

Doble Grado en Ingeniería Informática y Administración de
Empresas
(2023-2024)

Trabajo Fin de Grado

“Revisión Sistemática de Requisitos de Software en Sistemas Inmersivos (VR/AR/MR)”

Beatriz Carabus Torrecilla

Tutor

Alejandro Rey

Colmenarejo, Septiembre 2024



[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto]

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento
– No Comercial – Sin Obra Derivada**

RESUMEN

Este trabajo consiste en la realización de una revisión sistemática de la literatura sobre la aplicación de los sistemas inmersivos y el diseño de metodologías de desarrollo software para entornos virtuales.

Partiendo de una búsqueda estructurada en varias bases de datos de trabajos académicos desde el año 2000 a la actualidad, se identificaron un total de 26 para lectura completa que cumplían los requisitos de nuestra revisión.

Como conclusiones generales, en la mayoría de los trabajos previos que discuten metodologías de desarrollo software de sistemas inmersivos, se combinan varias metodologías para adaptarse a este paradigma ya que no existe una única metodología dedicada al diseño de sistemas inmersivos. Además, como explicaremos más adelante, existe un problema de interoperabilidad que dificulta la integración de más de una tecnología en el mismo espacio.

Palabras clave: Ingeniería de requisitos, diseño de metodologías, sistemas inmersivos, experiencia de usuario, videojuegos

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	3
ÍNDICE GENERAL	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	8
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Motivación	10
1.2 Justificación	11
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	12
2.1 Entornos Virtuales	12
2.2 Historia	13
2.3 Ventajas y Desventajas	14
2.4 Metodologías	16
3. PLANIFICACIÓN	18
3.1 Diagrama de PERT	18
4. MARCO SOCIO-ECONÓMICO	19
4.1 Impacto social	19
4.2 Impacto económico	20
4.3 Presupuesto	20
5. MARCO REGULADOR	23
5.1 Marco Legislativo	23
6. OBJETIVOS	25
6.1 Objetivo general	25
6.2 Objetivos específicos	25
7. METODOLOGÍA	26
7.1 Formulación de la preguntas de investigación	26
7.2 Tipo de estudio	28
7.3 Estrategia de búsqueda	28
7.7.1 Fechas de revisión	28
7.7.2 Criterios de inclusión y exclusión	28
7.7.3 Bases de datos empleadas y palabras clave	31
7.7.4 Selección de los resultados de la búsqueda	32
7.7.5 Extracción de datos	37
7.7.6 Evaluación de la calidad de los estudios	39
7.7.7 Riesgo de sesgo y calidad metodológica	39
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
8.1 Análisis de los resultados	41
8.2 Discusión de los resultados	47
9. CONCLUSIONES	49
9.1 Limitaciones	49
9.2 Futuros trabajos	49
REFERENCIAS	51
ANEXOS	54

ANEXO I	54
ANEXO II	56
ANEXO III	60
ANEXO FINAL	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. de dependencias entre las distintas tareas	18
Tabla II. Ejemplo de Presupuesto para una Revisión Sistemática	21
Tabla II. Definición de las preguntas de investigación usando el método PICO	24
Tabla IV. Palabras clave y sinónimos empleados en la búsqueda	33
Tabla V. Plantilla de extracción datos	35
Tabla VI. Protocolo de búsqueda	36
Tabla VII. Datos clave sobre el impacto del uso de la realidad virtual (VR) en la industria videojuegos	46
Tabla VIII. Tema tratado en cada uno de los artículos analizados	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.

Representación de Realidad Mixta en el Continuum o Secuencia de la Realidad Virtual
12

Figura II.

Diagrama de PERT desarrollo de una revisión sistemática de la literatura de las metodologías de software para entornos virtuales
19

Figura III.

Diagrama de PERT del desarrollo del documento de memoria
20

Figura IV.

Esquema del proceso de filtrado de artículos de acuerdo a prerequisites para la revisión sistemática realizada
37

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A continuación se presenta una lista de acrónimos utilizados en este documento ordenados alfabéticamente:

3D	Three Dimensional
AR	Realidad Aumentada o Augmented Reality
CAVE	CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)
CC	Creative Commons (CC)
HCI	Human Centered Interaction
HUD	HUDs (Head-Up-Display)
HMD	Head Mounted Display
JADE	Java Adaptive Dynamic Environment
MAR	Realidad Aumentada Móvil
MR	Realidad Mixta o Mixed Reality
PC	Palabra clave
PR	Pre-requisitos
TDD	Test Driven Development
VR	Realidad Virtual o Virtual Reality
VRTP	Virtual Reality Transport Protocol
WOS	Web Of Science
XP	Extreme Programming

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de los sistemas virtuales ha sido un proceso dinámico marcado por los avances tecnológicos que han transformado la forma con la que interactuamos con el mundo digital. El desarrollo de estas plataformas digitales que permiten la creación de entornos simulados o interactivos pretende llevar la experiencia de usuario a niveles extraordinarios. Desde la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR) hasta la aparición de la realidad mixta (MR) ofrecen una variedad de experiencias inmersivas y herramientas colaborativas que aprovechan ámbitos como la educación, medicina, industria de los videojuegos, el sector de la construcción y comercio.

1.1 Motivación

Los sistemas inmersivos están diseñados para envolver al usuario en un entorno digitalizado que se logra mediante la estimulación de los sentidos y el uso de dispositivos especialmente diseñados para incrementar la sensación de inmersión de los usuarios. Los tipos más comunes de sistemas inmersivos son la Realidad Virtual (RV) y la Realidad Aumentada (RA).

Fue gracias al impulso de la industria de los videojuegos que la Realidad Virtual se expandió en sectores como la educación o formación profesional. Sin embargo, y a pesar de los avances tecnológicos en este campo, muchas compañías no han podido aprovechar al máximo el potencial de esta tecnología. Tras varias décadas de estudios se ha concluido que dadas las características de estos sistemas y las metodologías de desarrollo de software actuales, las empresas de desarrollo software al uso no han podido adaptarse integrando prácticas quizá más asociadas al desarrollo de videojuegos. Dado que la industria de los entornos virtuales es muy exigente con los ciclos de desarrollo y requisitos, es necesario encontrar una metodología compatible con el desarrollo centrado en sistemas interactivos de carácter inmersivo VR/AR/MR.

El objetivo del trabajo es investigar y analizar esas lagunas presentes en el desarrollo de metodologías destinadas al diseño de productos de sistemas inmersivos. Estos sistemas tienen un nivel de interacción mucho mayor que los tradicionales de escritorio. Para el

proceso de diseño de estos sistemas para los que no hay grandes estándares, hacen falta pruebas con usuarios y adaptar las metodologías existentes.

1.2 Justificación

En vista al creciente uso de las tecnologías inmersivas en entornos tanto profesionales como de entretenimiento, y dado que el avance tecnológico es cada vez mayor con sistemas cada vez más potentes, se considera necesaria una revisión de la literatura que recopile la evidencia disponible hasta el momento en este campo en relación a las metodologías de desarrollo utilizadas para este tipo de sistemas. Este trabajo permite profundizar en la evidencia existente en relación a metodologías para el desarrollo de software de sistemas inmersivos que permitan una mayor compatibilidad con los sistemas inmersivos.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En este apartado se describen las distintas metodologías existentes utilizadas en el desarrollo de software de entornos virtuales teniendo en cuenta su evolución y campos de aplicación. Se van a describir también características importantes de la realidad virtual, así como tecnologías alternativas presentes en el sector de los sistemas inmersivos.

2.1 Entornos Virtuales

Para empezar, es fundamental conocer qué tipos de entornos virtuales existen. Como muestra la siguiente figura, coexisten distintas tecnologías dependiendo del grado de inmersión, si es total o parcial. El espacio comprendido entre el mundo real y el virtual se conoce como Realidad Mixta. A su vez, dependiendo del nivel de virtualización nos encontramos con la Realidad Aumentada, que a diferencia de las otras tecnologías, se trata de un entorno virtual al que se le añaden elementos del mundo real.

Este trabajo se centrará sobre todo en el impacto de la realidad virtual, si bien también encontraremos la presencia de otras tecnologías para explicar las distintas metodologías de software existentes diseñadas para entornos virtuales.

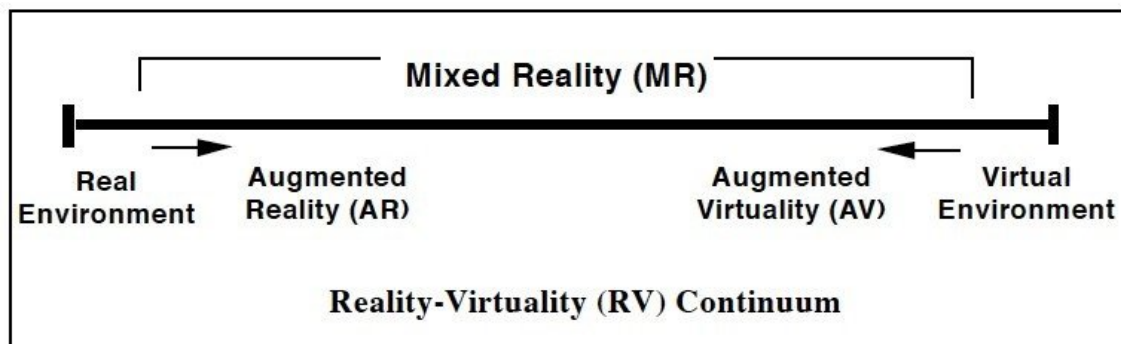


Figura 1. Representación de Realidad Mixta en el Continuum o Secuencia de la Realidad Virtual
Fuente: Milgram and Kishino's Mixed Reality on the Reality-Virtuality Continuum .[Milgram and Kishino 1994]

El mundo de realidad virtual no es más que una representación simulada a ordenador de un mundo con características físicas y espaciales muy concretas definidas por el usuario que interactúa con esta tecnología.

En el campo de la Realidad Virtual y tecnologías semejantes, existe un amplio abanico de dispositivos capaces de proporcionar al usuario un grado de inmersión total al mundo virtual. Para ello, la herramienta más utilizada es la HMD (Head Mounted Display) que como su nombre indica, sirve para sumergirse en el entorno virtual. Estos artefactos están dotados de sensores extremadamente sensibles que permiten garantizar una experiencia de inmersión completa y mejorar la respuesta en tiempo real de la interacción.

Los campos de aplicación más frecuentes donde podemos encontrar estas tecnologías, son la educación, la formación profesional y la salud.

2.2 Historia

La evolución de los entornos virtuales abarca varias décadas de desarrollo tecnológico y cambios en la aplicación de estas tecnologías. A continuación, resumimos brevemente esta evolución.

- Los inicios de los entornos virtuales podrían situarse entre los años 50 y 70. Los primeros dispositivos inmersivos aparecieron de la mano de Morton Heilig. El llamado “Sensorama”, ofrecía una experiencia multisensorial que combinaba varios elementos como imágenes en 3D, sonidos, vibraciones e incluso olores para crear un espacio inmersivo.
- Más tarde, en los años 70 aparece el primer sistema de realidad virtual “The Sword of Damocles” de la mano de Ivan Sutherland, basado en un casco de virtualización (HMD). Este dispositivo sentó las bases de la realidad virtual moderna, presentando imágenes generadas por una computadora y controlados en tiempo real.
- Años más tarde, aparecen simuladores como CAVE (Cave Automatic Virtual Environment). Este sistema, es un entorno de proyección en el que los usuarios están rodeados de pantallas cuya finalidad es crear una experiencia inmersiva. Se utilizó principalmente para el campo de investigación científica.

- Con la creciente popularidad de los videojuegos, el término de Realidad Virtual empezó a aplicarse con fines comerciales. Sin embargo, la tecnología no estaba lo suficientemente desarrollada, y la baja calidad gráfica junto con los problemas de fiabilidad del software llevaron a su fracaso comercial.
- No fue hasta los años 2000 que emergió la tecnología de Realidad Aumentada con aplicaciones prácticas en el sector industrial y de marketing. Dispositivos como los HUDs (Head-Up-Display), permitieron las primeras experiencias de AR, combinando información del mundo digital en el mundo físico.
- Con la aparición del dispositivo de Realidad Virtual Oculus, los sistemas inmersivos volvieron a posicionarse en el mercado. Empresas tecnológicas de renombre empezaron a realizar grandes inversiones en tecnología y los entornos virtuales empezaron a popularizarse de nuevo.
- La Realidad Mixta y las nuevas tecnologías comienzan a ganar terreno y el ecosistema inmersivo se expande con dispositivos cada vez más autónomos como Oculus Quest que elimina la necesidad de depender de potentes computadoras.

2.3 Ventajas y Desventajas

A continuación se expondrán los aspectos más positivos y negativos que ofrecen estos entornos.

Aunque hay numerosas ventajas cuando hablamos de entornos virtuales para los distintos campos de aplicación, solamente se van a describir las principales:

- **Simulaciones en entornos seguros:** los entornos virtuales permiten simular situaciones de riesgo en entornos controlados, como pueden ser vuelos de aviones, procedimientos médicos, etc.
- **Accesible y flexible:** con las herramientas actuales es posible acceder de forma remota y a distancia a cualquier dispositivo virtual. Esto es especialmente beneficioso para áreas como la educación y el entorno laboral.

- **Ahorro en costes:** a pesar de la gran inversión inicial, la creación de entornos virtuales permite reducir costes asociados a viajes, tiempo y permite eliminar la necesidad de depender de escenarios físicos.
- **Mejora en el proceso de toma de decisiones:** los entornos virtuales permiten a empresas de marketing crear experiencias inmersivas, como recorridos virtuales de productos, que más adelante facilitan el proceso de toma de decisiones para prever resultados o elaborar mejores estrategias.

A pesar de que los entornos virtuales son tecnologías con mucho potencial y en constante cambio y desarrollo, también se pueden encontrar algunos inconvenientes:

- **Problemas de compatibilidad:** los entornos virtuales avanzados a menudo requieren hardware específico para su correcto funcionamiento lo que limita su accesibilidad. Además los errores de software que se pueden presentar durante el desarrollo puede afectar negativamente a la experiencia de usuario.
- **Impacto en el bienestar del usuario:** algunas experiencias inmersivas pueden causar mareos y otros estados físicos desfavorables para el usuario lo que desmotiva su uso.
- **Privacidad y seguridad:** los entornos virtuales necesitan recopilar grandes volúmenes de datos de los usuarios, como sus movimientos, comportamientos y preferencias para poder ofrecer experiencias más personalizadas, lo que plantea elevados riesgos de privacidad. Dado que no dejan de ser programas informáticos, estos entornos son vulnerables a ataques informáticos que ponen en riesgo la información sensible recopilada y la integridad de los sistemas.
- **Barreras legales y regulatorias:** las leyes que protegen a los usuarios de comportamientos ilícitos dentro del entorno virtual aún siguen en desarrollo. Aspectos como la privacidad o propiedad intelectual siguen sin estar claramente definidos.

2.4 Metodologías

Existen diversas metodologías para el desarrollo de software que iremos analizando a continuación.

Las metodologías más tradicionales como “Waterfall” o “Spiral”, son modelos más tradicionales que están pensados para proyectos más largos y sofisticados donde los cambios se hacen de forma sistemática y lineal. En el modelo en cascada, la fase de pruebas se realiza en una etapa tardía y apenas se realizan cambios. Mientras que en el modelo en espiral, no se puede definir un momento de finalización del proyecto. En la actualidad se utilizan modelos más ágiles como los descritos a continuación.

La facilidad para adaptarse a los continuos cambios de la tecnología VR hace que las metodologías tales como Scrum, XP (Extreme Programming) y Kanban sean las más adecuadas para el proceso de desarrollo de software según sugiere el artículo [8] Mohammed Mahmoud, “Software Development Methodologies for Virtual Reality”. Todas ellas pertenecen a las metodologías ágiles o Agile Methodologies comúnmente utilizadas en el desarrollo de videojuegos y fines profesionales. Dado que la industria de los entornos virtuales es muy exigente con los ciclos de desarrollo y requisitos, es necesario encontrar una metodología compatible con el desarrollo de VR. Todas ellas se caracterizan por tener las siguientes características: un desarrollo iterativo, necesitar la colaboración de los stakeholders, escasa documentación del proceso y la habilidad de integrar con rapidez cambios en el sistema.

Comenzamos con lo expuesto en el artículo [8] Mohammed Mahmoud, “Software Development Methodologies for Virtual Reality” para describir la metodología Scrum, cuya característica principal es la división del tiempo de trabajo en intervalos cortos (2 semanas) o *sprints* pero de alta intensidad. Las ventajas que ofrece esta metodología son entre otras, su rigor en la fase de pruebas y el continuo *feedback* del cliente/usuario necesario para el correcto funcionamiento del sistema en todas las fases del desarrollo. Se propone una funcionalidad y se programa su ejecución. Se trabaja en esa funcionalidad hasta que se complete la tarea y se repite de manera iterativa el proceso con el siguiente requisito. Cuando aplicamos esta metodología al ámbito VR, puede ser de utilidad para el desarrollo de sistema inmersivo ya que se dividen las tareas en sprints

y se puede trabajar con distintas funcionalidades a la vez, de manera que el avance del proyecto sea rápido y eficaz. Estas características son óptimas a la hora de diseñar metodologías de software para entornos virtuales. En resumen, esta metodología divide el proyecto en pequeños bloques o sprints, que se van a planificar y revisar de forma regular.

Continuamos con el artículo [8] Mohammed Mahmoud, “Software Development Methodologies for Virtual Reality” para describir la metodología Kanban, donde predomina el flujo de tareas permanente, y se potencia la visualización de tareas como herramienta para ahorrar tiempo en la fase de planificación. Para garantizar que el flujo de trabajo de esta metodología sea ágil, las tareas no se realizan de forma simultánea sino que siguen un orden secuencial y se limitan las tareas en curso. El objetivo es minimizar el tiempo invertido en cada proceso de producción. Se puede integrar con otras metodologías como Scrum para mejorar la eficiencia y el tiempo global del desarrollo del producto.

Por último, según lo propuesto en el artículo [8] Mohammed Mahmoud, “Software Development Methodologies for Virtual Reality”, XP se caracteriza por la simplicidad en su proceso de desarrollo y su ahorro en recursos. Se trabaja en intervalos de tiempo muy breves, principalmente una semana y es posible integrar esta metodología con otras durante el ciclo de desarrollo de un sistema dada su facilidad para adaptarse a los cambios. Las tareas se llevan a cabo en un orden estricto que establece el Product Owner o jefe de proyecto y se realizan ciclos completos de planificación, diseño, desarrollo y pruebas. Además, XP sigue de manera rigurosa los principios de buenas prácticas que se deben llevar a cabo en los proyectos de ingeniería de software, en concreto, la práctica TDD (Test Driven Development).

3. PLANIFICACIÓN

En este apartado se va a representar mediante un diagrama de PERT el desarrollo de este proyecto que centrado en representar las dependencias existentes entre las diferentes tareas. En el diagrama se puede observar la evolución temporal del proyecto y el tiempo de dedicación prevista para cada una de las tareas descritas. Se ha elaborado el diagrama utilizando la herramienta draw.io.

3.1 Diagrama de PERT

Dado que algunas tareas referentes al desarrollo del proyecto son dependientes unas de otras se ha considerado oportuno representar la planificación del trabajo utilizando un diagrama de PERT, ya que aporta una mayor claridad sobre el desarrollo del proyecto.

La utilidad de esta herramienta de planificación es establecer el orden en el que se elaboran las diferentes tareas y la identificación de los caminos críticos a tener en cuenta a lo largo del desarrollo del proyecto. En la siguiente tabla es posible observar las dependencias a partir de la cual se genera el diagrama.

Tarea	ID Tarea	Precedente	Duración (semanas)	Fecha inicio (semanas)	Fecha fin (semanas)
Desarrollo de una revisión sistemática de la literatura de las metodologías de software para entornos virtuales					
Elaboración del proyecto	1	No hay precedentes	1	01/05	07/05
Aprendizaje de la estructura de una revisión sistemática	2	1	1	07/05	14/05
Desarrollar el protocolo de revisión	3	2	2	14/05	28/05
Buscar y Seleccionar lecturas relevantes	4	3	3	28/05	21/06
Evaluar la calidad de los estudios seleccionados	5	4	2	21/06	05/07

Extraer y sintetizar datos	6	5	2	05/07	21/07
Análisis y redacción de resultados	7	6	2	21/07	05/08
Revisión interna	8	7	1	05/08	12/08
Preparación para la entrega	9	8	1	12/08	19/08
Entrega de la revisión	10	2	1	19/08	26/08
Elaboración del documento de memoria					
Introducción	1	No hay precedentes	1	01/05	07/05
Estado de la cuestión	2	No hay precedentes	2	07/05	21/05
Planificación	3	No hay precedentes	1	27/05	3/06
Marco socio-económico	4	1,2,3	1	04/06	11/06
Marco regulador	5	4	1	07/06	12/06
Objetivos	6	4	2	15/06	2/07
Metodología	7	5,6	4	28/06	28/07
Resultados y Discusión	8	7	3	10/07	01/08
Conclusiones	9	8	3	16/07	03/08
Revisión	10	1	18	20/08	28/08

Tabla I. de dependencias entre las distintas tareas.

En la siguiente figura, se muestra el diagrama de PERT resultante de la tabla del apartado de desarrollo de una revisión sistemática de la literatura de las metodologías de software para entornos virtuales, donde en el interior de los nodos se representa el identificador de cada tarea y las flechas las diferentes dependencias. El nodo inicial y final representan el estado anterior al comienzo y al fin del proyecto, respectivamente.

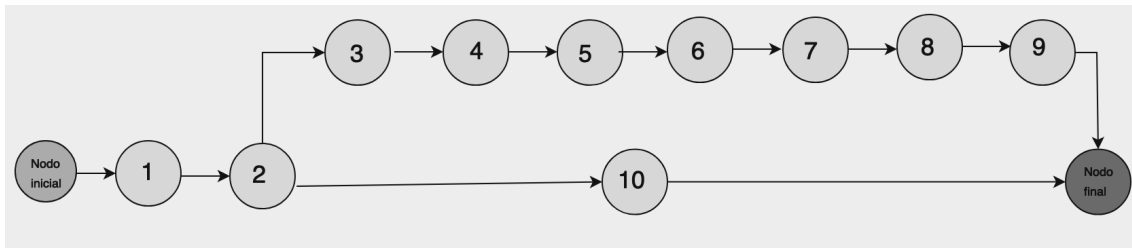


Figura II. Diagrama de PERT desarrollo de una revisión sistemática de la literatura de las metodologías de software para entornos virtuales

Fuente: elaboración propia

En la siguiente figura, se muestra de la misma forma que en el caso anterior el diagrama de PERT resultante del desarrollo del documento de memoria.

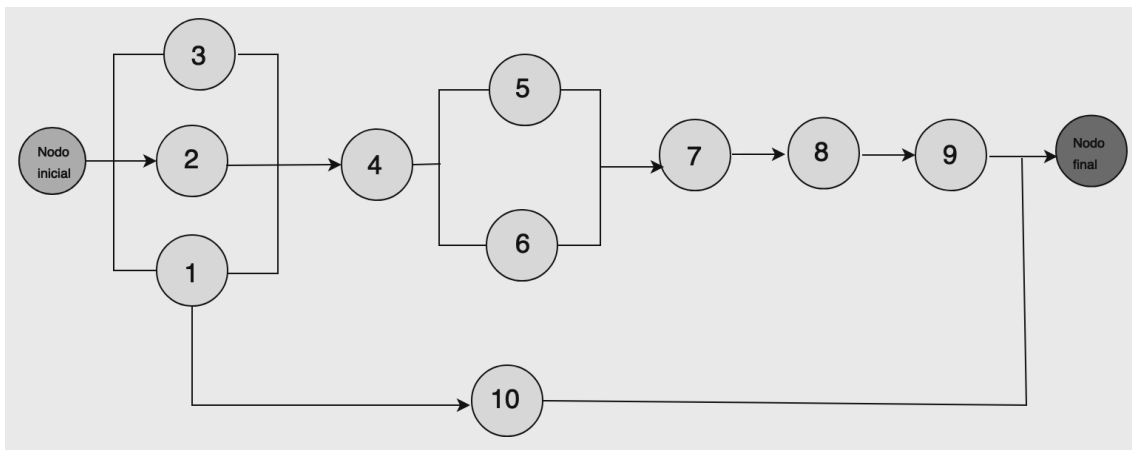


Figura III. Diagrama de PERT del desarrollo del documento de memoria.

Fuente: elaboración propia

4. MARCO SOCIO-ECONÓMICO

En los apartados siguientes se analizará el impacto social y económico que puede tener la revisión sistemática realizada acerca de las metodologías de desarrollo de software para sistemas inmersivos descrita a lo largo del presente documento. Por otra parte, también se hará un desglose resumido del presupuesto que conlleva llevar a cabo este proyecto de investigación.

4.1 Impacto social

Realizar una revisión sistemática de la literatura acerca de las metodologías de software para entornos virtuales, puede tener un impacto social significativo en diversas áreas. A continuación describimos algunas de esas aportaciones:

- **Mejora en la calidad del desarrollo de software:** la revisión sistemática puede identificar qué metodologías de software son las más eficaces para el desarrollo de entornos virtuales, promoviendo la adopción de mejores prácticas y estándares. Esto mejora la calidad y fiabilidad del software empleado en campos como el entretenimiento, salud y educación. Además al ser más eficientes, influye directamente en los costes de desarrollo, ahorrando tiempo y optimizando recursos.
- **Fomento de la innovación tecnológica:** la revisión sistemática puede promover nuevas áreas de investigación poco exploradas hasta el momento en el ámbito de desarrollo de software para entornos virtuales. Al comparar distintas metodologías puede impulsar la innovación al señalar nuevas direcciones para la investigación y desarrollo.
- **Favorecer la colaboración interdisciplinar:** las metodologías identificadas pueden facilitar la integración de diferentes tecnologías (Big Data y AR) para crear entornos virtuales más completos y sofisticados.
- **Reducción de la desinformación:** Al sintetizar grandes volúmenes de información de forma estructurada y rigurosa, las revisiones sistemáticas aportan

claridad en la información y ayudan a reducir la diseminación de datos contradictoria.

- **Reproducibilidad de Resultados:** al sintetizar varios estudios de manera transparente y metódica, se identifican patrones generales que permiten a otros investigadores replicar el estudio.

4.2 Impacto económico

En este apartado se analiza el impacto económico que este proyecto puede tener en diversos campos. A continuación describimos algunas de esas contribuciones:

- **Aumento de la productividad:** las metodologías de desarrollo de software de entornos virtuales que sean eficaces pueden acelerar el proceso de desarrollo de los sistemas, permitiendo a las empresas lanzar productos al mercado más rápido
- **Expansión a nuevos mercados:** las metodologías permiten la creación de entornos más accesibles y personalizables a las necesidades de los usuarios, por tanto las empresas pueden desarrollar productos que lleguen a nuevos mercados.
- **Favorece la colaboración:** la revisión sistemática puede ayudar a estandarizar las metodologías de desarrollo de software, facilitando la integración de productos y servicios.

4.3 Presupuesto

A la hora de generar el presupuesto para una revisión sistemática de la literatura sobre metodologías de software para entornos virtuales, se ha de tener en cuenta que puede variar según el alcance del proyecto, los recursos disponibles para llevarlo a cabo, el equipo involucrado durante todo el proceso de desarrollo y finalmente el tiempo necesario para completar la revisión.

A continuación, presentamos un ejemplo de presupuesto adaptado a este tipo de proyecto. Para calcular dichos costes y tener en cuenta los resultados es importante clarificar que los datos representados son estimaciones.

Categoría	Descripción	Coste
1. Personal		
Investigador principal	Coordina el proyecto	12,000€
Investigador auxiliar (2)	Encargado de recopilar datos y redacción	18,000€
Experto en metodología	Asesora en el diseño de la revisión y análisis de resultados	8,000€
2. Recursos tecnológicos		
Software de gestión de referencias	Licencias y suscripciones (Bib Guru)	400€
Herramienta de análisis de datos	Licencias para análisis cualitativo y cuantitativo (Nvivo)	1,500€
Acceso a bases de datos científicas	Suscripciones a bases de datos académicas (IEEE, ACM)	2,000€
3. Consultoría		
Consultoría técnica	Asesoría técnica en metodologías de software para entornos virtuales	5,000€
4. Formación		
Cursos y talleres	Capacitación del equipo en técnicas avanzadas de revisión	1,000€
5. Gastos operativos		
Reuniones	Costos asociados a la organización de reuniones	900€
Comunicaciones	Costos de comunicación (teléfono, videoconferencias, etc.)	500€
6. Publicación y Difusión		
Publicaciones en revistas	Costos de publicación en revistas científicas	3,000€
Conferencias	Gastos para presentar los resultados en conferencias	5,000€
7. Contingencias		
Imprevistos	Reservado para imprevistos	3,000€

Total estimado	60,300€
-----------------------	----------------

Tabla II. Ejemplo de Presupuesto para una Revisión Sistemática

A continuación, presentamos una breve descripción de las partidas del presupuesto.

1. **Personal:** gran parte del presupuesto se destina al equipo de investigación, incluyendo al investigador principal y sus dos asistentes. Todo ello para garantizar que el proceso de desarrollo del proyecto se realice con la calidad más alta de trabajo.
2. **Recursos tecnológicos:** incluye sobre todo los costes de licencias necesarios para poder desarrollar el proyecto correctamente pero también el acceso a las bases de datos científicas.
3. **Consultoría:** se asignan fondos específicos para la revisión externa de los resultados obtenidos durante la investigación por parte de un equipo de expertos en la materia.
4. **Formación:** es necesaria la formación continua de los miembros del equipo en técnicas de revisión sistemática, análisis de datos y recopilación de información.
5. **Gastos operativos:** cubre gastos como la organización de reuniones, comunicaciones internas y externas.
6. **Publicación y Difusión:** incluye costes de publicación de los resultados en revistas y otras plataformas o medios de difusión. Además de participar en conferencias a nivel internacional.
7. **Contingencias:** se asigna una reserva para cubrir cualquier gasto imprevisto que pueda surgir durante el proyecto.

5. MARCO REGULADOR

5.1 Marco Legislativo

En este apartado se detalla la legislación vigente aplicable al proyecto, además de resaltar las licencias necesarias para realizar el trabajo de investigación y las buenas prácticas referentes al uso de la documentación recopilada durante la investigación.

Todo proyecto de software debe estar sujeto a las normativas legales del lugar donde se lleva a cabo su desarrollo. A continuación se citan las leyes principales conciernen a proyecto:

- Ley de Protección de Datos: describe cómo son utilizados los datos y la información relativa al usuario, de acuerdo a la “Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales”. Debido a que la revisión sistemática utiliza información proveniente de diversas fuentes externas, principalmente otros artículos, esta se ve afectada por esta legislación.
- Ley de Propiedad Intelectual: se trata de una serie de derechos atribuidos a los autores de obras de carácter científico, literario, etc. recogidas en el “Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia”.

El uso de estas leyes es necesario cuando se incorporan estudios provenientes de fuentes externas de otros investigadores para garantizar la confidencialidad y la integridad del proyecto.

En cuanto a las licencias y suscripciones también se han tenido en cuenta para el desarrollo del proyecto, en este caso, para acceder a las bases de datos académicas y el software para la gestión de referencias bibliográficas recopiladas durante el proceso, así como una herramienta de análisis de datos.

- **Bib Guru:** el siguiente programa se ha usado para realizar las referencias del presente documento.
- **Nvivo:** es una herramienta de análisis de datos cualitativo y cuantitativo que permite profundizar en las áreas de interés de la investigación.
- **IEEE:** es una base de datos de investigación para acceder a artículos de revistas, conferencias, normas técnicas y materiales relacionados sobre ingeniería, informática y campos afines.

Por último, hay que tener en cuenta las licencias de publicación y derechos de reproducción. Licencias como la de Creative Commons (CC) son necesarias si se va a publicar una revisión sistemática para definir la manera en la que otros pueden usar, compartir y distribuir el trabajo.

6. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es el de analizar si es interesante diseñar una metodología para la extracción de requisitos para la creación de sistemas inmersivos. En base a ese objetivo principal se proponen los siguientes objetivos:

6.1 Objetivo general

Explorar qué metodologías se reportan en la literatura en relación al desarrollo de sistemas inmersivos.

6.2 Objetivos específicos

- Identificar y analizar las metodologías de desarrollo de software o extracción de requisitos ya existentes que se emplean actualmente para el diseño de sistemas inmersivos, mencionando brevemente su alcance en el entorno de realidad virtual dirigido al sector de los videojuegos.
- Analizar en qué tipo de aplicaciones se usa cada metodología ya existente.
- Describir las variables de estudio que pretenden garantizar la calidad de las fuentes de información consultadas.

7. METODOLOGÍA

En esta sección se detalla paso a paso el procedimiento de desarrollo de la revisión sistemática.

En el apartado 3.1 encontraremos las preguntas de investigación planteadas que serán el punto de partida de este trabajo además de los objetivos que se pretenden alcanzar dando respuesta a estas preguntas.

Más adelante, en el 3.2 encontraremos una breve descripción del tipo de investigación que se está llevando a cabo.

Por su parte, en el 3.3 se subdivide en varios apartados donde se detalla todo el proceso iterativo que se ha propuesto para definir nuestra metodología para la cual se ha basado en una selección minuciosa de artículos que dan respuesta a las preguntas de investigación expuestas. Dentro de este apartado, se encuentran los criterios de selección utilizados para el proceso de filtrado en los buscadores con el fin de obtener información relevante y mitigar sesgos. También encontraremos en esta sección la parte más analítica del trabajo que es la extracción de datos más significativos. Además, se incluye un apartado de evaluación de la calidad de las publicaciones seleccionadas y una sección donde se analizan los riesgos de sesgo durante la búsqueda de información así como los factores que pueden llevar a introducir errores en la revisión sistemática.

7.1 Formulación de la preguntas de investigación

Tras la revisión se espera obtener una visión global acerca de los procedimientos que se deben tener en cuenta para definir los requisitos de software necesarios de sistemas inmersivos. Para la formulación de las preguntas hemos hecho uso del método PICO, la siguiente tabla muestra el procedimiento realizado.

Componente	Descripción
Población	Productos, agentes y aplicaciones relacionados con los sistemas inmersivos.
Intervención	Evaluación de las metodologías aplicadas al desarrollo de entornos virtuales.
Comparación	Comparación entre los resultados recopilados en varios estudios

sobre procesos de diseño de sistemas inmersivos.

Resultados

Estudios sobre desarrollo de entornos virtuales basados en productos y aplicaciones.

Tabla III. Definición de las preguntas de investigación usando el método PICO

Asimismo, se intenta dar respuesta a la siguientes preguntas:

RQ1. ¿Qué metodologías existentes han sido anteriormente aplicadas en relación a los sistemas inmersivos?

Para entender cuál es la situación actual de estos sistemas y cómo se han aplicado los distintos tipos de metodologías según los ámbitos de aplicación de los entornos virtuales.

RQ2. ¿Cuál ha sido la trayectoria de la evolución e integración de los sistemas inmersivos hasta la actualidad según los estudios de otros autores?

Para conocer en qué ámbitos se ha aplicado esta tecnología y su evolución.

RQ3. ¿Cuáles son las estrategias utilizadas para medir el nivel de satisfacción de los usuarios tras su experiencia con los entornos virtuales?

Conocer cuáles son los criterios que se utilizan para medir el éxito de los casos de uso de estos sistemas inmersivos y su impacto en los grupos de interés (usuarios, stakeholders, etc) .

RQ4. ¿En qué tipo de entorno virtual han sido aplicadas las metodologías ya existentes?

Para conocer si las metodologías actuales están centradas en un sólo tipo de entorno virtual, tanto VR como AR, o si podrían integrarse varios tipos de entornos virtuales a la vez.

Estas preguntas se emplean a fin de entender con mayor precisión toda la información recopilada para poder realizar una evaluación final y concluyente del objeto de estudio de este documento.

7.2 Tipo de estudio

En el presente documento se va a llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura. Este tipo de revisiones se caracterizan por el rigor metodológico que las define. Su finalidad es alcanzar una conclusión en base al análisis previo de unos resultados extraídos de otras fuentes de información.

7.3 Estrategia de búsqueda

El objetivo de definir una estrategia de búsqueda es identificar los estudios primarios de la investigación. Se ha realizado una búsqueda exhaustiva de varias fuentes académicas para poder dar respuesta a las preguntas planteadas. Es importante formular una buena entrada o consulta en la búsqueda de las bases de datos de artículos de investigación para poder obtener con éxito las mejores respuestas posibles. Para ello, se han realizado una batería de pruebas, empleando los criterios definidos previamente, con una serie de preguntas dirigidas a las bases de datos. Este proceso se ha repetido hasta encontrar las consultas o entradas que mejor se ajustan a nuestras preguntas de investigación.

7.7.1 Fechas de revisión

Las fechas de las consultas se han realizado dentro de los siguientes rangos: 2000 al 2024.

7.7.2 Criterios de inclusión y exclusión

Los siguientes criterios de selección se basan en la elección rigurosa de palabras clave principales.

De acuerdo a, [1] K. S. Khan, A. Bueno-Cavanillas, y J. Zamora, “Revisiones sistemáticas en cinco pasos: II. Cómo identificar los estudios relevantes”, las consultas preliminares se construyen siguiendo una serie de pasos: identificación de los sinónimos para los términos más generales, comprobación de duplicidad de palabras para evitar redundancias de las palabras clave ya registradas, uso de los operadores booleanos OR para añadir más semántica a los criterios y el operador AND para vincular términos más generales.

El procedimiento de búsqueda preliminar se ha dividido en dos fases. La primera fase, durante el proceso de búsqueda de los artículos, los parámetros principales han sido el título y el resumen. Se ha examinado el peso que tienen estas variables en los objetivos de la revisión y se han descartado aquellas publicaciones que resultan irrelevantes. Se ha hecho una clasificación previa de artículos como “posibles candidatos” o “no probables.”

La segunda fase de la búsqueda es más exhaustiva, en cuanto que el foco es en el análisis de las conclusiones que garantizan que el contenido sea relevante para nuestro trabajo.

Para definir los criterios de inclusión se va a determinar las siguientes estrategias para las cuales nos hemos basado en la guías [2] “PRISMA statement”. Emplearemos el truncamiento de palabras para buscar un término en una sola búsqueda y obtener del mismo sus posibles variantes. Ejemplos de truncamientos que se han aplicado a los términos en el buscador son:

- Asterisco (*) se emplea para sustituir uno o varios caracteres y probar distintas combinaciones, por ejemplo: *tech* technology, technological, technique*
- Interrogación (?) se emplea para sustituir un solo carácter, por ejemplo, *gam? game, gaming, gamer*
- Comillas (“”) se emplea para buscar los términos tal y como se introducen en el buscador, como frases literales. Un ejemplo de esto: *“Impact of VR in the gaming industry”*.

Por otro lado, los operadores booleanos (AND, OR) son fundamentales para realizar las búsquedas de manera más eficaz. Varios ejemplos de esto han sido detallados más adelante en la sección donde se han definido las consultas.

También, hemos hecho uso de los sinónimos para extender nuestras posibilidades de búsqueda. Por ejemplo, virtual-digital, metodología-proceso, experiencia de usuario-habilidad de usuario. El objetivo ha sido buscar palabras que fuesen semánticamente equivalentes.

- **Criterios de inclusión**

- Publicaciones que demuestran el éxito de casos de estudio acerca de los modelos de diseño de metodologías de software para desarrollar interfaces de realidad virtual.
- Estudios a los que se pueda tener libre acceso a través de recursos de la biblioteca virtual o utilizando la VPN de la Universidad.
- Artículos publicados en los últimos 20 años, es decir, entre el 2004 y 2024.
- Publicaciones en los que se especifiquen protocolos o procedimientos de ingeniería de software utilizados de VR (Realidad Virtual), en particular, en el sector de los videojuegos.

- **Criterios de exclusión**

- Artículos en los que sólo disponemos del resumen pero no del texto completo.
- Artículos escritos en idiomas ajenos al español o inglés no se tendrán en cuenta.
- Publicaciones duplicadas en distintas bases de datos.
- Fuentes de información que sean del género entrevistas, cuestionarios o artículos de opinión.

El idioma en el que se encontraban la mayoría de los artículos no se ha considerado como un criterio de exclusión, siendo la gran mayoría de fuentes en inglés.

7.7.3 Bases de datos empleadas y palabras clave

En una primera aproximación se han realizado búsquedas en *ACM*, *IEEE Xplore* y *Scopus*. La decisión de escoger éstas bases de datos en lugar de otras, se ha basado en una serie de criterios. En primer lugar, por la disciplina que cubren estas plataformas, dado que *IEEE Xplore* y *ACM* son recursos valiosos a la hora de realizar investigaciones dentro del área de la informática y tecnología. Por su parte, *Scopus* tiene indexado artículos de varias índoles y entre ellas se encuentra el ámbito de las tecnologías, si bien es cierto que es la base de datos con mayor número de publicaciones (20,346) según revelan los autores [3] P. Mongeon y A. Paul-Hus, “The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis”. En segundo lugar, resaltamos la metodología de búsqueda de la plataforma *ACM* puesto que es la que tiene mayor número de filtros avanzados lo que la convierte en la opción más apropiada a la hora de simplificar las búsquedas. Un ejemplo de esta metodología de búsqueda es su sistema de filtrado como el “full text” lo que permite resultados más completos y precisos, mientras que otras plataformas sólo contemplan filtros como el “abstract” o “title” a la hora de extraer artículos de interés. Por último, todos los artículos indexados en estos portales suelen haber pasado un proceso de revisión por pares, por lo que podemos asumir una alta calidad de base.

En cuanto a las palabras clave seleccionadas, nos tenemos que asegurar que son relevantes respecto al caso de estudio que estamos tratando y sean fáciles de identificar con nuestro objetivos. Por tanto, para garantizar una búsqueda más eficaz hemos basado nuestro criterio de selección de términos en varios aspectos:

En primer lugar, tener en cuenta que debe existir un equilibrio entre realizar una búsqueda rigurosa y que esa búsqueda sea lo suficientemente precisa como para obtener únicamente resultados relevantes para la investigación.

En segundo lugar, los términos deben estar relacionados con el campo de aplicación que estamos estudiando, por ejemplo, términos equivalentes a entornos virtuales, pueden ser entornos digitales o interactivos.

Por último, identificar conceptos que ayuden a describir las preguntas de investigación planteadas, por ejemplo, si en la RQ1 nos habla sobre metodologías y sistemas inmersivos, entonces buscamos términos relacionados con estos conceptos y procuramos que las palabras sean muy concretas para facilitar a los buscadores encontrar el mayor número de artículos relevantes posible.

Palabras clave según áreas temáticas:

- Software

Ingeniería de requisitos, ingeniería de software, proceso desarrollo software, diseño de metodologías, diseño de sistemas.

- Sistemas inmersivos

Realidad virtual, sistemas inmersivos, experiencia de usuario, realidad aumentada, realidad mixta, entornos virtuales, software prototipado.

- Relacionados

Videojuegos, interfaz usuario, experiencia usuario, stakeholders, educación, salud, construcción, comercio, entretenimiento, seguridad, pruebas.

7.7.4 Selección de los resultados de la búsqueda

Antes de poder seleccionar los artículos más adecuados a nuestro caso de estudio, se ha procedido a realizar una búsqueda preliminar con el objetivo de estimar la cantidad total de estudios que se obtienen con distintas consultas o *queries*, así como obtener una idea aproximada de la proporción de publicaciones totales que parecen estar verdaderamente alineados con los requisitos de software aplicados a la creación de sistemas inmersivos.

Basándose en un conjunto de palabras clave extraídas de la literatura se ha procedido a realizar búsquedas de carácter exploratorio.

Para comenzar con la investigación, hemos ejecutado la siguiente consulta preliminar en las bases de datos mencionadas anteriormente:

- Consultas preliminares:

("Requirements Engineering" AND "Virtual Reality") OR ("Augmented Reality" OR "Mixed Reality")

- En esta segunda fase de la investigación, es fundamental refinar nuestra consulta de búsqueda. Para ello, se ha definido una serie de prerequisites que nos han

ayudado a la hora de hacer la selección de artículos para lectura completa que den respuesta a las preguntas de investigación planteadas. Algunos ejemplos de estos requisitos son:

PR1. Sólo artículos: priorizar artículos publicados en fuentes indexadas.

PR2. Sólo *peer-reviewed*: escoger artículos que hayan pasado por un riguroso proceso de revisión, garantizando calidad y validez.

PR3. Accesibilidad al artículo: asegurarse de que el artículo sea accesible, ya sea de forma gratuita o a través de recursos académicos, como los proporcionados por la UC3M desde el punto de vista del investigador.

PR4. Eliminación de duplicados: comprobar que los artículos no estén duplicados en distintas bases de datos. Si se cumple que hay artículos repetidos se aplica el siguiente criterio de elección:

- Se escoge el artículo que tenga la versión más actualizada.
- Se escoge el artículo más completo.
- Se escoge el artículo publicado en plataformas dedicadas a los campos de investigación que estamos analizando.

PR5. Relevancia: para poder decidir qué artículo categorizamos como “relevante”, uno de los factores interesantes es observar la cantidad de veces que ha sido referenciado el artículo. Si el número es elevado, se considera significativo para nuestro estudio y se considera como relevante. De acuerdo con [4] Google Scholar Metrics, esta métrica es una de las más fiables a la hora de evaluar la calidad de una fuente.

PR6. Lectura preliminar: decidir qué apartados son los que nos interesan destacar de los artículos de interés. Principalmente, destacamos el título del artículo. Sin embargo, hemos de tener en cuenta que la búsqueda la llevamos a cabo empleando distintas combinaciones de palabras clave y que algunos de los resultados pueden estar fuera del ámbito de estudio. Por tanto, todos aquellos resultados que se alejen de nuestro objeto de

estudio se han descartado directamente, dado que no contienen las siguientes características:

- Aplicaciones de los sistemas inmersivos más allá de la industria de los videojuegos.
- Aportaciones en el ámbito de la realidad aumentada y virtual.
- Describir los desafíos que se han encontrado en las aplicaciones de estas tecnologías y los problemas actuales sobre el diseño de entornos virtuales.

Siguiendo estos pre-requisitos nos aseguramos que la selección de artículos para la lectura completa no sólo sea la apropiada sino que también contribuya a la calidad de la investigación.

Con el fin de realizar un estudio completo, el objetivo de integrar todos estos requisitos en el proceso de selección y búsqueda está dirigido para garantizar que la información recopilada en los artículos sea la correcta y lo más ajustado al tema a tratar. Como resultado de aplicar estos filtros, las bases de datos con la que hemos trabajado en esta segunda fase de búsqueda son:

- ACM Digital Library
- IEEE Xplore
- Scopus

Para la elaboración de la consulta refinada, se han establecido cuatro grupos bien definidos. Para cada término hemos establecido palabras con bastante equivalencia semántica para ampliar nuestro campo de búsqueda pero sin olvidarnos de ser rigurosos.

El significado de cada grupo de términos se muestra a continuación:

- **PC1.** Expresan la necesidad de abarcar el ámbito de la ingeniería del software desde un punto de vista más amplio. De este modo, artículos tratando materias como diseño, procesos, métodos o modelos, deben ser considerados.
- **PC2.** Relacionado con todo lo que tenga que ver con los entornos extendidos o virtuales. Esta búsqueda se centra en la experiencia de usuario y la integración

de varios sistemas inmersivos. Descarta resultados que no incluyan interacción humana (HCI) con el entorno virtual.

- **PC3.** Expresa el término tecnología en varias formas semánticas. En este estudio se persigue la máxima precisión en cuanto a resultados. De esta manera, al incluir este concepto se asegura la exclusión de aquellos artículos que solamente incorporan información genérica acerca de tecnologías no relacionadas con los entornos virtuales.
- **PC4.** Expresa la estrecha relación entre la industria del videojuego y la realidad virtual. Este tipo de artículos ponen el foco en explorar técnicas a través de las cuales ambos mundos tengan estrategias de desarrollo en común.

Término	Palabra clave 1	Palabra clave 2	Palabra clave 3	Palabra clave 4
1	Requirements Engineering	Immersive environments	Technology	Game
2	Software Engineering Methodologies	Virtual Reality	Technique	User interface
3	Software development techniques	Augmented Reality	Tech*	Virtual reality gaming experience
4	Conceptual model	Mixed Reality		
5	Agile software methodology	Human-centered interaction		
6	Game development lifecycle	User-centered experience		
7		Extended reality		
8		Collaborative environments		

Tabla IV. Palabras clave y sinónimos empleados en la búsqueda

- Consulta refinada:

("Requirements Engineering" OR "Software engineering methodologies" OR "Software development techniques" OR "Conceptual model" OR "Agile software methodology" OR "Game development lifecycle") AND ("Immersive technologies" OR "Virtual Reality" OR "Augmented Reality" OR "Mixed Reality" OR "Virtual environments" OR "Immersive environments") AND

("Human-computer interaction" OR "User-centered experience" OR "Extended Reality technologies" OR "Collaborative Virtual Environments" OR "Cross-platform technologies") AND ("technology" OR "technique" OR "tech* ") AND ("Game" OR "User interface" OR "Virtual Reality gaming experience")

- La búsqueda más completa, se compone de la unión de todas las palabras clave empleando el operador AND junto con todo el grupo de sinónimos generado a partir de esas palabras empleando el operador OR. De esta manera, garantizamos que la consulta sea lo más completa posible. Por tanto, la consulta definitiva es la siguiente:

- Consulta final:

("Requirements Engineering" OR "Software engineering methodologies" OR "Software development techniques" OR "Conceptual model" OR "Agile software methodology") AND ("Immersive technologies" OR "Virtual Reality" OR "Augmented Reality" OR "Mixed Reality" OR "Virtual environments" OR "Immersive environments") AND ("Human-computer interaction" OR "User-centered experience" OR "Extended Reality technologies" OR "Collaborative Virtual Environments" OR "Cross-platform technologies") AND ("technology" OR "technique" OR "tech* ") AND ("Game" OR "User interface" OR "Virtual Reality gaming experience" OR "Game development lifecycle")

- Tras la exhaustiva búsqueda y riguroso procedimiento de selección de artículos, cabe mencionar que no todas los términos planteados han sido utilizados, ya sea por su naturaleza o por los escasos resultados que se han obtenido con ellos.

En [Figura 1](#), se observa una representación de los resultados encontrados en cada de las bases de datos utilizadas. Se ha conseguido recopilar un conjunto de datos de aproximadamente 2000 artículos de los cuáles se han ido filtrando aplicando los distintos prerequisites mencionados anteriormente en la sección [3.3.4](#), hasta obtener alrededor de 31 artículos de acceso libre y lectura completa.

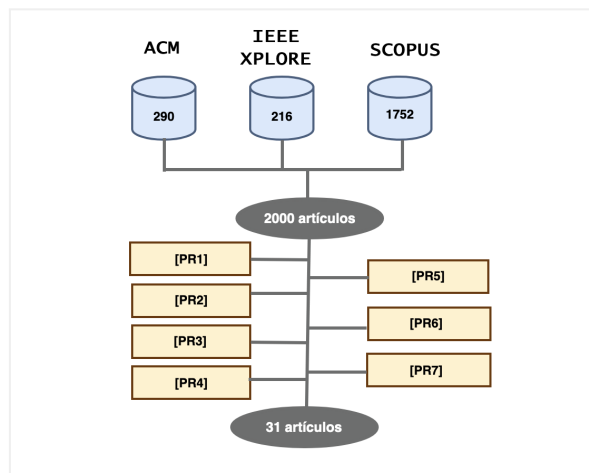


Figura IV. Esquema del proceso de filtrado de artículos de acuerdo a prerequisites para la revisión sistemática realizada

7.7.5 Extracción de datos

En esta sección se encuentra de forma detallada los elementos que se han utilizado para controlar la extracción de datos de los artículos principales como resultado del proceso de filtrado del apartado anterior. A continuación se muestra una plantilla esquemática sobre el proceso de extracción de datos y los criterios que se han implementado.

Título	Este es el título del artículo
Autor	Autor/es del artículo
Fuente	Fuente a través de la cuál se publicó el artículo
Año publicación	Año de la publicación del artículo
Área de investigación	El área de aplicación de la tecnología. Este parámetro pretende dar respuesta a la pregunta de investigación Q4.
Temática	Elegimos una temática dentro del rango de: Ingeniería de requisitos o de software, Sistemas inmersivos, Realidad virtual, Entornos virtuales, Videojuegos, Interfaz de usuario, entre otros.
Resumen	Contiene una breve descripción del contenido del artículo.
Contribución	Propuestas para la integración de arquitecturas compatibles para el desarrollo de sistemas inmersivos y más referencias sobre las aplicaciones de AR.
Restricciones encontradas	Se exponen brevemente las restricciones o limitaciones encontradas durante el proceso de investigación.

Tabla V. Plantilla de extracción datos

Protocolo	Descripción
Bases de Datos	Las bases de datos predominantes son ACM Digital Library y Scopus
Tipos de publicación	La búsqueda se limitó a publicaciones que incluían artículos, conferencias y fragmentos de libros. Además de garantizar que la fuente de información provenía de recursos académicos.
Idioma	El idioma que se impone en las búsquedas es el inglés.
Rango de fechas	No se especificó un rango determinado para las búsquedas.
Campos de búsqueda	Título, resumen, conclusión y palabras clave.
Palabras clave empleadas	<i>Requirements Engineering</i> : relacionado con las metodologías empleadas en el campo de desarrollo de entornos virtuales. <i>Immersive environments</i> : engloba tanto la VR como las relacionadas con AR y MR. <i>Technology</i> : relacionada con los ámbitos donde se emplea el uso de la tecnología ya sea como producto o servicio. <i>Game</i> : relacionado con la industria del videojuego y el impacto de VR en este ámbito.
Criterio de inclusión	Sólo se seleccionó aquellas publicaciones relativas al procedimiento utilizado para el diseño de entornos virtuales.
Criterio de exclusión	Publicaciones que carecen de un análisis detallado de la extracción de información y resultados obtenidos.
Extracción de datos	Se ha monitorizado el proceso de extracción aplicando los criterios propuestos, los cuales han contribuido en la clasificación y categorización de las búsquedas.
Análisis	Se emplea un enfoque estratégico para alinear los artículos seleccionados con las preguntas de investigación planteadas. El objetivo es superar las limitaciones encontradas durante el proceso de investigación y proponer futuras líneas de investigación.

Tabla VI. Protocolo de búsqueda

7.7.6 Evaluación de la calidad de los estudios

Una de las partes más importantes tras un proceso de selección de datos es la evaluación de los resultados extraídos. En esta sección se va plasmar la calidad global de los artículos seleccionados (31) para nuestra investigación basados en los criterios mencionados anteriormente. El enfoque más objetivo que se puede aplicar para medir la calidad de la información es el número de veces que un artículo ha sido citado en otro. Esta métrica sirve como indicador de calidad de la fuente en cuestión y revela el impacto que ha tenido en los ámbitos de aplicación que estamos analizando.

7.7.7 Riesgo de sesgo y calidad metodológica

Las decisiones que tomemos a la hora de aplicar los criterios que definen nuestra estrategia de búsqueda, van a influir en la probabilidad de que exista sesgo en nuestro resultado final. Esta sección se centra en analizar de manera independiente, si existe sesgo en los artículos seleccionados así como en el proceso de extracción de datos y qué medidas se han implantado para minimizar al máximo el riesgo de sesgo.

- 1) ***Sesgo en la selección de datos:*** En primer lugar, hay que tener en cuenta el origen y contexto de los datos extraídos. En otras palabras, los investigadores tienden a publicar únicamente los estudios en los que los resultados han sido exitosos y obvian en muchas ocasiones los casos de error. A pesar de ello, hemos intentado en la medida de lo posible reducir la posibilidad de incluir estudios imprecisos o ambiguos. Para este fin, se han utilizado los pre requisitos definidos en la [sección 4.3.4](#), en particular, PR1 (sólo se consideran artículos de fuentes indexadas y reconocidas) y PR5 (artículos que contengan un elevado número de citas). Este proceso de filtrado es necesario para garantizar que los artículos seleccionados se encuentren dentro de los criterios establecidos y el ámbito de estudio que se está tratando.

Por otro lado, para asegurar la variedad de fuentes de los artículos y su contenido, se han elegido 3 bases de datos distintas para nuestro proceso de búsqueda. La idea de aplicar nuestros criterios de búsqueda a distintas plataformas ha sido la de comprobar que no haya artículos duplicados. Para lo cual, se ha utilizado el prerrequisito PR4 (eliminación de duplicados).

- 2) **Sesgo de extracción de datos:** Para poder determinar los fallos potenciales del protocolo que se ha diseñado para la extracción de datos y el filtrado de artículos, nos basamos en el resultado obtenido antes de usar los criterios de selección y después de aplicarlos de manera sistemática esos mismos requisitos. Para obtener una medición de la calidad de las consultas realizadas en los buscadores, podemos aplicar el método *recall of search result*. De acuerdo con, [5] Measuring Search Effectiveness es una de las métricas más utilizadas a la hora de medir la relevancia de los resultados de las búsquedas. Mide el ratio entre todos los documentos recopilados de la consulta final y el total de artículos de interés. Por ejemplo,

$$\frac{\text{retrieved before filtering}}{\text{retrieved from query2}} = \frac{2258}{19,000} = 10,5\%$$

El resultado de aplicar este método de evaluación de búsqueda nos sugiere que el nivel de precisión es bajo. Dado que la relación entre los parámetros *recall* y *precision* es inversamente proporcional, esto quiere decir que cuanto más elevado sea el valor de recall, menor será el nivel de precisión. El porcentaje del resultado es bastante elevado y eso puede indicar que con los criterios de filtrado aplicados el grado de sesgo es alto. Existe la posibilidad de que al emplear una gran variedad de sinónimos o términos semánticos para ampliar los resultados de búsqueda, haya podido afectar a la calidad de los resultados.

No obstante, para intentar mitigar los sesgos se ha llevado a cabo una serie de medidas. En primer lugar, se ha utilizado un gestor de referencias, en concreto [bibguru](#), que ha facilitado la sistematización del proceso de revisión. Después, se ha procurado seleccionar de forma precisa las palabras clave y para ello se ha hecho especial hincapié en la búsqueda preliminar. Por último, se ha intentado definir preguntas de investigación abiertas para evitar delimitar los resultados de las búsquedas demasiado.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Análisis de los resultados

Una vez finalizada la revisión, nos centramos en dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas. Esta sección se va a dividir en cuatro subsecciones. En la subsección 4.1.A nombraremos las metodologías más utilizadas en el diseño de entornos virtuales y cómo se adaptan a estas tecnologías. Más adelante, en la subsección 4.1.B, destacaremos el impacto de la evolución de estos entornos inmersivos en distintos campos de aplicación. Mientras que en el punto 4.1.C hablaremos sobre las estrategias que se emplean en algunos estudios para conocer la respuesta de los usuarios frente a estas nuevas tecnologías. Por último, en la subsección 4.1.D analizaremos la posibilidad de integrar dos tecnologías dentro de un mismo campo de aplicación.

8.1. A- Metodologías más utilizadas en el desarrollo de software de sistemas inmersivos

Tras haber finalizado el proceso de extracción de datos, hemos seleccionado los artículos más relevantes respecto al uso de metodologías de software aplicadas al entorno virtual. Los artículos comprendidos son, [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. De ellos podemos sacar algunas conclusiones.

En primer lugar, no existe una metodología dedicada exclusivamente al desarrollo de software de sistemas inmersivos. Sino que, como veremos, las empresas emplean distintas estrategias para poder llevar a cabo su producto. Sin embargo, unos de los problemas más recurrentes al que se tienen que enfrentar los desarrolladores de sistemas para entornos virtuales es la interoperabilidad entre las distintas tecnologías que repercute directamente en el diseño de metodología utilizada para su desarrollo. Según el artículo [1] Jose María Alvarez-Rodríguez, Juan Llorens “Towards a Design Methodology for Virtual Environments” este elemento es fundamental para poder integrar distintas tecnologías en el mismo espacio pero el esfuerzo estimado de la transición entre un sistema y otro para hacerlos compatibles es muy elevado y por tanto en la mayoría de los casos se descarta invertir en infraestructura para actualizar los sistemas y hacerlos más accesibles. Características como la automatización, el

modelado, reutilización de recursos y las simulaciones son clave para poder crear entornos colaborativos. Sin embargo, según este artículo, las empresas se han adaptado a esta situación y emplean metodologías de desarrollo de software que utilizan modelos de diseño tradicionales como “en cascada” o “en espiral” sin contemplar todas los elementos necesarios para encontrar una solución a este problema de compatibilidad.

Más adelante, observamos en el artículo [4] Kelvin Sung, Wanda Gregory, “Serious game development as an iterative user-centered agile software project” otra estrategia de adaptación a la falta de recursos para diseñar metodologías de desarrollo de software específicas para sistemas inmersivos, es la de intentar reproducir las metodologías de desarrollo de software empleadas en el proceso de creación de videojuegos. La metodología empleada en este ámbito es Scrum. Sin embargo, aunque podría ser una buena candidata, observamos que esta metodología por sí sola no es efectiva en el largo plazo dada la arquitectura de un sistema de videojuegos frente a un sistema de entorno virtual que considera diversos usos además del entretenimiento.

Lo que nos proponen Bin Han y Jianfeng Xie en su artículo “Adopt Agile Methodology Combined With Kanban For Virtual Reality Development”, es la posibilidad de combinar distintas metodologías ágiles como Kanban con otras como Scrum para poder desarrollar un producto de software dedicado a entornos virtuales. De esta manera, aunando las características de cada uno es posible diseñar una metodología de desarrollo de software que solucione el problema de diseño que limita la colaboración entre tecnologías y además se encuentre una manera de diseñar una metodología estándar para el desarrollo de entornos virtuales independientemente de la tecnología que se utilice, ya sea Realidad Virtual, Aumentada o Mixta.

Por lo tanto, tras este análisis podemos concluir que no existe una metodología dedicada exclusivamente al desarrollo de sistemas virtuales, sino una estrategia por parte de las empresas de adaptarse a las nuevas tecnologías. Sin embargo, cabe destacar que por sus características la metodología que más se ajusta a las necesidades actuales, según los estudios analizados en esta revisión sistemática como el de [8] Mohammed Mahmoud, “Software Development Methodologies for Virtual Reality” es la metodología *Scrum*. Ya sea por su facilidad de adaptación frente a los cambios que se producen como por su flexibilidad a la hora de integrar otras metodologías en el proceso de desarrollo de productos de sistemas virtuales.

8.1. B- Evolución de las principales áreas de aplicación de los sistemas inmersivos

Tras finalizar la lectura de los artículos [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], observamos que los campos de aplicación más comunes en el ámbito de los entornos virtuales son los videojuegos, actividades profesionales, salud y educación. En todas estas áreas la evolución de los sistemas inmersivos ha sido notoria, impulsada por los avances de las nuevas tecnologías como VR, AR o MR ha provocado un impacto sin precedentes en la sociedad y en el rendimiento de las empresas. En el [ANEXO I](#) encontraremos una visión general de la relación entre los artículos recopilados para la revisión sistemática y las áreas de aplicación de estas tecnologías.

En el área de educación, destaca el uso de los simuladores como primera toma de contacto con los sistemas virtuales. Estos simuladores se usaban principalmente en la aviación. Sin embargo, con los avances tecnológicos, en la actualidad se utilizan indistintamente VR y AR en el ámbito de la medicina por ejemplo, para simular cirugías o aplicaciones del ámbito académico que ayuden a mejorar el aprendizaje interactivo. En el sector del comercio, la AR es especialmente útil a la hora de lanzar nuevos productos al mercado ya que permite a los clientes conocer de antemano el producto y recibir la retroalimentación necesaria para su futura mejora e implantación en el mercado.

Un ejemplo de la aplicación de la tecnología AR en el sector de la hostelería es el caso del restaurante ‘Le Petit Chef’ [13]. Por un lado, este caso de estudio pretende demostrar la influencia de las tecnologías en la percepción del cliente a la hora de experimentar una experiencia gastronómica. Por otro lado, el nivel de aceptación de esta tecnología en el sector. El objetivo de la empresa es reducir costes a la vez que aumenta la calidad de las interacciones de los clientes ofreciendo nuevos productos y experiencias. Esta tecnología permite visibilizar de forma virtual los menús, su contenido y personalizarlo al gusto del cliente. Como resultado, se puede ofrecer una experiencia gastronómica más inmersiva a los comensales ayudando a visualizar cómo serán los productos antes de ser ofrecidos. Además este estudio pone de manifiesto los beneficios de esta tecnología en la relación del cliente como la comida tanto a nivel psicológico como físico. Otra aportación de la tecnología AR es que aumenta considerablemente el estado anímico de los clientes, influyendo directamente en su

capacidad para tomar mejores decisiones en base a la ingente cantidad de información que reciben de cada producto que prueban. Esta seguridad en la toma de decisiones se ve reflejado en las interacciones satisfactorias entre el cliente y el producto.

La capacidad de crear nuevas experiencias interactivas y altamente realistas ha creado nuevas oportunidades, impulsando a su vez la innovación en diversas actividades.

8.1.C- Estrategias utilizadas para medir la experiencia de usuario en los entornos virtuales

De las siguientes lecturas [19] y [20] obtenemos información acerca del nivel de satisfacción del usuario tras su interacción con los sistemas inmersivos. Los avances en la tecnología MR han permitido nuevos métodos de investigación en varios campos lo que ha provocado un aumento en la calidad de experiencia de usuario. Para medir estas experiencias y poder materializarlas los investigadores emplean un amplio rango de métodos de investigación, utilizando métricas objetivas como pueden ser las métricas de comportamiento (dirección de la mirada, amplitud de movimiento) o subjetivas como cuestionarios o encuestas.

A pesar de los numerosos recursos existentes para obtener información valiosa de los usuarios, existen también ciertas limitaciones a la hora de cuantificar las experiencias inmersivas. Las estrategias de medición para la tecnología VR no están del todo establecidas ni tampoco se ha llegado a un consenso por parte de los investigadores. Hay quienes se decantan por la perspectiva más subjetiva y estandarizada aunque menos eficaz como el uso de los cuestionarios, ya que una de sus mayores ventajas es que son fáciles de gestionar y no requieren modificaciones del entorno virtual. Mientras que otros se decantan por la interacción absoluta entre el usuario y el mundo virtual para obtener resultados más precisos y reales, como expone el artículo [19] Usability evaluation of VR products in industry: a systematic literature review. Si bien es cierto, que para conseguir resultados usando el método objetivo, hay funciones que no se pueden implementar por limitaciones en los recursos existentes durante el muestreo. Es importante llegar a un acuerdo en cuanto a métodos de evaluación para sistemas VR para evitar riesgo de sesgo durante el proceso.

En cuanto a AR, comparte muchas de las estrategias utilizadas en VR para medir la experiencia de usuario dentro de un entorno virtual. Por ejemplo, utiliza las mismas métricas subjetivas como los cuestionarios. Sin embargo, existen algunas diferencias en el proceso de evaluación. Dado que AR es una tecnología más reciente que VR, existe una falta de recursos y de información que permitan el estudio completo del impacto de esta tecnología en el sector. A diferencia de VR, para AR no se han desarrollado escalas de medición para la experiencia de usuario.

8.1. D- Integración de los distintos entornos virtuales

El desarrollo de sistemas virtuales es un proceso complicado debido al diseño de arquitectura en el que están basados. Al tratarse de sistemas monolíticos dificulta el mantenimiento y la reutilización del software. Esta limitación se evidencia en el momento en que aparece una idea o funcionalidad novedosa que requiere implementación y no es posible incorporar a un sistema ya existente por los problemas de interoperabilidad que se producen. Otra gran complicación en el diseño actual de los sistemas inmersivos es la baja escalabilidad que presentan. La mayoría de los sistemas virtuales están pensados para ser colaborativos con otros sistemas o tecnologías y por tanto deben tener la suficiente capacidad para reaccionar y adaptarse sin perder calidad o gestionar el aumento en el crecimiento continuo del flujo de trabajo.

Como solución a los problemas de desarrollo de sistemas de entornos virtuales, en el [artículo \[9\]](#) se plantea el sistema JADE (Java Adaptive Dynamic Environment). Este sistema permite gestionar de forma dinámica el tiempo de ejecución de todos los componentes y recursos del sistema VE. Algunas de las ventajas de la arquitectura de este sistema son, alta capacidad de implementación en los principales sistemas operativos y navegadores, conjunto completo de paquetes que facilitan la interoperabilidad entre tecnologías y elevados mecanismos de seguridad. Sin embargo uno de los inconvenientes más destacados de los sistemas VE actuales, especialmente en el ámbito de los videojuegos, es la necesidad de tener que reiniciar todo el sistema cada vez que hay una actualización o implementación de una nueva funcionalidad. Uno de los objetivos de diseño de software del sistema JADE es solventar esta limitación haciendo uso de su extensibilidad dinámica del sistema VE en tiempo de ejecución. Esta característica que diferencia a JADE del resto de sistemas es precisamente la

extensibilidad del sistema que permite adaptarse fácilmente a cambios o añadir modificaciones al sistema sin descomponer la configuración existente.

Esta metodología de diseño de componente está basado en el protocolo vrtp o Virtual Reality Transport Protocol. Este protocolo proporciona información sobre las clases de componentes que forman parte de un sistema VE y la relación entre ellos. Creemos que una posible alternativa a la actual tendencia de desarrollo de sistemas virtuales es la adopción de la metodología de diseño de componentes conocida como JADE, propuesta en el artículo [9] M. Oliveira, J. Crowcroft and M. Slater, “An innovative design approach to build virtual environment systems”.

8.2 Discusión de los resultados

Tras el análisis de los resultados podemos observar que a pesar de que existen varias metodologías de software para el desarrollo de sistemas ninguna es específica para sistemas virtuales. Aunque hay metodologías que se pueden combinar para conseguir un resultado adaptado a estos sistemas, como pueden ser Kanban y Scrum. Las tecnologías VR y AR han ido evolucionando a lo largo del tiempo mientras que la MR ha experimentado un estancamiento en su desarrollo e implantación. Apenas existen estudios o información acerca de las aplicaciones de la tecnología MR y no se han encontrado metodologías que puedan adaptarse a estos sistemas híbridos.

A diferencia de VR, la tecnología AR no ha experimentado una evolución tan destacable en el ámbito de la educación o el ocio. Sin embargo, un estudio reciente [7] S. Irshad, D. R. A. Rambli, y S. B. Sulaiman, “An interaction design model for information visualization in immersive augmented reality platform”, muestra su evolución dentro del sector de la inteligencia de datos. El objetivo de este estudio es diseñar un modelo para la visualización de información utilizando una plataforma de AR inmersiva. Con los avances en la tecnología han surgido nuevas formas de presentar datos y poder interactuar con ellos. El modelo que plantean los investigadores busca crear un entorno de visualización de datos accesible para entender y representar enormes cantidades de información.

Por otra parte, la tecnología más utilizada y desarrollada en el sector de los sistemas inmersivos es la VR. Su influencia en el sector profesional y educativo es muy superior al de la tecnología AR. Su impacto es especialmente notorio en la industria de los videojuegos. El software de VR siempre ha estado enfocado en el mundo de los videojuegos.

La siguiente tabla muestra un resumen de los datos clave sobre el impacto del uso de la realidad virtual (VR) en la industria de los videojuegos:

Categoría	Datos
Valor de mercado (2023)	\$11.5 mil millones
Tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR)	18.2% (2023-2027)
Usuarios activos de VR (2023)	171 millones de usuarios a nivel mundial
Principales dispositivos de VR	Oculus

Tabla VII. Datos clave sobre el impacto del uso de la realidad virtual (VR) en la industria de los videojuegos

Es más, esta industria ha sido la encargada de construir el camino hacia nuevas formas de entretenimiento. Tal es su influencia en el mercado que las empresas han visto una oportunidad de implantar en su negocio el software de VR. Sin embargo, veremos a continuación los motivos por los cuales no ha sido posible implementar el software VR usado tradicionalmente para videojuegos en el ámbito profesional. Una de las causas son los dispositivos HMD no estandarizados. Es decir, no existe un modelo común o regulado que pueda usarse de manera universal, lo que limita bastante su uso y campo de aplicación. Además apenas existen referencias o guías de buenas prácticas acerca de la accesibilidad o usabilidad de esta tecnología. Algunas de las observaciones que resaltan los investigadores en el artículo [21] “Usability evaluation of VR products in industry: a systematic literature review”, es la falta de orden en el desarrollo del producto VR a diferencia del software tradicional utilizado en el desarrollo de productos no orientados a los entornos virtuales. Asimismo, el diseño del producto VR orientado a videojuegos afecta directamente a la calidad del producto mientras que el diseño de un producto de empresa se centra más en la usabilidad y escalabilidad del sistema. Por último, la fase de evaluación y pruebas es más costosa en los productos VR de videojuegos que en los productos corporativos dado que se necesitan varios

participantes que prueben las distintas versiones y por tanto una atención más personalizada.

9. CONCLUSIONES

9.1 Limitaciones

En el presente documento se muestra un resumen de la evidencia científica recopilada acerca del diseño de metodologías de software para sistemas inmersivos. En respuesta a los objetivos planteados anteriormente, se concluye lo siguiente:

- Tras analizar toda la información recopilada en 31 artículos se concluye que no existe una metodología adecuada para implementar en el desarrollo de sistemas inmersivos. Aunque encontramos una gran cantidad de literatura que evidencia el impacto positivo de estas tecnologías tanto en la industria de los videojuegos como en la educación, construcción o salud, no hay un proceso de desarrollo de software definido para los desarrolladores y por tanto la compatibilidad entre los distintos sistemas es muy baja.
- Mientras que los experimentos de VR realizados en entornos controlados muestran resultados muy prometedores acerca de integración de varias tecnologías virtuales dentro de un mismo espacio, la posibilidad de aplicarlo a la vida real no es una opción.
- Las métricas utilizadas para medir la satisfacción del usuario resultan insuficientes e imprecisas dado que dependen de la experiencia y habilidad del usuario y cuantificar estos resultados es complicado.

9.2 Futuros trabajos

Para concluir este trabajo nos gustaría destacar futuras líneas de investigación. Sería interesante analizar la compatibilidad entre el desarrollo de software de sistemas inmersivos con el proceso de desarrollo de videojuegos VR y comparar el resultado de la experiencia con la satisfacción de los usuarios. El siguiente estudio [8] “Research on the Application of VR in Games” analiza las ventajas y desventajas de los videojuegos VR frente a los tradicionales. Algunas de las ventajas más destacables son:

- Los juegos de realidad virtual crean entornos envolventes que brindan a los usuarios una mayor sensación de inmersión durante el juego.
- Los escenarios realistas que producen los juegos virtuales son muy superiores a aquellos que pueden ofrecer los videojuegos tradicionales.
- Se pueden incluir dispositivos compatibles con los sistemas virtuales como HMD para una sensación inmersiva más completa.

Aunque la respuesta de los usuarios y la industria de los videojuegos es positiva, también hay que tener en cuenta aspectos negativos de esta tecnología:

- El elevado coste que supone desarrollar videojuegos con tecnología VR.
- Algunos usuarios no se adaptan a la experiencia inmersiva que ofrecen estos videojuegos que pueden provocar efectos físicos desfavorables como mareos o vértigos, según apunta el siguiente estudio [8] “Research on the Application of VR in Games”.

Por otro lado, no nos podemos olvidar de la importancia de la seguridad de los entornos virtuales. Sería conveniente explorar qué medidas de seguridad se aplican en estos sistemas inmersivos y evaluar su impacto en la experiencia de usuario. El artículo [9] H. Guo, H.-N. Dai, X. Luo, Z. Zheng, G. Xu, y F. He, “An empirical study on oculus virtual reality applications: Security and privacy perspectives”, evidencia las deficiencias en el ámbito de la seguridad de las aplicaciones de VR, por ejemplo, con la recopilación de datos biométricos sensibles del usuario, su ubicación o preferencias. Además recalca la necesidad de integrar políticas de privacidad que protejan a los usuarios dentro del entorno virtual, implementando procesos de autenticación o sistemas de cifrado robustos.

REFERENCIAS

- [1] K. S. Khan, A. Bueno-Cavanillas, y J. Zamora, “Revisiones sistemáticas en cinco pasos: II. Cómo identificar los estudios relevantes”, *Semergen*, vol. 48, núm. 6, pp. 431–436, 2022.
- [2] “PRISMA statement”, *PRISMA statement*. [En línea]. Disponible en: <https://www.prisma-statement.org/>.
- [3] P. Mongeon y A. Paul-Hus, “The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis”, *Scientometrics*, vol. 106, núm. 1, pp. 213–228, 2016.
- [4] “English - Google scholar metrics”, *Google.com*. [En línea]. Disponible en: https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues.
- [5] *Creighton.edu*. [En línea]. Disponible en: https://www.creighton.edu/fileadmin/user/HSL/docs/ref/Searching_-_Recall_Precision.pdf.
- [6] “BibGuru”, *Bibguru.com*. [En línea]. Disponible en: <https://app.bibguru.com/p/3f8a7a0d-0134-41fd-9bce-383f8b28d770>.
- [7] S. Irshad, D. R. A. Rambli, y S. B. Sulaiman, “An interaction design model for information visualization in immersive augmented reality platform”, en *Proceedings of the 17th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia*, 2019.

- [8] *Researchgate.net*. [En línea]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/369874124_Research_on_the_Application_of_VR_in_Games.
- [9] H. Guo, H.-N. Dai, X. Luo, Z. Zheng, G. Xu, y F. He, “An empirical study on oculus virtual reality applications: Security and privacy perspectives”, en *Proceedings of the IEEE/ACM 46th International Conference on Software Engineering*, 2024.
- [10] *Researchgate.net*. [En línea]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Richard-Hagl/publication/347355025_Exploring_the_impact_of_augmented_reality_and_virtual_reality_technologies_on_business_model_innovation_in_technology_companies_in_Germany_A_research_approach/links/5fda0e6545851553a0bf08a4/Exploring-the-impact-of-augmented-reality-and-virtual-reality-technologies-on-business-model-innovation-in-technology-companies-in-Germany-A-research-approach.pdf.
- [11] Engineering Design, “What are the most commonly used engineering design process models?”, *Linkedin.com*, 29-sep-2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.linkedin.com/advice/0/what-most-commonly-used-engineering-design-process>.
- [12] C. D. Singh, “Concurrent Engineering”, *Medium*, 27-sep-2023. [En línea]. Disponible en:
<https://medium.com/@er.chandandeep/concurrent-engineering-is-a-work-methodology-based-on-the-parallelization-of-tasks-ie-57de10b9baee>.

- [13] A. Horlick, “Aligning the ADKAR Model with sequential, iterative and hybrid change”, *Prosci.com*, 11-ene-2022. .

- [14] DDI Development company, “Top 7 software development methodologies with Pros and Cons”, *DDI Development*. [En línea]. Disponible en: <https://ddi-dev.com/blog/programming/7-best-software-development-methodologies-pros-and-cons/>.

- [15] Atlassian, “Comparación entre la arquitectura monolítica y la arquitectura de microservicios”, *Atlassian*. [En línea]. Disponible en: <https://www.atlassian.com/es/microservices/microservices-architecture/microservices-vs-monolith>.

- [16] A. Burin, “Tipos de arquitecturas de software: Cuáles hay y en qué se diferencian”, *Teclab*, 13-mar-2024.

ANEXOS

ANEXO I

Los artículos se han ordenado de acuerdo a las palabras clave planteadas en este documento en la [sección 7.7.4](#).

#	PC1	PC2	PC3	PC4
[1]	X			
[2]	X			
[3]	X	X		
[4]		X		
[5]	X	X		
[6]	X			
[7]	X	X		
[8]	X	X		
[9]		X		X
[10]		X		X
[11]		X	X	X
[12]		X		
[13]			X	X
[14]		X		
[15]		X		
[16]		X	X	X
[17]	X	X		X
[18]	X		X	
[19]		X		X
[20]	X	X		
[21]	X	X		
[22]	X	X	X	

[23]	X	X	
[24]		X	X

Tabla VIII. Tema tratado en cada uno de los artículos analizados

ANEXO II

DATOS DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA. LOS ESTUDIOS SE MUESTRAN POR ORDEN CRONOLÓGICO

Los artículos se han ordenado de acuerdo a la pregunta de investigación (RQ) a la que se relaciona y a su vez por orden cronológico.

- Artículos destacados de las búsquedas realizadas en el trabajo

#	Año	Título	Base Datos	Tipo	RQ
[1]	2000	Towards a Design Methodology for Virtual Environments https://papers.cumincad.org/data/works/att/79fb	Google Scholar	Full Text	RQ1
[2]	2007	Conceptual modeling for virtual reality https://dl.acm.org/doi/10.5555/1386957.1386959	ACM Digital Library	Full Text	RQ1
[3]	2008	Towards a framework for understanding the relationships between classical software engineering and agile methodologies https://dl.acm.org/doi/10.1145/1370143.1370146	ACM Digital Library	Full text	RQ1
[4]	2011	Serious game development as an iterative user-centered agile software project https://dl.acm.org/doi/10.1145/1984674.1984690	ACM Digital Library	Full Text	RQ1
[5]	2021	Control and Automation Engineering Education: combining physical, remote and virtual labs https://www.researchgate.net/publication/234127807_Control_and_Automation_Engineering_Education_combining_physical_remote_and_virtual_labs	ResearchGate	Full Text	RQ1
[6]	2019	Is Virtual Reality Product Development different?: An Empirical Study on VR Product Development Practices	ACM Digital Library	Full Text	RQ1

<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3299771.3299772>

- | | | | | | |
|------|------|--|---------------------|-----------|-----|
| [7] | 2021 | Practical Experience: Adopt Agile Methodology Combined With Kanban For Virtual Reality Development
https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/30036 | Google Scholar | Full Text | RQ1 |
| [8] | 2021 | Software Development Methodologies for Virtual Reality
https://ieeexplore.ieee.org/document/9799032 | IEEE Xplore | Full Text | RQ1 |
| [9] | 2023 | Towards a method to quantitatively measure toolchain interoperability in the engineering lifecycle: A case study of digital hardware design
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548923000259?via%3Dihub | ScienceDirect | Full Text | RQ1 |
| [10] | 2003 | An innovative design approach to build virtual environment systems
https://dl.acm.org/doi/10.1145/769953.769970 | ACM Digital Library | Full Text | RQ2 |
| [11] | 2001 | Mayhem in Online Game and Virtual Environment Development
https://diglib.eg.org | Google Scholar | Full Text | RQ2 |
| [12] | 2018 | Player Experience in a VR and Non-VR Multiplayer Game
https://dl.acm.org/doi/10.1145/3234253.3234297 | ACM Digital Library | Full Text | RQ2 |
| [13] | 2019 | Designing and implementing interactive and realistic augmented reality experiences
https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-017-0584-2 | Springer | Full text | RQ2 |
| [14] | 2019 | Evaluating the effects of collaboration and competition in navigation tasks and spatial knowledge acquisition within virtual reality environments | ScienceDirect | Full Text | RQ2 |

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X17308324>

- | | | | | | |
|------|------|---|---------------------|-----------|-----|
| [15] | 2019 | Comparing Player Experience in Video Games Played in Virtual Reality or on Desktop Displays: Immersion, Flow, and Positive Emotions
https://dl.acm.org/doi/10.1145/3341215.3355736 | ACM Digital Library | Full text | RQ2 |
| [16] | 2020 | How augmented reality (AR) is transforming the restaurant sector: Investigating the impact of “Le Petit Chef” on customers’ dining experiences
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521004455 | Science Direct | Full Text | RQ2 |
| [17] | 2023 | Cross-Reality Gaming: Comparing Competition and Collaboration in an Asymmetric Gaming Experience
https://dl.acm.org/doi/10.1145/3611659.3615698 | ACM Digital Library | Full Text | RQ2 |
| [18] | 2024 | Real-world applications of BIM and immersive VR in construction
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523004934 | ScienceDirect | Full Text | RQ2 |
| [19] | 2002 | Effectiveness of elicitation techniques in distributed requirements engineering
https://www.scopus.com | Scopus | Full Text | RQ3 |
| [20] | 2011 | Towards rapid digital prototyping for augmented reality applications
https://dl.acm.org/doi/10.1145/3194760.3194762 | ACM Digital Library | Full Text | RQ3 |
| [21] | 2019 | Usability evaluation of VR products in industry: a systematic literature review
https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3297280.3297462 | ACM Digital Library | Full Text | RQ3 |
| [22] | 2021 | Evaluating User Experiences in Mixed Reality
https://dl.acm.org/doi/10.1145/3411763.3441337 | ACM Digital Library | Full text | RQ3 |

- | | | | | | |
|------|------|---|----------------|-----------|-----|
| [23] | 2007 | Applying HCI principles to AR systems design
https://www.researchgate.net/publication/216867606_Applying_HCI_principles_to_AR_systems_design | Research Gate | Full Text | RQ4 |
| [24] | 2018 | Potential applications for virtual and augmented reality technologies in sensory science
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856418314449 | Science Direct | Full Text | RQ4 |

ANEXO III

DETALLE DE LAS CONSULTAS UTILIZADAS EN LA BÚSQUEDA DE CADA UNA DE LAS BASES DE DATOS

Fecha de acotación de las búsquedas: 2000 a 2024

ACM DIGITAL LIBRARY

■ **10,810** Results for: **[Full Text: "requirements engineering"] OR [Full Text: "software engineering methodologies"] OR [Full Text: "software development techniques"] OR [Full Text: "conceptual model"] OR [Full Text: "agile software methodology"] AND [E-Publication Date: (01/01/2000 TO 01/31/2024)]**

■ **35,455** Results for: **[Full Text: "immersive technologies"] OR [Full Text: "virtual reality"] OR [Full Text: "augmented reality"] OR [Full Text: "mixed reality"] OR [Full Text: "virtual environments"] OR [Full Text: "immersive environments"] AND [E-Publication Date: (01/01/2000 TO 01/31/2024)]**

■ **33,117** Results for: **[Full Text: "human-computer interaction"] OR [Full Text: "user-centered experience"] OR [Full Text: "extended reality technologies"] OR [Full Text: "collaborative virtual environments"] OR [Full Text: "cross-platform technologies"] AND [E-Publication Date: (01/01/2000 TO 01/31/2024)]**

■ **113,963** Results for: **[Full Text: "game"] OR [Full Text: "user interface"] OR [Full Text: "virtual reality gaming experience"] OR [Full Text: "game development lifecycle"] AND [E-Publication Date: (01/01/2000 TO 01/31/2024)]**

Consulta final:

■

290 Results for: **[Full Text: "game"] OR [Full Text: "user interface"] OR [Full Text: "virtual reality gaming experience"] OR [Full Text: "game development lifecycle"] AND [Full Text: "requirements engineering"] OR [Full Text: "software engineering methodologies"] OR [Full Text: "software development techniques"] OR [Full Text: "conceptual model"] OR [Full Text: "agile software methodology"] AND [Full Text: "immersive technologies"] OR [Full Text: "virtual reality"] OR [Full Text: "augmented reality"] OR [Full Text: "mixed reality"] OR [Full Text: "virtual environments"] OR [Full Text: "immersive environments"] AND [Full Text: "human-computer interaction"] OR [Full Text: "user-centered experience"] OR [Full Text: "extended reality technologies"] OR [Full Text: "collaborative virtual environments"] OR [Full Text: "cross-platform technologies"] AND [Full Text: "technology"] OR [Full Text: "technique"] OR [Full Text: "tech* "] AND [Full Text: "game"] OR [Full Text: "user interface"] OR [Full Text: "virtual reality gaming experience"] OR [Full Text: "game development lifecycle"] AND [E-Publication Date: (01/01/2000 TO 01/31/2024)]**

IEEE XPLORE

Showing 1-25 of 6,766 results for
("Full Text Only":Requirements Engineering) AND ("Full Text Only":Immersive technologies) OR ("Full Text Only":Virtual Reality) ×

▼ Filters Applied: 2004 - 2024 ×

☐ Journals (6,287)

☐ Early Access Articles (276)

☐ Magazines (143)

☐ Conferences (60)

Showing 1-25 of 10,184 results for
("Full Text Only": Requirements Engineering AND fullText: "Game" OR fullText: "Virtual Reality gaming experience" OR fullText: "VR and AR gaming" fullText: "User experience") ×

▼ Filters Applied: Journals × 2014 - 2024 ×

Consulta final:

Showing 1-25 of 216 results for
(("Requirements Engineering" OR "Software engineering methodologies" OR "Software development techniques" OR "Conceptual model" OR "Agile software methodology") AND ("Immersive technologies" OR "Virtual Reality" OR "Augmented Reality" OR "Mixed Reality" OR "Virtual environments" OR "Immersive environments") AND ("Human-computer interaction" OR "User-centered experience" OR "Extended Reality technologies" OR "Collaborative Virtual Environments" OR "Cross-platform technologies") AND ("technology" OR "technique" OR "tech* ") AND ("Game" OR "User interface" OR "Virtual Reality gaming experience" OR "Game development lifecycle")) ×

Consulta final:

Documents

Beta

Preprints

Patents

Secondary documents

Research data ↗

1,752 documents found

Analyze results ↗

☐

All ▾

Export ▾

Download

Citation overview

••• More

Show all abstracts

Sort by

Date (newest) ▾

⌕

⋮

Document title

Authors

Source

Year

Citations

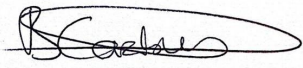
ANEXO FINAL

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Beatriz Carabus Torrecilla declaro que el TFG "Revisión Sistemática de Requisitos de Software en sistemas inmersivos" es totalmente original mío, que no ha sido presentado en ninguna otra universidad como TFG y que todas las fuentes que han sido utilizadas han sido adecuadamente citadas y aparecen en las referencias bibliográficas.

Colmenarejo, a 5 de Septiembre de 2024

Firma:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'B. Carabus', enclosed within a rectangular box.