER, M., LUKOSCH, H., LINDEMAN, R. W., WU, Y., & STEINICKE, F. 2023. «Exploring Virtual Reality (VR) to Foster Attention in Math Practice – Comparing a VR to a Non-VR Game». En X. Fang (Ed.), *HCI in Games* (pp. 3-16). Springer Nature Switzerland. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35979-8_1
- BOTEV, J., & RODRÍGUEZ LERA, F. J. 2021. «Immersive Robotic Telepresence for Remote Educational Scenarios». *Sustainability*, 13(9). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su13094717>
- DZARDANOVA, E., KASAPAKIS, V., GAVALAS, D., & SYLAIIOU, S. 2022. «Virtual reality as a communication medium: A comparative study of forced compliance in virtual reality versus physical world». *Virtual Reality*, 26(2), 737-757. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00564-9>
- Gobierno de Canarias. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes. 2023. Currículo de matemáticas de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Canarias. Disponible en: <https://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/primaria/informacion/contenidos/curriculos/>
- GUHA, P., LAWSON, J., MINTY, I., KINROSS, J., & MARTIN, G. 2023. «Can mixed reality technologies teach surgical skills better than traditional methods? A prospective randomised feasibility study». *BMC Medical Education*, 23(1), 144. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04122-6>
- HANGGARA, Y., QOHAR, A., & SUKORIYANTO. 2024. «The Impact of Augmented Reality-Based Mathematics Learning Games on Students' Critical Thinking Skills». *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 18(7). Disponible en: <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i07.48067>

- HASCHER, T., & WABER, J. 2021. «Teacher well-being: A systematic review of the research literature from the year 2000–2019». *Educational Research Review*, 34, 100411. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100411>
- HINSKE, S., LANGHEINRICH, M., & LAMPE, M. 2008. «Towards guidelines for designing augmented toy environments». *Proceedings of the 7th ACM conference on Designing interactive systems*, 78-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/1394445.1394454>
- LIU, Z., WANG, D., GAO, H., LI, M., ZHOU, H., & ZHANG, C. 2023. «Metasurface-enabled augmented reality display: A review». *Advanced Photonics*, 5. Disponible en: <https://doi.org/10.1117/1.AP.5.3.034001>
- MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A., & KISHINO, F. 1994. «Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum». *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351. Disponible en: <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- PAHMI, S., PRIATNA, N., & JUNFITHRANA, A. P. 2023. «Exploring the Application of Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Literature Review». *2023 IEEE 9th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED)*, 1-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ICCED60214.2023.10425624>
- PIERI, L., SERINO, S., CIPRESSO, P., MANCUSO, V., RIVA, G., & PEDROLI, E. 2022. «The ObReco-360°: A new ecological tool to memory assessment using 360° immersive technology». *Virtual Reality*, 26(2), 639-648. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00526-1>
- RIDLOKA, M. D. Z., CAHYANI, V., AULIA, H. Z. B., & HIDAYAT, M. M. 2023. «Implementation of Virtual Reality in Simple Math Quizzes as Children's Learning Platform». *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 8(1), Article 1. Disponible en: <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v8i1.10>
- RIEGEL, K. 2021. «Frustration in mathematical problem-solving: A systematic review of research». *STEM Education*, 1(3), 157-169. Disponible en: <https://doi.org/10.3934/steme.2021012>
- SAMPAIO, D., & ALMEIDA, P. 2018. «Students' motivation, concentration and learning skills using Augmented Reality». *Fourth International Conference on Higher Education Advances*. Fourth International Conference on Higher Education Advances. Disponible en: <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/HEAD/HEAD18/paper/view/8249>
- SERRANO-DURÁ, J., GONZÁLEZ, A. C., RODRÍGUEZ-NEGRO, J., & GARCÍA, C. M. 2021. «Results of a postural education program, with a gamified intervention

vs traditional intervention». *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 7(2). Disponible en: <https://doi.org/10.17979/sportis.2021.7.2.7529>

SETYANINGSIH, D. A., AS-SALAMAH, S. F., SETIYANI, E. D., & FAKHRIYANA, D. 2024. «Augmented reality in influencing interest in learning mathematics: Systematic literature review». *Union: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 12(1). Disponible en: <https://doi.org/10.30738/union.v12i1.16536>