

# Diseño e implementación de simulaciones de superficies cuádricas usando realidad aumentada

*Design and implementation of quadric surfaces simulations using augmented reality*

- <sup>1</sup> Denise Cristina Insuasti Guamantaqui  <https://orcid.org/0009-0006-7731-3058>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador  
[dinsuasti33@gmail.com](mailto:dinsuasti33@gmail.com)



## Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/06/2024

Revisado: 11/07/2024

Aceptado: 13/08/2024

Publicado: 16/09/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i3.2.534>

### Cítese:

Insuasti Guamantaqui, D. C. (2024). Diseño e implementación de simulaciones de superficies cuádricas usando realidad aumentada. AlfaPublicaciones, 6(3.2), 112–126. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i3.2.534>



**ALFA PUBLICACIONES**, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International*. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras claves:**

Realidad aumentada, superficies cuádricas, aplicación móvil, desarrollo iterativo, aprendizaje visual, simulación 3D.

**Keywords:**

Augmented reality, quadric surfaces, mobile application, iterative development, visual learning, 3D simulation.

**Resumen**

**Introducción:** El problema científico abordado en esta investigación se enfoca en las dificultades que los estudiantes enfrentan para visualizar y comprender las propiedades geométricas de las superficies cuádricas. El uso de software especializado para la creación y manipulación de modelos tridimensionales ofrece ser una alternativa para mejorar la comprensión visual y la interacción con estos conceptos. **Objetivos:** Este artículo describe el diseño e implementación de una aplicación educativa de realidad aumentada para la visualización y manipulación de superficies cuádricas tridimensionales. **Resultados:** Una encuesta diagnóstica realizada a estudiantes de Análisis Matemático II de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo reveló dificultades significativas en la visualización de estas superficies, lo que justificó la necesidad de la herramienta. Utilizando Unity y Blender, se crearon seis modelos de superficies cuádricas: elipsoide, hiperboloide de una y dos hojas, cono elíptico, paraboloides elíptico y paraboloides hiperbólico. **Metodología:** Se adoptó un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, exploratorio y aplicado. Para la aplicación, se utilizó la metodología de desarrollo iterativa, permitiendo ajustes basados en la retroalimentación de los usuarios y optimizando la aplicación para dispositivos Android. **Conclusiones:** La aplicación, centrada en la visualización de seis superficies cuádricas, ha sido diseñada de manera flexible, lo que facilita futuras ampliaciones para incluir nuevos elementos geométricos. **Área de estudio general:** Matemática e ingeniería. **Área de estudio específica:** Aplicaciones móviles con Realidad Aumentada. **Tipo de estudio:** original

**Abstract**

**Introduction:** The scientific problem addressed in this research focuses on the difficulties students face in visualizing and understanding the geometric properties of quadric surfaces. The use of specialized software for the creation and manipulation of three-dimensional models offers an alternative to enhance visual comprehension and interaction with these concepts. **Objectives:** This article describes the design and implementation of an educational augmented reality application for the visualization

---

and manipulation of three-dimensional quadric surfaces. **Results:** A diagnostic survey conducted among students of Mathematical Analysis II at the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo revealed significant difficulties in visualizing these surfaces, justifying the need for this tool. Using Unity and Blender, six quadric surface models were created: ellipsoid, one-sheet and two-sheet hyperboloid, elliptical cone, elliptic paraboloid, and hyperbolic paraboloid. **Methodology:** A quantitative, non-experimental, exploratory, and applied design approach was adopted. For the application, an iterative development methodology was used, allowing for adjustments based on user feedback and optimizing the application for Android devices. **Conclusions:** The application, focused on the visualization of six quadric surfaces, has been designed in a flexible manner, facilitating future expansions to include new geometric elements. **General area of study:** Mathematics and Engineering. **Specific area of study:** Mobile Applications with Augmented Reality. **Type of study:** Original.

---

## Introducción

La visualización de superficies cuádricas tridimensionales representa un desafío significativo para los estudiantes en áreas como el cálculo multivariable y la geometría. Estudios previos han demostrado que la falta de herramientas tecnológicas adecuadas afecta la comprensión de estos conceptos matemáticos (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). La realidad aumentada ha emergido como una solución prometedora para superar estas barreras, permitiendo a los usuarios interactuar con modelos tridimensionales de manera intuitiva y práctica (Azuma, 1997).

El problema científico abordado en esta investigación se enfoca en las dificultades que los estudiantes enfrentan para visualizar y comprender las propiedades geométricas de las superficies cuádricas. El uso de software especializado para la creación y manipulación de modelos tridimensionales ofrece ser una alternativa para mejorar la comprensión visual y la interacción con estos conceptos (Roosendaal, 2003).

El objetivo de este trabajo es implementar una aplicación de realidad aumentada que facilite la enseñanza de las superficies cuádricas, mejorando la comprensión de los estudiantes a través de la visualización en tiempo real.

## Metodología

Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, exploratorio y aplicado. Se desarrolló una herramienta educativa basada en realidad aumentada para facilitar la visualización y manipulación de superficies cuádricas tridimensionales. El enfoque cuantitativo se basa en la transformación de respuestas de encuestas en datos numéricos, permitiendo un análisis cuantitativo para explorar las dificultades que enfrentan los estudiantes al comprender estos conceptos geométricos. El estudio es exploratorio y aplicado, centrado en el desarrollo de una solución tecnológica para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos matemáticos complejos.

Como técnica se utilizó la encuesta y como instrumento un cuestionario que fue validado por expertos en el área, específicamente docentes que imparten la asignatura de Análisis Matemático II. Estos docentes evaluaron la pertinencia del cuestionario de acuerdo con los siguientes criterios:

- Claridad: Asegurar que las preguntas fueran comprensibles para los estudiantes.
- Objetividad: Verificar que las preguntas midieran adecuadamente los conceptos fundamentales.
- Organización: Evaluar la estructura lógica del cuestionario.
- Suficiencia: Confirmar que el número de preguntas era adecuado para cubrir los temas relevantes.
- Intencionalidad y coherencia: Garantizar que las preguntas correspondieran con los objetivos del diagnóstico.

### *Resultados de la encuesta sobre la visualización de superficies cuádricas*

El análisis de esta encuesta permitió profundizar en las áreas donde los estudiantes presentan mayores dificultades, como la visualización tridimensional y el manejo de coordenadas y trazas en superficies cuádricas. Además, exploró el nivel de conocimiento sobre inteligencias múltiples, en especial la inteligencia espacial, y la relevancia de la integración de herramientas digitales en el proceso de aprendizaje.

#### 1. Conocimiento de inteligencias múltiples:

Un notable 73.68% de los estudiantes está familiarizado con los tipos de inteligencias humanas, y un 68.42% conoce específicamente la inteligencia espacial. Sin embargo, solo un 69.23% de los que conocen la inteligencia espacial reconocen su relevancia en el estudio de superficies cuádricas, lo que indica una brecha entre el conocimiento y su aplicación práctica.

## 2. Comprensión y visualización de superficies cuádricas:

Aproximadamente 61.40% de los estudiantes pueden visualizar superficies cuádricas en un ambiente 3D y 57.89% pueden ubicar cómodamente coordenadas y trazas en estas superficies. Sin embargo, solo 43.86% se siente cómodo construyendo mentalmente cualquier tipo de superficie cuádrica, y 54.39% encuentra fácil visualizar secciones en distintas perspectivas.

Esto subraya una necesidad significativa de mejorar las herramientas educativas para facilitar una mejor comprensión y manipulación visual de estructuras geométricas complejas.

## 3. Utilidad de herramientas tecnológicas:

Un 71.93% considera que el tiempo para entender y ubicar superficies cuádricas es extenso, y un impresionante 82.46% cree pertinente el uso de herramientas digitales para mejorar la comprensión de estas superficies. No obstante, solo 33.33% ha utilizado herramientas TIC para visualizar superficies cuádricas, lo que resalta una oportunidad clara para una mayor integración de tecnología en la enseñanza.

### *Metodología de desarrollo iterativa*

El desarrollo de la aplicación siguió una metodología de desarrollo iterativa, que permitió avanzar en ciclos repetidos de diseño, prueba y mejora (Larman & Basili, 2003). Este enfoque proporcionó flexibilidad durante el proceso, adaptándose a las necesidades de los estudiantes, detectadas en las fases iniciales (Sommerville, 2016). La metodología iterativa se eligió para el desarrollo de la aplicación debido a su capacidad para adaptarse a cambios y retroalimentación, su enfoque en el desarrollo incremental y su capacidad para realizar pruebas continuas y optimizaciones (Pfleeger & Atlee, 2010). Estos aspectos eran esenciales en un proyecto donde la experiencia del usuario y la funcionalidad de la realidad aumentada debían ser refinadas en cada ciclo de desarrollo (Pressman, 2014). La flexibilidad de este método permitió crear una aplicación educativa robusta, optimizada para dispositivos Android y capaz de proporcionar una experiencia de aprendizaje interactiva y efectiva para los estudiantes de análisis matemático (Boehm, 1988).

### *Primera iteración: modelado de superficies cuádricas.*

En esta fase, se crearon los modelos tridimensionales de las superficies cuádricas seleccionadas en Blender, asegurando su correcta exportación en formato .fbx para su uso en Unity.

### *Segunda iteración: integración de modelos en Unity*

Los modelos 3D se integraron en Unity, y se desarrollaron las funciones básicas de manipulación (rotar y mover) para las superficies cuádricas.

### *Tercera iteración: implementación de realidad aumentada*

Se integró ARCore para habilitar la funcionalidad de realidad aumentada, permitiendo la visualización de los modelos tridimensionales en el entorno real a través de la cámara del dispositivo móvil.

### *Cuarta iteración: optimización para Android y refinamiento de la interfaz gráfica*

La aplicación fue optimizada para dispositivos Android y la interfaz gráfica fue mejorada para hacerla más intuitiva y accesible, facilitando la interacción de los estudiantes con los modelos cuádricos.

### *Iteraciones finales: ajustes y mejoras*

Se realizaron ajustes con base en las pruebas realizadas para corregir errores menores y optimizar la experiencia de usuario. La aplicación fue finalmente exportada en formato APK para dispositivos Android.

### *Diseño e implementación*

El desarrollo de la aplicación de realidad aumentada se centró en la simulación de superficies cuádricas, utilizando diversas herramientas tecnológicas y una metodología que integra gráficos en 3D e interacción en entornos de realidad aumentada, con especial atención a la experiencia del usuario.

### *Modelado 3D y realidad aumentada*

El modelado de las superficies cuádricas tridimensionales fue realizado en Blender, un software avanzado de diseño 3D. En este entorno, se crearon seis superficies cuádricas seleccionadas para este proyecto: el elipsoide, el hiperboloide de una hoja, el hiperboloide de dos hojas, el cono elíptico, el paraboloides elíptico y el paraboloides hiperbólico. Los modelos fueron exportados en formato .fbx para su integración precisa en la aplicación móvil. Como menciona Roosendaal (2003), "Blender permite a los usuarios crear modelos tridimensionales detallados, manteniendo un alto nivel de precisión en el modelado" (p. 45). Se incluyeron los ejes X, Y y Z en los gráficos para proporcionar una referencia espacial clara y mejorar la interacción del usuario con las superficies cuádricas en el entorno de realidad aumentada.

Además, el motor de desarrollo Unity fue elegido por su flexibilidad y capacidades avanzadas para la integración de gráficos 3D, así como por su compatibilidad

multiplataforma. Esto permitió a los usuarios manipular los modelos en tiempo real, facilitando el movimiento, la rotación y el escalado de las superficies cuadradas dentro del entorno de realidad aumentada.

### *Comparativa de motores de realidad aumentada y elección de unity*

La elección del motor de desarrollo fue un paso fundamental en el proceso, ya que cada motor disponible ofrece diferentes capacidades. En este caso, se consideraron varias alternativas antes de seleccionar Unity. A continuación, se presenta una comparación de los motores más destacados:

1. ARKit (Apple): ARKit es una plataforma sólida para crear experiencias de realidad aumentada en dispositivos iOS. Ofrece herramientas avanzadas para la detección de planos y objetos en el entorno real, pero su uso está limitado exclusivamente a dispositivos Apple, lo que restringe su aplicación en proyectos que necesitan ser multiplataforma (Developers, 2017).
2. ARCore (Google): ARCore es la alternativa de Google para crear experiencias de realidad aumentada en dispositivos Android. Aunque ofrece capacidades avanzadas, presenta ciertas limitaciones en términos de flexibilidad para el desarrollo de gráficos 3D más complejos (ARCore, 2017).
3. Unreal Engine: Este motor es ampliamente reconocido por su capacidad para generar gráficos de alta fidelidad, comúnmente utilizado en el desarrollo de videojuegos. Aunque ofrece gráficos de alta calidad, su curva de aprendizaje es más pronunciada que la de Unity, lo que lo hace menos adecuado para aplicaciones educativas que requieren un desarrollo rápido y eficiente.
4. Vuforia: Vuforia es una plataforma especializada en realidad aumentada que permite la detección de imágenes y objetos en tiempo real. Aunque se integra bien con Unity, por sí sola no ofrece capacidades suficientes para el manejo gráfico completo, lo que la hace dependiente de otros motores gráficos como Unity o Unreal Engine (Vuforia engine developer portal, 2020).

Unity fue seleccionado como el motor principal para el desarrollo de esta aplicación debido a varias razones clave. En primer lugar, su compatibilidad multiplataforma permite desarrollar aplicaciones tanto para dispositivos Android como para iOS, lo que asegura un mayor alcance del proyecto. Sin embargo, en esta etapa inicial, la aplicación fue desarrollada exclusivamente para dispositivos Android, debido a la facilidad en la implementación con ARCore y las limitaciones técnicas y de recursos para optimizar la aplicación simultáneamente para iOS. La compatibilidad con iOS se considera para futuras versiones, pero actualmente no ha sido implementada para permitir una optimización más específica en dispositivos Android.

Según Unity Technologies (2021), "Unity es una herramienta poderosa que permite a los desarrolladores optimizar aplicaciones para diferentes plataformas sin comprometer la calidad gráfica" (p. 6). Además, Unity ofrece una integración nativa con bibliotecas de RA como ARKit, ARCore y Vuforia, lo que lo convierte en una opción flexible para el desarrollo de experiencias de realidad aumentada en dispositivos móviles.

Por otro lado, Unity cuenta con un ecosistema de recursos amplio, lo que facilita la resolución de problemas técnicos durante el desarrollo. La Asset Store de Unity proporciona una gran cantidad de recursos preconstruidos, lo que permite ahorrar tiempo en el proceso de desarrollo de aplicaciones educativas (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

### *Implementación en unity*

La implementación de los modelos tridimensionales en Unity fue un proceso clave para garantizar la interacción fluida entre el usuario y las superficies cuádricas en la aplicación de realidad aumentada. Los modelos generados en Blender fueron exportados en formato .fbx, lo que permitió integrarlos fácilmente en Unity (Blender Foundation, 2021). Además, Unity permitió crear una interfaz interactiva que permite a los usuarios rotar y mover las superficies cuádricas en tiempo real (Unity Technologies, 2021). Las capacidades de Unity para manipular gráficos 3D facilitaron la creación de una experiencia educativa intuitiva.

Se utilizaron paquetes importantes en Unity como AR Manager y Google ARCore para gestionar la detección de superficies y la interacción con el entorno real (ARCore, 2017). Google ARCore proporciona la base para las funcionalidades de realidad aumentada en dispositivos Android, garantizando la integración fluida de los modelos tridimensionales en el mundo real (ARCore, 2017).

Además, la aplicación es compatible con dispositivos que funcionan con la API 26 o superior, lo que corresponde a Android Oreo 8 o versiones más recientes (ARCore, 2017). Esto asegura que los usuarios con dispositivos modernos puedan aprovechar al máximo las capacidades de la aplicación.

Por otro lado, se integró ARCore para habilitar la cámara del dispositivo móvil, permitiendo que los usuarios interactúen con las superficies cuádricas mientras el fondo en tiempo real es capturado por la cámara. Esta combinación de tecnologías asegura una experiencia de realidad aumentada inmersiva y fluida.

Finalmente, tras la optimización para dispositivos Android, se procedió a exportar el APK de la aplicación configurando específicamente para Android (Unity Technologies, 2021). Esto garantiza que la aplicación sea accesible para una amplia gama de usuarios con dispositivos compatibles, ofreciendo un rendimiento eficiente incluso en teléfonos móviles de gama baja.



### *Interfaz de Usuario (UI)*

La interfaz de usuario fue diseñada para ser lo más intuitiva posible, brindando a los usuarios un acceso fácil y claro a las funcionalidades principales. A continuación, se describen los diferentes componentes de la UI.

#### *Pantalla inicial*

La aplicación se inicia con una pantalla de bienvenida simple como se muestra en la figura 1, que incluye el título del proyecto y un botón de "Iniciar". Al presionar este botón, los usuarios acceden a la interfaz principal, donde pueden seleccionar y manipular las superficies cuádricas.

**Figura 1**

#### *Pantalla de bienvenida*

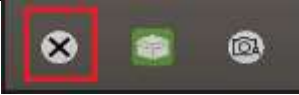



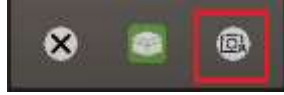


#### *Interfaz principal*

La interfaz principal de la aplicación está diseñada para ofrecer una experiencia intuitiva y accesible al usuario. Incluye varios botones que permiten navegar fácilmente por las diferentes funcionalidades de la aplicación. Además, en el fondo de esta interfaz podemos observar lo que la cámara del dispositivo está captando de la realidad, en donde se proyectará la imagen o modelo aumentado que en este caso es la superficie cuádrica en 3D seleccionada por el usuario. A continuación, se muestra una tabla que detalla cada uno de los botones presentes en la interfaz principal, junto con su función:

**Tabla 1**

*Botones de acción en aplicación móvil*

Botón	Acción	Gráfico
Cerrar la aplicación	Ofrece una opción clara para salir de la aplicación.	
Scroll view	Selecciona una superficie cuadrada de las 6 disponibles, que se despliegan en un menú deslizable.	  
Retorno a la portada	Permite a los usuarios volver fácilmente a la pantalla de bienvenida.	

*Controles de interacción*

Una vez seleccionada una superficie cuadrada, los usuarios pueden interactuar con ella mediante gestos táctiles que permiten rotar y mover los modelos en tiempo real.

La aplicación cuenta con indicadores visuales que notifican al usuario cuando se ha detectado una superficie plana adecuada para posicionar los modelos cuadráticos. Estos indicadores mejoran la precisión en la interacción con el entorno de realidad aumentada.

*Visualización de las superficies cuadráticas en la aplicación*

La aplicación desarrollada dentro de la interfaz principal permite la visualización interactiva de seis superficies cuadráticas en un entorno de realidad aumentada, una vez que el usuario seleccione el botón de *scroll view* ingresará a una interfaz secundaria en donde se observa un nuevo menú, donde aparecen dos botones distintos que se puede observar en las figuras 1, 2 y 3. El botón azul que permite a la aplicación reconocer y mapear superficies planas en el entorno real, como el suelo o una mesa., es decir el plano donde se proyectará el modelo 3D elegido. Y el segundo botón dentro de esta segunda

pantalla simplemente elimina la selección y regresa a la interfaz principal. Una vez seleccionada la superficie cuádrica 3D, el usuario puede manipularlas mediante gestos táctiles, lo que facilita la comprensión de las propiedades geométricas de cada superficie. A continuación, se detalla cómo se ven las superficies cuádricas dentro de la aplicación, junto con las figuras que ilustran cada una de ellas:

**Figura 2**

*Superficies agrupadas con sub figuras*



**Nota:** (a) *Elipsoide*, (b) *Hiperboloide de una hoja*

En la figura 2 se muestra: a) la visualización tridimensional del elipsoide en la aplicación de realidad aumentada. El usuario puede rotar y escalar el modelo para observar cómo varían los radios en cada uno de los ejes  $X$ ,  $Y$  y  $Z$ . La superficie es simétrica respecto a los tres ejes, permitiendo una comprensión clara de su forma geométrica. Y en b) se presenta el hiperboloide de una hoja, que se caracteriza por su forma hiperbólica alrededor del eje vertical. La aplicación permite rotar el modelo, lo que ayuda a los estudiantes a visualizar las secciones transversales y las trazas elípticas en los planos  $XY$ ,  $XZ$  e  $YZ$ . Este modelo ofrece una representación clara de la curvatura continua de la superficie.

**Figura 3**

*Superficies agrupadas con sub figuras*



**Nota:** (a) Hiperboloide de dos hojas, (b) Cono elíptico.

En la figura 3 se visualiza: a) el hiperboloide de dos hojas, con su estructura abierta en dos direcciones a lo largo del eje Z. La aplicación facilita la manipulación del modelo, permitiendo a los usuarios explorar cómo se forma la superficie a partir de sus trazas en los distintos planos, y cómo se asemeja a una doble curva hiperbólica y b) el cono elíptico es representado en esta figura. En la aplicación, el usuario puede examinar la formación del cono desde su vértice hasta su expansión a lo largo de los ejes. La capacidad de girar el modelo ayuda a los estudiantes a comprender la relación entre el ángulo de apertura del cono y las secciones elípticas en diferentes planos.

**Figura 4**

*Superficies agrupadas con sub figuras*



**Nota:** (a) Paraboloide elíptico, (b) Paraboloide hiperbólico.

En la figura 4 se observa: a) el paraboloides elíptico es mostrado con detalle en esta figura. Los usuarios pueden interactuar con la superficie para observar cómo varía su forma en función de las coordenadas en los planos XY y XZ. Esta visualización permite que los estudiantes vean cómo se forma una parábola en los cortes transversales verticales, mientras que las trazas horizontales son elipses y b) el paraboloides hiperbólico, caracterizado por sus curvaturas en direcciones opuestas. La aplicación permite al usuario manipular la superficie para ver cómo se generan las trazas hiperbólicas y parabólicas en los diferentes planos, lo que facilita la comprensión de este modelo geométrico complejo.

### Conclusiones

- Los resultados de la encuesta confirman la necesidad de implementar herramientas basadas en realidad aumentada, como se propone en este artículo. Muchos estudiantes enfrentan dificultades en la visualización y comprensión de superficies cuádricas, y aunque reconocen la importancia de las herramientas digitales, pocos han tenido acceso a ellas. La aplicación de realidad aumentada facilitaría una interacción más visual y dinámica con estos conceptos, transformando la enseñanza y mejorando la aplicabilidad práctica del conocimiento. Al adoptar estas herramientas, se superarían las principales barreras de aprendizaje identificadas, promoviendo un aprendizaje más efectivo.
- El desarrollo de la aplicación basada en realidad aumentada responde a la necesidad de superar las dificultades identificadas en la comprensión de superficies cuádricas tridimensionales, señaladas a través de la encuesta diagnóstica aplicada a estudiantes de Análisis Matemático II en la ESPOCH.
- La integración de Unity y Blender ha permitido crear un entorno interactivo en el que los estudiantes pueden visualizar y manipular seis tipos de superficies cuádricas en tiempo real. La optimización de la aplicación para dispositivos Android y el uso de tecnologías como ARCore permiten una interacción efectiva con los modelos 3D.
- La interfaz intuitiva diseñada facilita la interacción con las superficies cuádricas, permitiendo que los usuarios exploren sus propiedades geométricas mediante gestos táctiles. Esto representa un enfoque innovador para enseñar conceptos geométricos complejos.
- La aplicación, centrada en la visualización de seis superficies cuádricas, ha sido diseñada de manera flexible, lo que facilita futuras ampliaciones para incluir nuevos elementos geométricos. Aunque actualmente está optimizada para dispositivos Android, existe la posibilidad de extender su uso a otras plataformas, dependiendo de los recursos técnicos disponibles.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

### *Referencias Bibliográficas*

- ARCore. (2017). *Descripción general de ARCore y los entornos de desarrollo compatibles*. <https://developers.google.com/ar/discover>
- Azuma. R. T. (2017). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1997; 6 (4): 355–385.  
<https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Blender Foundation. (2021). *Blender user manual*.  
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
- Boehm, B. W. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *Computer*, 21(5), 61-72. <https://ieeexplore.ieee.org/document/59>
- Developers. (2017). *ARKit, integrate hardware sensing features to produce augmented reality apps and games*. <https://developer.apple.com/documentation/arkit>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Larman, C., & Basili, V. R. (2003). Iterative and incremental developments: A brief history. *Computer*, 36(6), 47-56. <https://doi.org/10.1109/MC.2003.1204375>
- Pfleeger, S. L., & Atlee, J. M. (2010). *Software engineering: Theory and practice (4th ed.)*. Prentice Hall. <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Pfleeger-Software-Engineering-Theory-and-Practice-4th-Edition/PGM275828.html>
- Pressman, R. S. (2014). *Software engineering: A practitioner's approach*. McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/highered/product/software-engineering-practitioners-approach-pressman-pressman/M9780078022128.html>
- Roosendaal, T. (2003). *The official Blender GameKit: Interactive 3D for artists*. Blender Foundation. <https://www.blender.org/>
- Sommerville, I. (2016). *Software engineering (10th ed.)*. Pearson Education. <https://www.pearson.com/store/p/software-engineering/P100000077138/9780133943030>

Unity Technologies. (2021). *Unity User Manual 2022.3 (LTS)*.  
<https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

Vuforia engine developer portal. (2020). *State-Based Model Targets Beta Program*.  
<https://developer.vuforia.com/>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

