

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática



**Grado en Diseño y Desarrollo de Videojuegos**

**Curso 2024-2025**

**Trabajo Fin de Grado**

**ARTabletop: Juegos de mesa en Realidad Aumentada**

##### Autor: Carlos Escribano González

##### Tutor: Aarón Sújar Garrido

1.- Resumen

Muchos videojuegos, incluso géneros enteros, tienen como origen a los juegos de mesa: juegos de cartas, de creación de mazos, de estrategia por turnos*, Role-Playing Games…* Sin embargo, es muy poco común ver una versión física o una traducción literal a juego de mesa en este tipo de videojuegos con tan clara inspiración en su predecesor. Esto es un claro ejemplo de cómo los videojuegos hablan su propio idioma, tan característico de su medio, no siendo replicable por ningún otro. Sin embargo, los avances constantes en el espectro de la realidad extendida podrían traer consigo la posibilidad de hacer un híbrido entre los dos medios, consiguiendo integrar mecánicas únicamente posibles en los videojuegos en un entorno tangible, real y social, como si fueran un juego de mesa, todo ello a través de Realidad Aumentada (AR).

Este Trabajo de Fin de Grado se centrará en crear un proyecto en Unity que permita la creación de varios juegos de mesa, ya existentes o de invención propia, en Realidad Aumentada a través de un sistema de reconocimiento de imágenes que permita proyectar la información necesaria en el dispositivo de los usuarios. Por motivos prácticos y debido a la falta de acceso a la tecnología pertinente, se trabajará para que el proyecto funcione en Android, permitiendo su integración con cualquier *Cardboard* o *Head-Mounted Display* (HMD) compatible.

Asimismo, el proyecto tiene como objetivo proporcionar a la comunidad de los juegos de mesa una herramienta para crear y disfrutar de sus propios juegos de forma intuitiva, sencilla y asequible.

Finalmente, se explorarán mecánicas propias del medio de los videojuegos y actualmente imposibles en los juegos de mesa y su posible implementación en el sistema desarrollado.

**Palabras clave**:

2.- Objetivos

* Investigar sobre el estado actual y posible futuro de la Realidad Aumentada
  + Explorar la actualidad de la Realidad Aumentada
  + Explorar su futuro como uso cotidiano
  + Investigar sobre las nuevas tecnologías AR y sus características
* Explorar la viabilidad de los juegos de mesa en Realidad Aumentada
  + Medir la comodidad y naturalidad con la que se puede jugar a juegos de mesa en AR
  + Medir la viabilidad económica y versatilidad del proyecto
* Crear una aplicación en Unity que permita crear múltiples juegos de mesa para AR
  + Diseño y creación de la aplicación para Android
  + Crear una interfaz intuitiva que permita al usuario promedio crear sus propios juegos de mesa
  + Investigar sobre nuevas mecánicas para los juegos de mesa o juegos novedosos que podrían nacer a partir del proyecto

3.- Marco teórico: AR y entretenimiento

**3.1. – Los sectores del videojuego y los juegos de mesa**

Los juegos de mesa han sido, durante miles de años, uno de los medios de entretenimiento por excelencia, aportando a sus jugadores sentimientos como diversión, socialización o educación. No obstante, en los últimos tiempos su sector ha ido cediendo terreno a alternativas más modernas, entre las cuales se encuentran los videojuegos, que son capaces de evocar esos mismos sentimientos a la vez que evaden su requerimiento más grande: la presencia física de todos sus participantes. Esto no quiere decir que estas alternativas vayan a sustituir al completo a los juegos de mesa, pues esa socialización que requiere que todos los jugadores estén presentes e interactúen cara a cara es su marca de identidad, algo que en la mayoría de los casos ni los videojuegos ni ningún otro medio han sido capaces de replicar [1]. Por ese mismo motivo, los juegos de mesa no necesitan cambiar o rediseñarse para volver a ganar importancia, siguen siendo un medio de ocio bastante sólido que ha estado integrado en la sociedad durante miles de años y que no se va a ir tan fácilmente. Juegos como el ajedrez, cuyo origen se remonta al siglo VI con su versión primitiva *Chaturanga* [2], siguen gozando de una popularidad y una base de jugadores encomiable: nada más ni nada menos que más de 360.000 jugadores si únicamente se cuentan aquellos que están federados y han participado en torneos oficiales durante los últimos años, lo cual representa un ínfimo porcentaje del total de jugadores [3]. Es más, esta última década los juegos de mesa han estado ganando mucha popularidad, y algunos dicen que se trata del “renacimiento” del género [4], con ingresos de 140 millones de euros en España en 2023, un crecimiento del 7% respecto a 2022 [5].

Los videojuegos, por su parte, se han consolidado como el sector de entretenimiento más grande en la actualidad. Según la AEVI (Asociación Española de Videojuegos), en España, durante 2023, el sector consiguió un aumento de un 16,3% en la facturación total, lo que supone unos ingresos de 2339 millones de euros [6]. Las cifras de jugadores ese mismo año llegaron a los 20,05 millones, suponiendo un crecimiento aproximado del 10,17%. Estos números superan con creces la del resto de industrias del entretenimiento, como la música (1099 millones de euros en 2023 [7] [8]) o el cine (493 millones de euros en 2023 [9]).

Estos datos reflejan cuánto terreno han ganado los videojuegos en el sector del entretenimiento. Sin embargo, no hay que olvidar que muchos de ellos, incluso géneros enteros, están basados en los clásicos juegos de mesa: *Role-Playing Games* o RPGs, juegos de estrategia y juegos de cartas son algunos de los ejemplos más conocidos:

* Juegos de rol o *Role-Playing Games* (RPG): se trata de un género de videojuego que hereda directamente características y mecánicas de los juegos de rol tradicionales. En este tipo de juegos el jugador asume el rol de uno o varios personajes en un mundo ficticio en el que podrá avanzar y evolucionar en la trama a la vez que sube de nivel y construye a su personaje. Los RPGs tienen un punto débil a considerar en comparación con los juegos de rol tradicionales: no hay ningún otro jugador que tome el papel de Director de Juegoo *Game Master*, lo que rompe directamente con una de las características más importantes de este género, que es la presencia de un director que controle la experiencia de juego y la ajuste y personalice a los actos de los jugadores [10]. El *Game Master* en los videojuegos RPG es sustituido directamente por el propio diseño del juego, el cual debe ser cautelosamente diseñado para proporcionar las alternativas y posibilidades suficientes. Con un buen diseño, los RPGs pueden ofrecer a sus jugadores una experiencia increíblemente inmersiva y en muchos casos llena de acción que los juegos clásicos de rol no pueden. Además, permiten al jugador hacer disfrute de ellos cuando él lo desee, sin necesidad de tener que organizar una partida con el resto de los participantes. Un ejemplo de ello es *The Witcher III: Wild Hunt*, cuya narrativa en red permite a los jugadores un amplio espectro de posibilidades en cada momento, dejando que avancen en la trama y exploren el mundo a voluntad, aunque todo ello a cambio de sacrificar ligeramente la calidad narrativa, como es típico de aquellos juegos con una estructura narrativa de este estilo [11]).
* Juegos de estrategia: los videojuegos de estrategia, al igual que su análogo físico, se basan en el uso del pensamiento táctico, la gestión de recursos y el planeamiento estratégico. Tal y como sucede en los RPGs, los videojuegos de estrategia triunfan en poner sobre la mesa una experiencia mucho más inmersiva y estéticamente llamativa mediante el uso de música, efectos de sonido, un manejo más detallado del mundo y gráficos 3D o 2D, entre otros, pero tiene dificultades en cuanto al componente social, del cual le cuesta replicar la interacción humana directa y la negociación a tiempo real. Esto hace que la experiencia sea menos impredecible y única, eliminando el margen para la improvisación o las alianzas entre jugadores como suele suceder en los juegos de mesa. Títulos como *Total War: SHOGUN 2* son un ejemplo de cómo este tipo de juegos brindan un abanico enorme de llamativas posibilidades a costa de la socialización de sus jugadores. Es más, muchos títulos de este género cuentan con modos de juego de un solo jugador en el que los usuarios se enfrentan directamente a IA del juego, y no a otros jugadores.
* Juegos de cartas: muchos videojuegos populares se inspiran en los juegos de cartas tradicionales, adaptando sus mecánicas a formatos digitales. Existen múltiples variantes dentro de este marco, pero para no volver a comparar sus fortalezas y debilidades con las de los juegos de mesa clásicos, muy similares a las de los RPGs y juegos de estrategia, únicamente se centrará la atención en una las variantes, una de las que más se aleja del enfoque clásico para incorporar mecánicas propias de los videojuegos: los juegos de construcción de mazos de batalla. En específico, se hablará de *Inscryption*, uno de los juegos más emblemáticos de este género. Este título cuenta con una estructura dividida en tres actos en los que la creación de mazos de cartas sustenta mecánicamente a una narrativa inusual y creativa que ofrece al usuario una experiencia que un de mesa no podría replicar. Lo que podría parecer en primera estancia un simple juego de cartas es, en realidad, parte de una experiencia inmersiva en la que una inteligente IA juega de forma despareja contra el jugador, dándole ventajas en ciertos aspectos del juego a cambio de controlar su flujo a voluntad para salirse con la suya en otros, todo ello en colaboración con la narrativa oscura y profunda del juego. *Inscryption* es un título que para muchos ha redefinido los límites del medio [12], y teniendo en cuenta que su jugabilidad base se sustenta en un intuitivo juego de cartas, demuestra que los límites de los videojuegos son prácticamente los límites de la creatividad [1]. Muchos jugadores desean una versión de juego de mesa de este título, y aunque esta exista, parece más un producto decorativo que una versión jugable en sí, pues *Inscryption* está pensado para que su jugabilidad enfrente al jugador contra la máquina, que toma un papel similar al *Game Master* de los juegos de rol, y no para enfrentar a dos jugadores entre sí.
* Algunos juegos de mesa cuentan con su propia traducción más o menos directa a videojuego. Títulos como *Agrou* han tratado concebir una versión digital de juegos como “El Pueblo Duerme” u “Hombres Lobo” sin mucho éxito. Este fracaso se debe a la incapacidad de replicar aquello que los hace únicos: el debate cara a cara de sus jugadores, que juega un papel esencial, sobre todo en los juegos de deducción social de este estilo. Alternativas como *Among Us* sí han tenido éxito dentro del mismo género, pero para ello han tenido que implementar varias mecánicas propias de los videojuegos y llevar a otro nivel las dinámicas de deducción social, haciendo que el juego pueda ser disfrutado sin necesidad de que todos sus jugadores compartan entorno físico, pero alejándolo de los juegos de mesa. Otros videojuegos, por su parte, replican juegos de mesa tradicionales y, sin alejarse de ellos, alteran en mayor o menor medida sus mecánicas para hacerlos entretenidos o más interesantes en formato digital. *FPS Chess*, por ejemplo, es una versión del ajedrez cuya jugabilidad cambia a la de un juego *First Person Shooter* cuando una pieza va a comer a otra, desencadenando un combate entre ambos jugadores que determina quién es el que acaba con el control de la casilla en la que se encuentran.

Queda así evidenciado que los videojuegos basados en juegos de mesan tienen carencias donde estos últimos más destacan: en la interacción cara a cara de sus jugadores y la socialización, aunque esto puede ser paliado o minimizado con un correcto diseño y adaptación al formato virtual. A su vez, los juegos de mesa demuestran tener debilidades a la hora de proporcionar experiencias inmersivas, y cuentan con grandes limitaciones sujetas al mundo real en el que se desarrolla su actividad [1]. Es por ello por lo que es tan interesante el estudio de la realidad aumentada en relación con los juegos de mesa, pues es una tecnología capaz de romper con esas limitaciones y crear un híbrido entre ambos: un juego que permita la socialización de sus jugadores en un mismo entorno físico y que tenga soporte para la creatividad e inmersión tan características de los videojuegos.

**3.2. – Realidad Aumentada: definición, historia y aplicaciones**

La Realidad Aumentada (AR), según Paul Milgram y Fumio Kishino, es “*La realidad física en la cual los participantes también ven elementos virtuales*” [13]. Se trata por tanto de una tecnología basada en la integración de elementos virtuales en el entorno real a partir de dispositivos que permiten la interacción con ellos y su visualización. La realidad aumentada está incluida en el abanico de la Realidad Extendida (XR), concepto que abarca todas las tecnologías inmersivas que combinan el mundo físico y el virtual para crear experiencias interactivas. Dentro del espectro de la XR también se pueden encontrar:

Realidad Virtual (VR): tecnología que crea entornos virtuales que parecen reales, ajenos al mundo real.

* + - * + Realidad Mixta (MR): punto intermedio entre AR y VR.

Milgram, además de proporcionarle una definición a la realidad aumentada, analiza y define sus distintas clases en función de su alcance [14]:

* + - Alcance corto: referida específicamente a sistemas de visualización como *Head-Mounted Displays* (HMD) o *Head-Up Displays* (HUD), en los que el usuario observa el mundo real a través de una vista directa “*see-through*”, con gráficos generados por ordenador superpuestos.
* Alcance medio: referido a cualquier caso en el que un entorno real se “aumente” con objetos gráficos virtuales, como pueden ser pantallas grandes y monitores.
* Alcance alto: algunos autores, como Ronald Azuma, afirman que la AR engloba cualquier mezcla de entornos reales y virtuales, implicando sistemas que combinan lo real y virtual, son interactivos en tiempo real y están registrados en tres dimensiones.

El origen del término “Realidad Aumentada” se remonta a 1992, acuñado por Thomas Preston Caudell, investigador de la empresa fabricante de aviones Boeing. Preston creó una de las primeras aplicaciones prácticas de realidad aumentada al desarrollar un sistema de ayuda a los trabajadores de Boeing para ensamblar cables de avión. Su invención funcionaba a través de la superposición de diagramas digitales sobre superficies físicas, y demostró ser útil para disminuir enormemente el número de errores en el proceso de ensamblaje [15].

A pesar de que el origen de su término tuviera lugar en 1992, la realidad aumentada como concepto tiene un origen mucho anterior, apareciendo por primera vez a comienzos de 1900, con la novela de ciencia ficción *The Master Key* de Frank L. Baum (1901). Esta novela es el primer registro literario conocido que describe una tecnología que aumenta la realidad proyectando información sobre ella. Tras importantes inventos que asentaron las bases de la realidad extendida, sobre todo de la realidad virtual: proyecto Whirlwind (Universidad de MIT, 1951) y Sensorama (Morton Heilig, 1956), habría que esperar hasta el año 1968 para la creación del primer dispositivo de realidad aumentada funcional: la “*Espada de Damocles*”. Este primitivo dispositivo, creado por Ivan Sutherland y considerado el primer HMD de la historia, se basa en un tosco sistema que pende del techo y descansa sobre la cabeza del usuario, proyectando información delante de sus ojos a través de dos pequeñas lentes situadas frente a ellos [16] [17].

Desde la invención de Ivan Sutherland hasta la actualidad, el campo de la realidad aumentada ha experimentado un avance exponencial: muy lento durante sus primeras décadas, pero cada vez más rápido, sobre todo durante los últimos años con el estallido de las inteligencias artificiales. Destacan varios hitos conseguidos durante esos años de avance: el sistema *Virtual Fixtures*, de Louis Rosenberg (1992) en la Fuerza Aérea de los EE.UU, como primera forma de entrenamiento profesional con AR; *ARToolkit*, una herramienta de código abierto de la mano de Hirokazu Kato que sentó las bases de la creación de aplicaciones de realidad aumentada; las primeras aplicaciones AR para dispositivo móvil, como *Layar* (2008); el lanzamiento de SDKs para el desarrollo de aplicaciones AR en móvil, como *ARKit* o *ARCore* (2017) y la llegada de nuevos dispositivos y tecnologías, como las *HoloLens 2* (2020) [16] [18].

En cuanto a los videojuegos, la realidad aumentada llegó por primera vez al sector en el año 2000 con la creación del que es considerado como el primer juego AR de la historia: *ARQuake*, una versión modificada del juego *Quake* de 1996 que hace uso de un HMDtransparente para renderizar la información del juego sobre el entorno real [19]. Más tarde, en 2003, se dio la primera aparición de esta tecnología en consolas: el accesorio *EyeToy* para la *PlayStation 2*, el cual contaba con una cámara para capturar los movimientos del jugador y una serie de minijuegos que hacían uso de dicha tecnología. Más tarde, compañías como Nintendo añadieron a sus consolas características de AR, como las tarjetas de la Nintendo 3DS (2011) que permitían la interactuación con personajes 3D al ser escaneadas por su cámara. Alrededor de 2010 la realidad aumentada llegó a *smartphone*, y con ella la creación y comercialización de un amplio número de aplicaciones de AR en la *Google Play App Store*. No obstante, el juego más emblemático de AR hasta día de hoy no llegaría hasta 2016: *Pokémon GO* [20], cuya salida marcó un antes y después en el mundo de la realidad aumentada, especialmente en el sector de los videojuegos, consiguiendo una adopción masiva de esta tecnología por parte del público general e incentivando la inclusión de elementos XR en los videojuegos.

Hoy en día los dispositivos que hacen un mayor uso de la realidad aumentada son los *smartphones* y *tablets*, pues además de ser los más comunes cuentan con sensores y características que permiten una gran versatilidad a la hora de crear aplicaciones que en mayor o menor medida hagan uso de esta tecnología: videojuegos sencillos, filtros de cámara para redes sociales, aplicaciones educativas... Sin embargo, hay un gran número de dispositivos especializados en AR, como las *HoloLens* de Microsoft o las *Google Glass* de Google, que, aunque no se encuentren popularizados debido a su alto coste y utilidades reducidas o poco atractivas para el público general, sí que tienen un amplio uso en un gran número de sectores profesionales, entre los que destacan [21]:

Medicina: imagenología de ultrasonido, cirugía asistida por AR, visualización integrada de datos en tiempo real…

* Militar: visualización del campo de batalla con información adicional, rastreo híbrido óptico e inercial, sistemas de entrenamiento en combate…
* Manufactura: instrucciones visuales y animaciones, reducción del tiempo y el error en ensamblaje…
* Entretenimiento: videojuegos, publicidad virtual, anotaciones deportivas…
* Robótica: visualización predictiva en tele robótica, tele operación de sistemas robóticos, robótica médica y cirugía guiada por imagen…
* Educación: visualización de relaciones complejas o conceptos abstractos, experiencia de distintos fenómenos, interacción con objetos virtuales…
* Otros: marketing, navegación y *path planning*, turismo, geoespacial, planificación urbana e ingeniería civil, etc.

**3.3. – Funcionamiento de la Realidad Aumentada**

Alan B. Craig, en su libro *Understanding Augmented Reality* [22], define que la realidad aumentada no es una tecnología en sí misma, sino un medio que utiliza un gran número de otras tecnologías que colaboran entre sí para ofrecer al usuario una experiencia interactiva en un entorno que mezcla lo real con lo virtual. En él también afirma que, haciendo uso de esas tecnologías, el funcionamiento de cualquier aplicación de realidad aumentada se puede dividir en dos pasos:

1. La aplicación registra el estado actual del mundo físico y del virtual
2. La aplicación muestra la información del mundo virtual en el real

Los componentes necesarios para poder llevar a cabo esos dos pasos son los sensores, los procesadores, los visualizadores y el *software*.

**Sensores:**

Para poder responder correctamente a los cambios en el mundo real, cualquier dispositivo con soporte a AR debe tener información actualizada sobre el entorno que le rodea. Esa información es recaudada por los sensores, que se dividen en tres tipos:

* Sensores usados para *tracking*: sensores que se utilizan para determinar la información sobre la posición y orientación del usuario, el mundo real o cualquier dispositivo AR. El *tracking* generalmente se hace en seis grados: movimientos en los ejes X, Y, Z y rotación sobre los mismos. Estas rotaciones son comúnmente denominadas *pitch* (x), *yaw* (y) y *roll* (z). En esta categoría se encuentran los giroscopios, los acelerómetros, los magnetómetros y el sistema de GPS.
* Sensores usados para recolectar información del entorno: son los encargados de capturar y trasladar al sistema los datos del mundo físico. Por tanto, sirven de medir y modelar el entorno real para que pueda ser interpretado y utilizado por aplicaciones AR. Se trata de las cámaras, los sensores de profundidad, los micrófonos y los sensores climáticos.
* Sensores usados para recolectar input: son responsables de captar interacciones y órdenes del usuario para personalizar la experiencia y garantizar que el sistema reaccione de manera adecuada. Los más comunes son las pantallas táctiles, los controladores especializados, los micrófonos de comandos, los sensores gestuales y los sensores de movimiento ocular o *eye-tracking*.

Esta última clasificación de sensores en tres tipos es cuestionada por otros autores, que afirman que los dispositivos de input no son un tipo de sensor, sino otra tecnología en sí que colabora con los sensores, procesadores y visualizadores [13].

**Procesadores:**

Los procesadores procesan y combinan la información de los sensores para aplicarla a las reglas del mundo virtual y generar gráficos en tiempo real. Para poder llevar a cabo sus competencias cuentan con:

* GPU: encargada del procesamiento de gráficos, renderiza elementos visuales en 3D y los integra con el entorno real.
* CPU: encargada del procesamiento de datos, analiza la información de los sensores para calcular la posición, orientación y dinámica del entorno.
* Procesadores especializados: algunos procesadores especializados en AR están diseñados para llevar a cabo tareas específicas, como el reconocimiento espacial o el mapeo en tiempo real.

**Visualizadores:**

Los visualizadores son aquellos dispositivos de output que permiten al usuario recibir información gráfica o textual, permitiéndole interactuar con el sistema AR. Hay varios tipos de visualizadores o *displays* [13]:

* *Head-Mounted Display* (HMD): incluyen una o más cámaras basadas en técnicas holográficas u ópticas. Se colocan sobre la cabeza del usuario (de ahí su nombre) para renderizar la información necesaria frente a sus ojos.
* *Head-Up Display* (HUD): dispositivos estáticos que aportan información útil al usuario sin que este tenga que desviar la mirada o atención de su entorno, colocados en un sitio donde no bloqueen su visión.
* Pantallas: son las más comunes al estar presentes en los dispositivos móviles. Muestran la información a la vez que, en muchas ocasiones, sirven dispositivo de entrada.
* Pantallas proyectivas: utilizan sistemas de proyección para mostrar información o imágenes en superficies físicas.
* *Wearable devices*: dispositivos fáciles de llevar que cuentan con la posibilidad de interactuar con sistemas AR, como guantes hápticos, ropa inteligente con sensores o *smartwatches*.

***Software:***

El *software* especializado en realidad aumentada hace uso de las características del *hardware* para mapear la posición del usuario o de los elementos del entorno y posteriormente transferir la información en formato ARML (*Augmented Reality Markup Language*) o similar [13]. ARML es un lenguaje estándar de AR promovido por OGC (*Open Geospatial Consortium*) que permite la fusión del mundo real y virtual, especificando las conexiones y reglas entre ambos. Se trata de una extensión de KML (*Keyhole Markup Language*), a su vez basado en XML, que implementa funcionalidades esenciales para la experiencia AR: interactividad en tiempo real y soporte para objetos tridimensionales dinámicos, entre otros [23].

Actualmente, el mercado *software* de realidad aumentada está gobernado por Apple y Google [13], cada uno ofreciendo su propio *Software Development Kit* (SDK):

* *ARKit*: SDKde Apple desarrollado para iOS en 2017. Actualmente se encuentra en su versión *ARKit 6*, que añade soporte para vídeos 4K y vídeos e imágenes HDR [24].
* *ARCore*: SDKdesarrollado por Google en 2017, pensado principalmente para Android y la web. Se encuentra actualmente en la versión v1.48.0, incluyendo soporte completo para Unity 6 y *AR Foundation* [25].

**Clasificación:**

La tecnología de la realidad aumentada se puede clasificar en diferentes tipos según sus características [26] [27]:

* + - * Basada en el reconocimiento de patrones o marcas (*marker-based AR*): utiliza marcadores, símbolos o imágenes sobre los cuales se superpone información virtual cuando son reconocidos por un *software* específico de realidad aumentada. Generalmente, el software de AR realiza un seguimiento de la posición y rotación del marcador (*tracking*) para que la información proyectada sobre él se ajuste al mismo. La información de los marcadores puede ubicarse localmente en el dispositivo o de forma remota a través de la nube. Es una experiencia sujeta a que los marcadores sean siempre visibles por la cámara, y aunque el “rastreo extendido” es posible, muchas veces da problemas. Es necesario asegurar que los marcadores son visibles en todo momento, teniendo en cuenta, por ejemplo, que haya suficiente luz en el entorno o que estos no estén hechos de materiales que reflejen la luz.
* Basada en el reconocimiento de imágenes u objetos: utiliza imágenes del entorno real como elementos activadores a partir de los cuales desplegar la información, como el reconocimiento facial.
* Basada en geolocalización: se basa en ubicar un punto de interés para visualizarlo en la pantalla del dispositivo, es decir, procesa datos sobre la ubicación del dispositivo y los utiliza para mostrar información específica del lugar. Hace uso de varios sensores para proporcionar una experiencia específica sin importar las condiciones ambientales o la hora del día.
* Basada en superposición: la vista original del mundo real es reemplazada entera o parcialmente por una vista aumentada que hace uso del reconocimiento de objetos. A pesar de ser una de las clasificaciones de realidad aumentada, dependiendo del nivel de interacción y de la cantidad de vista reemplazada o aumentada se puede acercar más a la realidad mixta.
  + - * + Basada en proyección: proyecta luz o imágenes sobre superficies físicas para crear una experiencia interactiva sin necesidad de dispositivos portátiles.
* Basado en superficies: utiliza tecnología de seguimiento espacial o SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*) para superponer objetos virtuales sobre superficies horizontales o verticales.

Además, los sistemas y dispositivos AR también están sujetos a una clasificación según su tipo de visualización [28]:

* *Video See-Through* (VST): los objetos virtuales son superpuestos en imágenes o escenas capturadas por una cámara y el contenido es posteriormente visualizado en una pantalla.
* *Optical See-Through* (OST): los objetos virtuales se proyectan sobre una superficie transparente, como unas gafas o lentes. Los usuarios ven directamente el mundo físico, sobre el cual se añaden elementos virtuales.

**Limitaciones:**

Los sistemas de realidad aumentada vienen de la mano de limitaciones o debilidades que hay que tener en cuenta a la hora de utilizar esta tecnología [13]:

* Interoperabilidad: los objetos y dispositivos deben comunicarse entre sí sin problemas, independientemente de sus características.
* Seguridad y confianza: es esencial garantizar la seguridad en la comunicación, evitando dispositivos no confiables que comprometan el sistema. Los algoritmos de cifrado son necesarios (AES, RSA…).
* Sensibilidad al contexto: la comunicación entre dispositivos, además de ser en tiempo real y actualizada, debe conllevar un buen procesamiento de información contextual para evitar conflictos entre dispositivos inteligentes.
* Intervención mínima del usuario: los dispositivos deben ser autosuficientes y operar de manera autónoma, minimizando la intervención del usuario.
* Problemas de *hardware* y *software*: debido a que las aplicaciones AR se ejecutan en diversas plataformas hay que tener especial cuidado en la compatibilidad, tanto a nivel de *hardware* como de *software*.

**3.4. – El futuro de la Realidad Aumentada como uso cotidiano**

A nivel de tecnología, es correcto afirmar que hoy en día la realidad aumentada es usada, aunque muy sutilmente, de forma cotidiana por mucha gente y que, incluso, mucha gente hace uso de ella sin darse cuenta. Un ejemplo de esto son los filtros de las redes sociales. No obstante, este caso de uso no hace justicia a las posibilidades de esta tecnología, ya que con su gran potencial podría llegar a ser una herramienta que cambie por completo la calidad de vida de los usuarios que hagan uso de ella [29]. No teniendo en cuenta el caso de los filtros de las redes sociales, la realidad aumentada tiene un preocupante desbalance entre accesibilidad y uso cotidiano.

Centrando la vista en la realidad virtual, aunque tampoco se puede afirmar que sea una tecnología de uso diario, se puede observar que está en bastante más uso que la AR de forma cotidiana. Esto se debe a que, además de también tener amplios usos en sectores profesionales, la VR ha sido comercializada y publicitada como forma de ocio, y ha sido aceptada como tal por parte de los consumidores. ¿Por qué la VR sí ha encontrado un hueco en el sector del entretenimiento y la AR no? Hay varios puntos a valorar para conocer la respuesta:

* Dispositivos más baratos: los dispositivos VR son monetariamente mucho más accesibles que los AR al ser menos costosos de producir, tecnológica y económicamente: mezclar los mundos real y virtual es mucho más complejo que crear una experiencia virtual inmersiva y conlleva un mayor uso de tecnología, como cámaras RGB avanzadas, tecnología SLAM, sensores de *tracking* más precisos… [30]
* Mucha gente busca en el entretenimiento una forma de evasión de la realidad, no una extensión de ella. Como cita Timothy Jung en su libro *Augmented Reality and Virtual Reality* [31] acerca de la realidad virtual: “El consumidor no solo observa o escucha de manera pasiva, sino que también moldea activamente su experiencia. Por lo tanto, el consumidor no solo puede olvidar los problemas de su vida cotidiana, sino también sumergirse en un mundo totalmente diferente y adoptar una vida distinta.”
* Los desarrolladores de juegos en VR cuentan con más facilidades y menos riesgos: los motores de videojuegos actuales permiten el fácil desarrollo de videojuegos VR para distintas plataformas. Además, múltiples títulos, como *Phasmophobia*, ponen sobre la mesa la posibilidad de jugarlo tanto con el *headset* VR como sin él, obteniendo una gran fuente de ingresos proveniente de aquellos jugadores que vayan a disfrutarlo de forma tradicional, lo que en la mayoría de los casos incluso supera al número de jugadores que van a hacerlo en realidad virtual.
* El entretenimiento en realidad virtual está mucho más publicitado que el de realidad aumentada: actualmente, casi todas las plataformas distribuidoras de videojuegos (a excepción del sector móvil, donde no es popular) cuentan con categorías específicas para los juegos de este género, permitiendo al usuario navegar y descubrir nuevos títulos. *Steam*, la plataforma distribuidora más grande de la actualidad, cuenta con un fácil acceso desde su tienda a juegos VR y, además, a *hardware* especializado en esta tecnología [32]. Esto es algo que en el caso de la realidad aumentada no sucede: la plataforma distribuidora en dispositivo móvil por excelencia, *Google Play Store*, no cuenta con ninguna categoría específica para este tipo de productos, si bien es cierto que en *Apple App Store* sí se puede encontrar dicha clasificación (lo que se debe a que es más fácil desarrollar en AR para iOS, explicado más adelante).

**Nuevas tecnologías:**

A lo largo de estos últimos años se están popularizando una serie de tecnologías que tienen como objetivo mejorar la experiencia AR. Se puede ver una tendencia a su inclusión e integración lenta en la vida cotidiana. Algunas de las más destacables son:

*Spatial Computing*: es un tipo de sistema que se basa en mapear e integrar información digital en el mundo físico de manera fluida, permitiendo la manipulación e interacción del contenido digital en los entornos reales. Esta tecnología combina AR, IA y otras tecnologías (como SLAM) con sensores avanzados para crear experiencias inmersivas en tiempo real, útiles en sectores como la arquitectura o la educación [33]. Algunos comercios están utilizando *Spatial Computing* para crear aplicaciones que permitan a los usuarios experimentar con sus productos (como ropa o muebles) virtualmente antes de adquirirlos, mejorando el proceso de compra y reduciendo el número de devoluciones. Un ejemplo de ello es el catálogo virtual de IKEA, que permite superponer muebles en el entorno captado por una cámara para que los usuarios comprueben cómo se ven en su casa antes de comprarlos.

*AR Cloud*: se trata de una tecnología que crea una copia digital en 3D del mundo real y la almacena en la nube, facilitando su acceso y uso compartido. Permite vincular contenido digital y ubicaciones específicas a tiempo real para sincronizar a diferentes usuarios y dispositivos. Algunos autores destacan la importancia que podría tener *AR Cloud* para el metaverso como una herramienta clave para fusionar el mundo físico con experiencias digitales persistentes y colaborativas [34].

*WebAR*: tecnología que permite acceder a experiencias AR desde navegadores web, sin necesidad de descargar aplicaciones. Está enfocada en los dispositivos móviles y tablets y busca maximizar la compatibilidad y reducir las barreras de acceso a este tipo de tecnología, es decir, desarrollar aplicaciones que no dependan del sistema operativo [35].

Realidad aumentada e IA: el desarrollo y avance de la realidad aumentada se ha visto fortalecido con el uso de inteligencia artificial: visión artificial, aprendizaje automático, procesamiento de datos en tiempo real… La IA ha demostrado ser una potente herramienta de personalización de experiencias, facilitando la adaptación de los sistemas a los usuarios [36]. También ha demostrado mejorar notablemente la experiencia AR a través de tecnologías clave como el *Context Awareness*, el *Body Tracking* y el procesamiento del lenguaje natural.

Nuevos dispositivos:

* *Microsoft Hololens 2* [37]: a pesar de ser más antiguas, de 2020, y de que ya no estén en venta, siguen siendo un referente de la realidad aumentada. Están diseñadas principalmente para tener aplicaciones profesionales, siendo especialmente fuertes en ciertos sectores, especialmente el médico.
* *Magic Leap 2* [38]*:* en el mercado desde 2022, están diseñadas principalmente para aplicaciones empresariales y profesionales. Ganaron mucho terreno desde la retirada del mercado de las *HoloLens 2*.
* *Apple Vision Pro* [39]: lanzadas al mercado en 2024, son unas gafas de realidad mixta con alto soporte para realidad virtual y realidad aumentada (VST). Hacen especial enfoque en el sector del entretenimiento, siendo propuestas como una “computadora espacial personal” y no como una herramienta de trabajo. Sin embargo, como todos los productos de Apple, tienen un precio elevado que las aleja del usuario promedio.
* *Meta Quest Pro* [40]: comercializadas a partir de 2022, son un HMD de realidad mixta que ofrece experiencias inmersivas VR y AR. Apelan al consumidor promedio, siendo una opción ligeramente menos potente que las anteriores, pero mucho más accesible económicamente.
* Gafas de traducción AI: actualmente, se pueden encontrar varios prototipos degafas inteligentes que, a pesar de parecer normales a simple vista, cuentan con tecnología avanzada capaz de hacer traducciones lingüísticas prácticamente a tiempo real, con soporte para múltiples idiomas. Es un tipo de tecnología que se encuentra más desarrollada y comercializada en China, y su disponibilidad fuera de este país es limitada. Destacan las gafas inteligentes *RayNeo Air* 2 [41], de la marca *Z.Pilot*. Diversos medios apuntan a que las gafas *Huawei Eyewear 2* [42] implementan ese mismo sistema de traducción, y aunque esto no es información contrastada por la propia página web de Huawei*,* son un buen ejemplo de que la inclusión de tecnología AR en elementos cotidianos está cada vez más cerca.

Estos avances demuestran el constante progreso de la realidad aumentada, evidenciando su gran potencial y sugiriendo un futuro en el que su uso sea algo cotidiano, accesible y perfectamente entrelazado con la vida diaria, un futuro en el que lo virtual y lo real se fusionen de manera continua y natural, mediante dispositivos simples y al alcance de todos. Aunque todavía hay muchos retos y obstáculos que superar antes de que esto sea posible, no es un disparate pensar que este futuro podría llegar antes de lo previsto, sobre todo teniendo en cuenta la situación actual de la inteligencia artificial, que está ampliando los horizontes y acelerando la adopción de la tecnología AR en la sociedad [43].

**3.5. – Realidad Aumentada aplicada a videojuegos y juegos de mesa**

A la realidad aumentada le queda todavía un largo trecho que recorrer en el sector del entretenimiento. Como se ha dicho anteriormente, la mayoría de los dispositivos comercializados especializados en este tipo de tecnología no tienen un buen recibimiento en el ámbito cotidiano, pues sus características hacen que sean potentísimas herramientas de trabajo para ciertos sectores y visto como una mala inversión para el consumidor promedio, el cual no tiene a su disposición casos de uso lo suficientemente interesantes como para adquirir un dispositivo AR, cuyos precios raramente bajan de las cuatro cifras. Esto, sin embargo, no significa que no existan juegos que exploten esta tecnología, pues varios títulos como *Young Conker* o *Fragments*, ambos disponibles para las *HoloLens* de Microsoft, basan su jugabilidad enteramente en la realidad aumentada. No obstante, dichas propuestas fracasaron, lo que es obvio teniendo en cuenta esa alta barrera económica y la falta de promoción que se les dio. Ambos problemas tienen un origen común: a los fabricantes de dispositivos AR no les interesa venderlos como formas de entretenimiento. Desde 2016 hasta 2020, de las veintitrés publicaciones o trabajos de investigación totales relacionados con las *HoloLens*, trece eran del campo médico y las diez restantes del campo de la ingeniería; ninguno se acercaba siquiera al sector del entretenimiento [44]. Inclusive, desde la propia página web de las *HoloLens* los videojuegos son enumerados en apenas dos ocasiones como una pequeña posibilidad, dentro de una sección que explica cómo buscar, instalar y desinstalar aplicaciones de la tienda [45].

Por esta razón, los juegos AR actuales tienden a hacer uso de tecnología barata y altamente accesible [46]: móviles, tablets y, como mucho, portátiles. El problema que surge a raíz de eso es una clara falta de popularidad debido a lo “toscos” o anticuados que se ven: mientras que el mercado de los videojuegos avanza a un ritmo desmesurado y los nuevos títulos explotan las características de la plataforma en la que se comercializan, los juegos de realidad aumentada se ven relegados a unos dispositivos para los cuales no están pensados, con un nivel de cómputo mucho inferior al que necesitarían para poder ofrecer experiencias realmente interesantes o atractivas que no se queden atrás respecto al resto del sector [47]. Es más, desarrollar aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles es ciertamente complejo, sobre todo para pequeñas empresas desarrolladoras. Poniendo como ejemplo un juego de AR desarrollado en Unity, el primer desafío llegaría a la hora de elegir el SDKde trabajo: *ARCore* (para Android) o *ARKit* (para iOS). En caso de querer comercializar el producto en ambas plataformas se deberían manejar los dos SDKssimultáneamente, cada uno con sus capacidades y especificaciones (si bien son bastante similares en ciertos aspectos). Tras finalizar un desarrollo en el que la información y documentación necesaria es notoriamente más difícil de encontrar, el juego se podría comercializar tras encontrar una última barrera: no todos los dispositivos modernos soportan todas las funcionalidades AR. Esto es especialmente preocupante en Android, teniendo en cuenta que los dispositivos iOS son del mismo fabricante y suelen compartir características (lo cual simplifica bastante el desarrollo de productos AR en este sistema operativo). Mientras que algunos aspectos funcionan en prácticamente todos los casos, como el uso de la cámara para colocar lo que capte como *background* o fondo del juego, tal y como se hace en *Pokémon GO*, otras características, como el reconocimiento y *tracking* facial, dependen en alta medida del dispositivo, siendo imposible garantizar su funcionamiento.

Esto no quiere decir que la realidad aumentada para dispositivos móviles no sea una solución viable actualmente, pues hay varios casos de uso existentes en los que la utilización de esta tecnología es interesante: aplicaciones educativas, donde ha demostrado conseguir un mayor nivel de participación e incremento del aprendizaje [48], museos con experiencias de realidad extendida, siendo una herramienta de mejora de la experiencia turística [49] o en videojuegos cuyas mecánicas han sido inteligentemente diseñadas para no ser afectadas por las limitaciones computacionales de la plataforma y explotar sus puntos fuertes. El ejemplo más conocido es el ya nombrado anteriormente *Pokémon GO*, que combina de forma excelente el GPS y la cámara del dispositivo para ofrecer una experiencia innovadora que no se aleja demasiado de la línea general de los juegos de Pokémon.

En ese marco de juegos computacionalmente sencillos y mecánicamente interesantes podemos encontrar AR aplicada a juegos de mesa. Este campo, aunque aún está muy poco explorado, está siendo fruto de investigación durante estos últimos años, con propuestas como *CATAN – Tilt Five AR* [50], una versión del famoso juego *CATAN* para realidad aumentada, o la versión AR de *Monopoly*, *ARnopoly* [51]. Esta última, desarrollada para Android, demostró que los juegos de mesa en realidad aumentada para dispositivos móviles son una navaja de doble filo: mientras que los elementos AR inicialmente aumentan la participación y el enganche de los jugadores, el prolongado uso del dispositivo puede provocar fatiga y reducir esos efectos positivos iniciales. Esto manifiesta la necesidad de alterar el juego para acortar su duración o introducir nuevas reglas y mecánicas que eviten los efectos negativos. La conclusión es clara: los esfuerzos para conseguir integrar de forma orgánica y natural la realidad aumentada en los juegos de mesa sin alterar su diseño pasan primero por hacer los dispositivos lo más “invisibles” o imperceptibles posible.

No obstante, no todo se limita a replicar los juegos de mesa ya existentes para AR, sino que varios proyectos e investigaciones buscan crear un híbrido entre juegos de mesa y videojuegos, incluyendo mecánicas propias de estos últimos en un entorno tangible y real, con una jugabilidad similar a la de los juegos de mesa tradicionales. Ese es el caso de *TARBoard* [52], una propuesta que busca hacer los juegos de mesa más interactivos, intuitivos y realistas, sobre todo los juegos de cartas de estrategia y combate, como *Magic: The Gathering*. Para ello, hace uso de dos cámaras, un espejo, una mesa transparente y cartas de juego en cuyo dorso se encuentra un marcador que las identifica. El funcionamiento es el siguiente: una cámara, responsable del *tracking* de los marcadores, se sitúa debajo de la mesa, apuntando hacia un espejo inclinado que le permite ver el área completa de juego sin necesidad de apuntar hacia arriba. La otra cámara, encargada de renderizar los elementos virtuales, se encuentra encima de la mesa, apuntando al área de juego. Los jugadores juegan sus cartas como lo harían normalmente en cualquier juego del género, dejando que la cámara inferior capte los marcadores que las cartas tienen en su dorso. La posición y orientación de los marcadores son enviadas a la cámara superior, sobre la cual se renderiza la información necesaria. El punto débil de *TARBoard* es la presencia de una única vista generada por la cámara superior en lugar de una vista individual para cada jugador, lo que rompe la inmersión y puede llegar a generar ciertas distracciones, efecto no deseable en un juego de estrategia. Además, rompe directamente con un aspecto clave de la realidad aumentada, según Alan B. Craig: "*Un aspecto clave de la realidad aumentada es que se toma en cuenta el punto de vista físico del participante, tal como ocurre en el mundo real*." [22].

Otras propuestas ligeramente más ambiciosas, como *TMAR* [53], buscan introducir nuevas formas de interacción entre los jugadores y los juegos de mesa. En este caso es a través de interfaces tangibles integradas en la mesa de juego, las cuales se relacionan con los elementos del entorno físico y otras interfaces móviles para ofrecer una experiencia que permite a múltiples usuarios compartir información y colaborar en el entorno. Al igual que *TARBoard*, utiliza una cámara bajo la mesa para hacer *tracking* de las manos de los usuarios y otros objetos 3D, con la diferencia de que la tecnología utilizada en este caso es *markerless*. A esa interfaz tangible, considerada el “tablero” del juego, se añaden otras interfaces móviles complementarias que proporcionan funciones adicionales que enriquecen la interacción con el sistema: visualización extendida, manipulación remota y conexión multidispositivo, entre otras. Si bien *TMAR* triunfa respecto a otras propuestas en esconder lo máximo posible los dispositivos para que la interacción sea lo más orgánica y natural posible, fracasa en ofrecer al usuario un entorno de realidad aumentada al alcance de su mano de forma cotidiana.

La creación de productos híbridos entre videojuegos y juegos de mesa a partir de realidad aumentada es, sin lugar a duda, una propuesta muy prometedora que podría dar origen a una nueva forma de entretenimiento y socialización. A pesar de ello, *ARnopoly*, *TARBoard* y *TMAR* son claros ejemplos de que este tipo de juegos, a pesar de estar yendo en la dirección correcta, todavía tienen muchos puntos débiles, muy similares a los de los videojuegos AR: dificultades para integrar o esconder los dispositivos de entrada y salida con el fin de lograr una interacción orgánica, falta de inmersión y tecnología no fácilmente accesible. Lo ideal sería hacer uso de tecnologías ya existentes como *HoloLens* o *Magic Leap*, cosa que actualmente es inviable, al menos hasta que la realidad aumentada se vuelva una tecnología de uso cotidiano.

# Bibliografía

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | M. M. T. E. a. N. S. C. Magerkurth, «Towards the next generation of tabletop gaming experiences,» de *Proc. Graphics Interface 2004*, London, Ontario, Canada, 2004. |
| [2] | H. A. Davidson, A short history of chess, New York, NY, USA: Crown, 2012. |
| [3] | Chess.com, «¿Cuántos jugadores de ajedrez hay en el mundo?,» Chess.com, [En línea]. Available: https://www.chess.com/es/article/view/cuantos-jugadores-de-ajedrez-hay-en-el-mundo. [Último acceso: 19 Abril 2025]. |
| [4] | M. B. A. D. R. M. a. D. P. L. R. D. Gaina, «TAG: A Tabletop Games Framework,» de *AIIDE Workshops*, 2022. |
| [5] | E. P. Mediterráneo, «El sector de los juegos de mesa consolida en 2023 el impulso de la pandemia,» El Periódico Mediterráneo, [En línea]. Available: https://www.elperiodicomediterraneo.com/economia/2023/12/23/sector-juegos-mesa-consolida-2023-96200203.html. [Último acceso: 19 Abril 2025]. |
| [6] | AEVI, «LA INDUSTRIA DEL VIDEOJUEGO EN ESPAÑA EN 2023,» AEVI, [En línea]. Available: https://www.aevi.org.es/web/wp-content/uploads/2024/05/AEVI\_Anuario-2023-2.pdf. [Último acceso: 19 Abril 2025]. |
| [7] | Promusicae, «La música grabada cierra 2023 superando los 500 millones de euros de facturación,» Promusicae, [En línea]. Available: https://www.promusicae.es/noticias/la-musica-grabada-cierra-2023-superando-los-500-millones-de-euros-de-facturacion-n477/. [Último acceso: 20 Abril 2025]. |
| [8] | 20Minutos, «La música en vivo en España facturó en 2023 casi 579 millones de euros, un récord histórico,» 20Minutos, [En línea]. Available: https://www.20minutos.es/noticia/5229915/0/musica-vivo-espana-facturo-2023-casi-579-millones-euros-un-record-historico/. [Último acceso: 20 Abril 2025]. |
| [9] | M. d. C. d. España, «Datos y estadísticas - Cine - Ministerio de Cultura,» Ministerio de Cultura de España, [En línea]. Available: https://www.cultura.gob.es/cultura/areas/cine/datos.html#:~:text=En%202023%2C%20el%20cine%20en,4%20millones%20de%20euros%20recaudados.. [Último acceso: 20 Abril 2025]. |
| [10] | D. Mackay, The Fantasy Role-Playing Game: A New Performing Art, McFarland, 2017. |
| [11] | A. C. Alvarado y A. J. P. d. l. Maza, Ficción y videojuegos: teoría y práctica de la ludonarración, 2020. |
| [12] | S. Sgandurra, «Our player friend here... they already hold the key...’: Redefining Genre Limits in Inscryption,» de *Abstract Proceedings of DiGRA 2023 Conference: Limits and Margins of Games*, 2023. |
| [13] | M. C. G. P. a. F. T. F. Arena, «An Overview of Augmented Reality,» *Computers,* vol. 11, p. 28, 2022. |
| [14] | P. M. a. H. Colquhoun, «A taxonomy of real and virtual world display integration,» de *Mixed Reality: Merging Real and Virtual Worlds*, 1999, pp. 1-26. |
| [15] | M. T. Review, «Augmented Reality Gets to Work,» MIT , 24 Febrero 2014. [En línea]. Available: https://www.technologyreview.com/2014/02/24/173872/augmented-reality-gets-to-work/. [Último acceso: 14 Abril 2025]. |
| [16] | J. L. Ordóñez, «Realidad virtual y realidad aumentada,» *Revista digital de ACTA,* vol. 6, 2020. |
| [17] | J. López, «La realidad sobre la realidad virtual,» *Sobre Ruedas,* vol. 5, pp. 10-15, 2017. |
| [18] | B. Furht, Handbook of Augmented Reality, Springer Science & Business Media, 2011. |
| [19] | İ. S. a. S. Çankaya, «Augmented reality: historical development and area of usage,» *Journal of Educational Technology and Online Learning,* vol. 2, pp. 118-133, 2019. |
| [20] | M. O. Z. L. M. Z. B. a. R. L. M. P. Das, «Augmented reality video games: new possibilities and implications for children and adolescents,» *Multimodal Technologies and Interaction,* vol. 1, p. 8, 2017. |
| [21] | M. M. a. A. Lemieux, «Augmented reality: Applications, challenges and future trends,» *Applied Computational Science,* vol. 20, pp. 205-214, 2014. |
| [22] | A. B. Craig, Understanding augmented reality: Concepts and applications., 2013. |
| [23] | A. Visser, «Survey of XML Languages for Augmented Reality Content,» de *Proceedings of AR Standardization Forum*, Barcelona, 2011. |
| [24] | A. Developer, «ARKit 6 - Augmented Reality,» Apple, [En línea]. Available: https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/. [Último acceso: 16 Abril 2025]. |
| [25] | G. f. Developers, «ARCore,» Google, [En línea]. Available: https://developers.google.com/ar?hl=es-419. [Último acceso: 16 Abril 2025]. |
| [26] | S. B. S. K. M. M. A. K. K. Dargan, «Augmented reality: A comprehensive review,» *Archives of Computational Methods in Engineering,* vol. 30, pp. 1057-1080, 2023. |
| [27] | C. R. Bello, «La realidad aumentada: lo que debemos conocer,» *Tecnología Investigación y Academia,* vol. 5, pp. 257-261, 2017. |
| [28] | I. A. C. G. M. A. R. a. G. R. P. Cipresso, «The past, present, and future of virtual and augmented reality research: a network and cluster analysis of the literature,» *Frontiers in Psychology,* vol. 9, p. 2086, 2018. |
| [29] | C. O. a. C. F. S. Ibáñez‐Sánchez, «Augmented reality filters on social media. Analyzing the drivers of playability based on uses and gratifications theory,» *Psychology & Marketing,* vol. 39, pp. 559-578, 2022. |
| [30] | E. L. H. Z. H. T. Z. a. S. T. W. J. Xiong, «Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives,» *Light: Science & Applications,* vol. 10, p. 216, 2021. |
| [31] | T. J. a. M. C. t. Dieck, Augmented reality and virtual reality, Springer International Publishing AG, 2018. |
| [32] | Steam, «Steam VR Hardware,» Valve Corporation, [En línea]. Available: https://store.steampowered.com/vrhardware/. [Último acceso: 17 Abril 2025]. |
| [33] | J. L. R. J. P. M. d. S. L. M. G. a. J. M. C. Alves, «Future perspectives in healthcare: An analysis of augmented reality and spatial computing in hospital environments,» *Procedia Computer Science,* vol. 238, pp. 932-937, 2024. |
| [34] | S. A. a. T. Jung, «The AR cloud: Navigating metaverse augmentation technologies for enhanced co-creation of value within services,» *Journal of Service Research,* 2024. |
| [35] | D. R. C. D. V. F. M. P. A. B. a. M. d. P. G. A. Barone Rodrigues, «WebAR: A web-augmented reality-based authoring tool with experience API support for educational applications,» de *Universal Access in Human–Computer Interaction. Designing Novel Interactions: 11th International Conference, UAHCI 2017, Held as Part of HCI International 2017*, Vancouver, BC, Canada, 2017. |
| [36] | L. Chitra, Artificial Intelligence Meets Augmented Reality, BPB Publications, 2019. |
| [37] | Microsoft, «Microsoft HoloLens,» Microsoft, [En línea]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/hololens/. [Último acceso: 18 Abril 2025]. |
| [38] | M. Leap, «Magic Leap 2 | Augmented Reality | Optics Technology,» Magic Leap, 2022. [En línea]. Available: https://www.magicleap.com/magic-leap-2. [Último acceso: 18 Abril 2025]. |
| [39] | Apple, «Apple Vision Pro,» Apple, 2024. [En línea]. Available: https://www.apple.com/apple-vision-pro/. [Último acceso: 18 Abril 2025]. |
| [40] | Meta, «Meta Quest Pro: gafas de realidad mixta premium,» Meta, 2022. [En línea]. Available: http://meta.com/es/quest/quest-pro/?srsltid=AfmBOopDmgOk7D8evBrj-CSHG8C3A8h2rWpBZ7VSxIbtVlpYtJBaLFV6. [Último acceso: 18 Abril 2025]. |
| [41] | Z.Pilot, «zpilot - zpilot Store,» Z.Pilot, [En línea]. Available: https://zpilots.com/. [Último acceso: 18 Abril 2025]. |
| [42] | HUAWEI, «HUAWEI Eyewear 2,» HUAWEI, 2024. [En línea]. Available: https://consumer.huawei.com/en/audio/huawei-eyewear-2/. [Último acceso: 18 Abril 2025]. |
| [43] | Z. Bassyouni y I. H. Elhajj, «Augmented reality meets artificial intelligence in robotics: A systematic review,» *Frontiers in Robotics and AI,* vol. 8, 2021. |
| [44] | S. B. a. Y. C. S. Park, «Review of Microsoft HoloLens applications over the past five years,» *Applied Sciences,* vol. 11, p. 7259, 2021. |
| [45] | Microsoft, «Microsoft HoloLens,» Microsoft, [En línea]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/hololens/. [Último acceso: 15 Abril 2025]. |
| [46] | L. C. J. a. P. A. M. Ma, «Future trends of virtual, augmented reality, and games for health,» de *Virtual, augmented reality and serious games for healthcare 1*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2014, pp. 1-6. |
| [47] | T. H. a. S. Feiner, «Mobile augmented reality,» de *Telegeoinformatics: Location-based computing and services*, 2004, pp. 221-260. |
| [48] | M. B. A. N. D. A. H. a. M. H. A. R. D. Nincarean, «Mobile augmented reality: The potential for education,» *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* vol. 103, pp. 657-664, 2013. |
| [49] | M. C. t. D. H. L. a. N. C. T. Jung, «Effects of virtual reality and augmented reality on visitor experiences in museum,» de *Information and communication technologies in tourism 2016: Proceedings of the international conference in Bilbao, Spain, February 2-5, 2016*, Springer International Publishing, 2016, pp. 621-635. |
| [50] | Xataka, «El clásico juego de mesa Catan dará el salto a la realidad aumentada: así será ‘Catan — Tilt Five AR’,» Xataka, 5 Junio 2023. [En línea]. Available: https://www.xataka.com/literatura-comics-y-juegos/clasico-juego-mesa-catan-dara-salto-a-realidad-aumentada-asi-sera-catan-tilt-five-ar. [Último acceso: 15 Abril 2025]. |
| [51] | A. B. A. D. a. N. A. B. E. Chitti, «ARnopoly: exploring strengths and weaknesses of AR experience enhancing board games,» *Proceedings of the Third Workshop on Artificial Intelligence for Human-Machine Interaction (AIxHMI 2024),* pp. 44-50, 2024. |
| [52] | W. W. a. J. L. W. Lee, «Tarboard: Tangible augmented reality system for table-top game environment,» *2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications, PerGames,* vol. 5, 2005. |
| [53] | M. B. a. W. W. S. Na, «TMAR: Extension of a tabletop interface using mobile augmented reality,» *Transactions on Edutainment I,* pp. 96-106, 2008. |