trilogía
Ciencia Tecnología Sociedad

Artículo de investigación

Un enfoque comparativo sobre herramientas de autor para la creación de contenido de realidad aumentada en la educación*

A Comparative Approach to Authoring Tools for Creating Augmented Reality Content in Education

Jairo Hernando Quintero Madroñero**
Jhoni Ricardo Cerón Chaves***
Jesús Francisco Narváez Díaz****
Duban Bladimir Ruales Ortega*****

CC BY NC SA OPEN ACCESS

* El presente estudio hace parte del proyecto de investigación *Diseño de escenarios educativos multimodales que atiendan la diversidad*, del grupo de investigación VirtuaLab, financiado desde la Facultad de Ingeniería del Instituto Tecnológico del Putumayo, Colombia.
** Instituto Tecnológico de Putumayo, Mocoa, Colombia, jairo.quintero@itp.edu.co
*** Instituto Tecnológico de Putumayo, Mocoa, Colombia, jceronch@itp.edu.co
**** Instituto Tecnológico de Putumayo, Mocoa, Colombia, jesusnarvaez2020@itp.edu.co
***** Instituto Tecnológico de Putumayo, Mocoa, Colombia, dubanruales2020@itp.edu.co

Recibido: 18 de diciembre de 2023
Aceptado: 01 de abril de 2024

Cómo referenciar / How to reference

Quintero Madroñero, J. H., Cerón Chaves, J. R., Narváez Díaz, J. F., y Ruales Ortega, D. B. (2024). Un enfoque comparativo sobre herramientas de autor para la creación de contenido de realidad aumentada en la educación. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, *16*(32), e2971. https://doi.org/10.22430/21457778.2971

Resumen: la creación y diseño de contenido con realidad aumentada en la educación sigue siendo un desafío para muchos profesores. Este artículo presenta un análisis de diversas herramientas de autor (HA) que posibilitan la creación de contenido de realidad aumentada (RA) sin la necesidad de tener conocimientos de programación. En la selección de las herramientas, se consideran algunos criterios como la licencia comercial, la plataforma de ejecución, la funcionalidad e interfaz amigable. El objetivo principal de este análisis fue identificar las HA vigentes en el mercado que cuenten con las características necesarias para construir escenarios de RA aplicados al ámbito educativo. El artículo abordó el proceso de selección de las HA a través de un análisis comparativo y descriptivo. El resultado de este análisis demostró que existen pocas herramientas disponibles en el mercado, pero existe una gran aceptación por parte de docentes y estudiantes de implementar las HA y la RA en los entornos educativos. Finalmente, se pone a prueba en entornos educativos reales, teniendo en cuenta su disponibilidad, demostrando que profesores con poca experiencia digital pueden implementarlo en sus clases, lo que ayuda a reducir la brecha en la producción de contenido con RA y, a su vez, a promover el uso de esta tecnología en el aula.

Palabras clave: herramientas de autor, innovación educativa, modelos 3D, realidad aumentada, tecnopedagogía.

Abstract: Creating augmented reality content in education remains a challenge for many teachers. This article presents an analysis of various authoring tools (ATs) that enable the creation of augmented reality (AR) content without the need for programming skills. The selection of the tools is based on several criteria, including commercial license, execution platform, functionality, and friendly interface. The main objective of this analysis is to identify the ATs currently available in the market that possess the necessary characteristics to construct AR scenarios tailored to the educational field. The article addresses the selection process of the ATs through a comparative and descriptive analysis. The results of this analysis demonstrate that there are few tools available in the market, yet there is a considerable acceptance among teachers and students to implement them in educational environments. Finally, the tools are tested in real educational contexts, taking into account their availability and usability by teachers with limited digital skills. Ultimately, this helps to bridge the gap in the production of AR content and, in turn, encourages the use of technology in the classroom.

Keywords: authoring tools, educational innovation, 3D models, augmented reality, techno-pedagogy.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es más frecuente la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Salazar Mesía et al., 2019). Así, para fomentar la interacción y el compromiso de los estudiantes con los temas tratados, se busca la implementación de nuevas estrategias y herramientas, entre ellas se destacan la integración de dispositivos móviles como celulares, *tablets* e iPad para apoyar la enseñanza en el aula. Este enfoque pedagógico, basado en el uso de las TIC, busca mejorar la calidad educativa y la formación de los estudiantes, adaptándose a las necesidades y demandas de la sociedad actual.

Según Salazar Mesía et al. (2019), se ha observado un aumento significativo en el uso de distintos dispositivos móviles por parte de los jóvenes, dando lugar a una creciente cantidad de estudios que exploran las posibilidades que ofrecen las técnicas de realidad aumentada (RA) para la visualización. Coherentemente, la RA se presenta como una herramienta innovadora y prometedora para mejorar el aprendizaje, lo que la convierte en un tema de interés para la investigación en el campo de la educación y la tecnología.

Así mismo, Salazar Mesía et al. (2019) documentan en su estudio que la RA se ha destacado como una tecnología avanzada, permitiendo integrar diversos tipos de contenido en entornos del mundo real de manera efectiva. Esto ha permitido un enfoque híbrido que combina tanto elementos visuales como virtuales, incentivando al aprendizaje de forma eficiente.

Del lado de los profesores, al usar tecnologías emergentes, existen algunas limitaciones al momento de comprender y enseñar a los estudiantes, las cuales obedecen a problemas de capacitación y manipulación de la información, entre otros (García Vélez et al., 2021). Para contribuir en la disminución de esa brecha, se han desarrollado las herramientas de autor (HA), que son elementos creados para servir de apoyo en la mejora del contenido en el ámbito de la enseñanza. Además, permiten la creación de escenarios personalizados según el tema de preferencia, lo que da lugar a un entorno completo que puede funcionar independientemente de la herramienta utilizada para su creación (Martínez Pérez et al., 2021).

Estas herramientas posibilitan la generación de diversos contenidos, con el propósito de mostrar nuevos entornos visuales mediante una variedad de escenas interconectadas entre sí para formar secuencias coherentes (Lovos y Sanz, 2019). Igualmente, permiten integrar archivos digitales de múltiples formatos multimedia y crear escenarios con RA. Estos aportes resultan valiosos en la creación de contenidos orientados a diferentes temas, teniendo en cuenta diversos contextos dependiendo de su área de aplicación.

En este estudio se presentan de manera sistemática diversas HA disponibles en el mercado, las cuales permiten la creación de un entorno acorde a las necesidades y con la posibilidad de integrar la RA. El objetivo es aplicar estos escenarios en el ámbito educativo para contribuir al desarrollo de propuestas innovadoras con RA implicadas en el mejoramiento del aprendizaje y fomentar una educación interactiva y aumentada.

Considerando que en la literatura se encuentra información sobre HA disponibles para RA capaces de recrear escenarios educativos, esta investigación buscó identificar HA que no hayan sido analizadas y que fueran propicias para el desarrollo del presente estudio. El objetivo es obtener mejores resultados de aprendizaje al ser evaluadas en entornos reales, de la retroalimentación de profesores y estudiantes involucrados.

Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan positivamente al desarrollo de estrategias efectivas dentro del aprendizaje en diferentes áreas de estudio. De igual modo, que los profesores encuentren herramientas favorables y acordes a su necesidad para crear actividades educativas de una forma comprensible e intuitiva.

ESTADO DEL ARTE

Los avances tecnológicos han sido objeto de interés para investigadores en el área educativa, quienes han explorado herramientas didácticas, buscando el mejoramiento del proceso de aprendizaje que garantice mejores resultados; de igual forma, estas tecnologías son aplicadas en diversas áreas del saber, «desde la medicina hasta la arqueología pasando por la educación, la construcción, el turismo y la publicidad» (Chicaiza Vinueza et al., 2022, p. 147).

En ese sentido, se ha observado que la visualización de objetos y conceptos a través de la RA puede fomentar el interés y la motivación de los estudiantes al ofrecer experiencias de aprendizaje dinámicas y participativas dentro de las universidades y escuelas de primaria y secundaria (Martínez Pérez et al., 2021).

Huang et al. (2019), en su estudio lograron demostrar que la implementación de la RA produce diversos beneficios educativos, aprovechando los espacios de aprendizaje. Esto evidencia que esta integración armoniosa aprovecha el desarrollo de tecnologías novedosas en la vida cotidiana para aplicarlos en pequeños proyectos o para la creación de un ambiente interactivo y fácil de usar. Familiarizar a los docentes sobre esta tecnología de RA eleva el potencial de enseñanza moderna, fortaleciendo el mejoramiento de los procesos de aprendizaje con una relación muy directa entre la actitud del profesorado hacia el desarrollo de buenas prácticas educativas (Marín-Marín et al., 2023).

Así mismo, Demitriadou et al. (2020) han argumentado acerca de una enseñanza donde se tenga en cuenta la modernización, implementando nuevas estrategias didácticas donde se comprometa el uso de las tecnologías, que, a su vez, mejoren las habilidades de los estudiantes de primaria y transformen de este modo las técnicas de enseñanza. Con estos aportes, la RA se ha convertido en una herramienta útil que facilita la realización de diversas tareas, abarcando un aspecto crucial en el proceso del aprendizaje interactivo (Geroimenko, 2020).

Por su parte, Lovos y Sanz (2019) manifiestan que es posible crear cualquier tipo de contenido con las diferentes HA, desde algunos muy sencillos, hasta la creación de escenarios más complejos e interactivos que facilitan la representación efectiva de la información.

De otro lado, algunas HA que están incorporando la funcionalidad de RA deben tener los objetos visuales en los proyectos bien estructurados y construidos. Esto es fundamental para que el usuario no pierda interés en lo que visualiza por medio de la herramienta (Huang et al., 2019).

En concordancia, otros autores, como Mota Macías (2020), discuten el alto nivel de complejidad para la selección de una HA que sea apropiada a las necesidades educativas y que, de tal manera, cumpla con los criterios de diseño instruccional, personalización, calidad, entre otros aspectos. Herramientas como AMIRE, HP Reveal, Mixare, DART, Layar, Aumentaty, ARCrowd, KARMA, Augment, Zapworks y ROAR pueden discernir, en parte, la dificultad, pero permiten que las personas, en general, puedan tener un desarrollo apropiado y la creación de escenarios.

En correspondencia con el argumento antes citado, Dengel et al. (2022) sostienen que, a pesar de que algunas HA presentan cierto grado de complejidad, estas varían según el nivel de documentación y la experiencia de interacción con la tecnología por parte de los docentes y estudiantes que las utilizan. La dificultad se ve reflejada, principalmente, a la hora de crear experiencias; no obstante, también se observa una mayor flexibilidad al impartir la enseñanza con los alumnos.

De igual forma, las pruebas realizadas por los investigadores Domínguez Alfaro et al. (2022) han dejado en evidencia el uso de las diferentes HA aplicadas en la educación en un entorno de pruebas de laboratorio, tanto la usabilidad y manejo de estas, considerada favorable para estudiantes de escuelas de secundaria y entornos educativos, así como en aprendices de química. El resultado obtenido revela una amplia conveniencia en la utilización de HA a la hora de enseñar. En ese sentido, los profesores pueden automatizar la creación de escenarios educativos, adaptarlos y personalizarlos, según las necesidades de enseñanza. Por último, pueden apropiarse de la herramienta y sus funcionalidades de manera única (Ez-zaouia et al., 2023).

De esta manera, Salazar Mesía et al. (2019) informan que las HA facilitan la enseñanza y el diseño educativo para educadores, diseñadores instruccionales, maestros y estudiantes, sin necesidad de poseer un conocimiento avanzado en apropiación digital. Esto se debe a que actualmente existe una amplia variedad de HA que permiten la creación de escenarios educativos, cumpliendo con los requerimientos de los docentes en las distintas áreas que imparten.

Por otro lado, Zweifach y Triola (2019) aplican el uso de RA dentro de su modelo de enseñanza en el campo de la medicina, obteniendo como resultado el desarrollo de mejores prácticas que permiten a los docentes tener mayor flexibilidad a la hora de impartir conocimiento en las aulas de clase. Se tiene presente que la enseñanza no es solo mostrar contenido explícito, sino realizar una variación en ellos para fortalecer el interés y la interacción de los estudiantes y educadores con el tema.

En otro estudio, Domínguez Alfaro et al. (2022) justifican que la interacción con los objetos de RA permite evidenciar las acciones naturales como: agarrar, leer, verter, observar,

mezclar, etc., realizadas en entornos reales; del mismo modo, pueden adaptarse fácilmente a los entornos de aprendizaje interactivos, aprovechando sistemas multimedia, soporte, estrategias de enseñanza, diseño de entornos y aplicaciones en temáticas (López-Belmonte et al., 2023) con ayuda de las HA, alcanzando una mayor participación durante la experiencia de aprendizaje.

Complementariamente, el estudio de Salazar Mesía et al. (2019) presenta la facilidad con la que los estudiantes adquieren el conocimiento e información en las aulas de clase a la hora de estar en interacción con nuevas formas o estrategias de enseñanza. En consecuencia, los estudiantes deben aprovechar la tecnología para aprender de forma positiva, ser activos y expresivos al momento de hacer saber a su profesor si están experimentando alguna barrera a los contenidos educativos, incluidas las barreras por otros estudiantes, de esta forma se consigue una retroalimentación para prevenir los problemas con las HA (Baldiris et al., 2023). Para ese propósito, las HA se pueden convertir en una alternativa exitosa para que los profesores elaboren escenarios educativos con nuevas tecnologías.

METODOLOGÍA

El desarrollo de la presente investigación se ha apoyado en el estudio realizado por Violini y Sanz (2016), quienes compararon algunas HA para la creación de objetos de aprendizaje, aplicando diferentes criterios de búsqueda, de análisis y un proceso de selección de las HA, los cuales abarcan información fundamental para el desarrollo de la investigación. De forma sistemática, se desarrolló este proceso metodológico, los cuales fueron abordados de la siguiente manera:

Para la recopilación de datos en las pruebas en entornos educativos, se ha apoyado en el método de observación participante, que implica la inmersión activa del investigador en la vida del grupo bajo estudio (Sánchez et al., 2021). Se implementó este método porque permite a los observadores participar directamente en el escenario, comprender y desenvolverse en armonía con los sujetos de estudio, posibilitando una intervención directa que contribuye a una comprensión más profunda de la experiencia.

Paralelamente, se realizaron prácticas con un registro detallado de asesorías y evidencias de los avances con los docentes, así como con los estudiantes, ya fuera en conjunto o individuales, tomando notas, lo que permitió visualizar todo el proceso de desarrollo e implementación de los escenarios educativos. Estos registros aportan a los investigadores en cuanto a la forma de reconocer los progresos en cada sesión, teniendo en cuenta las opiniones y estrategias de enseñanza aplicadas.

Posteriormente, se llevaron a cabo asesorías individuales con cada uno de los participantes (profesores y estudiantes) con el fin de resolver las dudas y las inquietudes planteadas.

Criterios de selección para HA

Se ha considerado el uso de algunos criterios para limitar la selección de las HA que permiten la creación de escenarios, teniendo en cuenta aspectos fundamentales y necesarios para esta finalidad. Estos criterios han sido previamente propuestos por Salazar Mesía et al. (2019) y Lovos y Sanz (2019).

A continuación, se presentan los diversos criterios resaltados por los autores:

- Completamente funcionales.
- Disponibilidad para plataformas (Windows o Android).
- No exige conocimientos de programación.
- Documentación disponible.
- Soporte de plantillas prediseñadas.

Criterios de análisis

Los criterios de análisis establecidos en esta investigación pretenden guiar a los docentes al momento de crear escenarios educativos con las HA, debido a que reflejan importantes características de cada herramienta. Los criterios de análisis descritos a continuación fueron propuestos por Lovos y Sanz (2019):

- Funcionalidad de edición.
- Funcionalidad de la aplicación de visualización e interacción.
- Información aumentada soportada.
- Plantillas.
- Licencia.
- Plataformas compatibles con el uso e incorporación de RA.
- Documentación de las HA.

Proceso de selección

Para comprender mejor este proceso, se manejaron dos fases. En la primera, se planteó hacer una revisión del estado del arte en relación con las diversas HA disponibles en la actualidad. Para ello, se realizó una búsqueda bibliográfica de HA en bases de datos académicas exclusivas como Google Scholar, Scopus, SpringerLink y Scielo que incorporan RA para el campo educativo.

El resultado de la búsqueda proporcionó una lista de HA, teniendo en cuenta los criterios de consideración anteriormente mencionados, dando paso a la primera selección de dieciocho resultados: Action Bowl, ROAR, Augment, Metavers, Merge, Zappar, Zapworks, Layar, FlipBuilder, Aumentaty Author, AR-media, Blippar, QuiverVision, Goosechase, Arloon, Animales 3D de Google, Zookazam y Actionbound.

La segunda fase consistió en recopilar información de las HA seleccionadas en la fase anterior, buscando detectar posibles deficiencias que limitan la creación de escenarios educativos. Para ello se efectuó una revisión y verificación de sus características principales, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y se probó el funcionamiento de estas haciendo uso de diferentes elementos visuales como: audios, videos, texto, imágenes y animaciones. Estos escenarios deben contar con modelos 3D, visualizaciones atractivas y una interfaz fácil de manejar por docentes y estudiantes (Lovos y Sanz, 2019), adaptándose a las necesidades de los usuarios a la hora de crear ambientes educativos basados en entornos reales.

Adicionalmente, son necesarios unos requisitos mínimos de *software* como SketchUp, plataformas *online*, aplicaciones móviles y *hardware* como dispositivos móviles con cámara o computadoras portátiles (Romano, 2021). Estos garantizan la compatibilidad y la optimización del rendimiento de las HA, asegurando la calidad del aprendizaje y el ahorro de costos. Lo anterior está ligado a una muy buena experiencia, creación y visualización, contribuyendo a la selección de las HA útiles y apropiadas para desarrollar escenarios aplicables a entornos educativos.

De las pruebas realizadas, surgieron algunos inconvenientes:

1) Algunas HA no eran interactivas para crear entornos educativos debido a que tienen configuraciones complejas, lo que dificulta el manejo para un usuario inexperto.
2) Otras HA no se encuentran activas en su totalidad y carecen de soporte por parte de los desarrolladores para el año en que se realiza el estudio (2023).
3) Presentan fallas de compatibilidad a la hora de exportar modelos.
4) Tienen problemas de optimización cuando se utilizan con internet, lo que perjudica el desarrollo de proyectos educativos.

Como resultado de las fases anteriores, surge la lista final de un total de cuatro HA: AR-media, Metaverse Studio, Zapworks y MetAClass, las cuales se tienen en cuenta para el análisis comparativo.

AR-media

Descripción general

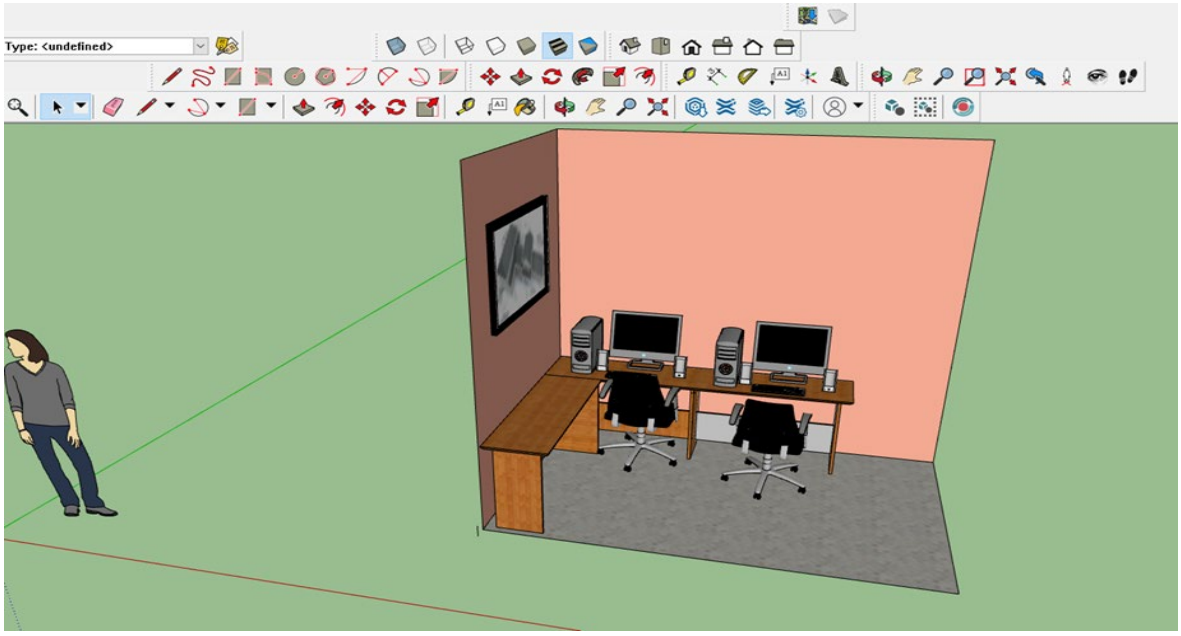
Esta herramienta brinda información legible en su sitio oficial[1], manifestando la aplicación de modelos 3D desde otros complementos utilizados para diseño, lo que facilita la implementación de estos modelos y evita problemas de compatibilidad. Además, permite la creación de experiencias de RA sin necesidad de codificación, posibilitando a los usuarios una mejor interacción con esta tecnología emergente. Por otro lado, enriquece los proyectos creados al hacerlos más atractivos, buscando despertar el interés de quienes hacen uso de ella.

[1] Para más información consultar: https://www.inglobetechnologies.com/ar-media.

Funcionalidad de edición

La herramienta debe contar con dos complementos (explorador de Trimble SketchUp y Autodesk 3ds Max) para la edición de sus modelos 3D, cumple, además, con funcionalidades sencillas adaptadas para todo tipo de usuarios, desde principiante hasta avanzado. Permite diseñar y exportar modelos (ver Figura 1), favoreciendo la compatibilidad de estos con la herramienta; no obstante, tiene limitaciones: permite desarrollar máximo diez proyectos gratuitos y continuar con la versión de pago.

Figura 1. Diseño de creación de escenario interactivo



Fuente: elaboración propia.

Funcionalidad de la aplicación de visualización e interacción

Para poder visualizar los escenarios, se necesita otra herramienta llamada SketchUp, donde se crean y se exportan los modelos 3D para luego agregarse a la HA de AR-media, asegurando la compatibilidad con esta. Estos modelos permiten la interacción mediante el uso de gestos y botones, brindando así una experiencia mejorada para los usuarios.

Información aumentada soportada

Es posible, de forma autónoma, incorporar archivos multimedia como: modelos 3D, fotos, 360°, videos, audios o animaciones, a su vez permite la integración de texto, agregar pequeñas descripciones, las cuales ayudan a reforzar la información en cada escena; estos textos pueden editarse editar agregándoles color, cambiando de tamaño, incluyéndoles negrita, cursiva, etc., adaptándose a diferentes usos y permitiendo la flexibilidad en varios campos de aplicación. Posee un apartado de soporte en su plataforma web, bien sea de forma textual o tutoriales, con la finalidad de comprender las diferentes configuraciones y usabilidades.

Plantillas

Permite la exploración de algunos proyectos de prueba en su plataforma para mostrar la escalabilidad de la herramienta, demostrando, de igual forma, con pocos pasos, crear grandes escenarios educativos por medio de RA.

Licencia de distribución

En su plataforma oficial, por la sección de planes y precios, ofrece servicios gratuitos como el €0, aparte del básico y el pro. Además, tiene planes para compañías. Cabe destacar que se manejan características diferentes en función de cada uno de sus planes.

Plataformas

Funciona en plataformas Android para visualizar los escenarios creados, aunque varía su funcionamiento debido a que el consumo de recursos es bastante elevado y su nivel de compatibilidad solo es posible para equipos de altas prestaciones de *hardware*.

Documentación

Es posible encontrar la información de esta herramienta en su sitio web: https://www.inglobetechnologies.com/ar-media/, en el apartado de soporte, donde se brinda una guía completa dividida por subtemas de manera textual, por medio de imágenes y videotutoriales, según la preferencia del usuario.

Metaverse Studio

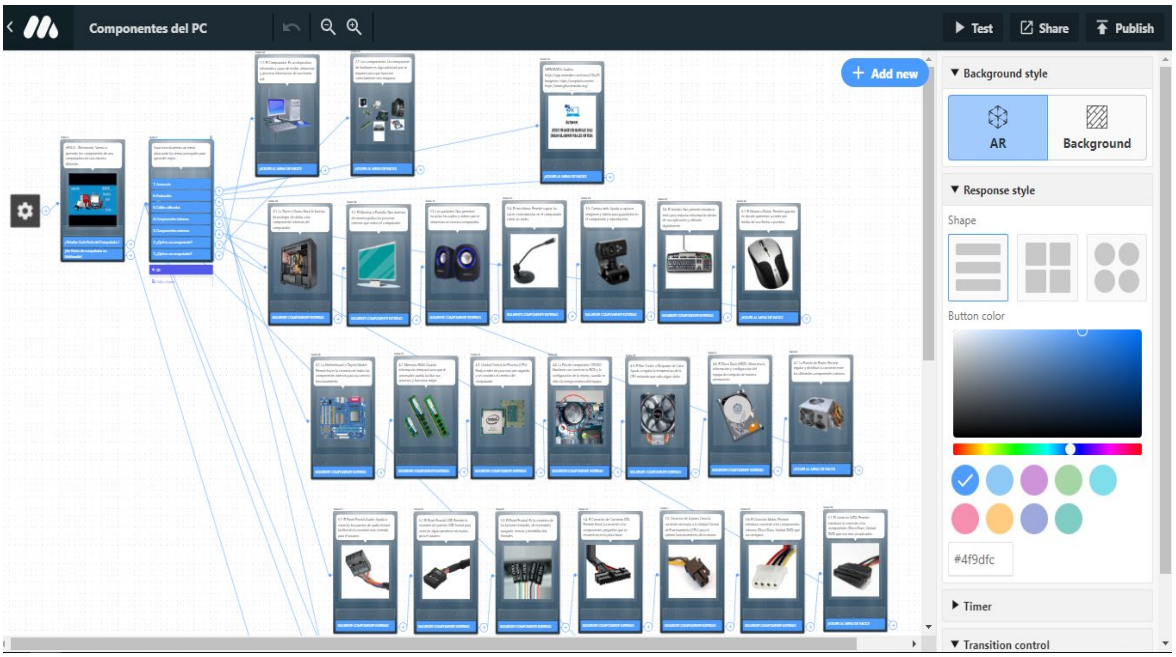
Descripción general

En su plataforma https://studio.gometa.io/landing se muestra cómo esta tecnología puede ser utilizada para la educación de docentes y estudiantes, así como para cualquier usuario interesado en expresar conocimiento y creatividad. Esta plataforma promueve un estilo de vida digital enriquecido y apoya diversas organizaciones y entornos.

Funcionalidad de edición

Cuenta con un entorno *online*, iniciando sesión en su sitio web, donde existe un espacio de trabajo que cuenta con un panel de herramientas en el lado derecho y vista previa de las escenas (ver Figura 2). Al agregar escenas, ofrece tipos según la usabilidad (para texto, imágenes, videos, etc.). Para publicar, se dirige al botón azul con su mismo nombre, se asigna un nombre y descripción, finalmente muestra un código QR para redirigir al escenario creado. Desde su aplicación móvil, independiente de iniciar sesión, se debe escanear el código QR para acceder y visualizar el escenario creado. También permite la aplicación de botones, modelos, formas, multimedia y texto con el fin de apoyar al usuario y brindar información.

Figura 2. Creación de escenario didáctico con Metaverse Studio



Fuente: elaboración propia.

Funcionalidad de la aplicación de visualización e interacción

Para experimentar la funcionalidad de la aplicación es necesario guardar en el entorno de desarrollo un código QR generado, el cual puede ser impreso o proyectado. En el dispositivo móvil, debe estar instalada la aplicación Metaverse. Una vez dentro de la aplicación, se puede buscar el escenario creado o utilizar el escáner QR apuntando al código generado en línea, lo que permitirá visualizar el escenario desarrollado.

Información aumentada soportada

Permite agregar imágenes, modelos 2D, 3D, audios y enlaces a modo de hipervínculo. Estos elementos se pueden tomar desde la biblioteca principal de la herramienta o subirlos directamente desde la computadora que se esté usando, permitiendo trabajar con RA.

Plantillas

El sitio oficial no cuenta con plantillas de experiencias ya desarrolladas, pero proporciona una guía de experiencias donde explican paso a paso la creación de algunos escenarios específicos.

Licencia de distribución

Los servicios que presta y la licencia son gratuitos; sin embargo, esta herramienta ofrece una variedad de opciones completas y necesarias para diseñar escenarios educativos aumentados.

Plataformas

Funciona en plataforma web (*online*) y dispositivos Android.

Documentación

En su propio sitio web (https://studio.gometa.io/learn), en la pestaña «Aprender» se puede encontrar un amplio menú de soporte, desde lo básico hasta avanzado. Esto se expresa de manera textual, mediante imágenes y videotutoriales explicativos en la pestaña de «Tutoriales», haciendo referencia a distintas formas de utilizar las funciones de una o varias escenas e incluyendo también formas de aprovechar las características específicas.

Zapworks

Descripción general

Esta herramienta es ideal para trabajar con realidad aumentada. A través de su entorno visual se pueden arrastrar y construir los escenarios que se desean crear y, posteriormente, lanzarlos en la aplicación. Cuenta con bibliotecas de visión por sistemas de computación y permite la creación de escenarios en 2D y 3D. Su funcionamiento está entrelazado con una conexión a internet estable, ya que permite publicar y probar en tiempo real lo que se está creando y almacenar todo lo anterior para prevenir pérdidas de avances.

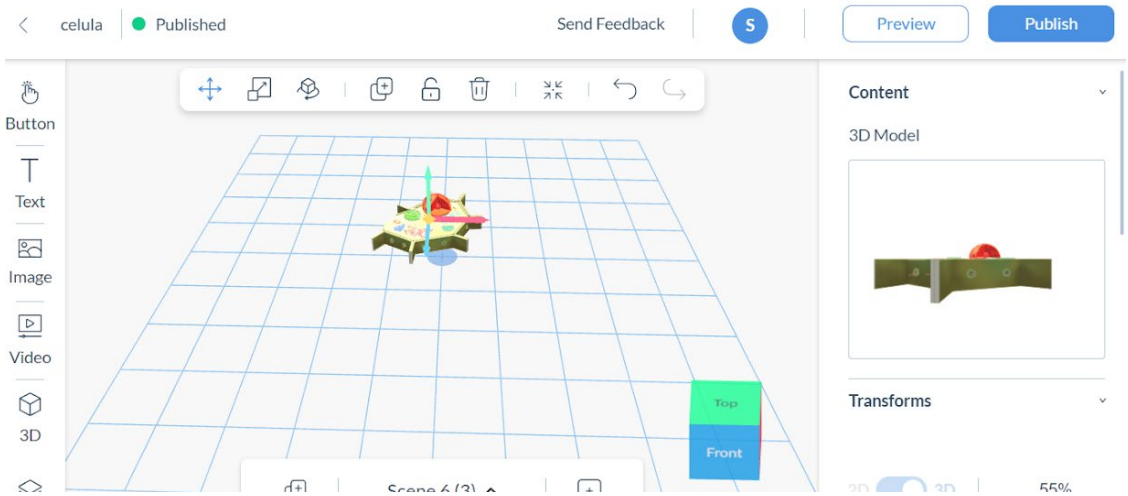
Tiene tres tipos de creaciones: los *widgets*, diseñados para aquellos que no tienen conocimientos en programación; *designer*, orientado a usuarios con conocimientos avanzados; y *studio*, destinado a aquellos que tienen conocimientos en código o programación.

Funcionalidad de edición

Para utilizar Zapworks es necesario crear una cuenta a través del sitio web https://zap.works/. Una vez creada la cuenta, se abrirá la ventana de usuario donde se encuentran los proyectos creados y la opción de «Crear proyectos nuevos». Al generar nuevos escenarios, se puede escoger en qué tipo de creación se quiere trabajar, en este caso, se elige la opción «Designer», la cual cuenta con una forma sencilla de creación de escenarios. Así mismo, se seleccionará la forma de presentar los proyectos desarrollados al usuario final. Esto se puede hacer con código QR, ya que en la actualidad la mayoría de los dispositivos móviles cuentan con la capacidad de escanear códigos QR. Posteriormente, se agrega un nombre al proyecto y se procede a abrir el editor de escenarios. Esto se realiza seleccionando la opción «Open Designer». Para la creación de modelos 3D, se utiliza una opción llamada «World Tracking» que permite la adaptación 3D.

Para incluir un modelo al proyecto está la opción 3D, que permite añadir modelos que la plataforma brinda, y que tengan exclusivamente .glb como extensión. Después se arrastra la figura del modelo añadido a la plantilla para su visualización (ver Figura 3). Una vez anexada al plano del escenario, se selecciona el modelo para observar las especificaciones que este tiene, como nombre, tamaño, ubicación, rotación, acción, transformación, entre otras. Cuenta con opciones en la parte superior que permiten agrandar o rotar la figura según el gusto. Otra característica es que se pueden agregar muchos otros modelos en el mismo plano.

Figura 3. Creación de escenarios con Zapworks



Fuente: elaboración propia.

Funcionalidad de la aplicación de visualización e interacción

Para visualizar el escenario construido es necesario escanear el código QR, ya sea con la aplicación de escáner nativa del dispositivo móvil o descargando Zappar desde la tienda de Android. Al escanear el código QR, se genera un enlace que debe copiarse y pegarse en el navegador del dispositivo. Luego, se despliega una pantalla de inicio donde se puede iniciar la visualización del escenario. Esto se logra al realizar el escaneo desde el dispositivo móvil.

Por otro lado, al escanear desde la aplicación, se despliega de forma inmediata el escenario creado. Las acciones para realizar dicho procedimiento son las siguientes: hacer *zoom* y rotar el modelo 3D en cualquier dirección.

Información aumentada soportada

Zapworks permite integrar imágenes, videos, objetos 3D y 2D, así como audios y enlaces a sitios web. Dentro de estas integraciones, también se pueden agregar botones que permiten moverse a través del escenario, ya sea para pasar de una escena a otra o para pausar y reanudar un audio. Con estos botones se llevan a cabo actividades educativas en las que se plantea un recorrido por diferentes escenarios.

Plantillas

No cuenta con plantillas predefinidas para la generación de contenido; sin embargo, mediante los botones, permite realizar una serie de personalizaciones a los escenarios.

Licencia de distribución

La licencia comercial gratuita permite la creación de escenarios completos para actividades educativas. Además, cuenta con un plan de pago que consta de dos licencias para docentes y quince para estudiantes. Los docentes tienen acceso a todo el conjunto de herramientas para crear escenarios y pueden ver los proyectos de los estudiantes. Los estudiantes, de igual

forma, tienen acceso al conjunto de herramientas para crear escenarios, pero solo pueden visualizar sus propios proyectos.

Plataformas

Cuenta con una plataforma web y una aplicación que funciona, tanto para Android, como iOS.

Documentación

Posee una documentación y videos tutoriales a través del siguiente enlace: https://docs.zap.works/designer/getting-started/. Aunque se presenta solo en idioma inglés, el uso de una extensión de traducción *online* permite su lectura en español y otros idiomas.

MetAClass

Descripción general

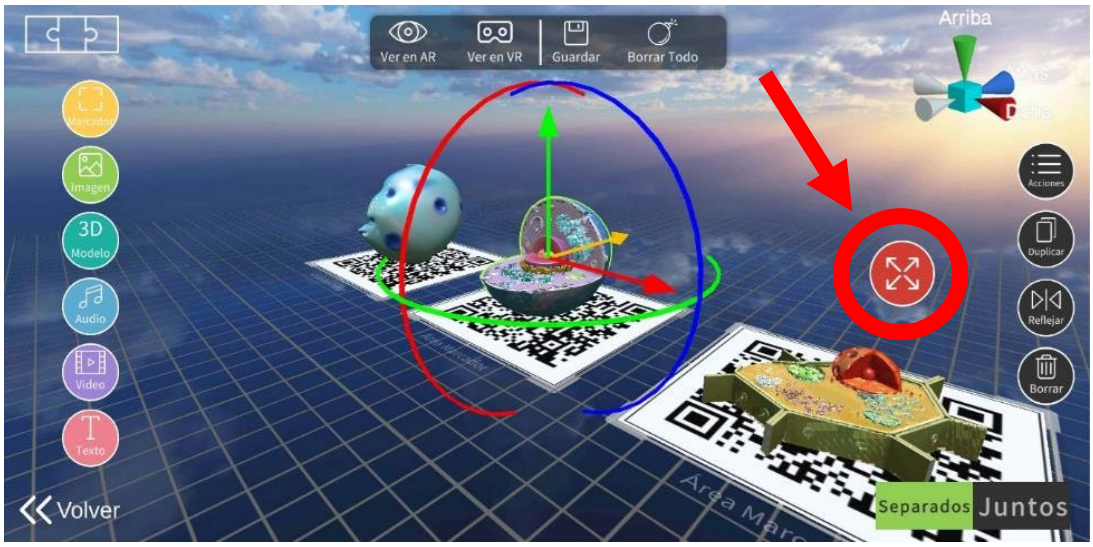
La herramienta MetAClass es funcional, tanto en computadoras, como a través de dispositivos móviles para crear proyectos de RA de forma rápida. Así mismo, permite interactuar con los escenarios y marcadores que se crean, y no solo con los que están por defecto.

Funcionalidad de edición

Para iniciar con MetAClass es necesario descargar la aplicación que se obtiene en el sitio web oficial (http://www.augmentedclass.com/), ya sea para la computadora o para móvil Android. Antes de crear un proyecto, se recomienda tener los materiales a la mano, como imágenes, videos, audios y objetos 3D para el escenario creado. Una vez instalada la aplicación, se abrirá una ventana donde se encuentran todos los proyectos a trabajar. Una de las opciones es la de galería, la cual permite importar los archivos que se usarán en el proyecto. En la opción de «Cargar archivos», se abrirá otra ventana que permitirá importar de uno en uno aquellos que sean necesarios para el escenario y, posteriormente, se debe repetir el proceso de carga para cada archivo. Después de realizar este proceso, se procede a crear el escenario. Para ese propósito, hay otra opción llamada «Inventor», la cual tendrá otras herramientas.

El siguiente paso es crear el visor, el cual permite armar una base o un marcador en el que se visualizará el proyecto ya finalizado (ver Figura 4). Una de las ventajas al usar marcadores es la de integrar hasta cuatro en una misma escena, permitiendo visualizarlos todos a la vez. El proceso para cargar cada uno de los objetos 3D en los marcadores es seleccionar la opción de «Cargar Marcador» y escoger el archivo. Asimismo, se puede asignar el tamaño de los objetos y su posición. De igual modo, se agregan los botones que servirán para cambiar de escenas y hacer interactivo el escenario. Luego de creado el proyecto, se pueden utilizar acciones para que el contenido aparezca o desaparezca después de cierto periodo de tiempo o cuando el usuario lo requiera.

Figura 4. Creación de escenario con MetAClass



Fuente: elaboración propia.

Funcionalidad de la aplicación de visualización e interacción

La forma en que MetAClass permite visualizar los proyectos creados es muy simple. Para ello, los estudiantes deberán tener instalada la misma aplicación. Esta vez, se selecciona la opción «Visor». Dentro de este apartado se encuentran algunos proyectos y la opción de «Importar». Después, se selecciona «Escanear»; posteriormente, se puede escanear el marcador; luego, se visualizará el proyecto con todos los objetos 3D y los botones que permiten interactuar con las escenas.

Información aumentada soportada

La información aumentada que soporta MetAClass consiste en: modelos 3D, imágenes en formato JPG y PNG, vectores; de la misma forma, acepta videos en formato MP4 y audios en formato MP3.

Plantillas

Cuenta con una serie de plantillas predefinidas. Aunque estas plantillas son demostrativas e ilustran proyectos ya terminados, es conveniente crear aquellas que se van a usar.

Licencia de distribución

La herramienta ofrece una prueba gratuita que se limita a la creación de un proyecto. De igual forma, dispone de una licencia de pago que otorga total libertad en la creación de proyectos. La licencia para móvil es muy accesible, con un costo que, para el año 2023, no supera los $5000 pesos colombianos.

Para ese mismo año, la licencia básica para computador es de 14,99€ y permite su uso a cinco usuarios por un año. Además, la herramienta cuenta con otras licencias, las cuales posibilitan la participación de más usuarios, presentando precios diferentes para cada una de ellas.

Plataformas

Las plataformas en las que está soportada la herramienta son: Android y Windows.

Documentación

El sitio web oficial, http://www.augmentedclass.com/tutorials.html, proporciona toda la documentación necesaria para el uso de la herramienta, desde la instalación hasta la creación de proyectos. También cuenta con una serie de tutoriales que ilustran de manera efectiva la utilización de la herramienta y la creación de proyectos.

Análisis comparativo

Se han tomado las HA anteriormente seleccionadas, orientado por los criterios de análisis establecidos y por cada uno de sus parámetros y descripciones explicadas hasta el momento (ver Tabla 1).

Tabla 1. Cuadro comparativo de parámetros de las HA

Parámetros	AR-media	MetAClass	Metaverse Studio	Zapworks
Prueba gratuita	Sí	Sí	Sí	Sí
Precios (planes no gratuitos)	Básico (€8) y pro (€25).	Básico (Móvil): 0,99€, Básico (Laptop): 14,99€, Pro: 2,99€.	Gratuito.	Pro (para estudiantes y docentes): 375€.
Funcionalidad de edición	Accesible de complejidad media.	Para móvil es de media complejidad, para PC es de baja complejidad.	Acceso completo, ágil y de baja complejidad.	La accesibilidad en la plataforma web es de baja complejidad.
Funciones de visualización e interacción de la aplicación	Se ejecuta bajo posibles falencias de lentitud y exigencia de recursos en los dispositivos.	La visualización e interacción es fluida e intuitiva, el renderizado de los escenarios es apropiado.	Con desempeño aceptable, buena perspectiva por parte del usuario.	El funcionamiento es fluido, sin errores en la interacción.
Formatos de archivos multimedia soportados	JPEG, JPG, PNG, GIF, MP3, MP4, WAV.	JPEG, PNG, MP3, MP4, ZIP.	OBJ, JPEG, PNG, GIF, MP3, MP4, WAV.	WAV, MPEG, OGG, M4A, MP3, MP4, JPEG, JPG, GIF, PNG.

Parámetros	AR-media	MetAClass	Metaverse Studio	Zapworks
Plantillas	No aplica	Sí aplica	No aplica	No aplica
Plataforma	Web *online* y Android	App de escritorio y Android	Web *online* y Android	Web *online* y android
Alcances	Al ser licencia de paga, la versión gratuita está limitada en el número de escenarios (10) disponibles para crear.	De corto alcance por la licencia gratuita que solo permite dos proyectos y tiene funciones limitadas.	A gran escala, su licencia gratuita permite trabajar haciendo uso completo de sus herramientas.	La licencia gratuita permite la construcción de escenarios sencillos hasta proyectos complejos sin restricciones.
Documentación	Sí	Sí	Sí	Sí
Complementos utilizados	Sí	No	No	No

Fuente: elaboración propia.

Muestra

El desarrollo práctico de los escenarios diseñados con las HA seleccionadas se llevó a cabo con cuatro docentes de las áreas de tecnología y ciencias naturales; así mismo, con cincuenta y ocho estudiantes de grado sexto (treinta y siete hombres y veintiuna mujeres) de la Institución Educativa Luis Carlos Galán, del municipio de Villagarzón, en el departamento del Putumayo del sur de Colombia. El promedio de edad de los estudiantes que participaron en la experiencia con RA fue de diez años.

Diseño de escenarios de prueba

Como ya se mencionó, el estudio interactúa con cuatro docentes, a quienes se les orienta en la creación de escenarios con base en diferentes temáticas con cada herramienta, con el objetivo de mejorar la comprensión de los contenidos a través de la práctica y planificación de actividades educativas, creando y editando con realidad aumentada (Salazar Mesía et al., 2019). En total, se planearon cuatro escenarios de dos temáticas educativas diferentes: dos escenarios sobre células y dos sobre computación. Las temáticas seleccionadas fueron propuestas por los profesores.

Dentro de este proceso, se mantuvo la asesoría por parte de los investigadores, quienes resolvieron inquietudes de los participantes en el diseño de los escenarios, según la necesidad de las áreas educativas, trabajaron de forma cooperativa con cada una de las herramientas, experimentando con todas las configuraciones y finalizando con la publicación satisfactoria de los escenarios en cada herramienta.

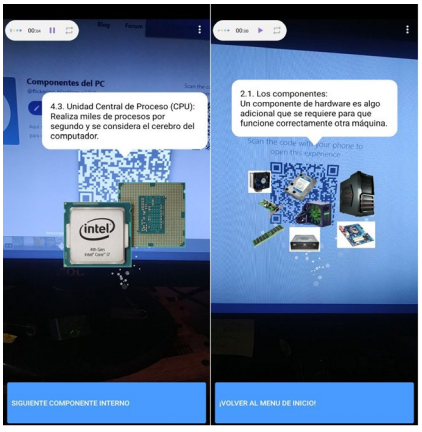
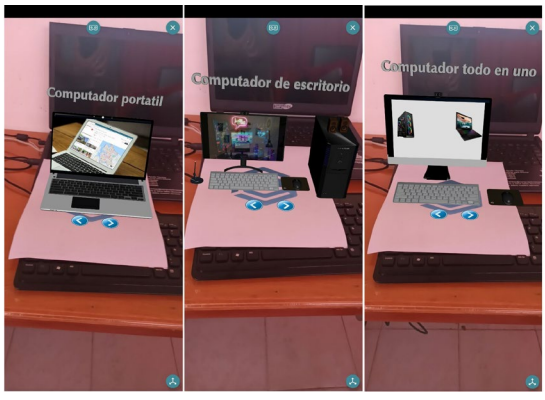
Con la herramienta AR-media, se aplicaron modelos 3D, ilustrando los diferentes tipos de computadoras, tales como el portátil, el computador de mesa y el *all in one*, o todo en uno, junto con sus respectivos periféricos. Cada escena se apoya con texto y audio, describiendo meticulosamente cada aspecto de la temática. Así mismo, con la herramienta Metaverse Studio, se complementa con modelos 3D e imágenes, teniendo en cuenta cada uno de los componentes de un computador de manera ordenada. Se abarca un breve cuestionario para evaluar lo aprendido dentro de la herramienta. Todo esto se realiza con el objetivo de garantizar una mayor apropiación del tema. Además, cabe destacar que para ambas herramientas se utilizaron metodologías orientadas con la tecnología.

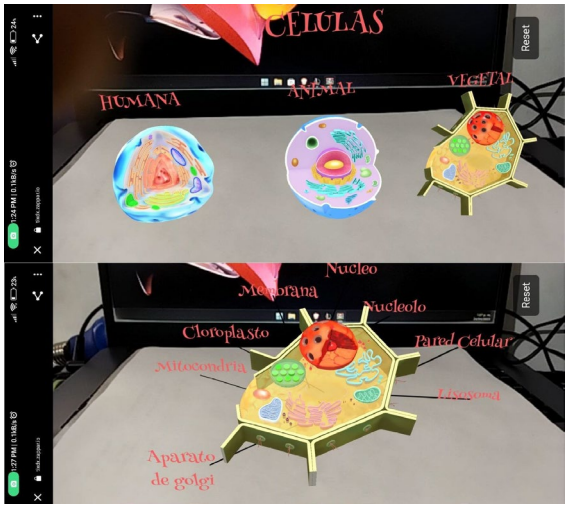
Para las herramientas MetAClass y Zapworks se crearon tres escenarios con objetos 3D. En este caso, se ilustra la célula animal, la célula vegetal y la célula humana. Para cada célula, se realiza su respectivo marcador, el cual contiene el código QR para ser escaneado con el dispositivo móvil. Las células cuentan con una pequeña descripción y con una serie de identificadores de cada parte de la célula, todo esto con el fin de hacer más representativo el escenario. Dentro de estos, se identifica en detalle cada parte de la célula, ya que se pueden realizar acciones como hacer *zoom* y rotar en diferentes direcciones.

Despliegue

Se realizó el debido despliegue de los escenarios con estudiantes (ver Tabla 2) en dos sesiones de aproximadamente tres horas, para un total de seis horas de interacción. El proceso fue acompañado por los investigadores desde el momento de las presentaciones de los escenarios por parte de los profesores hasta la socialización y práctica con los estudiantes.

Tabla 2. Escenarios creados por los docentes con cada HA

Metaverse Studio	AR-media
	

MetAClass	Zapworks
	

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Considerando todos los componentes de esta investigación, se plantea un enfoque cualitativo en relación con los interrogantes seleccionados en la Tabla 3 del cuestionario implementado en el artículo de Cabero Almenara et al. (2017), buscando medir la facilidad de uso, el aprendizaje y la experiencia de los estudiantes en la interacción con HA y RA. Para su implementación, se adaptaron algunos ítems a esta investigación. El cuestionario se desarrolló en la plataforma Google Forms para la recolección de los datos y fue aplicado en la sesión con estudiantes una vez finalizó la práctica.

Tabla 3. Resultados del cuestionario realizado a los estudiantes

Preguntas	Media	Desviación	N
A1: ¿El uso de este sistema de RA mejorará mi aprendizaje de este tema?	,95	,223	58
A2: ¿El uso del sistema de RA durante las clases me facilita la comprensión de ciertos conceptos?	,90	,307	58
A3: ¿Creo que el sistema de RA es útil cuando se está aprendiendo?	,95	,223	58
A4: ¿Con el uso de la RA aumentaría mi rendimiento académico?	,84	,365	58
A5: ¿Crees que el sistema de RA es fácil de usar?	,81	,395	58

Preguntas	Media	Desviación	N
A6: Aprender a usar el sistema de RA no es un problema para mí. ¿Es correcto?	,69	,467	58
A7: ¿Aprender a usar el sistema de RA es claro y comprensible?	,91	,283	58
A8: ¿Utilizar el sistema de RA es divertido?	,93	,256	58
A9: ¿Disfruté con el uso del sistema de RA?	,93	,256	58
A10: ¿Crees que el sistema de RA permite aprender jugando?	,91	,283	58
A11: ¿El uso de un sistema de RA hace que el aprendizaje sea más interesante?	,91	,283	58
A12: ¿Creo que el uso de un sistema de RA en el aula es una buena idea?	,93	,256	58
A13: ¿Me gustaría utilizar en el futuro el sistema de RA si tuviera la oportunidad?	,84	,365	58
A14: ¿Me gustaría utilizar la RA para aprender anatomía u otros temas diferentes?	,91	,283	58

Fuente: elaboración propia.
Nota. Promedio de los resultados según los ítems aplicados a cada uno de los estudiantes participantes.

Del mismo modo, para el análisis estadístico se utiliza el *software* IBM SPSS, caracterizado por ofrecer herramientas de análisis estadístico avanzado, procesamiento amplio de datos y resultados más precisos. Esto permite la integración de datos obtenidos en el proceso de investigación, facilitando el manejo de información mediante gráficas o tablas (Rivadeneira Pacheco et al., 2020).

Los valores de media y desviación obtenidos son altos, tomando como referencia el valor intermedio 0,50 sobre los ítems presentados a los estudiantes. Esto muestra que la interacción con los escenarios fue de baja complejidad para ellos, lo que afirma que más del 80 % asimilaron con mayor facilidad el uso de las HA. Este hecho indica una gran aceptación por parte de los estudiantes.

Aunque la gran mayoría de los alumnos tuvo éxito al realizar las prácticas de visualización en los dispositivos móviles de los modelos 3D, para algunos estudiantes se les dificulta el uso de los dispositivos y la visualización de los modelos, como se observa en la pregunta A6 de la Tabla 3. Esto se debió a que los dispositivos móviles no eran apropiados para las aplicaciones de visualización. En estos casos, los alumnos trabajaron en conjunto con otros compañeros.

A todos los estudiantes les llamó la atención las actividades realizadas con RA, así como utilizar las HA en futuros proyectos (A13). También sugieren el uso de las HA en diferentes áreas educativas (A14). Del mismo modo, indican que pueden ser herramientas útiles para mejorar el aprendizaje y la comprensión de conceptos que requieren representación gráfica o multimedia.

Por otra parte, mediante la observación participante se evidencia la fácil manipulación de las HA por parte de los docentes con el debido acompañamiento. Es claro que los docentes pueden empoderarse de ellas y crear escenarios aptos para sus respectivas áreas educativas.

De la misma forma, se resalta que el uso de las HA utilizadas en las diversas pruebas y escenarios educativos con los estudiantes facilitan la comprensión de diversos conceptos de aprendizaje, y pueden, a su vez, representar de forma visual algunos conceptos educativos de las áreas de aprendizaje, aportando en la comprensión y la adquisición de nuevos conocimientos por parte de los estudiantes.

DISCUSIÓN

A través de la observación participante llevada a cabo por los investigadores, se pudo constatar que los docentes resaltaron el uso de las herramientas Metaverse Studio y MetAClass al momento de diseñar y/o crear escenarios educativos. Estos profesionales afirmaron que estas resultaron más sencillas de implementar, ya que no exigían la instalación de *software* adicional ni la incorporación de un *plugin* para su funcionamiento. Además, los participantes hicieron hincapié en la utilidad de la diversidad de formatos multimedia, destacando su contribución al desarrollo de los escenarios con mayor creatividad y libertad de edición de estas plataformas.

Adicionalmente, se observó que algunos de ellos se sintieron más cómodos utilizando Metaverse Studio y MetAClass, debido a la agilidad, versatilidad y experiencias interactivas de aprendizaje rápido que ofrecen al momento de desarrollar los escenarios, convirtiéndose en herramientas más atractivas para la creación de contenidos educativos inmersivos. Por otro lado, en el ejercicio desarrollado por los profesores, Zapworks y AR-media demostraron un leve grado de dificultad para la creación de escenarios debido a la accesibilidad y la exigencia de la herramienta en cuanto a recursos necesarios para la ejecución de los escenarios en los diferentes dispositivos de prueba.

Complementariamente, los docentes trabajaron más tiempo en las prácticas desarrolladas con las dos herramientas que mostraron cierto grado de dificultad, demostrando la necesidad adicional de contar con alguna asesoría de una persona con mayores habilidades digitales, manifestando que de lo contrario se retrasa el avance de los escenarios educativos y puede terminar con la frustración del profesor.

Sin duda, la integración de modelos 3D personalizados en AR-media y Zapworks es especialmente beneficiosa en casi todas las disciplinas. De ahí que el desarrollo de los

escenarios sea de mayor atractivo visual, lo que requiere un mayor recurso de *software* para la visualización e interacción; sin embargo, no están exentas de ser usadas, ya que permite integrar escenarios con menor calidad visual.

Para los educadores, Metaverse Studio ofrece una plataforma versátil que facilita la creación de experiencias personalizadas, permitiendo arrastrar y soltar, lo que favorece su manejo e interactividad. De igual forma, cuenta con la capacidad de integrar retroalimentación de forma directa, brindando un amplio control sobre el proceso de aprendizaje. No obstante, su limitación radica en la integración de modelos 3D debido a los escasos formatos aceptados por la plataforma.

Por parte de los estudiantes, como usuarios o consumidores, según los resultados del cuestionario han manifestado que se sienten cómodos al usar RA, comprenden la temática y están dispuestos a volverla a utilizar en otros momentos educativos, y la pronostican como algo divertido, promoviendo una disrupción a favor de la innovación.

Este conjunto de resultados, tanto de profesores como estudiantes, se puede concretar en una opción de interés para que los profesores diseñen más rápido y con menos dificultades un escenario educativo con RA, y con un bajo presupuesto al hacer uso de licencias libres, sin contar con un experto al lado. Los estudiantes, a su vez, logren contar con clases innovadoras que ayuden a disfrutar del aprendizaje.

CONCLUSIÓN

A partir del estudio y análisis realizado, se confirma que las herramientas de autor utilizadas para crear contenido de realidad aumentada han avanzado considerablemente en su desarrollo y denotan gran evolución tecnológica. Sin embargo, cabe aclarar que aún requieren de su optimización en varios puntos para maximizar su utilidad práctica:

1) Se puede considerar mejorar los requerimientos de *hardware* y el consumo de internet, el cual sigue siendo excesivo, generando una limitante.
2) Lograr una interacción con más o mejores modelos 3D y alcanzar así una compatibilidad con la mayoría de HA disponibles.
3) Mejorar la compatibilidad de las HA con más modelos de dispositivos móviles.
4) Acceso a licencias gratuitas o de menor costo y adicionar algunas características relevantes dentro de los formatos de texto como: negrita, cursiva, subrayado, tipo de letra, resaltado, color de letra, entre otros, no menos importantes, considerando que pueden ayudar en la comprensión y retención de los conceptos, aumentar la motivación y el interés de los estudiantes y facilitar la comprensión de conceptos abstractos.

Adicionalmente, y tomando en cuenta la experiencia desarrollada alrededor de este estudio, se sugiere preparar los elementos digitales, como imágenes y recursos 3D, antes de iniciar con el proceso de diseño. Esto se ajusta, tanto a la necesidad del usuario, como a los

requerimientos del sistema, con el propósito de minimizar el tiempo en diseño y los problemas técnicos al momento del despliegue con estudiantes.

Una vez desarrolladas las distintas pruebas tras el desarrollo de varios escenarios educativos con las herramientas seleccionadas, se logró evidenciar que las HA son muy beneficiosas y facilitan la interacción en la educación. En relación con el manejo de las HA, se puede concluir, inicialmente, que los docentes requieren una formación básica digital que les permita utilizar este recurso de manera pedagógica y didáctica, para incorporarlo de forma efectiva en el aula. Todos estos factores pueden contribuir al aprovechamiento y reutilización de las herramientas.

De la misma manera, si bien no es obligatorio programar, es necesario contar con algunos conocimientos mínimos para diseñar en la respectiva plataforma de la HA y desplegar el recurso digital creado a los estudiantes, incluyendo el manejo de los dispositivos móviles. Finalmente, las pruebas de usabilidad y efectividad aplicadas a los alumnos demostraron resultados prometedores y favorables en las respuestas analizadas. No obstante, se requiere realizar más investigaciones con expertos y con un mayor número de profesores interesados en los diferentes temas, buscando validar con mayores muestras el uso de HA en el contexto educativo.

Sin embargo, las HA pueden constituir una valiosa adición al conjunto de herramientas de enseñanza con RA. No obstante, su aplicación debe planificarse cuidadosamente para lograr resultados óptimos. Es fundamental, además, considerar los requisitos de conexión a internet disponibles durante el proceso de diseño y en el despliegue en el aula. A pesar de estos desafíos, siguen siendo una opción importante para que los profesores logren crear ambientes de aprendizaje aumentados.

Por consiguiente, en futuras investigaciones se propone implementar estos procesos de aprendizaje en centros educativos de cualquier nivel, también en áreas de la educación con un mayor grado de exigencias, como el de la medicina, la ingeniería civil, entre otras, pero se recomienda diagnosticar la HA adecuada según la necesidad educativa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo VirtuaLab del Instituto Tecnológico del Putumayo por su valiosa colaboración y apoyo para adelantar el presente estudio.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores confirman que no existe ningún tipo de conflicto de interés financiero, profesional o personal que pueda influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas en el manuscrito.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

La contribución de cada uno de los autores se realizó de forma activa y participativa, como se especifica a continuación:

Jairo Hernando Quintero Madroñero: conceptualización, diseño y desarrollo, redacción y revisión final del manuscrito.
Jhoni Ricardo Cerón Chaves: asesoría y revisión general del manuscrito.
Jesús Francisco Narváez Díaz: escritura del manuscrito y desarrollo de la investigación.
Duban Bladimir Ruales Ortega: escritura, investigación y desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

Baldiris, S., Vargas, D., Garzón, J., Ávila-Garzón, C., y Burgos, D. (2023). Evaluation of authoring tools under ATAG and WCAG recommendations. *Universal Access in the Information Society*, *22*, 919-930. https://doi.org/10.1007/s10209-022-00904-9

Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J., y Obrador, M. (2017). Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina. *Educación Médica*, *18*(3), 203-208. https://doi.org/10.1016/j.edumed.2016.06.015

Chicaiza Vinueza, V. J., Padilla Gómez, R. R., Chicaiza Guayta, S. M., y Guanoluisa Paredes, L. (2022). Tecnología de realidad aumentada en el Inter – Aprendizaje. *RECIMUNDO*, *6*(1), 145-155. https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(1).ene.2022.145-155

Demitriadou, E., Stavroulia, K.-E., y Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, *25*(1), 381-401. https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5

Dengel, A., Iqbal, M. Z., Grafe, S., y Mangina, E. (2022). A Review on Augmented Reality Authoring Toolkits for Education. *Frontiers in Virtual Reality*, *3*, 1-15. https://doi.org/10.3389/frvir.2022.798032

Domínguez Alfaro, J. L., Gantois, S., Blattgerste, J., De Croon, R., Verbert, K., Pfeiffer, T., y Van Puyvelde, P. (2022). Mobile Augmented Reality Laboratory for Learning Acid–Base Titration. *Journal of Chemical Education*, *99*(2), 531-537. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00894

Ez-zaouia, M., Marfisi-Schottman, I., y Mercier, C. (2023). Authoring Tools: The Road to Democratizing Augmented Reality for Education. *Proceedings of the 15th International Conference on Computer Supported Education*, *1*, 115-127. https://doi.org/10.5220/0011984200003470

García Vélez, K. A., Ortiz Cárdenas, T., y Chávez Loor, M. D. (2021). Relevancia y dominio de las competencias digitales del docente en la educación superior. *Revista Cubana de Educación Superior*, *40*(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0257-43142021000300020&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Geroimenko, V. (Ed.). (2020). *Augmented Reality in Education: A New Technology for Teaching and Learning*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4

Huang, J., Kinateder, M., Dunn, M. J., Jarosz, W., Yang, X.-D., y Cooper, E. A. (2019). An augmented reality sign-reading assistant for users with reduced vision. *PLOS ONE*, *14*(1), e0210630. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210630

López-Belmonte, J., Moreno-Guerrero, A.-J., López-Núñez, J.-A., e Hinojo-Lucena, F.-J. (2023). Augmented reality in education. A scientific mapping in Web of Science. *Interactive Learning Environments*, *31*(4), 1860-1874. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1859546

Lovos, E., y Sanz, C. (2019). *Herramientas de Autor para Enriquecer Materiales de Lectura. Análisis comparativo*. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90932

Marín-Marín, J.-A., López-Belmonte, J., Pozo-Sánchez, S., y Moreno-Guerrero, A.-J. (2023). Attitudes Towards the Development of Good Practices with Augmented Reality in Secondary Education Teachers in Spain. *Technology, Knowledge and Learning*, *28*(4), 1443-1459. https://doi.org/10.1007/s10758-023-09671-9

Martínez Pérez, S., Fernández Robles, B., y Barroso Osuna, J. (2021). La realidad aumentada como recurso para la formación en la educación superior. *Campus Virtuales*, *10*(1), 9-19. http://www.uajournals.com/campusvirtuales/journal/18/1.pdf

Mota Macías, J. M. (2020). *Método para el diseño, despliegue y evaluación de escenarios educativos extendidos usando programación visual* [Tesis de doctorado, Universidad de Cádiz]. RODIN. http://hdl.handle.net/10498/23639

Rivadeneira Pacheco, J. L., De La Hoz Suárez, A. I., y Barrera Argüello, M. V. (2020). Análisis general del spss y su utilidad en la estadística. *E-IDEA Journal of Business Sciences*, *2*(4), 17-25. https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/eidea/article/view/19

Romano, L. (2021). *Realidad aumentada en contextos educativos y su relación con el rendimiento académico universitario* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata]. Servicio de Difusión de la Creación Intelectual. https://doi.org/10.35537/10915/145578

Salazar Mesía, N., Sanz, C., y Gorga, G. (2019). *Diseño de plantillas para la creación de actividades educativas con realidad aumentada en AuthorAR*. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90922

Sánchez, M. J., Fernández, M., Diaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista Científica UISRAEL*, *8*(1), 113-128. https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400

Violini, L., y Sanz, C. (2016). *Herramientas de Autor para la creación de Objetos de Aprendizaje*. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/55813

Zweifach, S. M., y Triola, M. M. (2019). Extended Reality in Medical Education: Driving Adoption through Provider-Centered Design. *Digital Biomarkers*, *3*(1), 14-21. https://doi.org/10.1159/000498923