

GRAMATICAS SOCIALES DE LA VIRTUALIDAD 2024

Un año de investigación: Informe sobre las tendencias y hallazgos clave en la investigación sobre Realidad Extendida.

Laboratorio de Realidad Extendida
Annenberg
Universidad de Pensilvania
Volumen 02: Mayo de 2024
[sitio web](#)

CONTENIDO

Introducción al Segundo Número	03
<i>Katerina Girginova, Katie Rawson, Maxwell Foxman, Jeffrey Vadala, Kyle Cassidy</i>	
Mapeo del conocimiento de la literatura sobre realidad extendida en 2023	09
<i>Editors' Note: This essay was amended in January 2025 due an oversight in the initial query criteria.</i>	
Teorías en XR, 2023	23
<i>Maxwell Foxman, Shane Burrell, Md Waseq Rahman Ur</i>	
El lenguaje de las tecnologías y experiencias de realidad extendida	42
<i>Katerina Girginova</i>	
Avances en tecnologías XR	51
<i>Jeffrey Vadala</i>	
Innovación comercial 2023: un resumen del año	82
<i>Kyle Cassidy</i>	

INTRODUCCIÓN AL SEGUNDO NÚMERO

Katerina Girginova, Katie Rawson, Maxwell Foxman, Jeffrey Vadala, Kyle Cassidy

¡Bienvenidos al segundo número de Gramáticas Sociales de la Virtualidad! Este es un informe anual, dedicado a rastrear y analizar críticamente los desarrollos en la investigación de realidad extendida (que comprende realidad aumentada, mixta y virtual). Examinamos una amplia gama de publicaciones académicas y tenemos un gran interés en buscar avances en las ciencias sociales y formas de conocimiento arraigadas en los estudios de comunicación y medios, áreas que consideramos fundamentales para la construcción de conocimiento de realidad extendida (XR), pero que aún están subrepresentadas en el trabajo existente.

En este número, los lectores encontrarán un mapeo de conocimiento de todas las publicaciones XR revisadas por pares disponibles en inglés en 2023 (un total de 8,906 artículos, un número ambicioso para el lector más ávido, incluso cuando usa ChatGPT). El mapeo del conocimiento examina las geografías de la producción de conocimiento, los temas clave de investigación, los medios de publicación y la financiación, y proporciona un resumen de alto nivel de las tendencias de investigación. A esto le siguen capítulos que brindan una inmersión más profunda en las teorías, tecnologías, metodologías y lenguaje que se encuentran en la investigación de XR en 2023. El informe concluye con una descripción general de la innovación comercial a lo largo de 2023: un anaálisis de importantes desarrollos en tecnología que a menudo desembocan en futuros trabajos académico.

Dos nuevos desarrollos en nuestro informe de este año incluyen la capacidad de comparar los hallazgos con los del año anterior, 2022, y un enfoque en las intersecciones entre XR y la inteligencia artificial (IA). Muchos de los capítulos mencionan comparativamente las tendencias encontradas en la literatura en 2022 y destacan las discontinuidades entre ambos años. Esperamos que a medida que sigamos publicando estos informes, las tendencias anuales se vuelvan más pronunciadas y las oportunidades de investigación sean más fáciles de identificar. Además, dada la reciente explosión de herramientas de IA generativa disponibles públicamente, este número prestó especial interés en cómo y en qué medida la IA apareció en la investigación de XR en 2023. Por lo tanto, a cada uno de nuestros contribuyentes se le asignó la tarea de notar la presencia o falta de la IA en su capítulo específico.

HALLAZGOS CLAVE

1. Las publicaciones en ciencias sociales (aquellas que examinan los diversos contextos sociales e impactos de la adopción de XR) representaron poco más del 11% de la producción total de investigación en XR en 2023 y experimentaron el mayor crecimiento en todas las disciplinas de investigación respecto del año pasado.
2. La investigación sobre realidad aumentada también experimentó un crecimiento significativo en 2023, reflejando más fielmente las tendencias del mercado a nivel mundial, donde la realidad aumentada (RA) sigue siendo el medio de uso más popular en 2023, con unos 1.400 millones de dispositivos de usuarios móviles activos proyectados,[1] en comparación con 21,8 millones de cascos de realidad virtual.[2]
3. La educación, incluido el aprendizaje en el aula y la capacitación en tareas específicas, sigue siendo el área más prolífica de la investigación en ciencias sociales. También es una de las principales áreas de investigación en el contexto de otras disciplinas, como la atención sanitaria.
4. Meta está perdiendo participación de mercado y está surgiendo rápidamente una gran cantidad de herramientas XR de software y hardware nuevas y especializadas, incluidas aquellas respaldadas por IA.

RECOMENDACIONES PARA INVESTIGADORES Y PROFESIONALES DE XR

- La construcción de teorías en torno a la XR es limitada, pero es posible que no siempre sean necesarias nuevas teorías. Una mirada más cercana al trabajo existente en los mundos virtuales o las artes (dos áreas con una larga tradición de investigación sobre la virtualidad) puede proporcionar un terreno fructífero y sinergias para nuevos trabajos.
- La investigación XR, y ahora sus interconexiones con la IA, sigue siendo un tema prioritario a nivel nacional con oportunidades globales de financiamiento. Posteriormente, quienes busquen financiamiento tal vez deseen ampliar su mirada.
- Las áreas más prolíficas de la investigación de XR siguen arraigadas en la atención sanitaria y la informática, pero hay un amplio margen para la colaboración con campos adyacentes, como lo demuestra la presencia de temas como la educación y la formación en todos los contextos.

Los capítulos de este informe pueden leerse individualmente, para aquellos con un enfoque particular en el trabajo de XR, o pueden leerse secuencialmente para brindar una descripción más amplia de los esfuerzos de investigación en curso. El informe sigue siendo un recurso gratuito y de calidad para la comunidad académica y profesional interesada en el campo y está disponible en inglés y español. Esperamos que este informe represente un paso valioso para llevar la comunicación y, en términos generales, las voces de las ciencias sociales al primer plano de las conversaciones sobre XR en la sociedad -y hacerlo de una manera accesible. Consideramos nuestro trabajo como una conversación con investigadores de XR a nivel mundial. Esperamos que disfrute leyéndolo y que se ponga en contacto para continuar esa conversación.

BIOGRAFÍAS DE AUTORES

La Dra. Katerina Girginova es coeditora de Gramáticas Sociales de la Virtualidad y Cofundadora/Directora del Laboratorio de Realidad Extendida Annenberg (AER) de la Universidad de Pensilvania. Escribe sobre la lógica de cómo los medios, las audiencias, los cuerpos y los eventos globales migran a diversos ámbitos virtuales. Antes de unirse a la Universidad de Pensilvania, Katerina trabajó en varias organizaciones de medios y le gusta combinar perspectivas creativas y críticas en la producción de medios.

La Dra. Katie Rawson es directora sénior de Servicios y Operaciones de la Biblioteca y codirectora de Tecnología de la Información y los Medios en la Escuela de Comunicación Annenberg de la Universidad de Pensilvania. Ha ocupado puestos en el ámbito de la investigación digital, la innovación en el aprendizaje y la publicación. Ha publicado sobre conservación de datos, colaboración académica, métodos computacionales y cultura alimentaria. Ya sea que estudie modelos de datos o cocineros de comida rápida, su investigación se centra en las formas de conocimiento.

El Dr. Maxwell Foxman es profesor asistente de estudios de medios y estudios de juegos en la Escuela de Periodismo y Comunicación de la Universidad de Oregón. Su investigación se centra en cómo los juegos impactan a los medios no relacionados con los juegos y a las industrias afiliadas, incluido el periodismo, los deportes electrónicos y la XR. Foxman es coautor de *Mainstreaming y periodismo de juegos* (MIT Press) con David B. Nieborg. Su investigación ha aparecido en *New Media & Society*, *Social Media + Society*, y *Digital Journalism*, entre otras publicaciones.

El Dr. Jeffrey Vadala es un investigador en el campo de la neuroestética y la antropología y se centra en cómo la arquitectura da forma a la experiencia y la cognición humanas. Mediante el uso de realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR), realidad mixta (MR) e inteligencia artificial (IA), estudia cómo los humanos crean y experimentan el espacio y el lugar. Como director del Laboratorio de VR de Penn Neurology, el Dr. Vadala enseña y dirige proyectos que integran VR, RA e IA para estudiar cómo los humanos perciben y responden a diferentes entornos arquitectónicos.

Kyle Cassidy es cofundador y director del Laboratorio de Realidad Extendida (AER) Annenberg de la Universidad de Pensilvania y ha escrito sobre tecnología desde principios

de los años 1990. Es autor de varios libros sobre informática y ha sido editor colaborador de la revista *Videomaker* durante dos décadas. Ha ganado cuatro premios Keystone de Periodismo y en 2020 ganó el premio Modelo de Excelencia de la Universidad de Pensilvania por su trabajo en realidad virtual.

El Dr. Waseq Rahman es profesor adjunto en el Departamento de Ciencias de la Computación, Diseño y Periodismo de la Universidad de Creighton. Su principal interés es el entretenimiento mediático. Su investigación se centra en el uso de los juegos y la participación de los espectadores en contextos de comunicación estratégica desde una perspectiva psicológica de los medios.

Shane Burrellis es estudiante de doctorado en Estudios de Juegos en la Escuela de Periodismo y Comunicación de la Universidad de Oregón. La investigación de Shane trata sobre la relación que tienen los usuarios de la realidad virtual con sus personajes virtuales. Shane investiga esto a través de una lente crítica y pospositivista, utilizando métodos mixtos y enfoques fundamentados. La investigación de Shane se centra en los usos de tecnologías y medios innovadores mientras los examina a través del paradigma de la psicología de los medios.

MAPEO DEL CONOCIMIENTO DE LA LITERATURA SOBRE REALIDAD EXTENDIDA EN 2023

Editors' Note: This essay was amended in January 2025 due an oversight in the initial query criteria. The use of the term "AR" falsely included material from the biomedical sciences that were not about extended reality. See the revised, corrected query in footnote 4.

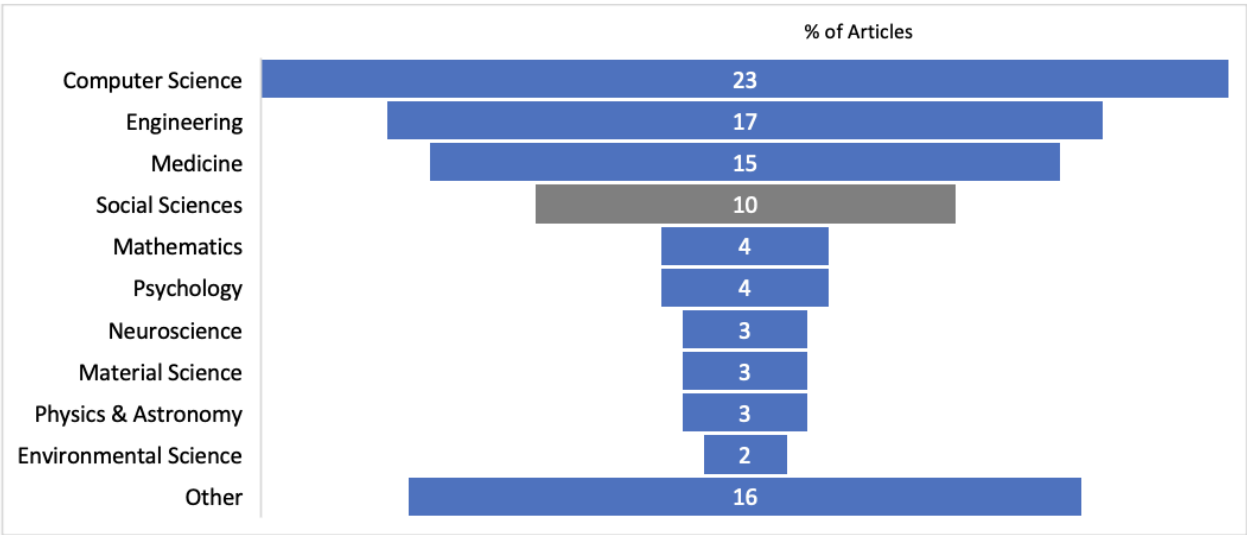
1. Cifra de Statista Reports: <https://www.statista.com/statistics/1098630/global-mobile-augmented-reality-ar-users/>
2. Figura de Statista Reports: <https://www-statista-com.proxy.library.upenn.edu/forecasts/1331896/vr-headset-sales-volume-worldwide>

INTRODUCCIÓN

En esta sección se ofrece una descripción general de la creación de conocimiento sobre la realidad extendida (XR) en 2023. XR es un término general que abarca las tecnologías y experiencias de realidad aumentada, mixta y virtual. En esta sección se destacan las tendencias clave, como las geografías de la producción de conocimiento, los temas de investigación, los autores y los medios de difusión, y las fuentes de financiación a nivel de las ciencias sociales y, a propósito de comparación, en otras disciplinas.

Una búsqueda [1] en la base de datos Scopus arroja un total de 8906 artículos revisados por pares en inglés en 2023, que abarcan 11 áreas temáticas principales (tenga en cuenta que algunos artículos están clasificados en varias categorías disciplinarias).

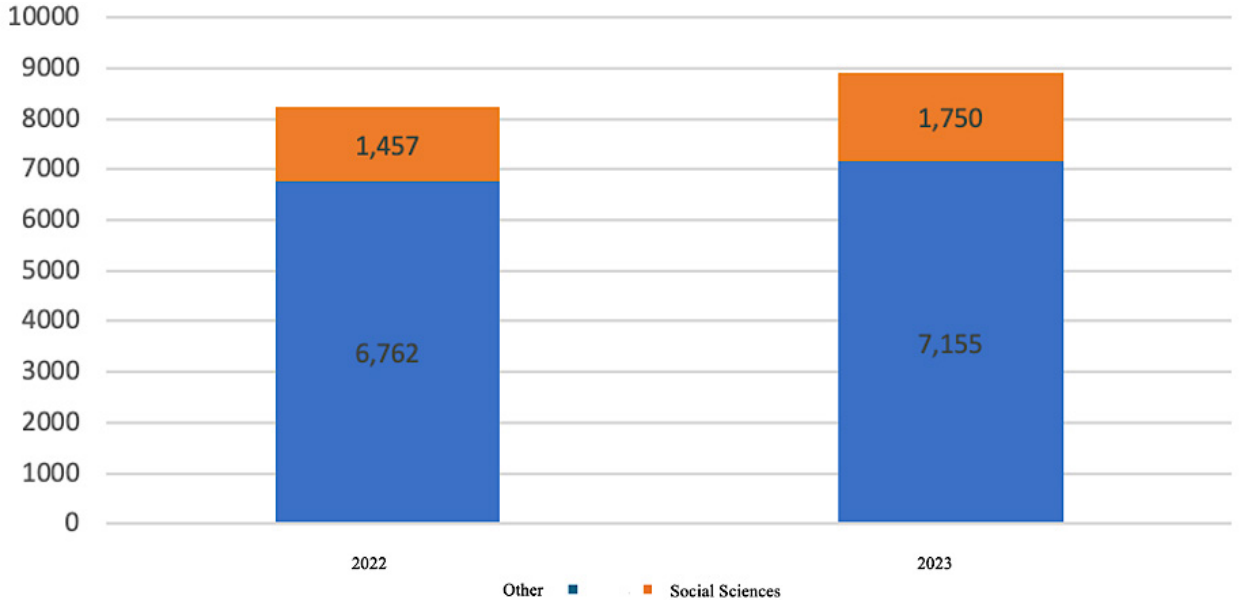
Figura 1: Publicaciones por disciplina en 2023



De este total, 1.750 o un poco más del 11% fueron clasificados como pertenecientes a las ciencias sociales, lo que representa un aumento respecto de 2022, cuando 1.457 o un poco menos del 10% se designaron como pertenecientes a las ciencias sociales. Según las designaciones proporcionadas por la base de datos Scopus, el área temática de ciencias sociales experimentó el mayor crecimiento durante el último año, mientras que

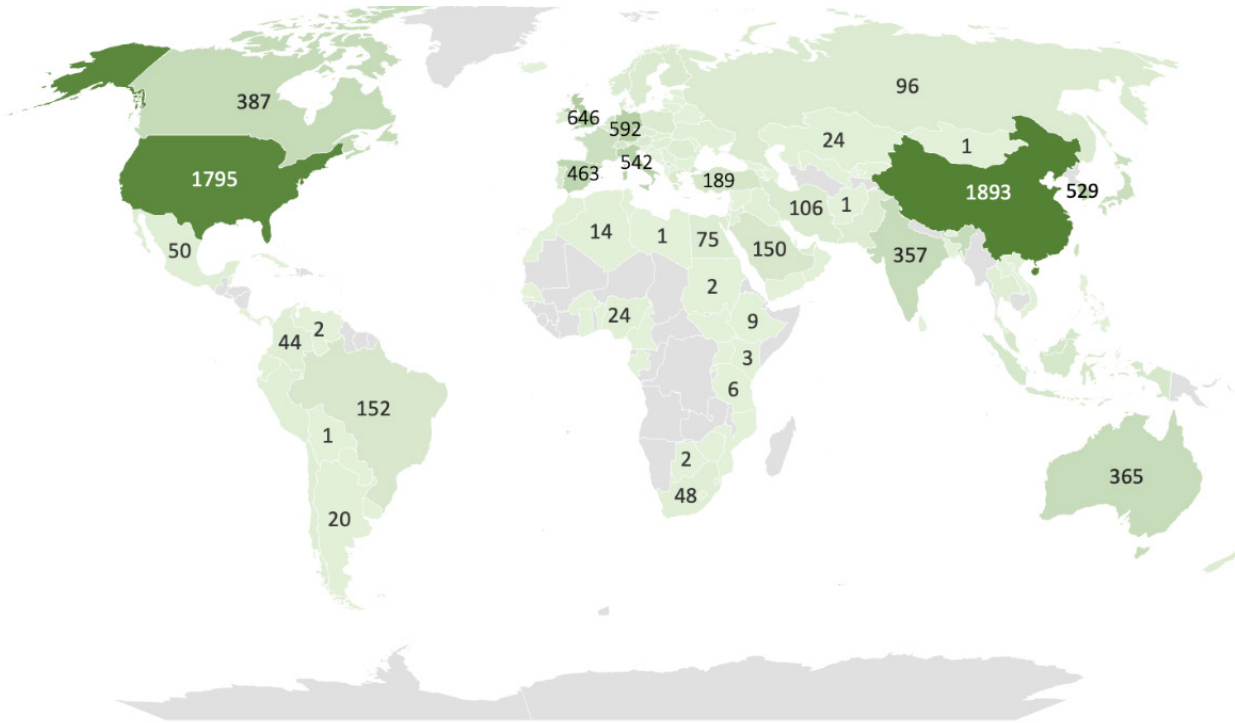
otras, como medicina, que se encontraba entre las áreas temáticas más prolíficas de 2022, experimentaron un pequeño descenso.

Figura 2: Crecimiento de las publicaciones en ciencias sociales 2022-2023



China fue la principal fuente de todas las publicaciones sobre XR en inglés, seguida de cerca por Estados Unidos. Esta tendencia se invierte significativamente en el contexto de las ciencias sociales, donde Estados Unidos fue la principal fuente intelectual, seguida de China en segundo lugar. Estos resultados son similares a los del año pasado; sin embargo, la brecha entre la producción sobre XR de Estados Unidos y China en ambos contextos se ha reducido ligeramente.

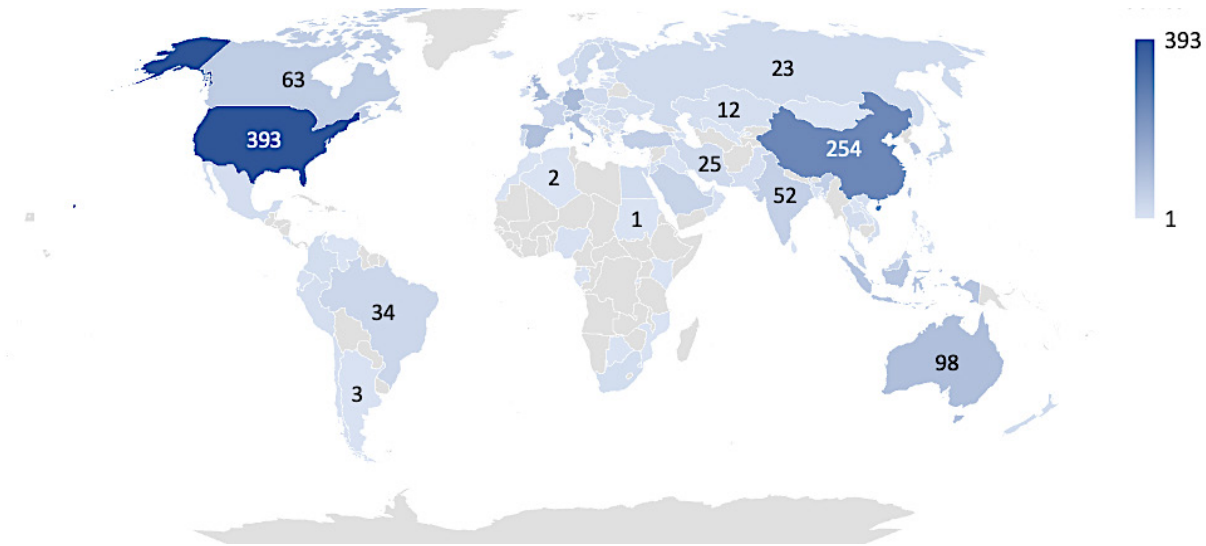
Figura 3: Número de artículos sobre XR publicados en todas las disciplinas en 2023



Los temas clave en la producción total sobre XR de todos los países fueron educación y aprendizaje, informática y medicina. La investigación de los EE. UU. se centró principalmente en aplicaciones médicas y de salud de XR (33% de la producción total), mientras que la producción de China se centró en ingeniería y ciencias de la computación (casi el 60% de

la producción total). Otros países en la lista de los 10 lugares más prolíficos de producción de conocimiento siguieron patrones similares, pero con un énfasis temático menos pronunciado.

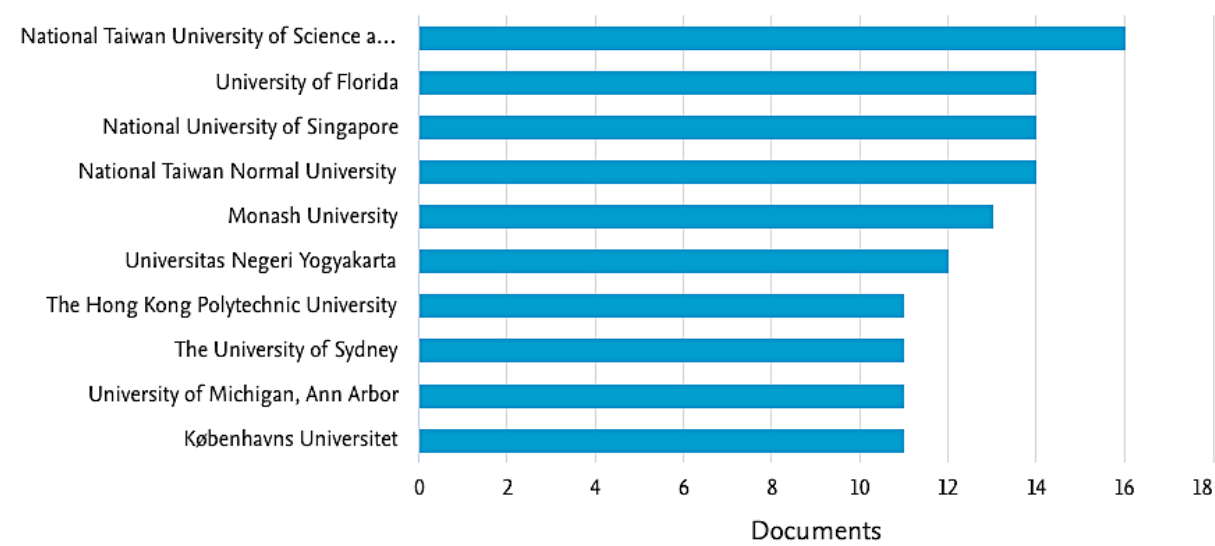
Figura 4: Número de artículos XR publicados en ciencias sociales en 2023



AUTORÍA Y AFILIACIONES

Alrededor del 9,5 % de todos los artículos fueron coescritos, lo que indica altos niveles de colaboración dentro de la investigación sobre XR. Cuatro de las cinco principales afiliaciones de publicación siguen siendo organismos de nivel nacional, lo que indica un interés continuo del Estado en la investigación sobre XR (por orden de publicación: Ministerio de Educación de la República Popular China (357), Academia China de Ciencias (350) y CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (261)). Al igual que en 2022, ninguna institución o autor en particular dominó la producción de investigación, ya que la principal afiliación representó poco menos del 2 % del total de artículos publicados sobre XR en 2023.

Figura 5: Afiliaciones institucionales dentro de las ciencias sociales



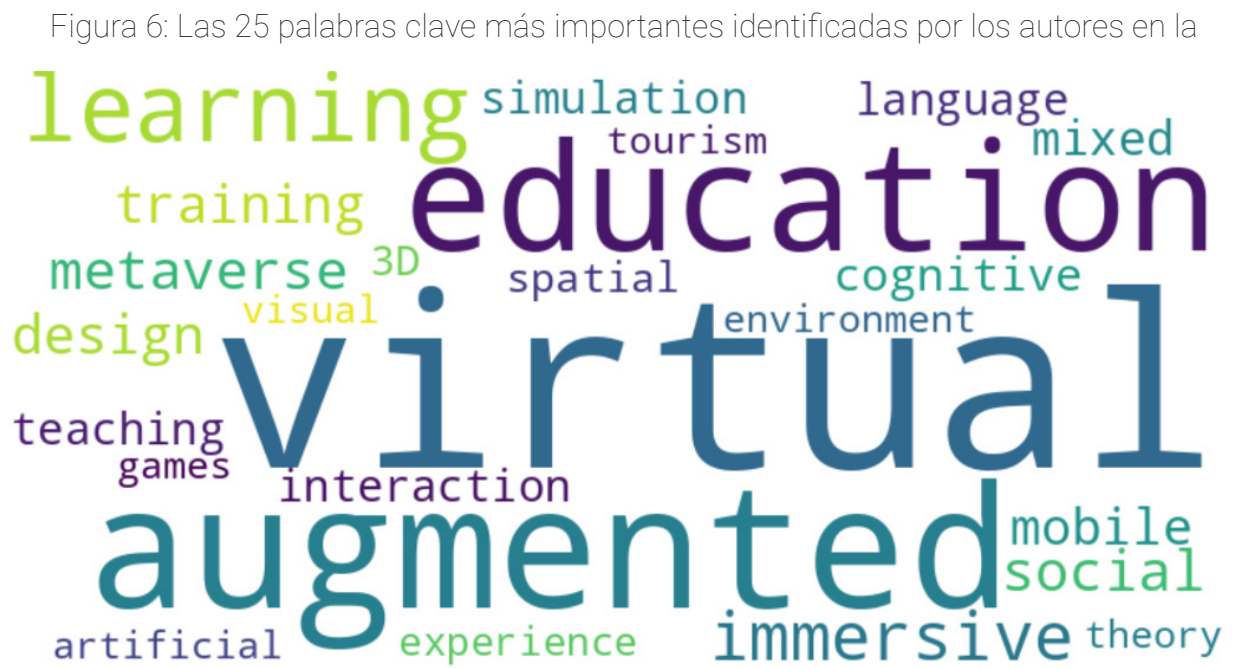
La investigación en ciencias sociales también fue altamente colaborativa, con más del 80% de los artículos escritos en coautoría en promedio. Las instituciones más prolíficas para la investigación están radicadas en Asia Oriental y el Pacífico e incluyen la Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Taiwán y la Universidad Normal Nacional de Taiwán, ambas muy cercanas a las empresas líderes mundiales del país en desarrollo y fabricación de tecnología. La Universidad Nacional de Singapur, la Universidad Politécnica de Hong Kong, la Universitas Negeri Yogyakarta, la Universidad Monash y la Universidad de Sydney también figuran en esta lista. Aunque existe más investigación aplicada como el uso de

XR en el transporte y la arquitectura urbana, así como investigación más crítica como las investigaciones sobre datos y privacidad (particularmente emanadas de Australia), el área común clave de investigación en estas instituciones es el aprendizaje utilizando tecnologías XR. Mientras que algunos resultados están dirigidos a tareas que requieren recursos significativos para la capacitación en el mundo real, la mayoría apunta a mejorar experiencias más comunes como el aprendizaje en el aula y la retención de conocimientos generales.

En Estados Unidos, la Universidad de Florida, que es la institución líder en producción sobre XR en el país, también se beneficia de su proximidad a los centros de ingeniería, aeroespacial y entretenimiento de Florida, lo que indica una estrecha sinergia en la industria de XR. Una vez más, ninguna institución o autor en particular dominó la producción de investigación, ya que la principal afiliación representó solo 16 artículos, lo que sería menos del 1% de la producción total de ciencias sociales en 2023. Por lo tanto, las tendencias detectadas a nivel de institución individual siguen siendo bastante pequeñas.

PALABRAS CLAVE

Una vista panorámica de una lista seleccionada de palabras clave identificadas por el autor puede señalar y reforzar las tendencias en la investigación en 2023.



Palabra	Frecuencia	Palabra	Frecuencia
virtual	940	idioma	53
aumentada	393	enseñanza	52
educación	299	interacción	52
aprendiendo	284	espacial	44
inmersivo	125	3D	44
social	85	experiencia	44
metaverso	79	ambiente	42
diseño	76	turismo	42
capacitación	73	artificial	41
móvil	69	juegos	40
mezclado	61	teoría	39
cognitivo	57	visual	38
simulación	54		

En las ciencias sociales y en otros ámbitos, la educación y el aprendizaje fueron áreas clave de investigación. Sin embargo, una diferencia clave fue el contexto en el que se produjo el aprendizaje. En las ciencias sociales, se hizo hincapié en el aprendizaje en el aula con una variedad de aplicaciones en la vida real. En las demás disciplinas, se hizo hincapié en la medicina y la salud, como lo ejemplifican palabras clave adicionales

FUNDING AND ACCESS

como “cirugía”. Otras diferencias notables en las ciencias sociales incluyen un énfasis en la teoría, el juego y el turismo, mientras que las palabras clave presentes en las otras disciplinas indican un mayor énfasis en los entornos experimentales.

Las experiencias de realidad aumentada (RA), que se basan en gran medida en la interacción de contenido digital y del mundo real, también ocuparon un lugar más destacado que el año pasado entre las áreas clave de investigación en las ciencias sociales y más allá. Este hallazgo está en línea con los avances de la industria. El metaverso y la inteligencia artificial también tuvieron una aparición notable en las dos muestras.

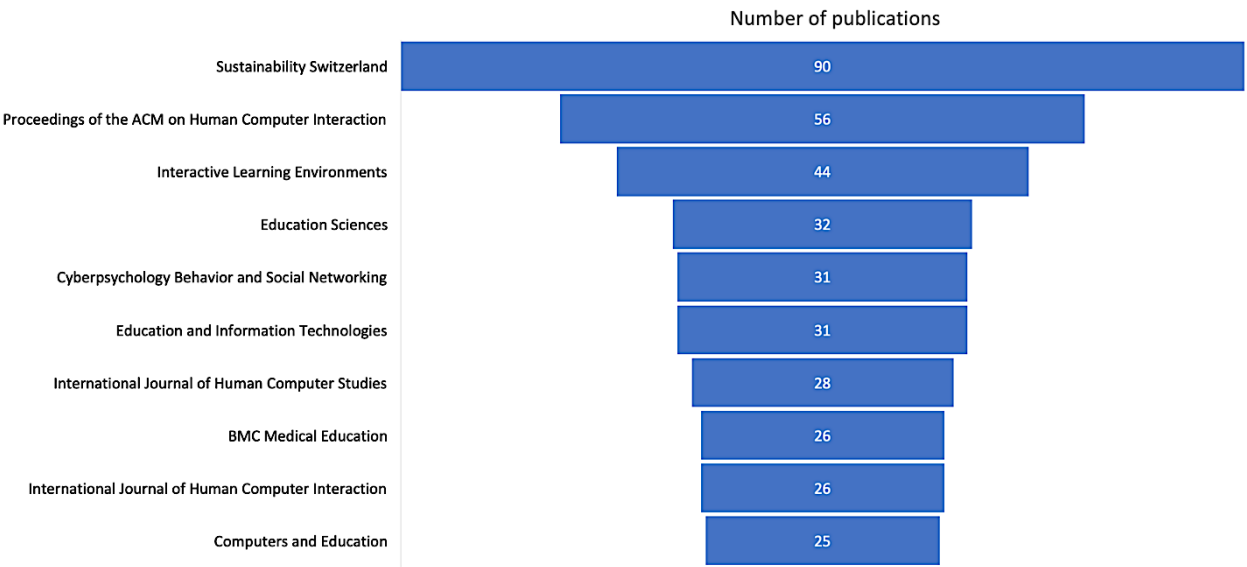
Figura 7: Las 25 palabras clave más importantes identificadas por los autores en todas

Palabra clave del autor	Frecuencia	Palabra clave del autor	Frecuencia
virtual	40,384	social	2.800
aumentada	13,901	profundo	2.660
aprendizaje	13,301	cognitivo	2.580
educación	7,590	visual	2.590
diseño	4.780	rehabilitación	2.650
interacción	4.620	móvil	2.550
simulación	4.330	inteligencia artificial	2.450
capacitación	4.360	computación	2.480
inmersivo	3.980	salud	2.360
red	3.880	cirugía	2.300
metaverso	3.190	usuario	2.180
modelo	2.970	espacial	1.990
experiencia	2.860		

MEDIOS DE PUBLICACIÓN

El gráfico que aparece a continuación de las diez principales revistas que publican investigaciones sobre XR es muy similar al del año pasado. En comparación, las principales revistas de otras disciplinas se centran más en la tecnología, incluidos los sensores y los gráficos por computadora.

Figura 8: Los 10 principales medios de publicación de ciencias sociales las disciplinas



Las principales revistas analizadas en el resto del informe Social Grammars of Virtuality pertenecen a una combinación de ciencias sociales y otras disciplinas, según la clasificación de Scopus. A modo de comparación, esta es su producción en cifras: Virtual Reality (153 artículos), Frontiers in Virtual Reality (91 artículos), Presence: Virtual and Augmented Reality (13 artículos) y Virtual Creativity (13 artículos).

FINANCIACIÓN Y ACCESO

Alrededor del 60% de las publicaciones de todas las disciplinas recibieron algún tipo de financiación. En las ciencias sociales, la tasa de financiación de las publicaciones ronda el 50%.

La Fundación de Ciencias Naturales de China y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Taiwán fueron los dos principales organismos de financiación de la investigación en ciencias sociales, y la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos ocupó el tercer lugar. Esto es interesante porque, si bien China ha financiado casi el doble de proyectos sobre XR en ciencias sociales, Estados Unidos sigue siendo la principal región geográfica para publicaciones en ciencias sociales, aunque esta brecha se ha reducido en 2023.

Figura 9: Principales agencias de financiación de la investigación en ciencias sociales en

Agencia de financiación	Número de subvenciones
Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China, China	49
Ministerio de Ciencia y Tecnología de Taiwán	33
Fundación Nacional de Ciencias, EE. UU.	29
Comisión Europea, Unión Europea	28
Fundación Nacional de Investigación de Corea, Corea	27
Ministerio de Educación de Corea	26
Programa Marco Horizonte 2020, Unión Europea	20
Fondos de Investigación Fundamental para las Universidades Centrales de China	14
Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Unión Europea	13
Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Popular China, China	13

TEORÍAS EN XR, 2023

Maxwell Foxman, Shane Burrell, Md Waseq Rahman Ur

Toda la financiación de la investigación de los 10 principales patrocinadores se produjo a nivel nacional y hubo un número notable de proyectos que examinaron la realidad aumentada, las aplicaciones móviles, el metaverso y la inmersión sensorial. La Fundación de Ciencias Naturales de China y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Taiwán financiaron proyectos educativos, varios de los cuales se centraron en el aprendizaje del idioma inglés. También hubo algunos trabajos sobre turismo y varios proyectos que utilizaron la realidad aumentada para abordar cuestiones urbanas. Además de lo que se puede describir en términos generales como proyectos educativos, la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos financió trabajos sobre percepciones psicológicas y usos éticos de la realidad aumentada.

En todas las disciplinas y, en particular, en las ciencias sociales, más del 60 % de los artículos son de acceso abierto. Esta cifra supone una mejora con respecto al nivel de acceso abierto en 2022, que rondaba el 50 % en las ciencias sociales específicamente (el nivel de acceso abierto en otras disciplinas volvió a ser superior al 60 %). No obstante, el acceso abierto del 50-60 % aún deja mucho margen para avanzar en la democratización del conocimiento sobre XR , en particular dado el interés demostrado a nivel nacional en el tema.

1. La siguiente consulta de cadena se actualizó y se utilizó en Scopus el 24 de noviembre de 2024 para obtener los resultados:

TÍTULO-ABS-CLAVE ("XR" O "realidad extendida" O "realidad virtual" O "realidad aumentada" O "VR" O "realidad mixta") Y PUBYEAR = 2023 Y (LIMIT-TO (SRCTYPE , "j")) Y (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) Y (LIMIT-TO (DOCTYPE , " ar ")) Y (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) Y (EXCLUIR (SUBJAREA , "BIOC") O EXCLUIR (SUBJAREA , "PHAR") O EXCLUIR (SUBJAREA , "IMMU"))

En 2023, las teorías no se debatieron de manera destacada en algunas de las revistas más prolíficas de la realidad extendida (XR, por sus siglas en inglés). Todo el equipo editorial de Social Grammars of Virtuality leyó y analizó todos los artículos del año de Frontiers in Virtual Reality (N = 91), Presence (N = 13), Virtual Creativity (N=13), y Virtual Reality (N=153).[1] [2] Elegimos estas revistas por su enfoque prolongado y específico en la realidad virtual. El equipo complementó este cuerpo de literatura con recomendaciones (N=12) from Convergence, New Media and Society, y medios similares que se destacaron como contraejemplos de las tendencias generales. Como autores de la sección de teoría, analizamos colectivamente los artículos, de manera inductiva y cualitativa, codificándolos para identificar teorías comunes y cómo se usaron en los artículos, reuniéndonos para comparar nuestros hallazgos como es común en este tipo de investigaciones (por ejemplo, Nowell et al., 2017). Las publicaciones de este corpus se concentraron en la ejecución práctica y la utilidad de XR en campos que van desde la medicina, la educación y la moda hasta las artes. Virtual Reality dedicó gran parte de su primer número de 2023 a la administración del medio en terapia y rehabilitación. Frontiers in Virtual Reality cubrió temas de investigación como el estado de las mujeres en la industria de XR, simulaciones médicas y visualización. Muchos estudios investigaron cómo los medios inmersivos podrían estimular reacciones fisiológicas, por ejemplo, se probó la percepción del tacto en lecciones STEM (Johnson- Glenberg et al., 2023), y también se observó el sentido de personificación de los estudiantes de secundaria cuando emplean la realidad virtual—para aprender a hablar en público (Valls - Ratés et al., 2023).

En este capítulo, primero explicamos los principales grupos de teorías que se encuentran dentro de este corpus. Centrada principalmente en las respuestas físicas y emocionales de los usuarios a la tecnología, la más pronunciada invocación de teorías rodeó el cibermalestar (cybersickness) o la incomodidad física que siente uno al ponerse visualizadores montados en la cabeza (HMD). Al mismo tiempo, otros estudios hicieron referencia indirecta a las teorías cognitivas y afectivas. A continuación, volvemos a las teorías destacadas del volumen del año pasado de Social Grammars. (Foxman, 2023). Conceptos centrales como presencia, personificación y avatares fueron poco mencionados. Esto señala la normalización de las teorías básicas de XR cuya efectividad parece darse por sentada y sin explicación justificada. Luego discutimos cómo el contexto más amplio dentro del cual se utiliza y adopta la XR no ha llevado a la inclusión de teorías críticas/culturales, ni al desarrollo de conceptos novedosos para cuestionar la utilidad de la XR más allá del impacto físico

TEMAS CLAVE: CIBERMALESTAR, COMPORTAMIENTO COGNITIVO Y EMOCIÓN

directo. Finalmente, nuestra bibliografía comentada muestra artículos de nuestra colección que contribuyen a las teorías existentes o las aprovechan para trabajos novedosos.

Dado que el cibermalestar sigue siendo un problema cotidiano, la especulación más explícita dentro del corpus que analizamos este año giró en torno a la afección provocada por el uso de un HMD e incluye síntomas como “fatiga visual, dolor de cabeza, palidez, sudoración, boca seca, estómago lleno, desorientación, mareos, ataxia (coordinación de movimientos), náuseas y cansancio” (Souchet et al., 2023, p. 19) . Las teorías para explicar el malestar están codificadas y son abundantes. Un artículo abordó la teoría del desajuste neuronal, o la idea de que el cibermalestar “se produce debido a un conflicto sostenido entre las entradas visuales y vestibulares” para evaluar los efectos secundarios físicos de la realidad mixta (Kirolos & Merchant, 2023) . Muchos citaron trabajos que giran en torno a la teoría del movimiento sensorial, que predice “el cibermalestar por realidad virtual y su impacto en el rendimiento visomotor mediante rotaciones de la cabeza y la (in)dependencia del campo” (Maneuvrier et al., 2023) . También se expresaron postulados vinculados: la teoría del reordenamiento sensorial sugería un desajuste neuronal entre las experiencias actuales y pasadas (Jeong et al., 2023); la teoría del conflicto vertical subjetivo postuló un “conflicto entre la vertical subjetiva o esperada con respecto a la experiencia previa y la vertical percibida a partir de la información sensorial entrante” (Chung & Barnett-Cowan, 2023, p. 2037) ; y la teoría de la inestabilidad postural equiparaba el malestar con la incapacidad de mantener la postura (Chung y Barnett-Cowan, 2023) . Otros conceptos incluyeron la teoría de la evolución/teoría del veneno, que supone que la reacción corporal surge de la adaptación al “veneno”; teoría del proceso dual, que apunta a la fatiga potencial que surge al mirar imágenes estereoscópicas; la teoría transaccional del estrés; y teorías de contingencias sensoriomotoras (Souchet et al., 2023), entre otras. Muchas de las teorías citadas tienen historias de décadas de duración, a las que los autores harían referencia. Por ejemplo, Palmisano et al. (2022) proporcionan una definición y una revisión en profundidad del cibermalestar en su estudio que prueba cómo la orientación y caída de la posición de la cabeza pueden predecir el malestar. Su trabajo hace referencia a análisis anteriores de la simulación de realidad virtual (por ejemplo, Howarth y Costello, 1997), así como a la literatura fundamental sobre las muchas dimensiones que rodean la teoría del conflicto sensorial aplicada a la cinetosis (Ca, 1931).

Estos ejemplos también indican la gran amplitud de nociones que intentan explicar el cibermalestar, enfatizando la inversión y la importancia vital de remediar el fenómeno. Las náuseas producidas por la XR siguen siendo problemáticas y una de las barreras importantes para su adopción. Souchet et al. (2023) señalan que el cibermalestar persiste

sin importar el HMD utilizado y, sin una teoría unificadora, sigue siendo algo impredecible y una “preocupación para los trabajadores que usan la realidad virtual”. Dado que también es una reacción corporal que se puede medir, se encuestó mediante diversos cuestionarios como el Simulator Sickness Questionnaire (p. ej., Fantin et al., 2023) o la subescala de sentimientos negativos del inventario ITC-Sense of Presence (p. ej., Breves & Stein, 2023). Sin embargo, la búsqueda para solucionar este problema no resuelto todavía se basa en supuestos normativos, en particular la ética de promover una tecnología que parece causar estos síntomas y la perspectiva de que alguna vez pueda “solucionarse”.

Si bien se hizo referencia explícita a las teorías del cibermalestar, se implicó conceptos para comprender el efecto de la realidad virtual en la cognición y el comportamiento, bajo títulos como “efectos cognitivos” (Carpio et al., 2023). En algunos casos se adoptaron enfoques específicos como la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (Radhakrishnan et al., 2023) o la “teoría” de la carga cognitiva. Este último marco establece que un “aumento de las cargas cognitivas intrínsecas y extrañas en paralelo con una disminución de la carga cognitiva relevante puede explicar el menor rendimiento en el aprendizaje por vídeo como se informa con otra multimedia” (Chao et al., 2023, p. 645). La XR se consideró un factor mediador y una forma de mejorar los problemas cognitivos en la terapia para personas discapacitadas, con demencia o con otras afecciones como ansiedad facial, trastorno de estrés postraumático o estrés debido a la quimioterapia. Se tendió a exponer suposiciones más amplias con respecto a mecanismos específicos de la tecnología: un artículo investigó, por ejemplo, cómo la mayor sensación de presencia de la realidad virtual podría reducir la ansiedad y calmar la turbulencia emocional (Buche et al., 2023); otro comparó tres estrategias de locomoción para explicar la intuición (Ganapathi y Sorathia, 2023). En conjunto, estos trabajos sugieren que la XR podría tener algún efecto cognitivo, aunque sin un respaldo teórico profundo.

Las explicaciones del impacto afectivo y emocional fueron igualmente turbias. Algunos artículos vincularon la cognición y el afecto (p. ej., Takac et al., 2023); vincularon las emociones a la “teoría de la dimensión afectiva”, que establece valores para medir el interés de los estudiantes (Y. Lin et al., 2023); o planteó la “Teoría de la Magnitud” que propone que la información en el cerebro se procesa a través de sistemas de magnitud (p. ej., Sadeghi et al., 2023). Otros estudios conectaron las disposiciones afectivas con el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), que presenta cómo se acepta la tecnología en función de percepciones

de utilidad y facilidad de uso (p. ej., Wong et al., 2023). En general, la XR se posicionó ampliamente como un paliativo para problemas sociales, emocionales y afectivos. Un artículo en *Virtual Creativity* articuló la poética de la experiencia virtual inmersiva trazando un paralelo con la autotrascendencia obtenida con un alucinógeno como la ayahuasca (Miller et al., 2023). Sin embargo, hubo una falta de claridad o uniformidad en el reconocimiento de las ramificaciones emocionales y psicológicas de la tecnología. En cambio, se calcularon medidas fisiológicas (p. ej., Høeg et al., 2023; Sadeghi et al., 2023). Algunos artículos evocaron la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología (UTAUT) para estudiar el cibermalestar (Souchet et al., 2023; Voinescu et al., 2023), la aceptación de la realidad virtual en entornos educativos (Karaoglan -Yilmaz et al., 2023; Ustun et al., 2022) y para el entrenamiento en prevención de infecciones (Désiron et al., 2023). UTAUT integra teorías anteriores centradas en la aceptación tecnológica, la motivación y la acción razonada de modo que las condiciones, las expectativas con respecto al esfuerzo y el desempeño y la influencia social se tengan en cuenta en la forma en que las personas adoptan tecnologías novedosas. Sin embargo, su aplicación, que incorpora algunos componentes emocionales y cognitivos, todavía refleja la escasez de uniformidad y el énfasis en la cuantificación al intentar distinguir la importancia afectiva de la realidad virtual en estas revistas.

REVISANDO LOS CONCEPTOS CLÁSICOS DE XR: PRESENCIA, PERSONIFICACIÓN Y AVATARES

El informe del año pasado (Foxman, 2023) destacó el predominio de lo que podrían considerarse conceptos “clásicos” en torno al potencial de la realidad virtual: la presencia o sensación de “estar allí” (Heeter, 1992); la personificación, o capacidad de “cambiar el carácter o la perspectiva” (Lachmair et al., 2022; véase también Slater, 2017); y el uso de avatares o una “representación gráfica de un usuario en un mundo virtual” (J. Lin & Latoschik, 2022; ver también Bailenson et al., 2004). Si bien están presentes en toda la literatura, estos conceptos no estaban profundamente teorizados ni eran dominantes en las discusiones. Por ejemplo, el estudio antes mencionado que examina la orientación física de la cabeza para comprender el cibermalestar definió la presencia como lo hicimos anteriormente: como “estar allí” (Palmisano et al., 2023). La falta de especificidad implica que se supone que tales conceptos son fundamentales para las experiencias inmersivas, lo que hace que la teorización y el razonamiento sean menos necesarios dentro de las comunidades académicas. La presencia también se manifestó en escalas y mediciones para analizar todo, desde el entrenamiento en seguridad contra incendios (Ristor et al., 2023) hasta los ejercicios inmersivos (Høeg et al., 2023). Se ideó y utilizó una escala de 20 puntos para medir “¿Cuánto se siente usted como si estuviera allí?” (Palmisano et al., 2023, p. 1299). Sin embargo, como el concepto continúa debatiéndose por falta de claridad teórica (p. ej., Latoschik y Wienrich, 2022; Murphy y Skarbez, 2022; Slater et al., 2022), estas definiciones serias parecen carecer de matices. Algunos artículos hicieron un esfuerzo por lograr una mayor complejidad: por ejemplo, analizando la presencia a través de la fenomenología (Kelly, 2023); o profundizando en cómo las diferencias demográficas impactan en la experiencia de los usuarios (Martingano et al., 2023).

De manera similar, los artículos sobre avatares se concentraron menos en el desarrollo teórico y más en la funcionalidad (por ejemplo, González Morin et al., 2023). Los académicos presentaron una biblioteca de diversos avatares para uso público (Do et al., 2023). Otros utilizaron avatares para replicar condiciones como alucinaciones auditivas en personas con esquizofrenia (García et al., 2023) o para combatir la ansiedad inducida por hablar en público (Valls-Ratés et al., 2023). Sin embargo, las discusiones sobre teorías relacionadas, como el efecto Proteus, — el fenómeno en el cual las personas se ajustan a sus avatares en los mundos virtuales—fueron escasas (p. ej., Beyea et al., 2022; Sakuma et al., 2023). Este fue también el caso del concepto asociado de gemelos digitales. Este término ha encontrado una tracción particular para trabajos industriales, más que teóricos,

incluidos estudios de simulaciones de tráfico (Rundel & De Amicis, 2023), aplicaciones XR (Tu et al., 2023) o, más imaginativamente, sobre el entorno natural (Harrington, 2023).

Buscar una terminología más general en estos conceptos demuestra que, en lugar de debatir significados, los autores de los artículos analizados los utilizan regularmente para explicar mecanismos en su investigación. La presencia, la personificación y los avatares se reconocen como componentes inherentemente prácticos que separan a la XR de otros medios. Parte de este posicionamiento puede basarse en los temas en los que se centró este año: medicina, terapia, ingeniería y educación, que dominaron las propuestas de Virtual Reality de 2023 y requieren más trabajo práctico y aplicado que debate teórico.

CONTEXTUALIZANDO LA TEORÍA Y EL TRABAJO FUTURO

En el corpus estudiado para este volumen, el desarrollo de la teoría sirvió para obtener resultados físicos, sociales y emocionales. En la mayoría de los estudios, los investigadores pusieron en práctica las teorías asociándolas con ejemplos materiales y funciones corporales en lugar de debatir los contextos más amplios que rodean el desarrollo y la difusión de la XR. Los conceptos relacionados con la realidad virtual, como presencia, inmersión y personificación simplemente se normalizan al adaptar la tecnología a otros campos. Esto implica que los conceptos de XR se comprenden mejor que nunca. Hay alguna evidencia de esto: por ejemplo, Reaver (2023) recurrió a teorías de planificación participativa al recopilar aportes sobre planificación urbana en Oslo, Noruega, durante cinco semanas, por parte de jóvenes participantes armados con dispositivos habilitados para AR (por ejemplo, teléfonos inteligentes, tabletas), y fue capaz de hacerlo con facilidad. También existe claramente una profunda fuente de conocimiento sobre la que se basan estos estudios pragmáticos. Por ejemplo, Martingano et al. (2023) proporcionan una historia teórica detallada de la presencia en su estudio, en términos de diferencias demográficas.

Por muy alentadora que pueda ser esta adopción generalizada, estos artículos aún necesitan desplegar teoría para comprender cuestiones como el trabajo, la industria o el impacto cultural. La XR se aborda más como una herramienta agnóstica con un conjunto estándar de teorías psicológicas y sociales para explicar su implementación, al menos en las revistas seleccionadas para este análisis. Sin embargo, tratar la tecnología como tal es preocupante considerando la proliferación de XR, como lo demuestran los numerosos ejemplos aplicados que identificamos. Sería ventajoso para los académicos examinar los estados psicológicos, las cuestiones culturales (por ejemplo, género, clase) y las consecuencias sociales (por ejemplo, adopción y aceptación) que surgen a medida que la XR se insinúa en la vida cotidiana. Actualmente, la mayoría de los trabajos excluyen estos análisis en la búsqueda de la implementación, lo que significa que los supuestos ideológicos sobre los HMD probablemente seguirán "fijados" (Foxman, 2019, 2022) sin un debate significativo.

Afortunadamente para los estudiosos de la XR, existen teorías que pueden complicar los supuestos normativos. Estudios más antiguos han abordado muchas de estas preocupaciones, desde la articulación de la virtualidad en las artes de Susan Langer (1953) hasta las concepciones de Brenda Laurel (1993) de los medios inmersivos a través de la lente del diseño. También existe una importante cantidad de literatura de principios de la

década de 2000 sobre la socialización en mundos virtuales utilizando plataformas como Second Life (e.g., Boellstorff, 2015; , Boellstorff et al., 2012; Davis & Boellstorff, 2016). Si bien uno o dos artículos en nuestras lecturas hicieron referencia a esto en términos de metaverso y marketing (p. ej., Dudley et al., 2023; Ramadan, 2023)[3], dicho trabajo permanece ausente en la mayoría de los estudios. Sin embargo, volver a este trabajo y a sus perspectivas teóricas añadiría un contexto muy necesario sobre cómo los diferentes grupos culturales (por ejemplo, género, discapacidad, raza, ingresos) utilizan estas tecnologías. También muestran que la practicidad puede extenderse a otras aplicaciones, incluido el marketing, los medios y las comunicaciones, y la formación de comunidades.

Además, este año están surgiendo algunas teorías críticamente fundamentadas sobre la difusión más amplia de XR. Por ejemplo, Whittaker (2023) aborda el problema actual de la "inducción" a los HMD mediante incorporación. Sin embargo, quizás el lugar donde la teorización está creciendo más rápidamente es el impacto social más amplio del "metaverso". Dado que se promueve que esta iteración particular de XR ocupa potencialmente todas las partes de la vida y la comunicación cotidianas, los académicos están comenzando a teorizar sobre cómo puede alterar una amplia variedad de temas sociales: la "verdad fáctica" y la memoria (Bay, 2023), desafíos de políticas públicas (Mosco, 2023) y la economía a través de tokens no fungibles (NFT) (Scheiding, 2023). Este trabajo se suma a la literatura que invoca la economía política y la teoría cultural para investigar las industrias que difunden la XR (p. ej., Chia, 2022; Egliston & Carter, 2022). En última instancia, estos debates resaltan las amplias oportunidades continuas para emplear una rica teoría más allá de la aplicación práctica a medida que conocemos la XR más íntimamente y se arraiga en nuestra sociedad.

ebates highlight the continued ample opportunities for employing rich theory beyond practical application as we get to know XR more intimately and it becomes entrenched in our society.

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

Los siguientes artículos, seleccionados del corpus analizado de este año, abarcan una amplia variedad de temas, desde avatares hasta periodismo, y amplían las posibilidades teóricas de cómo se representan los humanos en entornos virtuales.

Beyea, D., Ratan, R. R., Lei, Y. S., Liu, H., Hales, G. E. & Lim, C. (2022). A New Meta-Analysis of the Proteus Effect: Studies in VR Find Stronger Effect Sizes. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 31, 189–202. https://doi.org/10.1162/pres_a_00392

Beyea et al. (2022) revisan 56 estudios cuantitativos sobre el Efecto Proteus (mentioned above). Prestaron mucha atención a los tamaños de los efectos, el tamaño de la muestra, el método mediante el cual estos artículos utilizaron el efecto Proteus en su trabajo y el potencial de p-hacking. En última instancia, el trabajo ofrece a los futuros académicos recomendaciones sobre áreas del Efecto Proteus que aún no se han investigado, específicamente, los factores moderadores que inician el Efecto Proteus y los factores potenciales asociados con la identificación del avatar.

Ghosh, R., Feijóo-García, P. G., Stuart, J., Wrenn, C. & Lok, B. (2023). Evaluating face gender cues in virtual humans within and beyond the gender binary. Frontiers in Virtual Reality, 4(August), 1–10. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1251420>

En este estudio exploratorio, Ghosh et al. examinó el impacto de la expresión de género en el espacio de trabajo virtual. Dado que cada vez más instituciones utilizan espacios de trabajo inmersivos para colaboraciones y reuniones, los académicos observaron cómo se puede percibir el género a través de la expresión de avatares virtuales. Los hallazgos del estudio de los autores indicaron que, si bien los avatares masculinos o femeninos tendían a adaptarse a la expresión de género de los usuarios, este no era el caso de los individuos no binarios. Los resultados de este estudio amplían cómo se pueden utilizar los medios inmersivos para expresar representaciones de género, agregando así una capa de matices a los usos de los medios inmersivos en la fuerza laboral.

Lin, C. C., & Hsu, Y. C. (2023). The new ethical thinking in CGI immersive journalism. Convergence, 29(4), 1033–1053.

Si bien es algo específico de un campo, el trabajo de Lin y Hsu proporciona un modelo excelente para un enfoque teóricamente complejo y empíricamente rico para estudiar XR. Los autores abordan la noción conceptualmente complicada de cómo se puede representar

la “realidad” en el periodismo inmersivo utilizando imágenes generadas por computadora (CGI). Para ello, regresan a ejemplos históricos de las teorías antiguas y medianamente antiguas que rodean la hiperrealidad y la virtualidad. Luego, para explorar las implicaciones éticas que rodean tales preocupaciones, informan los resultados con entrevistas y encuestas con profesionales en el Reino Unido y Taiwán para ver cómo se representa la verdad en las historias en CGI. El resultado es un modelo valioso para comprender la realidad, la virtualidad y los debates prácticos sobre cómo esto puede afectar a los creadores de noticias.

Won, A. S., & Davis, D. Z. (2023). Your money or your data: Avatar embodiment options in the identity economy. Convergence.

Won y Davis enfrentan una paradoja inherente al despliegue de avatares: en teoría, los usuarios deberían tener posibilidades casi ilimitadas con respecto al avatar que eligen personificar. Sin embargo, este potencial a menudo está profundamente restringido por lo que describen como la “economía de la identidad encarnada”, que vincula las posibilidades a las prerrogativas económicas y de plataforma. Para abordar esta cuestión, sugieren un marco de personificación del avatar basado en el equilibrio de la coherencia y la discrepancia entre la identidad física y la experiencia frente a la autopresencia. Su trabajo proporciona un modelo valioso para comprender la complicada relación con los avatares que puede surgir a medida que encuentran un mayor uso profesional, social y personal.

REFERENCIAS

Bailenson, J. N., Beall, A. C., Loomis, J., Blascovich, J., & Turk, M. (2004). Transformed social interaction: Decoupling representation from behavior and form in collaborative virtual environments. *Presence*, 13(4), 428–441.

Bay, M. (2023). Arendt in the Metaverse: Four properties of eXtended Reality that imperil factual truth and democracy. *Convergence*, 29(6), 1698–1712.

Beyea, D., Ratan, R. (robby), Lei, Y. (skylar), Liu, H., Hales, G. E., & Lim, C. (2022). A new meta-analysis of the Proteus effect: Studies in VR find stronger effect sizes. *Presence*, 31, 189–202.

Boellstorff, T. (2015). *Coming of Age in Second Life*. Princeton University Press.

Boellstorff, T., Nardi, B., Pearce, C., Taylor, T. L., & Marcus, G. E. (2012). *Ethnography and Virtual Worlds: A Handbook of Method*. Princeton University Press.

Breves, P., & Stein, J.P. (2023). Cognitive load in immersive media settings: the role of spatial presence and cybersickness. *Virtual Reality*, 27(2), 1077–1089.

Buche, H., Michel, A., & Blanc, N. (2023). When virtual reality supports patients' emotional management in chemotherapy. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1294482>

Ca, C. (1931). The psychology of seasickness. *Psyche*, 11, 86–90.

Carpio, R., Baumann, O., & Birt, J. (2023). Evaluating the viewer experience of interactive virtual reality movies. *Virtual Reality*, 27(4), 3181–3190.

Chao, Y.P., Kang, C.J., Chuang, H.H., Hsieh, M.J., Chang, Y.C., Kuo, T. B. J., Yang, C. C. H., Huang, C.G., Fang, T.J., Li, H.Y., & Lee, L.A. (2023). Comparison of the effect of 360° versus two-

dimensional virtual reality video on history taking and physical examination skills learning among undergraduate medical students: a randomized controlled trial. *Virtual Reality*, 27(2), 637–650.

Chia, A. (2022). The metaverse, but not the way you think: game engines and automation beyond game development. *Critical Studies in Media Communication*, 39(3), 191–200.

Chung, W., & Barnett-Cowan, M. (2023). Sensory reweighting: a common mechanism for subjective visual vertical and cybersickness susceptibility. *Virtual Reality*, 27(3), 2029–2041.

Davis, D. Z., & Boellstorff, T. (2016). Compulsive Creativity: Virtual Worlds, Disability, and Digital Capital. *International Journal of Communication Systems*, 10(0), 23.

Désiron, J. C., Petko, D., Lapaire, V., Ullrich, C., & Clack, L. (2023). Using virtual reality to train infection prevention: what predicts performance and behavioral intention? *Virtual Reality*, 27(2), 1013–1023.

Do, T. D., Zelenty, S., Gonzalez-Franco, M., & McMahan, R. P. (2023). VALID: a perceptually validated Virtual Avatar Library for Inclusion and Diversity. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1248915>

Dudley, J., Yin, L., Garaj, V., & Kristensson, P. O. (2023). Inclusive Immersion: a review of efforts to improve accessibility in virtual reality, augmented reality and the metaverse. *Virtual Reality*, 27(4), 2989–3020.

Egliston, B., & Carter, M. (2022). "The metaverse and how we'll build it": The political economy of Meta's Reality Labs. *New Media & Society*, 146144482211197.

Fantin, L., Ceyte, G., Maini, E., Hossu, G., & Ceyte, H. (2023). Do individual constraints induce flexibility of visual field dependence following a virtual immersion? Effects of perceptive style and cybersickness. *Virtual Reality*, 27(2), 917–928.

Foxman, M. (2019). United We Stand: Platforms, Tools and Innovation With the Unity Game Engine. *Social Media + Society*, 5(4), 2056305119880177.

Foxman, M. (2022). Gaming the system: Playbour, production, promotion, and the metaverse. *Baltic Screen Media Review*, 10(2), 224–233.

Foxman, M. (2023). Theories in XR, 2022. In K. Girginova, K. Cassidy, M. Foxman, M. O'Donnell, & K. Rawson (Eds.), *Social Grammars of Virtuality* (Vol. 1, pp. 18–30). University of Pennsylvania.

Ganapathi, P., & Sorathia, K. (2023). User elicited gesture-based locomotion techniques for immersive VEs in a seated position: a comparative evaluation. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1169654>

García, A. S., Fernández-Sotos, P., Vicente-Querol, M. A., Sánchez-Reolid, R., Rodríguez-Jimenez, R., & Fernández-Caballero, A. (2023). Co-design of avatars to embody auditory hallucinations of patients with schizophrenia. *Virtual Reality*, 27(1), 217–232.

Gonzalez Morin, D., Gonzalez-Sosa, E., Perez, P., & Villegas, A. (2023). Full body video-based self-avatars for mixed reality: from E2E system to user study. *Virtual Reality*, 27(3), 2129–2147.

Harrington, M. C. R. (2023). Virtual nature makes knowledge beautiful. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1100540>

Heeter, C. (1992). Being There: The Subjective Experience of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(2), 262–271.

Høeg, E. R., Bruun-Pedersen, J. R., Cheary, S., Andersen, L. K., Paisa, R., Serafin, S., & Lange, B. (2023). Buddy biking: a user study on social collaboration in a virtual reality exergame for rehabilitation. *Virtual Reality*, 27(1), 245–262.

Howarth, P. A., & Costello, P. J. (1997). The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, 18(2), 107–116.

Jeong, D., Paik, S., Noh, Y., & Han, K. (2023). MAC: multimodal, attention-based cybersickness prediction modeling in virtual reality. *Virtual Reality*, 27(3), 2315–2330.

Johnson-Glenberg, M. C., Yu, C. S. P., Liu, F., Amador, C., Bao, Y., Yu, S., & LiKamWa, R. (2023). Embodied mixed reality with passive haptics in STEM education: randomized control study with chemistry titration. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1047833>

Karaoglan-Yilmaz, F. G., Yilmaz, R., Zhang, K., & Ustun, A. B. (2023). Development of educational virtual reality attitude scale: A validity and reliability study. *Virtual Reality*, 27(3), 1875–1885.

Kelly, N. J. (2023). Using interpretative phenomenological analysis to gain a qualitative understanding of presence in virtual reality. *Virtual Reality*, 27(2), 1173–1185.

Kirollos, R., & Merchant, W. (2023). Comparing cybersickness in virtual reality and mixed reality head-mounted displays. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1130864>

Lachmair, M., Fischer, M. H., & Gerjets, P. (2022). Action-control mappings of interfaces in virtual reality: A study of embodied interaction. *Frontiers in Virtual Reality*, 3. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.976849>

Langer, S. K. (1953). *Feeling and form*. Routledge and Kegan Paul London.

Latoschik, M. E., & Wienrich, C. (2022). Congruence and plausibility, not presence: Pivotal conditions for XR experiences and effects, a novel approach. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 694433.

Laurel, B. (1993). *Computers as Theatre* (Reprint edition). Addison-Wesley Professional.

Lin, J., & Latoschik, M. E. (2022). Digital body, identity and privacy in social virtual reality: A systematic review. *Frontiers in Virtual Reality*, 3. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.974652>

Lin, Y., Lan, Y., & Wang, S. (2023). A method for evaluating the learning concentration in head-mounted virtual reality interaction. *Virtual Reality*, 27(2), 863–885.

Maneuvrier, A., Nguyen, N.-D.-T., & Renaud, P. (2023). Predicting VR cybersickness and its impact on visuomotor performance using head rotations and field (in)dependence. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1307925>

Martingano, A. J., Duane, J.N., Brown, E., & Persky, S. (2023). Demographic differences in presence across seven studies. *Virtual Reality*, 27(3), 2297–2313.

Miller, N., Desnoyers-Stewart, J., Stepanova, E. R., Kitson, A., Bizzocchi, J., & Riecke, B. E. (2023). Sipping the virtual elixir: An autoethnographic close reading of Ayahuasca Kosmik Journey, a self-transcendent virtual experience. *Virtual Creativity*, 12(1), 27–44.

Mosco, V. (2023). Into the Metaverse: Technical Challenges, Social Problems, Utopian Visions, and Policy Principles. *Javnost - The Public*, 30(2), 161–173.

Murphy, D., & Skarbez, R. (2022). What do we mean when we say “presence”? *Presence*, 171–190.

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1609406917733847.

Palmisano, S., Allison, R. S., Teixeira, J., & Kim, J. (2023). Differences in virtual and physical

head orientation predict sickness during active head-mounted display-based virtual reality. *Virtual Reality*, 27(2), 1293–1313.

Radhakrishnan, U., Chinello, F., & Koumaditis, K. (2023). Investigating the effectiveness of immersive VR skill training and its link to physiological arousal. *Virtual Reality*, 27(2), 1091–1115.

Ramadan, Z. (2023). Marketing in the metaverse era: toward an integrative channel approach. *Virtual Reality*, 1–14.

Reaver, K. (2023). Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1055930>

Ristor, R., Morélot, S., Garrigou, A., & N’ Kaoua, B. (2023). Virtual reality for fire safety training: study of factors involved in immersive learning. *Virtual Reality*, 27(3), 2237–2254.

Rundel, S., & De Amicis, R. (2023). Leveraging digital twin and game-engine for traffic simulations and visualizations. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1048753>

Sadeghi, S., Daziano, R., Yoon, S.Y., & Anderson, A. K. (2023). Affective experience in a virtual crowd regulates perceived travel time. *Virtual Reality*, 27(2), 1051–1061.

Sakuma, H., Takahashi, H., Ogawa, K., & Ishiguro, H. (2023). Immersive role-playing with avatars leads to adoption of others’ personalities. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1025526>

Scheiding, R. (2023). Designing the Future? The Metaverse, NFTs, & the Future as Defined by Unity Users. *Games and Culture*, 18(6), 804–820.

Slater, M. (2017). Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality. In D. Liu, C. Dede, R. Huang, & J. Richards (Eds.), *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education* (pp. 19–33). Springer Singapore.

Slater, M., Banakou, D., Beacco, A., Gallego, J., Macia-Varela, F., & Oliva, R. (2022). A Separate Reality: An Update on Place Illusion and Plausibility in Virtual Reality. In *Frontiers in Virtual Reality* (Vol. 3). <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.914392>

Souchet, A. D., Lourdeaux, D., Pagani, A., & Rebenitsch, L. (2023). A narrative review of immersive virtual reality's ergonomics and risks at the workplace: cybersickness, visual fatigue, muscular fatigue, acute stress, and mental overload. *Virtual Reality*, 27(1), 19–50.

Takac, M., Collett, J., Conduit, R., & De Foe, A. (2023). A cognitive model for emotional regulation in virtual reality exposure. *Virtual Reality*, 27(1), 159–172.

Tu, X., Autiosalo, J., Ala-Laurinaho, R., Yang, C., Salminen, P., & Tammi, K. (2023). TwinXR: Method for using digital twin descriptions in industrial eXtended reality applications. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1019080>

Ustun, A. B., Karaoglan-Yilmaz, F. G., & Yilmaz, R. (2022). Educational UTAUT-based virtual reality acceptance scale: a validity and reliability study. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00717-4>

Valls-Ratés, Ì., Niebuhr, O., & Prieto, P. (2023). Encouraging participant embodiment during VR-assisted public speaking training improves persuasiveness and charisma and reduces anxiety in secondary school students. *Frontiers Virtual Real.*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1074062>

Voinescu, A., Petrini, K., Stanton Fraser, D., Lazarovicz, R.A., Papavă, I., Fodor, L. A., & David, D. (2023). The effectiveness of a virtual reality attention task to predict depression and anxiety in comparison with current clinical measures. *Virtual Reality*, 27(1), 119–140.

Whittaker, L. (2023). Onboarding and offboarding in virtual reality: A user-centred framework for audience experience across genres and spaces. *Convergence*, 13548565231187329.

Wong, E. Y.C., Hui, R. T.Y., & Kong, H. (2023). Perceived usefulness of, engagement with, and effectiveness of virtual reality environments in learning industrial operations: the moderating role of openness to experience. *Virtual Reality*, 1–17.

1. Some of the publications cited are from 2022 but meaningfully appeared in journals published this year (e.g., Presence).
2. Algunas de las publicaciones citadas son de 2022, pero aparecieron de manera significativa en revistas publicadas este año (por ejemplo, Presence).
3. Vale la pena señalar que algunos autores citarían este trabajo pero no harían referencia a él directamente ni lo incluirían entre revisiones y metanálisis más amplios.

EL LENGUAJE DE LAS TECNOLOGÍAS Y EXPERIENCIAS DE REALIDAD

Katerina Girginova

Como han demostrado las investigaciones, las formas en que pensamos y nos comunicamos sobre algo, y el lenguaje específico que utilizamos para hacerlo, moldean directamente nuestras experiencias al respecto (Berger & Luckmann, 1991[1]; Searle, 1999[2]). A su vez, el objetivo detrás de esta sección del informe es doble: primero, comprender mejor cómo nos comunicamos sobre los medios y las experiencias de realidad extendida (XR)[3] examinando el lenguaje utilizado para describirlos; segundo, buscar innovaciones en las formas en que conceptualizamos nuestras interacciones con los medios XR a través de la introducción de términos y conceptos novedosos. Esta sección se basa en 266 artículos revisados por pares publicados en 2023 en cuatro revistas clave dedicadas a la investigación de XR[4] además de cinco artículos relevantes que se encuentran más allá de este alcance. Las cuatro revistas clave, que analizan todas las secciones académicas de este informe, fueron seleccionadas porque se dedican a publicar trabajos de XR. Los artículos adicionales se basaron en la búsqueda del autor.

Un hallazgo clave es que en 2023 hubo un conjunto muy limitado de términos utilizados y autores citados para describir los medios y las experiencias de XR. Incluso los artículos que se centran en aspectos comunicativos de la XR, o que son de naturaleza más cualitativa o exploratoria, todavía se adhieren a la atracción centrípeta de conceptos psicológicos como presencia (Slater & Wilbur, 1997[5]), personificación e inmersión (Biocca & Delaney[6], 1995; Biocca, 1997[7]) para explicar los medios XR o estudiar fenómenos específicos utilizando XR. Esto es similar a los hallazgos del informe de 2022 sobre el lenguaje de XR que encontró que la investigación se basa en los mismos términos clave sin necesariamente hacer el trabajo de interpretación o explicación. Uno podría pensar que esto es de esperarse, particularmente dada la epistemología objetivista que sustenta en gran medida las revistas clave de las que se extrae el corpus de artículos y, sin embargo, hay razones para el cambio.

Si bien un conjunto limitado de términos descriptivos no es intrínsecamente problemático, las formas en que comunicamos sobre las experiencias XR deberían reflejar la evolución en nuestras prácticas de creación y consumo en torno a las tecnologías XR. Además, como han señalado acertadamente investigaciones previas, existen diversas tradiciones intelectuales e importantes diferenciadores, incluso dentro de términos aparentemente dados por sentado como “presencia” (Felton & Jackson, 2022[8]; Murphy & Skarbez, 2020[9]), sobre los cuales las investigaciones actuales rara vez

son específicas. En resumen, existe la necesidad, si no de más terminología, sí de más claridad sobre qué queremos decir exactamente cuando comunicamos sobre XR.

Si bien no es una tendencia dominante en todo el corpus de artículos, también surgen tres temas interrelacionados: 1) el enfoque en la narrativa, 2) consideraciones sensoriales/espaciales y 3) realidad aumentada. Específicamente, la exploración de la narrativa se extiende a cómo los sentidos humanos y nuestro entorno físico inmediato se convierten en parte de la experiencia general de realidad virtual (VR); la co-creación de significado entre la audiencia y el intérprete, y el usuario y el artefacto virtual; la veracidad de Narrativas de los medios XR y descripciones del metaverso. La realidad aumentada (RA) también fue tema clave de varios artículos, que ofrecen a los lectores conceptos empíricos para describir mejor nuestro compromiso con la RA. La bibliografía comentada a continuación muestra cada uno de estos temas con más detalle a través de una selección de artículos.

Las innovaciones en el lenguaje de XR incluyen la introducción y el examen sistemático de las prácticas de “incorporación” y “offboarding” en los medios de XR, la metáfora del museo para estructurar cómo pensamos sobre la codificación y decodificación del significado en los medios de realidad virtual y la sugerencia provocativa de cambiar el nombre de VR a “inmersión sensorial” o SI (sensory immersion). Por último, vale la pena señalar que el concepto de Inteligencia Artificial (IA) apareció en algunos de los artículos, pero no fue un tema destacado y cuando se mencionó, a menudo fue en referencia hipotética a lo que podría significar para la futura creación de contenido XR. De manera similar, la computación espacial no entró en la literatura de manera significativa, lo que pone de relieve el desfase entre la academia y la industria.

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA: UNA SELECCIÓN DE ARTÍCULOS QUE MUESTRAN LOS TEMAS DE NARRATIVA, ESPACIALIDAD, LOS SENTIDOS HUMANOS Y LA REALIDAD AUMENTADA

Jang, S. Y., Park, J., Engberg, M., MacIntyre, B., & Bolter, J. D. (2023). *RealityMedia: immersive technology and narrative space* [RealityMedia : tecnología inmersiva y espacio narrativo]. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1155700>

Este artículo examina los procesos de creación de significado detrás del consumo de narrativas de realidad virtual de no ficción. Diseña un experimento de realidad virtual, en el que a 20 personas se les muestra una experiencia similar a un museo llamada RealityMedia , con varias galerías que muestran la historia de los medios. Los autores sostienen que la realidad virtual “es un nuevo espacio de escritura en la larga tradición de inscripción” (p. 1), en el que el consumo de narrativas es similar a la creación de sentido que tiene lugar en un museo. Específicamente, los autores postulan que la creación de sentido narrativo ocurre en tres niveles: la arquitectura del espacio, la colección y los artefactos individuales.

Este artículo es un interesante complemento al libro Reality Media[10] (2021), que explora la coexistencia de medios de comunicación más antiguos y más nuevos y las formas en que los medios más nuevos, como la televisión, remedian a los medios más antiguos, como la radio. Los autores destacan la complejidad añadida del diseño de narrativas de realidad virtual, que ahora tienen lugar en dimensiones visuales, auditivas y espaciales (y en algunos casos hápticas). También llaman la atención sobre la tensión entre el control del autor y la agencia del usuario en el nivel al que deben guiarse las narrativas de realidad virtual para atraer a diferentes audiencias. A su vez, la metáfora del museo y las tres capas específicas de inscripción y decodificación de significado emergen como herramientas para pensar sobre narrativas de realidad virtual.

Harley, D. (2023). *Virtual narratives, physical bodies: Designing diegetic sensory experiences for virtual reality* [Narrativas virtuales, cuerpos físicos: diseño de experiencias sensoriales diegéticas para la realidad virtual]. *Convergence*, <https://doi.org/10.1177/13548565231178915>

Este artículo utiliza un enfoque de “investigación a través del diseño” (Gaver, 2012[11]) para examinar cómo las experiencias sensoriales pueden incorporarse en [12] narrativas diegéticas de realidad virtual, por lo que la contribución deseada del artículo es utilizar el diseño “para producir preguntas en lugar de productos” (p. X). A modo de ilustración, el autor analiza cuatro proyectos específicos que insertan contextualmente diversas interacciones físicas y sensoriales en la experiencia de realidad virtual, como controladores manuales que se han adaptado a la forma y sensación de un objeto específico, o arena debajo de

los pies descalzos del usuario. El artículo incita a investigadores y diseñadores a ir más allá de la forma narrativa visual y auditiva más tradicional, al considerar cómo se pueden incorporar de manera significativa elementos de diseño en el entorno inmediato, como el casco de realidad virtual que se lleva puesto u otros objetos reales de baja tecnología pueden ser significativamente incorporados en la experiencia XR general . A su vez, tal expansión práctica y conceptual también resultaría en una reorientación del “espacio de diseño” del productor.

Whittaker, L. (2023). *Onboarding and offboarding in virtual reality: A user-centred framework for audience experience across genres and spaces* [Incorporación y salida de la realidad virtual: un marco centrado en el usuario para la experiencia de la audiencia en todos los géneros y espacios]. *Convergence*, <https://doi.org/10.1177/13548565231187329>

Este artículo, que forma parte del proyecto expansivo Story Futures [13], es la primera consideración sistemática de la incorporación y salida de experiencias de realidad virtual. El autor define la incorporación y la salida como los procesos de llevar al público a una experiencia inmersiva y retroceder nuevamente. Si bien el autor señala que estas prácticas han sido examinadas exhaustivamente en entornos teatrales y de actuaciones en vivo, tienden a descuidarse en el contexto de la realidad virtual, en detrimento de quienes la utilizan. Además, los conceptos de inmersión y presencia, características clave de los medios de realidad virtual, también tienden a pasar por alto los procesos necesarios para entrar y salir de esos estados. Por lo tanto, incluir la incorporación y la salida como conceptos vitales para el trabajo de inmersión y presencia requiere que amplíemos nuestra comprensión de estas últimas palabras clave de la realidad virtual.

El autor presenta un marco adaptado del StoryFutures Audience Toolkit para invitar a las “audiencias de realidad virtual a un contrato de participación” (p.13). El marco pide a quienes diseñan experiencias de realidad virtual que consideren su responsabilidad hacia la audiencia y el efecto deseado a través de prácticas adecuadas de incorporación y salida basadas en una consideración de plataforma, lugar, tiempo, género y usuario. Finalmente, el autor aboga por dos cambios: 1) uno que centra la atención fuera de la tecnología y hacia el usuario, y 2) uno que va más allá del “momento de inmersión al proceso de incorporación” (p. 17). Este último concepto se basa en argumentos de que las personas frecuentemente son conscientes de su entorno físico incluso cuando experimentan contenido absorbente

de realidad virtual , por lo que la incorporación y la salida se convierte en una cuestión de cómo conducir de manera óptima a las audiencias a estos estados de negociación perceptiva constante en lugar de a un destino final.

Kirwan, E. (2022). Performer/audience experience, performer perception and audience immersion [Experiencia intérprete/audiencia, percepción del intérprete e inmersión de la audiencia]. Virtual Creativity, 12(1). https://doi.org/10.1386/vcr_00060_1

Este artículo examina tres espectáculos de danza mediados por la realidad virtual y contrapone las experiencias del público y de los intérpretes. El autor sostiene que la realidad virtual «potencia la inmersión tanto del intérprete como del público; sin embargo, al hacerlo, separa aún más a ambos» (p. 55), dando lugar a un «no-evento» que se asemeja más a ver una película que a experimentar la cocreación de sentido propia de una representación en vivo. En este sentido, el artículo ofrece reflexiones sobre la evolución de la danza como medio narrativo que «sumerge al público a través del despliegue de su narrativa» (p. 52).

Bay, M. (2023). Arendt in the Metaverse: Four properties of eXtended Reality that imperil factual truth and democracy [Arendt en el metaverso: cuatro propiedades de la realidad extendida que ponen en peligro la verdad fáctica y la democracia]. Convergence, 29(6), 1698-1712. <https://doi.org/10.1177/13548565231199957>

Este artículo sostiene que las tecnologías de realidad extendida (XR) inhiben la creación social de lo que Arendt (1968) [14] llama una realidad común y una verdad fáctica porque están cada vez más conectadas con grandes conglomerados de medios que favorecen la segmentación rentable de la audiencia y la personalización del contenido. El autor sostiene que esta personalización es particularmente potente cuando se presenta a través de contenido XR, que tiene poderes de persuasión sin precedentes. Si bien el autor reconoce que el artículo presenta un argumento abstracto y algo teórico, las sinergias entre la IA generativa que puede crear contenido de realidad virtual fotorrealista y el impacto en las audiencias que lo consumen merecen atención.

El problema con los altos niveles de personalización del contenido en XR —similar a otros medios— es que se vuelve “menos base para la interacción y la deliberación políticas—y, por lo tanto, se inhibe la co-construcción de una realidad común ” (p. 1705). Sin embargo, a diferencia de otros medios, la personalización hiperdirigida en XR puede generar algunos problemas únicos, incluida la creación de recuerdos falsos, no solo a nivel cognitivo sino

también motor, y problemas de procesamiento predictivo. Esto último se basa en el hecho de que nuestra percepción actual se basa en nuestras experiencias previas, por lo que podemos sentir “recuerdos falsos inducidos por XR incluso cuando... no utilizamos ninguna tecnología XR” (p. 1707). El artículo concluye con una contextualización más amplia de XR dentro del debate sobre la desinformación, las narrativas falsas y la regulación. De manera provocativa, el autor señala que la realidad mejorada por RA generalmente no se considera desinformación, pero es un espacio que necesita un seguimiento cercano: “cualquier regulador que esté preocupado por la amenaza democrática de la información errónea o desinformación debe reconocer el desafío de las percepciones erróneas individualizadas de la realidad, como los que son posibles gracias a las gafas RA” (p. 1708).

Boellstorff, T. (2024). Toward anthropologies of the metaverse [Hacia antropologías del metaverso]. American Ethnologist, 51(1), 47-56. DOI: 10.1111/amet.13228

Este artículo sostiene que la antropología, que ha estudiado durante mucho tiempo las prácticas socioculturales en una variedad de entornos mediados y no mediados, puede ayudarnos a desenredar los conceptos erróneos actualmente abundantes sobre el metaverso. Específicamente, el autor identifica cuatro características opcionales del metaverso que se describen frecuente y engañosamente como características necesarias: primero, que la realidad virtual es necesaria para acceder al metaverso. Boellstorff da el ejemplo de Second Life como un metaverso popular o lugar virtual que no requiere realidad virtual. Para subrayar la separación propuesta del metaverso de la realidad virtual, el autor sostiene que “lo que hace que el metaverso sea real es la inmersión social, no la inmersión sensorial” (p. 4). Además, Boellstorff sugiere que, dado que la realidad virtual es principalmente un medio sensorial , debería cambiarse con mayor precisión el nombre de “inmersión sensorial”, reservando el término realidad virtual para un consumo más amplio.

En segundo lugar, el autor desmantela la interoperabilidad entre metaversos como un beneficio; por el contrario, sostiene que es valioso poder separar la propia identidad en diferentes entornos en línea y fuera de línea. En tercer lugar, se desacredita la necesidad de un metaverso a gran escala, ya que hay valor en comunidades de varios tamaños, incluidas las más pequeñas y, por último, la criptomoneda se destaca como otra característica opcional. El autor sostiene que enmarcar estas características opcionales como fundamentales para un metaverso beneficia principalmente a las grandes corporaciones

que lo construyen y, además, que la antropología tiene herramientas valiosas para ayudarnos a descolonizar las visiones futuras de la retórica promocional y el “bloqueo” tecnológico.

Este artículo también aborda la noción de que el metaverso “ya está pasado de moda, reemplazado por inteligencia artificial generativa como ChatGPT” (p. 1). En respuesta, el autor sugiere que visiones corporativas poco inspiradas han contribuido a empujar el metaverso (y posiblemente la realidad virtual ha tenido un destino similar) hacia un ciclo de exageración que inevitablemente implica ser suplantado por la próxima gran tecnología. Sin embargo, la historia del metaverso se remonta al telégrafo del siglo XIX y seguirá evolucionando como un lugar para la interacción virtual “vinculado al mundo físico” (p. 7).

Alha, K., Leorke, D., Koskinen, E., & Paavilainen, J. (2023). Augmented play: An analysis of augmented reality features in location-based games [Juego aumentado: un análisis de las características de la realidad aumentada en juegos basados en ubicación]. Convergence, 29(2), 342-361. <https://doi.org/10.1177/13548565231156495>

Este artículo analiza cómo se incorpora el entorno físico en 11 juegos de realidad aumentada (RA). Los autores descubren la superposición, la combinación, la inmersión y la materialidad como los procesos clave a través de los cuales esto tiene lugar. Sin embargo, señalan que, de acuerdo con investigaciones anteriores, la RA sigue siendo más una estrategia de marketing o un “truco” que una parte central de los juegos. En resumen, la superposición muestra el contenido del juego encima de la vista de la cámara del teléfono sin responder directamente al entorno circundante. La combinación depende de que la cámara del teléfono reconozca las ubicaciones adecuadas para que aparezca el contenido del juego. La inmersión ocurre cuando el juego muestra al jugador el contenido que lo rodea, haciéndolo sentir como si estuviera dentro del juego, y la materialidad ocurre cuando el juego reconoce objetos físicos con la cámara del juego y posteriormente los trae al juego.

En la actualidad, el imaginario social de la RA reemplaza con creces su aceptación real, y las audiencias más amplias están limitadas debido a las prácticas sociales existentes en torno al juego y los altos niveles de errores tecnológicos con la RA. Sin embargo, los autores utilizan sus hallazgos para cuestionar también la definición actual de RA: “si en cambio definiésemos la RA como la conexión más amplia de información virtual al espacio físico en tiempo real, cada juego basado en la ubicación podría considerarse potencialmente como ‘realidad aumentada’ ” (pág. 358). Además, los juegos de realidad aumentada son

sólo un paso en el “cambio social más amplio hacia el ‘espacio aumentado’ ” (p. 344).

1. Berger, P. L., & Luckmann, T. (1991). The social construction of reality: A treatise in the sociology of knowledge (No. 10). London, UK: Penguin UK. (Originally published 1966).
2. Searle, J. R. (1995). The construction of social reality. New York, NY: Simon and Schuster.
3. While extended reality of XR as an umbrella term refers to mixed, augmented, and virtual reality technologies the articles almost exclusively focused on the latter two.
4. The four dedicated journals to XR research include Virtual Reality (153 articles), Frontiers in Virtual Reality (91 articles), Presence: Virtual and Augmented Reality (13 articles), and Virtual Creativity (13 articles). The five additional articles come from the journals Convergence and American Ethnologist.
5. Slater, M., and Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators & Virtual Environments 6, 603–616.
6. Biocca, F., & Delaney, B. (1995). Immersive virtual reality technology. Communication in the age of virtual reality, 15(32), 10-5555.
7. Biocca, F. (1997). The cyborg’s dilemma: Progressive embodiment in virtual environments. Journal of computer-mediated communication, 3(2), JCMC324.
8. Felton, W. M., & Jackson, R. E. (2022). Presence: A review. International Journal of Human–Computer Interaction, 38(1), 1-18.
9. Murphy, D., & Skarbez, R. (2020). What Do We Mean When We Say “Presence”? PRESENCE: Virtual and Augmented Reality, 29, 171-190.

AVANCES EN TECNOLOGÍAS XR

Jeffrey Vadala

INTRODUCCIÓN

Este capítulo proporciona un análisis del estado de la tecnología de realidad extendida (XR) en la investigación. Se basa en una revisión exhaustiva de la literatura académica, a partir de 266 artículos revisados por pares publicados en 2023 en revistas clave dedicadas a la investigación de XR. Las revistas clave examinadas en todos los capítulos de este informe, incluido este capítulo, incluyen Virtual Reality (152 artículos), Frontiers in Virtual Reality (91 artículos), Presence: Virtual and Augmented Reality (12 artículos) y Virtual Creativity (11 artículos). Centrándose en las tendencias de uso de la investigación XR durante 2023, este capítulo proporciona un análisis temático inductivo de resúmenes de investigación para identificar temas y tendencias clave, así como una recopilación detallada de las herramientas de hardware y software XR mencionadas con mayor frecuencia en la literatura. El objetivo es proporcionar una descripción general objetiva y basada en datos del panorama de XR que pueda informar futuros esfuerzos de investigación y desarrollo. Por lo tanto, este capítulo sirve como un recurso valioso para investigadores, desarrolladores y partes interesadas que buscan comprender y avanzar en el campo de las tecnologías XR.

10. Bolter, J. D., Engberg, M., & MacIntyre, B. (2021). Reality media: Augmented and virtual reality. MIT Press.
11. Gaver, W. (2012, May). What should we expect from research through design?. In Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems (pp. 937-946).
12. Diegetic narrative often refers to the sound that occurs within the context of a story and that can be heard by its characters. In the context of this article, however, diegetic narrative refers to any sensory characteristics or interactions situated in the storyworld that the user directly experiences.
13. Bennett, J., Dalton, P., Goriunova, O., Preece, C., Whittaker, L., Verhulst, I., & Woods, A. (2021). The story of immersive users. StoryFutures Audience Insight Report.
14. Arendt, H., (1968). Between Past and Future: Eight Exercises in Political Thought. New York, NY: The Viking Press.

MÉTODOS

Análisis temático: para identificar los temas principales en la literatura de investigación sobre realidad virtual, empleamos un enfoque innovador que utiliza procesamiento avanzado del lenguaje natural. Los resúmenes de artículos relevantes se compilaron en un único archivo de texto y se analizaron utilizando Google Gemini 1.5, un modelo sofisticado con un contexto de 1 millón de tokens. Este método aprovecha la capacidad de Gemini para identificar patrones y extraer información de grandes conjuntos de datos no estructurados, reflejando estudios recientes que han utilizado con éxito modelos de lenguaje grande (Large Language Models o LLM) para identificar temas y sentimientos en la literatura de investigación (Miah et al., 2024).

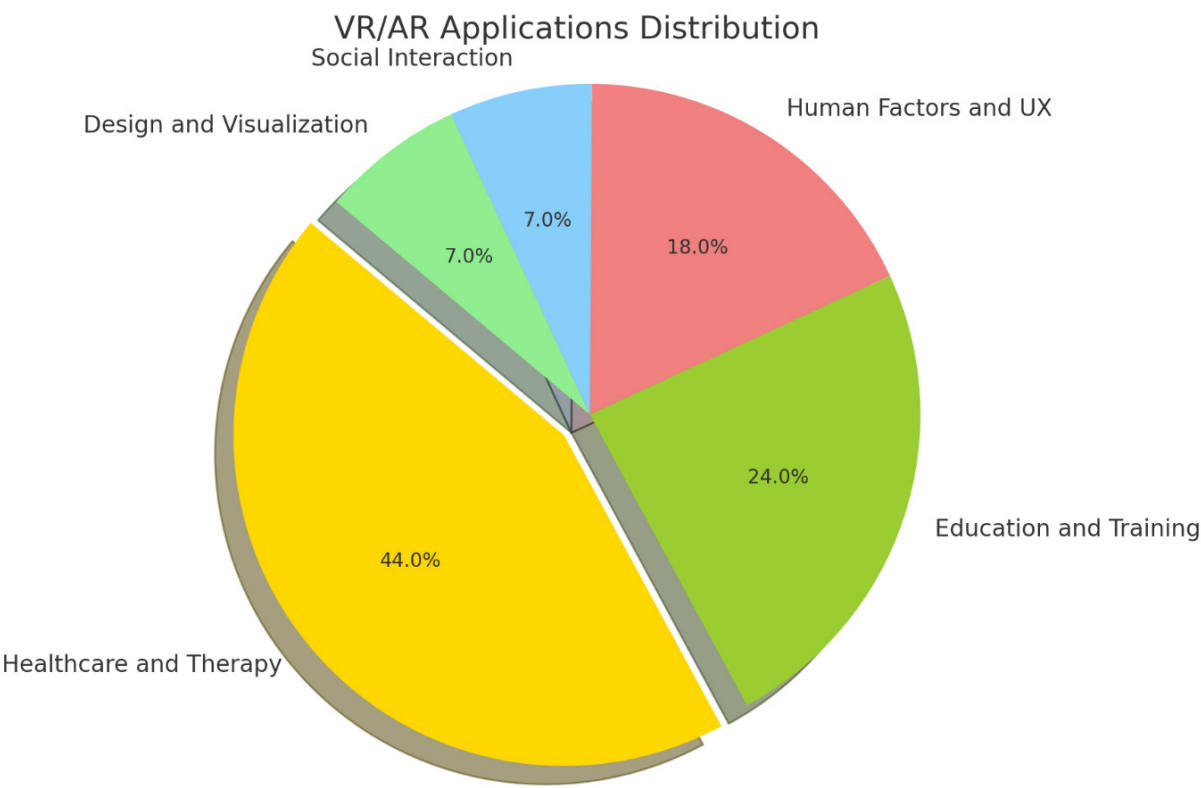
Investigaciones recientes han demostrado que los enfoques de análisis de sentimientos basados en LLM, que comparten métodos y herramientas similares a los enfoques de análisis temático, pueden ser tan sólidos y, a veces, más efectivos que las herramientas convencionales de lenguaje natural como RoBERTA (Krugmann & Hartmann, 2024). Esto ha llevado a los investigadores a explorar varias formas de integrar los LLM en conjuntos de herramientas de análisis temático. Un enfoque prometedor es el modelo LLM-in-the-loop, en el que codificadores humanos colaboran con un LLM para establecer parámetros de codificación (Dai et al., 2023). En el análisis que sigue, se utilizó Gemini 1.5 para identificar inductivamente temas clave, determinar su prevalencia relativa como porcentaje de la literatura total y proporcionar citas y ejemplos para cada tema. Este método permite una comprensión integral y matizada del estado actual de la literatura de investigación sobre realidad virtual.

Análisis de hardware y software: para compilar una lista completa de las herramientas de hardware y software XR mencionadas con mayor frecuencia en la literatura, se desarrolló un script Python personalizado que utiliza la interfaz de programación de aplicaciones (API) OpenAI. Este script primero dividió cada artículo en "fragmentos" de 500 palabras que la API podría procesar. Luego se le solicitó a la API la función de "identificar e informar sobre el hardware y software XR" para cada fragmento de texto. El resultado se compiló en una base de datos estructurada y se resumió con llamadas a la API de OpenAI para producir la lista final de herramientas clave de hardware y software de realidad virtual, junto con métricas de frecuencia. Este enfoque automatizado permitió analizar un volumen mucho mayor de literatura en comparación con los métodos manuales. Puede adoptarse para fines de investigación generales y se proporciona en <https://github.com/drquandary/Docparse>

RESULTADOS DEL ANÁLISIS TEMÁTICO

Virtual and augmented reality (VR/AR) technologies[1] have seen rapid advancements and widespread adoption in recent years across a diverse range of domains. This report presents a comprehensive analysis of the major themes and applications of VR/AR based on a systematic review of the current academic literature. The themes identified through this inductive analysis include: VR/AR applications in healthcare and therapy (44%), VR/AR for education and training (24%), human factors and user experience in VR/AR (18%), VR/AR for social interaction and communication (7%), and VR/AR for design and visualization

Figura 1: Distribución del tipo de aplicación de RV/RA en la literatura



Dentro de la atención sanitaria y la terapia, las áreas de aplicación clave son la rehabilitación, el tratamiento del dolor, el tratamiento de la salud mental y la formación médica. Las aplicaciones de educación y capacitación abarcan entrenamiento de habilidades, educación y aprendizaje general y simulaciones realistas. La investigación sobre factores humanos profundiza en la presencia y la inmersión, el cibermalestar y la evaluación de la usabilidad. Los estudios de interacción social exploran temas como la realidad virtual social y la personificación de avatares. Finalmente, las aplicaciones de diseño y visualización incluyen la planificación urbana y el diseño de productos. Las siguientes secciones profundizarán en cada tema con más detalle, discutiendo hallazgos, tendencias e implicaciones clave.

1. Aplicaciones de VR/AR en atención médica y terapia (44%):

Este tema dominante abarca una amplia gama de aplicaciones destinadas a mejorar el bienestar físico y mental.

- **Rehabilitación (18%):** Estudios como “ A haptic-feedback virtual reality system to improve the Box and Block Test (BBT) for upper extremity motor function assessment” (Dong et al., 2023), “Immersive virtual reality for upper limb rehabilitation: comparing hand and controller interaction” (Juan et al., 2023) y “A virtual reality bus ride as an ecologically valid assessment of balance: a feasibility study” (Gonçalves et al., 2023) exploran la realidad virtual y la realidad aumentada para la rehabilitación motora , entrenamiento del equilibrio y rehabilitación cognitiva.
- **Manejo del dolor (12%):** investigaciones como “Designing effective virtual reality environments for pain management in burn-injured patients” (Phelan et al., 2023) y “When virtual reality supports patients’ emotional management in chemotherapy” (Buche et al. , 2023) investigan el uso de VR/AR para aliviar el dolor en pacientes quemados y durante la quimioterapia.
- **Salud mental (9%):** Estudios como “Gamified virtual reality exposure therapy for adolescents with public speaking anxiety: a four-armed randomized controlled trial” (Kahlon et al., 2023) y “Co-design of avatars to embody auditory hallucinations of patients with schizophrenia” (García et al., 2023) utilizan VR/AR para tratar trastornos

de ansiedad, fobias y esquizofrenia.

- **Formación médica (5%):** investigaciones como “Toward the validation of VR-HMDs for medical education: a systematic literature review” (Pedram et al., 2023) y “Utilization of virtual reality for operating room fire safety training: a randomized trial” (Katz et al., 2023) profundizan en la aplicación de la VR/AR para la formación de profesionales médicos en procedimientos quirúrgicos y respuesta a emergencias.

2. VR/AR para la educación y formación (24%):

Este tema explora el potencial de la VR/AR para mejorar las experiencias de aprendizaje y el desarrollo de habilidades.

- **Entrenamiento de habilidades (8%):** estudios como “Training mental imagery skills of elite athletes in virtual reality” (Wu et al., 2023) e “Investigating the effectiveness of immersive VR skill training and its link to physiological arousal” (Radhakrishnan et al. ., 2023) investigan la realidad virtual y la realidad aumentada para entrenar habilidades motoras complejas, incluidos movimientos deportivos y habilidades motoras finas.
- **Educación y aprendizaje (8%):** investigaciones como “A phenomenological approach to virtual reality in psychiatry education” (Pedersen & Musaeus , 2023), “Embodied mixed reality with passive haptics in STEM education: randomized control study with chemistry titration” (Johnson - Glenberg et al., 2023), e “Incorporating AR/VR-assisted learning into informal science institutions: A systematic review” (Chen et al., 2023) profundizan en el uso de VR/AR en diversos entornos educativos para materias como física, química y aprendizaje de idiomas.
- **Simulación y entrenamiento (8%):** Estudios como “Exploring the role of virtual reality in military decision training” (Harris et al., 2023) e “Immersive virtual reality and passive haptic interfaces to improve procedural learning in a formal training course for first responders” (Calandra et al., 2023) utilizan VR/AR para crear simulaciones realistas con fines de entrenamiento en áreas como la toma de decisiones militares y la seguridad contra incendios.

3. Factores humanos y experiencia del usuario en VR/AR (18%):

Este tema se centra en comprender la respuesta humana a las tecnologías VR/AR y optimizar la experiencia del usuario.

- **Presencia e inmersión (7%):** estudios como "A qualitative case study on deconstructing presence for young adults and older adults" (Pouke et al., 2022) y "Using interpretative phenomenological analysis to gain a qualitative understanding of presence in virtual reality" (Kelly, 2023) investigan los factores que influyen en la sensación de presencia e inmersión en entornos VR/AR.
- **Cibermalestar (6%):** investigaciones como "Cybersickness as the virtual reality sickness questionnaire (VRSQ) measures it!?—an environment-specific revision of the VRSQ" (Josupeit , 2023) y "Predicting VR cybersickness and its impact on visuomotor performance using head rotations and field (in)dependence" (Maneuvrier et al., 2023) exploran las causas y estrategias de mitigación del cibermalestar
- **Usabilidad y Evaluación de Usuario (5%):** Estudios como "Development of a customizable interactions questionnaire (CIQ) for evaluating interactions with objects in augmented/virtual reality" (Gao & Boehm-Davis, 2023) y "Effects of virtual reality and test environment on user experience, usability, and mental workload in the evaluation of a blood pressure monitor" (Hinricher et al., 2023) evalúan la usabilidad y la experiencia del usuario de aplicaciones VR/AR, y desarrollan nuevos métodos de evaluación.

4. VR/AR para la interacción y comunicación social (7%):

Este tema examina el potencial de la VR/AR para facilitar la interacción y comunicación social.

- **RV social (4%):** investigaciones como "Understanding the effect of a virtual moderator on people's perception in remote discussion using social VR" (Yang et al., 2023) y "The sentiment of a virtual rock concert" (Slater et al. ., 2023) exploran el uso de la realidad virtual para la interacción y comunicación social.

- **Personificación del avatar (3%):** estudios como "Immersive role-playing with avatars leads to adoption of others' personalities" (Sakuma et al., 2023) y "Evaluating face gender cues in virtual humans within and beyond the gender binary" (Ghosh et al., 2023) exploran el impacto de la personificación del avatar en la interacción social y la autopercepción.

5. VR/AR para diseño y visualización (7%):

Este tema explora el uso de VR/AR en tareas de diseño y visualización.

- **Planificación y Diseño Urbano (4%):** Investigaciones como "Public participation in urban design with augmented reality technology based on indicator evaluation" (Wang & Lin, 2023) y "Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway" (Reaver, 2023) investiga el uso de VR/AR para visualizar y evaluar conceptos de planificación urbana.
- **Diseño y visualización de productos (3%):** Estudios como "Digital fabrics for online shopping and fashion design" (Haghzare et al., 2023) utilizan VR/AR para el diseño y visualización de productos.

TEMAS DE INVESTIGACIÓN FUTUROS

Aunque estos temas representan una amplia gama de tópicos, XR es un conjunto de tecnologías altamente flexible que se puede utilizar en una variedad de paradigmas de investigación. Existe un amplio potencial para que investigaciones futuras creen nuevas categorías temáticas e impacten otros campos. Por ejemplo, los siguientes temas se pueden encontrar en otras revistas disciplinarias, pero aún no se han integrado sustancialmente en los esfuerzos de investigación de las cuatro revistas principales examinadas en este capítulo.

La investigación sobre **el impacto y la eficacia a largo plazo** de las aplicaciones VR/AR nos ayudará a comprender sus efectos duraderos en áreas como la terapia y la educación. La integración de la realidad virtual y la realidad aumentada con otras tecnologías, como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, podría generar entornos de aprendizaje y sesiones de terapia más inteligentes y receptivos. Mejorar **la accesibilidad y la inclusión** es esencial para garantizar que todos, incluidos aquellos con discapacidades, puedan beneficiarse de estas herramientas mediante el desarrollo de interfaces adaptables. **Las consideraciones éticas y transculturales** son fundamentales a medida que las tecnologías VR/AR llegan a audiencias de todo el mundo, garantizando que respeten la privacidad, la seguridad y las diversas normas culturales. Comprender el **impacto económico y la escalabilidad** de la realidad virtual y la realidad aumentada puede resaltar su rentabilidad y los desafíos de una implementación amplia, especialmente en entornos con recursos escasos. **La integración de VR/AR con campos tradicionales** como la arqueología y las ciencias ambientales podría abrir nuevas puertas para el modelado ambiental avanzado (ver Vadal a y Milbrath 2016). Por último, estudiar VR/AR en **entornos del mundo real y multiusuario** nos mostrará cómo estas tecnologías pueden cambiar la forma en que interactuamos socialmente y operamos en espacios públicos. Al centrar la investigación en estas áreas, podemos mejorar el alcance y la utilidad de la XR, haciendo que estas tecnologías sean más prácticas y beneficiosas en diferentes sectores de la sociedad.

HARDWARE

La compilación de hardware y software XR utilizado en estudios a partir de 2023 subraya una dependencia significativa de dispositivos disponibles comercialmente diseñados originalmente para juegos y entretenimiento, que se están reutilizando para aplicaciones de investigación académica y clínica. La variedad de hardware empleado abarca varias marcas y modelos, cada uno de los cuales contribuye de forma única al campo de la investigación de XR.

Pantallas montadas en la cabeza (Head Mounted Displays - HMD):

- **Microsoft HoloLens 2:** Destacado en estudios de Ashitiani et al. (2023) para explorar la comprensión espacial de los tumores cerebrales y por Kildahl -Andersen et al. (2023) para la broncoscopia de realidad mixta, lo que indica su utilidad en la investigación médica.
- **Meta Quest 2:** utilizado en diversos contextos, como la evaluación de la función motora de las extremidades superiores por Evans et al. (2023), el entrenamiento cognitivo para los síntomas del TDAH por Cunha et al. (2023) y la inmersión multisensorial en la madurez en realidad virtual de De Jesus Junior et al. (2023), mostrando su versatilidad.
- **HTC Vive Pro y Varjo XR-3:** estos dispositivos se emplean para estudios detallados sobre el seguimiento visomotor y la legibilidad del texto en realidad virtual por Baillet et al. (2023) y Kilpelainen y Hakkinen (2023), respectivamente, enfatizando su aplicación en el análisis de habilidades motoras finas y claridad visual.
- **HTC Vive:** Destacado por su uso en la investigación de la manipulación de objetos virtuales, la estimación de la postura del guante y el reconocimiento de acciones, lo que ilustra la amplitud de la investigación de Bonfert et al. (2023) a Sakurada et al. (2023).
- **Oculus Quest y Rift S:** estas unidades se utilizan para estudios sobre técnicas de locomoción, el impacto de la caminata física en la selección de objetivos en realidad virtual y los efectos de las sesiones inmersivas sobre el dolor y el afecto, indicando un amplio interés en la experiencia del usuario y las aplicaciones terapéuticas.

SOFTWARE

- Otros dispositivos:
- Dispositivos como **controladores de realidad virtual, Vive Trackers, Leap Motion** y el **sensor Kinect** son fundamentales para mejorar la interacción y el movimiento dentro de entornos de realidad virtual, lo que respalda estudios sobre el seguimiento de todo el cuerpo y el reconocimiento de gestos con las manos.
- **Dispositivos especializados** como VRPMST, Cybercopters , X-Board, conjunto de terapia MoVR , traje PA y Nesplora Aquarium demuestran el desarrollo innovador de herramientas personalizadas para necesidades de investigación específicas, que van desde la evaluación de la memoria hasta la retroalimentación háptica y la evaluación de la atención.

El panorama del software en la investigación de XR es igualmente rico, con un enfoque tanto en motores de juegos comerciales como en aplicaciones personalizadas diseñadas para extender la utilidad de XR más allá de su enfoque inicial de entretenimiento.

Motores de juego:

- **Unity y Unreal Engine:** ampliamente reconocidos por su papel en el desarrollo de entornos inmersivos en numerosos estudios, estos motores sirven como columna vertebral para una amplia gama de aplicaciones VR/AR/MR, desde herramientas educativas hasta intervenciones terapéuticas.

Otro software:

- Herramientas como **Lab Streaming Layer (LSL), SPSS** y **R** son fundamentales para recopilar, sincronizar y analizar datos, lo que garantiza que las metodologías de investigación sean sólidas y los resultados confiables.

Aplicaciones específicas de VR/AR/MR:

- Aplicaciones como **Virtual_Decisions : GANGS, EnhanceVR , RealityMedia** y la **suite de terapia MoVR** ilustran el movimiento del sector hacia intervenciones específicas y exploraciones de narrativas espaciales, entrenamiento cognitivo y herramientas terapéuticas dentro del dominio XR.

El análisis del hardware y software de VR/AR mencionado en la literatura reveló varias tendencias y conocimientos notables. Microsoft HoloLens 2 surgió como el dispositivo estándar en aplicaciones de atención médica debido a su capacidad de permitir a los usuarios ver el entorno exterior y su funcionalidad de modo de investigación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que Microsoft abandonó recientemente la línea HoloLens, lo que la convierte en un callejón sin salida en términos de futuro desarrollo de software y hardware (nota especial: HoloLens todavía se está desarrollando para usos militares).

ADOPCIÓN FUTURA DE HARDWARE/SOFTWARE

El Oculus Quest 2 fue otro dispositivo mencionado con frecuencia, lo cual no sorprende dada su creciente asequibilidad y popularidad entre consumidores e investigadores por igual. El HTC Vive, que alguna vez fue líder en el mercado de realidad virtual, también apareció en muchos estudios, a pesar de la falta de actualizaciones significativas de hardware por parte de HTC en los últimos años. Los auriculares Varjo destacaron por su resolución excepcionalmente alta, ofreciendo una experiencia visual superior en comparación con otros dispositivos. Sin embargo, su alto precio sigue siendo una barrera para su adopción generalizada. Se espera que el Apple Vision Pro lanzado recientemente iguale o casi iguale la resolución de Varjo y al mismo tiempo sea dramáticamente más barato, aunque sigue siendo costoso en comparación con otros auriculares de nivel de consumo.

El seguimiento de todo el cuerpo mediante soluciones basadas en hardware fue otra tendencia notable en la literatura. Teniendo en cuenta las tendencias modernas de desarrollo de software que se centran en la inferencia de software y el uso de pequeñas cámaras de bajo costo, este enfoque eventualmente será reemplazado por la inferencia de seguimiento corporal basada en software, aprovechando cámaras avanzadas, cinemática inversa, inteligencia artificial y técnicas de aprendizaje automático para rastrear e inferir la posición del cuerpo del usuario.

En términos de software, Unity y Unreal Engine siguen siendo las plataformas dominantes para el desarrollo de VR/AR, a pesar de la introducción de más tecnologías WebXR. Se anticipa que Unreal Engine, con su fidelidad de gráficos superior, eventualmente superará a Unity en estudios que requieran entornos fotorrealistas.

Estos hallazgos resaltan la rápida evolución y la naturaleza dinámica del panorama VR/AR, con nuevas soluciones de hardware y software que constantemente emergen y remodelan el campo. Los investigadores y desarrolladores deben estar atentos a estas tendencias para tomar decisiones informadas sobre las herramientas y plataformas que utilizan en su trabajo.

La descripción general actual del hardware y software XR se basa en los fabricantes de hardware de auriculares establecidos y sus correspondientes paquetes de software que se han utilizado durante los últimos años. En 2024 han surgido nuevos enfoques de hardware y software que ya están remodelando la investigación, especialmente en realidad aumentada (AR) y realidad mixta (MR). Esto es más evidente con el uso de Apple Vision Pro, que es un dispositivo que utiliza AR, MR y VR. Apple Vision Pro, con su combinación de AR y VR, pantallas de alta resolución, seguimiento ocular y reconocimiento de gestos manuales, ahora se utiliza para trabajos neuroquirúrgicos, simulaciones quirúrgicas, asistencia remota y más (Cheng et al. 2024, Olexa et al., 2024). Los futuros desarrollos de hardware prometen más tecnología inalámbrica, pantallas de mayor resolución y auriculares más pequeños. Los dispositivos pequeños como las gafas XReal AR prometen que los auriculares eventualmente serán dispositivos del tamaño de gafas que brindarán usos de investigación más flexibles y fluidos. Las tecnologías que se encuentran en el Varjo-X4, como las pantallas varifocales de súper alta resolución, permiten sistemas de enfoque visual que replican minucias de la visión humana. El PSVR2 de Sony, que se lanzará para PC, proporcionará un sistema inmersivo de retroalimentación háptica, mientras que varias compañías están lanzando trajes "hápticos" asequibles. Las cintas de correr omnidireccionales y tecnologías similares también han madurado lo suficiente recientemente como para brindar la experiencia de "holocubierta" donde los usuarios pueden moverse libremente en un entorno de realidad virtual completo utilizando movimientos naturales y encarnados sin utilizar los incómodos esquemas de movimiento sin joystick y teletransportación con joystick comúnmente utilizados.

En cuanto al software, la RA se está volviendo más importante, con plataformas como ARKit de Apple y ARCore de Google liderando el reconocimiento de objetos y el mapeo ambiental. Es probable que el software futuro se centre en interfaces más intuitivas impulsadas por IA que se adapten al comportamiento del usuario, haciendo que las experiencias XR sean más fluidas. La compatibilidad multiplataforma y la integración de AR/VR con AI, IoT y 5G mejorarán aún más estas experiencias. El estándar web de código abierto para VR, AR y MR conocido como WebXR ha madurado lo suficiente como para proporcionar un rendimiento de renderizado casi comparable al de plataformas no web, al mismo tiempo que ofrece experiencias de un solo clic "sin descarga" (ver Girginova et al., 2024). Varias plataformas sólidas como PlayCanvas y Spline ofrecen paquetes completos para el desarrollo integral de aplicaciones.

Finalmente, emergiendo hacia finales del 2023, la amplia disponibilidad de tecnología de Inteligencia Artificial (IA) fácil de adoptar, pronto tendrá un impacto. El aprendizaje automático, los LLM y los sistemas de codificación visual pronto desempeñarán un papel en la investigación de XR. Los codificadores visuales como OpenAI's GPT4o, que pueden comprender transmisiones de video complejas, sin duda se usarán junto con grabaciones XR de cuencas visuales de usuarios, incluido contenido de realidad mixta o realidad virtual. Ya se anuncia una funcionalidad similar pero más simple y cerrada para su uso en el sistema Meta Quest 3 usando Llama 3.1. Esto abrirá las puertas a la segmentación automática de imágenes de alta precisión, codificación automática de relaciones visuales que anteriormente requerían grandes cantidades de entrenamiento automático y configuración en marcos de aprendizaje automático de componentes como YOLO. La facilidad y flexibilidad de estos sistemas debería estimular nuevas formas de análisis sistemático y automatizado centrándose en las interacciones del usuario en primera persona y al mismo tiempo permitir a los investigadores desarrollar sistemas visuales y de audio XR que puedan adaptar y presentar información y elementos visuales basados en el complejo razonamiento que sistemas como GPT4o puede proporcionar.

Neural Radiance Fields (NeRF) y Gaussian Splatting están configuradas para cambiar la representación gráfica de objetos y entornos para la investigación XR. Neural Radiance Fields (NeRF) utiliza el aprendizaje profundo para generar escenas 3D altamente realistas a partir de unas pocas imágenes. Esto contrasta con el software de fotogrametría tradicional que requiere una importante inversión de tiempo para la captura de fotografías, el refinamiento y el procesamiento del modelo. La tecnología NeRF puede capturar detalles intrincados de entornos del mundo real, permitiendo experiencias virtuales más inmersivas y precisas. Al reconstruir entornos con una precisión notable, los NeRF están superando los límites de lo que es posible en XR, proporcionando simulaciones más realistas para aplicaciones de juegos, capacitación y colaboración remota. Este enfoque acaba de comenzar a utilizarse en una variedad de disciplinas, incluidas la neurociencia, la formación quirúrgica, la ciencia forense y una serie de disciplinas relacionadas con la simulación (Kolpan et al., 2024).

A veces, combinada con técnicas NeRF, se encuentra la nueva y eficiente técnica de renderizado Gaussian Splatting. Posible gracias a una variedad de avances tecnológicos (algoritmos eficientes, aumentos de memoria y velocidad de GPU, estándares web

xr), el Gaussian Splatting por otro lado, es una técnica que mejora la representación de escenas 3D mediante el uso de una colección de funciones gaussianas para representar superficies y texturas. Este método permite transiciones más suaves y texturas más realistas en modelos 3D, abordando algunas de las limitaciones de la representación tradicional basada en polígonos. La capacidad del Gaussian Splatting para producir resultados visuales de alta calidad con menos gastos computacionales lo hace particularmente valioso para aplicaciones XR, donde el rendimiento y la fidelidad visual son cruciales. Más específicamente, Gaussian Splatting tiene la ventaja sobre las técnicas de renderizado tradicionales cuando se trata de renderizar entornos complejos de una manera realista sin distorsiones comunes y fallas de renderizado asociadas con las técnicas de renderizado de polígonos que han dominado desde la década de 1990.

Juntos, NeRF y Gaussian Splatting están revolucionando la investigación XR al mejorar el realismo y la eficiencia de la creación de contenido 3D. Estas tecnologías permiten a los investigadores y desarrolladores crear entornos virtuales más detallados y precisos, que pueden usarse para una amplia gama de aplicaciones, desde simulaciones de capacitación inmersivas hasta turismo virtual y más. A medida que estas técnicas continúan evolucionando, prometen hacer que las experiencias de XR sean más accesibles, realistas e impactantes que nunca.

CONCLUSIÓN

Este informe ofrece un análisis detallado del estado actual de las tecnologías de realidad extendida (XR) a través de una revisión de la literatura académica de las principales revistas de investigación de XR analizadas a lo largo del informe. Utilizando tanto el análisis temático tradicional como el aprendizaje automático avanzado, identificamos temas, tendencias y conocimientos clave dentro del panorama de XR. Además, recopilamos las herramientas de hardware y software más mencionadas en estudios recientes.

Nuestro análisis temático, impulsado por una herramienta personalizada "Doc Parser" que utilizó la API LLM OpenAI junto con Google Gemini 1.5, identificó temas importantes en la investigación de XR, incluidas aplicaciones en atención médica y terapia, educación y capacitación, factores humanos y experiencia del usuario, interacción social y comunicación, y diseño y visualización. Los hallazgos muestran que las tecnologías XR tienen un impacto significativo en varios dominios, siendo la atención médica y la terapia los más destacados. Las aplicaciones en esta área incluyen rehabilitación, manejo del dolor, tratamiento de salud mental y formación médica.

El análisis de hardware y software destacó la dependencia de dispositivos disponibles comercialmente reutilizados para la investigación. Los dispositivos notables incluyen Microsoft HoloLens 2, Meta Quest 2, HTC Vive y Varjo XR-3, cada uno de los cuales contribuye a diferentes áreas de investigación de XR. Este capítulo también destaca la introducción de nuevos dispositivos como Apple Vision Pro, que integra AR, MR y VR, lo que promete avances futuros en resolución, tecnología inalámbrica y diseño ergonómico.

Por el lado del software, plataformas como Unity y Unreal Engine continúan dominando el desarrollo de XR, respaldadas por herramientas especializadas para la recopilación y el análisis de datos. Las tecnologías emergentes, como Apple Vision Pro y las gafas AR súper livianas, brindarán nuevas posibilidades tecnológicas a los investigadores, mientras que técnicas de renderizado como Neural Radiance Fields (NeRF) y Gaussian splatting están preparadas para transformar la reconstrucción y representación 3D de escenas y objetos al proporcionar métodos de creación de contenidos realistas y eficientes. Estos avances permiten simulaciones más realistas y experiencias inmersivas, superando los límites de la XR.

Este capítulo también identifica direcciones futuras para la investigación, incluida la

necesidad de estudios sobre el impacto y la eficacia a largo plazo de las aplicaciones XR, la integración de XR con AI e IoT y el desarrollo de tecnologías más accesibles e inclusivas. Las consideraciones éticas y transculturales, el impacto económico y la escalabilidad también son áreas críticas para la exploración futura. Además, aprovechar campos como la arqueología y las ciencias ambientales podría incluso proporcionar nuevas vías de investigación en temas como el análisis espacial y la percepción humana del medio ambiente.

En conclusión, este informe proporciona una visión general basada en datos del panorama actual de la realidad virtual, destacando las áreas de desarrollo más activas y prometedoras. Sirve como un recurso valioso para investigadores, desarrolladores y partes interesadas que buscan comprender y avanzar en las tecnologías VR/AR. La rápida evolución de XR requiere una atención continua a las tendencias e innovaciones emergentes para informar los esfuerzos futuros de investigación y desarrollo.

HARDWARE Y SOFTWARE XR EN ESTUDIOS A PARTIR DE 2023: UNA LISTA COMPLETA

Según el análisis del texto proporcionado y las respuestas, aquí hay una lista completa del hardware y software XR mencionado en estudios de 2023 o posteriores, junto con citas de los estudios correspondientes:

Hardware:

Pantallas montadas en la cabeza (HMD):

- **Microsoft HoloLens 2:**

- Ashitiani et al. (2023): Se utiliza para examinar la comprensión espacial de los tumores cerebrales.
- Kildahl -Andersen et al. (2023): Utilizado para broncoscopia de realidad mixta.

- **Meta Quest 2:**

- Evans y cols. (2023): Se utiliza para evaluar la función motora de las extremidades superiores.
- Cunha et al. (2023): Utilizado para el entrenamiento cognitivo en adultos con síntomas de TDAH.
- De Jesús Junior et al. (2023): Se utiliza para la inmersión en la naturaleza en realidad virtual multisensorial.

- **HTC Vive Pro:**

- Baillet et al. (2023): Se utiliza para estudiar el impacto de las limitaciones de las tareas en el seguimiento visomotor.
- Kilpelainen & Hakkinen (2023): Se utiliza para medir la legibilidad del texto en realidad virtual.

- **Varjo XR-3:**

- Kilpelainen & Hakkinen (2023): Se utiliza para medir la legibilidad del texto en realidad

virtual.

Lisle et al. (2023): Se utiliza para crear y manipular trazados 3D en realidad mixta.

- **HTC Vive:**

- Bonfert et al. (2023): Se utiliza para investigar los desafíos de controlar la rotación de objetos virtuales con guantes de retroalimentación de fuerza.
- Hsu et al. (2023): Se utiliza para estudiar la estimación de la postura del guante en realidad virtual.
- Li y col. (2023): Se utiliza para estudiar el reconocimiento de acciones basado en fusión multimodo.
- Sakurada et al. (2023): Se utiliza para investigar la atribución perceptiva de un miembro robótico virtual.
- Wenk et al. (2023): Mencionado en el contexto de estudios previos sobre entrenamiento motor en realidad virtual.

- **Búsqueda de Oculus:**

- Ganapathi y Sorathia (2023): se utiliza para estudiar técnicas de locomoción basadas en gestos provocadas por el usuario.
- Lu y col. (2023): Se utiliza para investigar los efectos de la caminata física en la selección de objetivos en realidad virtual.
- Weser et al. (2023): Mencionado en el contexto de la comparación de técnicas de navegación en realidad virtual.

- **Oculus Rift S:**

- Panadero y col. (2023): Se utiliza para examinar la diferencia entre sesiones inmersivas de realidad virtual de 10 y 20 minutos sobre el dolor y el afecto.
- Kilpelainen & Hakkinen (2023): Se utiliza para medir la legibilidad del texto en realidad virtual.
- Palmisano et al. (2023): Se utiliza para estudiar las diferencias en la orientación física

y virtual de la cabeza.

• **Other HMDs:**

- **Pico G2 4K:** Utilizado por Pedersen & Musaeus (2023) para escenarios de realidad virtual en un estudio sobre regulación emocional.
- **VR-HMDs (Virtual Reality Head-Mounted Displays):** Mencionados en diversos estudios sin especificar marca ni modelo.

Otros dispositivos:

- **Controladores de realidad virtual:** comúnmente utilizados para la interacción en experiencias de realidad virtual en varios estudios.
- **Vive Trackers:** Empleado para el seguimiento de todo el cuerpo en estudios de Berg et al. y Boban et al.
- **Leap Motion:** utilizado para el seguimiento manual en estudios de Hsu et al. (2023) y Nguyen et al. (2023)
- **Sensor Kinect:** utilizado en algunas aplicaciones AR/MR, como por Dong et al. (2023) y Bauer et al (2023).
- **Dispositivos especializados:**
 - **VRPMST (Tarea de detección de memoria prospectiva en realidad virtual):** desarrollada por Hogan et al. (2023) para evaluar la memoria prospectiva.
 - **Cibercópteros:** Introducido por Delcombel et al. (2023) para visualizar comportamientos periódicos en los datos.
 - **X-Board:** un asistente de AR adaptativo y egocéntrico desarrollado por Zhang et al (2023).

- **Conjunto de terapia MoVR :** un conjunto de herramientas terapéuticas de realidad virtual creadas por Stamenkovic et al. (2023).
- **Traje PA:** un traje háptico multimodal desarrollado por Kang et al. (2023)
- **Nesplora Aquarium:** una herramienta de evaluación de la atención basada en realidad virtual utilizada por Voinescu et al. (2023)

Software:

Motores de juego:

- **Unity:** Ampliamente utilizado para desarrollar experiencias de VR/AR/MR en numerosos estudios.
- **Unreal Engine:** También popular para crear entornos inmersivos, mencionado por varios estudios.

Otro software:

- **Lab Streaming Layer (LSL):** un marco para recopilar y sincronizar datos multimodales en la investigación de VR/AR, destacado por Wang et al . (2023)

Software de análisis estadístico:

- **SPSS:** Se utiliza frecuentemente para el análisis de datos en diversos estudios.
- **R:** También empleado para análisis estadístico y visualización de datos en varios estudios.

Aplicaciones específicas de VR/AR/MR:

- **Virtual_Decisions : GANGS:** una experiencia de realidad virtual para el entrenamiento de adolescentes en toma de riesgos (Bilello et al., 2023).
- **EnhanceVR:** una herramienta de seguimiento y entrenamiento cognitivo multisensorial (Borghetti et al., 2023; Cunha et al., 2023).

REFERENCIAS

- **RealityMedia:** un banco de pruebas para explorar narrativas espaciales en realidad virtual (Jang et al., 2023).
- **Cybercopters Swarm:** una herramienta de análisis inmersivo para visualizar datos (Delcombel et al., 2023).
- **Suite de terapia MoVR:** incluye varias herramientas terapéuticas de realidad virtual (Stamenkovic et al., 2023).
- **Nesplora :** una herramienta de evaluación de la atención basada en realidad virtual (Voinescu et al., 2023).
- **EPELI (Desempeño ejecutivo en la vida cotidiana):** una tarea de realidad virtual para evaluar el comportamiento dirigido a objetivos (Seesjärvi et al., 2023).
- **X-Board:** un asistente de AR adaptativo y egocéntrico (Zhang et al., 2023).
- **Módulo de seguridad contra incendios basado en realidad virtual:** utilizado por Katz et al. (2023) con fines formativos.
- **Cuestionario de enfermedad de realidad virtual (VRSQ):** se utiliza para medir el cibermalestar (Josupeit , 2023).
- **Cuestionario de presencia (PQ):** se utiliza para evaluar la presencia en realidad virtual (Palmisano et al., 2023).

Ashtiani, O., Guo, H.-J., & Prabhakaran, B. (2023). Impact of motion cues, color, and luminance on depth perception in optical see-through AR displays. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Baillet, H., Burin-Chu, S., Lejeune, L., Le Chénéchal, M., Thouvarecq, R., Benguigui, N., & Leconte, P. (2023). Impact of task constraints on a 3D visuomotor tracking task in virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Baker, N. A., Polhemus, A., Kenney, M., Bloch, R., Ward, N., Intriligator, J., & Edwards, R. (2023). Examining the difference between 10- and 20-min of immersive virtual reality on symptoms, affect, and central sensitization in people with chronic back pain. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Bauer, V., Bouchara, T., Duris, O., Labossière, C., Clément, M.-N., & Bourdot, P. (2023). Head-mounted augmented reality to support reassurance and social interaction for autistic children with severe learning disabilities. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Bilello, D., Swancott, L. J., Kloess, J. A., & Burnett Heyes, S. (2023). Adolescent risk-taking and decision making: A qualitative investigation of a virtual reality experience of gangs and violence. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Bonfert, M., Hübinger, M., & Malaka, R. (2023). Challenges of controlling the rotation of virtual objects with variable grip using force-feedback gloves. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Borghetti, D., Zanobini, C., Natola, I., Ottino, S., Parenti, A., Brugada-Ramentol, V., Jalali, H., & Bozorgzadeh, A. (2023). Evaluating cognitive performance using virtual reality gamified exercises. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Buche, H., Michel, A., & Blanc, N. (2023). When virtual reality supports patients' emotional management in chemotherapy. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Calandra, D., De Lorenzis, F., Cannavò, A., & Lamberti, F. (2023). Immersive virtual reality and

passive haptic interfaces to improve procedural learning in a formal training course for first responders. *Virtual Reality*, 27(2), 985-1012.

Chen, J., Zhou, Y., & Zhai, J. (2023). Incorporating AR/VR-assisted learning into informal science institutions: A systematic review. *Virtual Reality*, 27(3), 1985-2001.

Cheng, R., Wu, N., Varvello, M., Chai, E., Chen, S., & Han, B. (2024). A First Look at Immersive Telepresence on Apple Vision Pro. *arXiv preprint arXiv:2405.10422*.

Cunha, F., Campos, S., Simões-Silva, V., Brugada-Ramentol, V., Sá-Moura, B., Jalali, H., Bozorgzadeh, A., & Trigueiro, M. J. (2023). The effect of a virtual reality based intervention on processing speed and working memory in individuals with ADHD—A pilot-study. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Dai, S. C., Xiong, A., & Ku, L. W. (2023). LLM-in-the-loop: Leveraging large language model for thematic analysis. *arXiv preprint arXiv:2310.15100*.

De Jesus Junior, B. J., Perreault, L., Lopes, M. K. S., Roberge, M.-C., Oliveira, A. A., & Falk, T. H. (2023). Using multisensory virtual reality nature immersion as a therapeutic modality for improving HRV and cognitive functions in post-traumatic stress disorder: A pilot-study. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Delcombel, N., Duval, T., & Pahl, M.-O. (2023). Cybercopters Swarm: Immersive analytics for alerts classification based on periodic data. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

De Paoli, S., & Mathis, W. S. (2024). [Title of the work]. [Publication information not provided in the given text]

Dong, Y., Liu, X., Tang, M., Huo, H., Chen, D., Wu, Z., An, R., & Fan, Y. (2023). A haptic-feedback virtual reality system to improve the Box and Block Test (BBT) for upper extremity motor function assessment. *Virtual Reality*, 27(2), 1199-1219.

Evans, J. O., Tsaneva-Atanasova, K., & Buckingham, G. (2023). Using immersive virtual reality to remotely examine performance differences between dominant and non-dominant hands. *Virtual Reality*, 27(3), 2211-2226.

Ganapathi, P., & Sorathia, K. (2023). User elicited gesture-based locomotion techniques for immersive VEs in a seated position: A comparative evaluation. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Gao, M., & Boehm-Davis, D. A. (2023). Development of a customizable interactions questionnaire (CIQ) for evaluating interactions with objects in augmented/virtual reality. *Virtual Reality*, 27(2), 699-716.

García, A. S., Fernández-Sotos, P., Vicente-Querol, M. A., Sánchez-Reolid, R., Rodríguez-Jimenez, R., & Fernández-Caballero, A. (2023). Co-design of avatars to embody auditory hallucinations of patients with schizophrenia. *Virtual Reality*, 27(1), 217-232.

Ghosh, R., Feijóo-García, P. G., Stuart, J., Wrenn, C., & Lok, B. (2023). Evaluating face gender cues in virtual humans within and beyond the gender binary. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Girginova, K., Vadala, J., Tan, A., Kornides, M., Cassidy, K., Lipman, T., Okker-Edging, K., (2024 – Forthcoming). Augmented Landscapes of Empathy: Community Voices in Augmented Reality Campaigns. *Media and Communication*.

Gonçalves, A., Montoya, M. F., Llorens, R., & Bermúdez i Badia, S. (2023). A virtual reality bus ride as an ecologically valid assessment of balance: A feasibility study. *Virtual Reality*, 27(1), 109-117.

Haghzare, S., Arnison, M., Monaghan, D., Karlov, D., Honson, V., & Kim, J. (2023). Digital fabrics for online shopping and fashion design. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Harris, D. J., Arthur, T., Kearse, J., Olonilua, M., Hassan, E. K., De Burgh, T. C., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2023). Exploring the role of virtual reality in military decision training. *Frontiers in*

Virtual Reality, 4.

Hinricher, N., König, S., Schröer, C., & Backhaus, C. (2023). Effects of virtual reality and test environment on user experience, usability, and mental workload in the evaluation of a blood pressure monitor. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Hogan, C., Cornwell, P., Fleming, J., Man, D. W. K., & Shum, D. H. K. (2023). Assessment of prospective memory after stroke utilizing virtual reality. *Virtual Reality*, 27(1), 333–346.

Hsu, F.-S., Wang, T.-M., & Chen, L.-H. (2023). Robust vision-based glove pose estimation for both hands in virtual reality. *Virtual Reality*, 27(4), 3133-3148.

Jang, S.-Y., Park, J., Engberg, M., MacIntyre, B., & Bolter, J. D. (2023). RealityMedia: Immersive technology and narrative space. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Johnson-Glenberg, M. C., Yu, C. S. P., Liu, F., Amador, C., Bao, Y., Yu, S., & LiKamWa, R. (2023). Embodied mixed reality with passive haptics in STEM education: Randomized control study with chemistry titration. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Josupeit, J. (2023). Cybersickness as the virtual reality sickness questionnaire (VRSQ) measures it!? --An environment-specific revision of the VRSQ. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Juan, M.-C., Elexpuru, J., Dias, P., Santos, B. S., & Amorim, P. (2023). Immersive virtual reality for upper limb rehabilitation: Comparing hand and controller interaction. *Virtual Reality*, 27(2), 1157-1171.

Kahlon, S., Lindner, P., & Nordgreen, T. (2023). Gamified virtual reality exposure therapy for adolescents with public speaking anxiety: A four-armed randomized controlled trial. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Kang, D., Lee, C.-G., & Kwon, O. (2023). Pneumatic and acoustic suit: Multimodal haptic suit for enhanced virtual reality simulation. *Virtual Reality*, 27(3), 1647–1669.

Katz, D., Hyers, B., Hojsak, S., Shin, D. W., Wang, Z., Park, C., & Burnett, G. (2023). Utilization of virtual reality for operating room fire safety training: A randomized trial. *Virtual Reality*, 27(4), 3211-3219.

Kelly, N. J. (2023). Using interpretative phenomenological analysis to gain a qualitative understanding of presence in virtual reality. *Virtual Reality*, 27(2), 1173-1185.

Kildahl-Andersen, A., Hofstad, E. F., Sorger, H., Amundsen, T., Langø, T., Leira, H. O., & Kiss, G. (2023). Bronchoscopy using a head-mounted mixed reality device—A phantom study and a first in-patient user experience. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Kilpeläinen, M., & Häkkinen, J. (2023). An effective method for measuring text legibility in XR devices reveals clear differences between three devices. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Kolpan, K. E., Vadala, J., Dhanaliwala, A., & Chao, T. (2024). Utilizing augmented reality for reconstruction of fractured, fragmented and damaged craniofacial remains in forensic anthropology. *Forensic Science International*, 357, 111995.

Krugmann, J. O., & Hartmann, J. (2024). Sentiment Analysis in the Age of Generative AI. *Customer Needs and Solutions*, 11(1), 3.

Li, X., Chen, H., He, S., Chen, X., Dong, S., Yan, P., & Fang, B. (2023). Action recognition based on multimode fusion for VR online platform. *Virtual Reality*, 27(3), 1797-1812.

Lisle, L., Davidson, K., Gitre, E. J. K., North, C., & Bowman, D. A. (2023). Different realities: A comparison of augmented and virtual reality for the sensemaking process. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Lu, Y., Gao, B., Tu, H., Wu, H., Xin, W., Cui, H., Luo, W., & Duh, H. B.-L. (2023). Effects of physical walking on eyes-engaged target selection with ray-casting pointing in virtual reality. *Virtual Reality*, 27(2), 603-625.

Maneuvrier, A., Nguyen, N.-D.-T., & Renaud, P. (2023). Predicting VR cybersickness and its impact on visuomotor performance using head rotations and field (in)dependence. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Miah, M. S. U., Kabir, M. M., Sarwar, T. B., Safran, M., Alfarhood, S., & Mridha, M. F. (2024). A multimodal approach to cross-lingual sentiment analysis with ensemble of transformer and LLM. *Scientific Reports*, 14(1), 9603.

Nguyen, R., Gouin-Vallerand, C., & Amiri, M. (2023). Hand interaction designs in mixed and augmented reality head mounted display: A scoping review and classification. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1171230>

Olexa, J., Trang, A., Cohen, J., Kim, K., Rakovec, M., Saadon, J., ... & Saadon, J. R. (2024). The Apple Vision Pro as a Neurosurgical Planning Tool: A Case Report. *Cureus*, 16(2).

Palmisano, S., Allison, R. S., Teixeira, J., & Kim, J. (2023). Differences in virtual and physical head orientation predict sickness during active head-mounted display-based virtual reality. *Virtual Reality*, 27(2), 1293-1313.

Pedersen, K., & Musaeus, P. (2023). A phenomenological approach to virtual reality in psychiatry education. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Pedram, S., Kennedy, G., & Sanzone, S. (2023). Toward the validation of VR-HMDs for medical education: A systematic literature review. *Virtual Reality*, 27(3), 2255-2280.

Phelan, I., Furness, P. J., Matsangidou, M., Babiker, N. T., Fehily, O., Thompson, A., Carrion-Plaza, A., & Lindley, S. A. (2023). Designing effective virtual reality environments for pain

management in burn-injured patients. *Virtual Reality*, 27(1), 201-215.

Pouke, M., Ylipulli, J., Minyaev, I., Pakanen, M., Alavesä, P., Alatalo, T., & Ojala, T. (2022). A qualitative case study on deconstructing presence for young adults and older adults. *PRESENCE: Virtual and Augmented Reality*, 31, 249-269.

Radhakrishnan, U., Chinello, F., & Koumaditis, K. (2023). Investigating the effectiveness of immersive VR skill training and its link to physiological arousal. *Virtual Reality*, 27(2), 1091-1115.

Reaver, K. (2023). Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Sakurada, K., Kondo, R., Nakamura, F., Kitazaki, M., & Sugimoto, M. (2023). Investigating the perceptual attribution of a virtual robotic limb synchronizing with hand and foot simultaneously. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Sakuma, H., Takahashi, H., Ogawa, K., & Ishiguro, H. (2023). Immersive role-playing with avatars leads to adoption of others' personalities. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Seesjärvi, E., Laine, M., Kasteenpohja, K., & Salmi, J. (2023). Assessing goal-directed behavior in virtual reality with the neuropsychological task EPELI: Children prefer head-mounted display but flat screen provides a viable performance measure for remote testing. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Slater, M., Cabriera, C., Senel, G., Banakou, D., Beacco, A., Oliva, R., & Gallego, J. (2023). The sentiment of a virtual rock concert. *Virtual Reality*, 27(2), 651-675.

Stamenkovic, A., Underation, M., Cloud, L. J., Pidcoe, P. E., Baron, M. S., Hand, R., France, C. R., van der Veen, S. M., & Thomas, J. S. (2023). Assessing perceptions to a virtual reality intervention to improve trunk control in Parkinson's disease: A preliminary study. *Virtual*

Reality, 27(1), 465–479.

Vadala, J. R., & Milbrath, S. (2016). Using Virtual Reality to Understand Astronomical Knowledge and Historical Landscapes at Preclassic Cerros, Belize. *Journal of Skyscape Archaeology*, 2(1), 25-44. <https://doi.org/10.1558/jsa.v2i1.26915>

Voinescu, A., Petrini, K., Stanton Fraser, D., Lazarovicz, R.-A., Papavă, I., Fodor, L. A., & David, D. (2023). The effectiveness of a virtual reality attention task to predict depression and anxiety in comparison with current clinical measures. *Virtual Reality*, 27(1), 119–140.

Wang, Y., & Lin, Y.-S. (2023). Public participation in urban design with augmented reality technology based on indicator evaluation. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Wang, Q., Zhang, Q., Sun, W., Boulay, C., Kim, K., & Barmaki, R. L. (2023). A scoping review of the use of lab streaming layer framework in virtual and augmented reality research. *Virtual Reality*, 27(3), 2195–2210.

Wenk, N., Penalver-Andres, J., Buetler, K. A., Nef, T., Müri, R. M., & Marchal-Crespo, L. (2023). Effect of immersive visualization technologies on cognitive load, motivation, usability, and embodiment. *Virtual Reality*, 27(1), 307-331.

Weser, V. U., Sieberer, J., Berry, J., & Tuakli-Wosornu, Y. (2023). Navigation in immersive virtual reality: A comparison of 1:1 walking to 1:1 wheeling. *Virtual Reality*, 28(1), 4.

Wu, Y., Lukosch, S., Lukosch, H., Lindeman, R. W., McKee, R. D., Fukuden, S., Ross, C., & Collins, D. (2023). Training mental imagery skills of elite athletes in virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Yang, C.-L., Matsumoto, K., Yu, S., Sawada, L., Arakawa, K., Yamada, D., & Kuzuoka, H. (2023). Understanding the effect of a virtual moderator on people's perception in remote discussion using social VR. *Frontiers in Virtual Reality*, 4.

Zhang, Z., Pan, Z., Li, W., & Su, Z. (2023). X-Board: An egocentric adaptive AR assistant for perception in indoor environments. *Virtual Reality*, 27(2), 1327–1343.

1. Los estudios analizados se centraron principalmente en tecnologías virtuales (VR) o aumentadas (AR). Por lo tanto, son estas dos tecnologías las que comprenden el término general de realidad extendida (XR) en este capítulo

INNOVACIÓN COMERCIAL 2023: UN RESUMEN DEL AÑO

Kyle Cassidy

INTRODUCCIÓN

Las conclusiones de las distintas secciones de este informe indican una estrecha relación entre la industria y el mundo académico. Por eso, esta última sección está dedicada a describir desarrollos clave del mercado a partir de 2023 que pueden moldear nuestras capacidades para la producción futura de conocimiento. Continúa con una descripción general seleccionada de algunos de los desarrollos importantes de la industria XR en el último año, que cubren la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR), la inteligencia artificial (AI) y los gemelos digitales.

DESARROLLOS EN REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA

El hardware de realidad virtual, como los auriculares o las pantallas montadas en la cabeza (HMD), tiene, en general, una participación en el mercado mayor que el hardware de realidad aumentada, como las gafas inteligentes. El mercado principal que impulsa las ventas de ambas tecnologías sigue se mantiene al nivel industrial y empresarial (Grandview Research Report, 2023). Sin embargo, las ventas de hardware de realidad virtual disminuyeron ligeramente en 2023, mientras que las ventas de hardware de realidad aumentada crecieron en gran medida (Informe IDC, 2023).

En realidad virtual, Meta (también conocido como Facebook) todavía dominaba, pero con algunas grietas en la armadura. Meta lanzó sus auriculares Quest 3 (una versión de \$ 500 que sigue al Quest Pro de \$ 1,500 y al Quest 2 de \$ 400) que tomó características de ambos y esencialmente los hizo obsoletos. Si bien el Quest 3 es más delgado, pesa media onza más que el Quest 2 debido a que tiene una batería más grande (aunque no una mayor duración, una limitación clave de todos los HMD independientes) [1]. Un HMD más pesado puede generar obstáculos para la comodidad en el uso a largo plazo del dispositivo y también puede limitar la participación prolongada del usuario, como ver una película inmersiva de larga duración [2]. Aún así, hubo algunos desarrollos interesantes en Quest 3 como la inclusión, por primera vez, de un sensor de tiempo de vuelo que usa un láser para medir distancias y reduce la necesidad de crear sistemas guardianes manuales para el uso a escala de sala de realidad virtual (aunque al momento de escribir este artículo, el uso del guardián automático no es más fácil de configurar que uno creado manualmente).

Una de las historias más importantes, aunque en gran medida poco anunciada, de 2023 ha sido una serie de tácticas (end-runs) en torno a Meta por parte de desarrolladores independientes. Por ejemplo, un modder de juegos independiente que se llama Praydog lanzó un metahack llamado "FLAT2VR" en la víspera de Año Nuevo que permite jugar en realidad virtual casi cualquier juego de pantalla plana creado con Unreal Engine 4 o 5 y disponible en Steam. [3]. Anteriormente, la tienda de software de Meta carecía de casi cualquier experiencia "AAA" o de primera línea, pero después del lanzamiento de FLAT2VR, de pronto estuvieron disponibles hasta 11.000 nuevos juegos para PC (advertencia: si bien 11.000 juegos se hicieron disponibles, hasta ahora -febrero de 2024- la comunidad gamer ha probado alrededor de 1000, descubriendo que funcionan bien). Además, la gran noticia de Meta en septiembre de 2023 fue que sus avatares finalmente tendrían piernas en lugar de ser solo torsos flotantes.

AR

Esta decisión ha sido esperada y ridiculizada durante mucho tiempo (en comparación, el precursor de VR social de Horizon World, VR Chat, ha tenido avatares con piernas desde su lanzamiento en 2014). Sin embargo, se retrasó no solo debido a dificultades técnicas sino también, como muchos sugieren [4], como un intento de prevenir el acoso virtual.

La empresa taiwanesa de electrónica High Tech Computer Corporation (HTC), que había sido la principal competencia de Oculus desde que salió el primer visor Vive VR en 2013, lanzó nuevos visores en 2023. Su Vive XR Elite es un dispositivo XR de consumo premium con una agradable forma, una batería montada en la parte trasera y sin correa superior para la cabeza que le permite adaptarse a diferentes peinados (un problema de inclusión que han tenido todas las versiones de Meta Quest). Una gran ventaja del XR Elite Pro son sus dioptrías integradas, lo que significa que casi todo el mundo puede utilizarlo sin gafas. Sin embargo, el precio más bajo del Quest, su campo de visión más amplio y su mayor resolución hacen que el XR Elite Pro sea difícil de vender en el mercado masivo.

Bigscreen, cuyo principal producto hasta hace poco ha sido el cine de realidad virtual multiusuario que permite a las personas ver películas y vídeos en un cine virtual realista, también se expandió al hardware físico en 2023. Bigscreen Beyond es el visor de realidad virtual más pequeño del mundo (que solo conecta a un ordenador). Al momento de escribir este artículo, Bigscreen Beyond es el único visor de realidad virtual que se puede usar durante todo el día y está hecho a medida para un individuo, lo que dificulta compartirlo o usarlo en un espacio de laboratorio [5].

Por último, los dispositivos AR especializados (llámelos “gafas inteligentes,” así recibirá menos miradas confundidas) dieron grandes pasos hacia el público general desde su inicio en el mercado en 2013 con Google Glass. Los dispositivos AR de nicho (llámelos “gafas inteligentes”; obtendrá menos miradas extrañas) dieron grandes pasos hacia la corriente principal desde su aparición en el mercado en 2013 con Google Glass. Varios desarrolladores se dieron cuenta de que la tecnología para proyectar aplicaciones de teléfonos en gafas simples es económica y relativamente sencilla. Por ejemplo, Vuzix Blade tiene una cámara incorporada, un lector de códigos QR y una pantalla de un solo ojo, lo que lo hace aparentemente útil para cosas como teleconferencias, uso en museos o presentaciones. Varias empresas como XRAI, LEION y Vuzix también han presentado gafas AR de voz a texto, que subtitulan el mundo en vivo que lo rodea grabando y traduciendo conversaciones en tiempo real, creando así el potencial para una mayor inclusión en el uso.[6]

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Uno de los desafíos al diseñar entornos de realidad virtual a gran escala, o “mundos abiertos”, es el proceso intensivo de recursos para crear todos los elementos que estos contienen. Por ejemplo, al crear una simulación de realidad virtual hipotética de la Filadelfia de la época de la Guerra Revolucionaria, los diseñadores necesitarían crear planos interiores para cada edificio, contenido para cada cajón de la cocina y el temperamento de cada cliente Tory, entre muchas otras cosas. En el pasado, esto lo hacían diseñadores individuales a un alto costo, lo que limitaba la producción de contenido y la cantidad de organizaciones e individuos que podían permitirse el lujo de construir estos entornos. Sin embargo, combinar la IA con la realidad virtual tiene el potencial de aliviar significativamente este cuello de botella.

Aprovechando los desarrollos del año pasado, el fabricante de tarjetas gráficas NVIDIA lanzó la creación de contenido 3D generativo con IA de texto a objeto en 2023, lo que permitirá a los creadores de realidad virtual crear, agregar y manipular fácilmente objetos 3D en contenido de realidad virtual, así como una aplicación de IA separada (llamada move.ai) para animar objetos 3D. Los recién llegados a las aplicaciones móviles, Luma Labs, lanzaron un producto similar, Geni, para crear objetos 3D para AR en 2023, y Unreal Engine lanzó un marco de generación de contenido procedimental, que utiliza IA para proporcionar un conjunto de herramientas mejorado para los usuarios. NVIDIA también anunció que con escaneos faciales 3D pueden crear marcos de malla para replicar fácilmente versiones 3D de personas [7]. Aún así, este proceso está en su infancia y conlleva una serie de preocupaciones éticas. Un modelo similar, la IA Gemini de Google, [recibió recientemente amplias críticas](#) y fue suspendido temporalmente por generar vikingos étnicamente diversos y soldados alemanes de la Segunda Guerra Mundial (The Guardian, 2024).

Figura 1: Imagen de muestra de NVIDIA de animales 3D generados con IA, que ahora se crean y exportan en segundos. Crédito de la imagen: Blog para desarrolladores de NVIDIA, 2023.



Aún así, la sinergia entre la IA y la realidad virtual es útil no sólo para la construcción de mundos, sino también para tareas más mundanas, como ampliar y crear videos espaciales a partir de videos planos ordinarios, extrayendo más vida de grabaciones retro existentes y potencialmente expandiendo sus aplicaciones.

GEMELOS DIGITALES Y SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO VIRTUAL

En 2023 se produjeron importantes avances en la tecnología para capturar y recrear espacios reales. El “Sistema de posicionamiento visual Lightship” (VPS) de Niantic, lanzado en 2023, es un sistema de posicionamiento visual que proporciona coordenadas estilo GPS para mapeo de realidad aumentada en el mundo real [8]. Esto es útil para crear un metaverso del mundo real, permitiendo el posicionamiento persistente de objetos virtuales para experiencias multiusuario. Por ejemplo, decenas de personas pueden mirar lo mismo al mismo tiempo y los objetos pueden compartirse y manipularse (pensemos en arte virtual, señalización o incluso recreaciones de estructuras que ya no existen en un espacio). Lightship está imaginando su VPS principalmente como un marco para juegos, pero sería útil para una serie de objetos virtuales que podrían reemplazar un objeto físico, particularmente en lugares donde no es deseable colocar señales físicas (por ejemplo, líneas virtuales dibujadas en el suelo). para guiarlo por un sitio histórico o colocar marcadores para mostrar los hábitats de los animales.

Los dispositivos AR, como los teléfonos inteligentes, usan cámaras para anclar imágenes a entornos locales, pero para anclar una experiencia AR en la Tierra en vez de, por ejemplo, su sala de estar -y para que esa experiencia sea persistente y visible para múltiples usuarios al mismo tiempo- se hace necesario un sistema de posicionamiento mundial. Lightship afirma tener “precisión centimétrica” (algo de lo que el GPS por sí solo es incapaz). Lightship hace esto mapeando meticulosamente ciertos lugares que llaman “puntos de ruta” y anclándolos entre sí, lo que significa que prácticamente el sistema funcionará de manera más eficiente en algunos lugares que en otros (de la misma manera que Google Earth tiene significativamente más datos sobre ciudades grandes y áreas densamente pobladas que de zonas rurales). A medida que se crean más puntos de ruta, el mapa se vuelve más grande y más preciso.

Mientras Unity dio un paso atrás en el alojamiento de gemelos digitales, Microsoft Azure siguió adelante con Azure Digital Twins, una plataforma de Internet de las cosas basada en la nube que permite la creación de espacios digitales que imitan entornos 3D del mundo real. Esta es útil para ayudar a crear un edificio o incluso una ciudad inteligente y analizar datos de sensores inteligentes dentro y alrededor de esa área para crear una forma visual de ver. Por ejemplo, se podría medir cómo la apertura y el cierre de persianas en varios lados de un edificio regularán su temperatura. Una ciudad gemela digital completa podría usar sensores para monitorear los flujos de tráfico para ayudar a predecir y evitar la congestión del tráfico o para reducir la velocidad del tráfico en momentos y lugares que son particularmente

peligrosos para los peatones. Sin embargo, los avances en las tecnologías de gemelos digitales también aumentan la capacidad y la preocupación en torno a la vigilancia. Este trabajo requiere cantidades masivas de recopilación de datos y cantidades aún mayores de capacidad de almacenamiento y procesamiento, que es un espacio que Microsoft Azure ha creado.

Figura 2: Captura de pantalla de un video de Microsoft Azure Digital Twins que muestra el seguimiento hipotético en tiempo real de empleados en una plataforma petrolífera.



Por último, la tecnología Neural Radiance Field (o NeRF) lanzó un software para teléfonos inteligentes para producir renderización NeRF fotorrealista, volumétrica y en tiempo real, que puede utilizar imágenes capturadas no sólo con el último modelo de iPhone, sino incluso videos breves captados con drones. Esto permite capturar áreas y objetos muy rápidamente desde una variedad de puntos de vista y utiliza IA para llenar los espacios faltantes, una gran ayuda para cualquiera que estudie objetos, lugares o entornos en 3D.

REFERENCIAS

Counterpoint Research, 2023: "Extended Reality (XR) Headset Vendor Shipment Share Worldwide from 2020 to 2023, by Quarter". Statista.com: <https://www.statista-com.proxy.library.upenn.edu/statistics/1222146/xr-headset-shipment-share-worldwide-by-brand>

Grandview Research Report, 2023: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/augmented-reality-market>

The Guardian, 2024 <https://www.theguardian.com/technology/2024/feb/22/google-pauses-ai-generated-images-of-people-after-ethnicity-criticism>

IDC Report, 2023: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS51574023>

1. Ver: <https://arvrtips.com/meta-quest-3-vs-pro-vs-2-vs-1/>
2. La capacidad para películas de larga duración fue uno de los principales factores del éxito del VHS frente al formato de vídeo Beta, técnicamente superior.
3. Ver: <https://arvrtips.com/uevr-praydog-flat2vr-mod/>
4. Ver: <https://www.bbc.com/news/technology-60247542>
5. Ver: <https://www.engadget.com/bigscreen-beyond-review-gunning-for-vr-throne-valve-index-190004793.html>
6. Ver: <https://www.hearingtracker.com/resources/hear-with-your-eyes-five-ar-live-captioning-glasses>
7. Más información sobre la generación de contenido 3D de NVIDIA aquí: <https://blogs.nvidia.com/blog/omniverse-accelerates-game-dev/>

8. Más sobre Lightship aquí: <https://lightship.dev/products/vps/>