

TRABAJO FIN DE MÁSTER



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

MÁSTER OFICIAL EN BIOÉTICA

EL METAVERSO EN LA FISIOTERAPIA:

***Posibilidades, desafíos y consideraciones éticas desde
un enfoque personalista***

Autor: David Alejandro Pérez Torres

Tutor: Dr. Luis Enrique Echarte Alonso

Murcia, a 25 de junio de 2024

ÍNDICE

Resumen

Abstract

Índice de Abreviaturas

1. Introducción.....	1
1.1. El Metaverso: Origen	1
1.2. El Metaverso: Definición y Características	3
1.3 Tipos de Metaversos.....	5
1.4 Componentes Fundamentales del Metaverso	7
1.4.1 Blockchain.....	7
1.4.2 NFT (Non-Fungible Tokens)	8
1.4.3 Inteligencia Artificial (IA).....	8
1.4.4 Internet de las Cosas (IoT)	9
1.4.5 Big Data	9
1.5 Metaverso y salud	10
1.5.1 Educación para Profesionales y Pacientes	11
1.5.2 Trabajo Colaborativo e Investigación	11
1.5.3 Atención Clínica, Diagnóstico, Tratamiento y Seguimiento	12
1.5.4 Bienestar, Gamificación y Monetización.....	13
2. Objetivo	14
3. Metodología	14
3.1 Diseño de la Investigación y estrategia de búsqueda	14
3.2 Criterios de Inclusión y Exclusión.....	15
3.3 Proceso de Identificación y Selección de los Estudios.....	15
4. Resultados	17
4.1 Aplicaciones Clínicas del Metaverso.....	17
4.2 Educación para el Paciente y Formación para el Profesional.....	20

4.3 Tecnología e Innovación para la Rehabilitación.....	22
4.4 Controversias Éticas del Metaverso en la Fisioterapia	25
Privacidad, Seguridad y Protección.....	25
Gobernanza Global.....	28
Limitación Tecnológica, Adopción de la Tecnología y Capacitación ..	29
Impacto Psicológico y Social	30
Equidad, Inclusión y Humanización.....	31
5. Discusión	33
Dignidad en un Mundo de Datos: Privacidad, Seguridad y Protección .	33
Descentralización para una Gobernanza Global	37
Tecnología Adaptada a las Personas y Necesidad de Capacitación	39
Consideraciones en Salud Mental e Interacciones Sociales	41
Equidad e Inclusión para la Humanización	42
6. Conclusiones.....	43
7. Bibliografía.....	45
8. Anexos	49
<i>Anexo I: Tabla Síntesis de los Artículos</i>	49
<i>Anexo II: Tabla Resumen Aplicaciones Clínicas del Metaverso</i>	52
<i>Anexo III: Tabla Resumen Educación para el Paciente y Formación para el Profesional</i>	53
<i>Anexo IV: Tabla Resumen Tecnología e Innovación para la Rehabilitación</i>	53
<i>Anexo V: Tabla Resumen Privacidad, Seguridad y Protección</i>	54
<i>Anexo VI: Tabla Resumen Gobernanza Global.....</i>	55
<i>Anexo VII: Tabla Resumen Limitación tecnológica, Adopción de la Tecnología y Capacitación</i>	55
<i>Anexo VIII: Tabla Resumen Impacto Psicológico y Social</i>	56
<i>Anexo IX: Tabla Resumen Equidad, Inclusión y Humanización</i>	56

Resumen

INTRODUCCIÓN

El Metaverso es una tecnología emergente que ofrece nuevas oportunidades para la fisioterapia mediante el uso de entornos virtuales inmersivos. Este trabajo analiza las posibilidades que ofrece el Metaverso, así como los desafíos éticos que plantea su implementación.

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es examinar las aplicaciones actuales del Metaverso en la fisioterapia, y analizar las controversias éticas relevantes desde la perspectiva de la bioética personalista.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión sistemática de la literatura sobre el uso del Metaverso en rehabilitación y fisioterapia. Las bases de datos consultadas incluyen PubMed y Biblioteca UMH.

RESULTADOS

La revisión identificó 9 artículos cuyos resultados fueron divididos en diferentes áreas temáticas como son: aplicaciones clínicas del Metaverso, educación para el paciente y formación para el profesional, tecnología e innovación para la rehabilitación, y 5 áreas de controversias éticas del Metaverso en la fisioterapia para su análisis posterior.

CONCLUSIONES

El Metaverso ofrece un gran potencial para la rehabilitación, mostrando buenos resultados clínicos, es una herramienta útil y factible para la educación de pacientes y la formación de profesionales, y existe un amplio campo de investigación y desarrollo tecnológico entorno al MV para mejorar la interacción, evaluación y tratamiento de pacientes y usuarios.

El análisis bioético fundamentado en el personalismo destaca los desafíos éticos y morales del Metaverso, identificando áreas clave para la reflexión ética. Establecer un marco basado en el personalismo y la dignidad humana es crucial para garantizar el bienestar y la protección de los derechos humanos en el contexto de estas tecnologías.

Palabras clave: Metaverso, rehabilitación, fisioterapia, ética, personalismo

Abstract

INTRODUCTION

The Metaverse is an emerging technology that offers new opportunities for physiotherapy through the use of immersive virtual environments. This paper analyzes the possibilities offered by the Metaverse, as well as the ethical challenges posed by its implementation.

OBJECTIVES

The main objective of this paper is to examine the current applications of the Metaverse in physiotherapy, and to analyze relevant ethical controversies from the perspective of personalist bioethics.

MATERIAL AND METHODS

A systematic review of the literature on the use of the Metaverse in rehabilitation and physiotherapy was conducted. The databases consulted include PubMed and Biblioteca UMH.

RESULTS

The review identified nine articles, the results of which were divided into different thematic areas such as clinical applications of the Metaverse, patient education and professional training, technology and innovation for rehabilitation, and five areas of ethical controversies in physiotherapy for subsequent analysis.

CONCLUSIONS

The Metaverse offers great potential for rehabilitation, showing good clinical results. It is a useful and feasible tool for patient education and professional training, and there is a wide field of research and technological development around the Metaverse to improve the interaction, evaluation, and treatment of patients and users. The bioethical analysis based on personalism highlights the ethical and moral challenges of the Metaverse, identifying key areas for ethical reflection. Establishing a framework based on personalism and human dignity is crucial to ensuring the well-being and protection of human rights in the context of these technologies.

Keywords: Metaverse, rehabilitation, physiotherapy, ethics, personalism

Índice de abreviaturas

DAO: Organizaciones Autónomas Descentralizadas

IA: Inteligencia artificial

IoT: Internet de las cosas

ML: Aprendizaje automático

MV: Metaverso

NFT: Token no fungible

RA: Realidad aumentada

RV: Realidad virtual

1. Introducción

1.1. El Metaverso: Origen

La etimología del término "metaverso" tiene su origen del inglés "metaverse", quedando formada por la combinación de dos componentes. Por un lado, el prefijo "meta", que proviene del griego y puede ser interpretado como "más allá de" o "tras", introduciendo un sentido de trascendencia o sucesión, y, por otro lado, "verso" que es la abreviatura de universo, del latín universus, y se refiere a todas las cosas, un todo inclusivo. Por tanto, la palabra metaverso sería algo que va más allá o que trasciende el universo tal como lo conocemos (Alcívar-Cedeño et al. 2023; Santander, 2022).

La novela "Snow Crash" de Neal Stephenson, publicada en 1992 (Stephenson, 1992), marca la primera mención del término "metaverso". En la trama, un repartidor de pizza en el mundo físico se transforma en un guerrero principesco en un universo digital 3D con reglas propias, donde las personas interactúan y coexisten a través de avatares virtuales en tiempo real, siendo una experiencia encarnada, persistente e inmersiva, que es utilizada para someter a los individuos que ingresan en ella. Sin embargo, el metaverso (MV) como experiencia original es interpretado por algunos autores con diferentes predecesores situados en décadas previas, como los simuladores de vuelo que se originaron en la década de 1920, la aparición de teatros multisensoriales e inmersivos en la década de 1950, la introducción en la década de 1970 de la computación en red y de videojuegos de realidad virtual (RV) basados en texto, los cuales se denominaron "Mazmorras multiusuario" (MUD en inglés), siendo juegos de rol basados en Dragones y Mazmorras donde los usuarios por medio de avatares podían completar misiones y explorar, desarrollando habilidades o poderes (Mystakidis, 2022; Dolata & Schwabe, 2023). Más adelante, en la década de 1980 y principios de 1990 surgen los primeros experimentos de Jaron Lanier que le permitieron ser pionero en el desarrollo y comercialización de la RV, llegando a acuñar el término, y desarrollando los primeros guantes y cascos de RV.

Todos estos incipientes mundos virtuales estaban limitados a entornos creados en laboratorios o con fines comerciales y no permitían la interacción con los objetos virtuales en un espacio común, existiendo solo cuando eran usados y estando ubicados en un solo ordenador (Dolata & Schwabe, 2023).

En la década de 1990 y 2000 el progreso tecnológico permite que surjan y se popularicen sistemas de RV social con juegos en línea multijugador masivos (MMOG en inglés) como World of Warcraft y mundos sociales como Second Life, suponiendo una segunda ola para el MV. Estos comenzaron a permitir a los diferentes usuarios interactuar en un entorno 3D común accesible en todo momento, crear y personalizar avatares, construir y poseer propiedades, y participar en un amplio abanico de actividades sociales y económicas, generando de esta manera economías virtuales específicas dentro de sus plataformas, y sentando las bases de cómo es entendido actualmente el MV (Ducheneaut et al., 2009; Nazir & Lui, 2016).

La tercera ola del MV está intrínsecamente ligada a las actuales tendencias económicas y tecnológicas. Desde finales de la primera década del 2000, se ha visto una revolución tecnológica que ha cambiado tanto el sector empresarial como del ocio, encontrando innovaciones notables en áreas como la inteligencia artificial (IA), la informática móvil, los tokens no fungibles (NFT) y la descentralización, entre otras. Al mismo tiempo, se han desarrollado Hardware que permiten una mejor interacción virtual a nivel de usuarios, incluyendo dispositivos de realidad aumentada (RA) y RV, que han hallado un gran nicho en los Metaversos (Dolata & Schwabe, 2023).

Algunos de estos Metaversos serían “VRChat, AltSpaceVR, EngageVR, RecRoom, Virbela, Sansar, High Fidelity, Sinespace, Somnium Space, Mozilla Hubs, Decentraland, Spatial y Meta (anteriormente conocido como Facebook) Horizon Worlds” (Mystakidis, 2022). Ciertas plataformas, como RecRoom y Virbela, ofrecen una representación integrada del usuario y diversas herramientas para la educación en línea y las reuniones a distancia, permitiendo la participación y el acceso a través de una variedad de dispositivos, no solo los cascos de RV, sino también sistemas de escritorio y aplicaciones móviles (Mystakidis, 2022).

Para muchos esta nueva manera de interactuar con el mundo digital va a suponer la transición de la actual Web 2.0, en la que el contenido es generado por el usuario, la interacción y la colaboración están más centralizadas y se realizan búsquedas por palabras clave, a una Web 3.0, entre cuyas características destacan que es más inteligente al estar dotada de comprensión semántica, es personalizada y descentralizada a través de la creación e intercambio de NFT, posee mayor equidad y transparencia al tener los usuarios el control (y los datos) en lugar de las entidades, y puede integrar la IA y RV en un nuevo entorno más evolucionado (Barassi & Treré, 2012; Santander, 2022; Catzel, 2022).

El anuncio por parte de Mark Zuckerberg el 28 de octubre de 2021 con el cambio de nombre de la empresa Facebook Inc. a Meta Platforms, Inc. y su visión del MV con una nueva manera de trabajar y relacionarnos, supuso un antes y un después para muchas empresas, siendo un tema recurrente en los medios de comunicación (Islas et al., 2022). Aunque como hemos visto el concepto ha estado en desarrollo durante años, sigue sin quedar claro su significado para el público en general e incluso para profesionales vinculados, por ello, es necesario intentar encontrar una definición con la que entender que representa.

1.2. El Metaverso: Definición y Características

Actualmente vemos que es un término que está en constante evolución y cuya interpretación varía dependiendo del contexto en el que sea utilizado y del avance de las tecnologías emergentes, siendo difícil encontrar una definición precisa. También es probable que su definición y entendimiento se vean modificados en los años venideros conforme se siga utilizando y construyendo, pero a través de varios autores podemos hallar diferentes aproximaciones que pretenden acercarse a lo que representa en el momento presente:

- **Definición 1:** *“Una red interoperable y de escala masiva de mundos virtuales 3D renderizados en tiempo real que pueden ser experimentados de manera sincrónica y persistente por un número ilimitado de usuarios con un sentido individual de presencia y con continuidad de datos, como identidad, historial, derechos, objetos, comunicaciones y pagos”* (Ball, 2022).

- **Definición 2:** Establece un sistema económico, social y de identidad virtual utilizando tecnología blockchain, creando un universo tridimensional virtual en el que los avatares se involucran en actividades culturales, políticas, económicas y sociales (Park & Kim, 2022).
- **Definición 3:** *“Un nuevo tipo de aplicación de Internet y forma social que integra una variedad de nuevas tecnologías. Proporciona una experiencia inmersiva basada en tecnología de realidad aumentada, crea una imagen especular del mundo real basada en tecnología de gemelos digitales, construye un sistema económico basado en tecnología blockchain e integra estrechamente el mundo virtual y el mundo real en el sistema económico, el sistema social y el sistema de identidad, que permite a cada usuario producir contenido y editar el mundo.”* (Ning et al., 2023)

Según Castronova, (2001) el MV tiene como principios las siguientes características:

- **Interactividad:** Aunque alojado en un servidor informático, permite el acceso remoto a un gran número de usuarios simultáneamente a través de una conexión a Internet. Las acciones de un usuario pueden influir en las experiencias de otros, creando un entorno dinámico y en constante cambio.
- **Presencia virtual:** Los usuarios interactúan con el MV a través de una interfaz que recrea un entorno tridimensional en la pantalla de su dispositivo. Este entorno, sigue ciertas leyes y se caracteriza por recursos propios, se experimenta desde un avatar en primera persona.
- **Persistencia:** El MV mantiene su funcionamiento independientemente de la presencia o ausencia de usuarios, conservando la ubicación y el estado de los objetos y personajes, así como la propiedad de los elementos dentro del entorno, proporcionando una continuidad en la experiencia del usuario.

Otros autores, además, también señalan como básicos diferentes elementos: multitecnología, sociabilidad, hiperespaciotemporalidad trascendiendo el tiempo y el espacio (Ning et al. 2021), un sistema descentralizado, sin límite de usuarios y de barreras físicas, con economías virtuales propias, contenido creado por los usuarios y las IA, interoperabilidad entre los usuarios, la economía y el contenido

en los diferentes Metaversos, y, por último, sincronidad siendo una experiencia en tiempo real (Ball, 2022).

El MV se puede entender, además, como una fusión tridimensional online de varios entornos o dominios digitales, ya que, a día de hoy, no se ha consolidado un único MV, sino que se están gestando múltiples versiones preliminares (Binance Academy, 2021). Algunas de estas están implícitas en algunos videojuegos populares, mientras que otras, con la progresiva migración al espacio digital, han ido apareciendo en ámbitos como la educación, el trabajo, el comercio y el ocio (Erazo & Sulbarán, 2022). Sin embargo, todas estas versiones comparten elementos comunes en cuanto a su tecnología subyacente.

1.3 Tipos de Metaversos

Según un artículo de la Acceleration Studies Foundation (Smart et al., 2007) el MV se puede dividir en cuatro tipos, y para su explicación utilizaron dos ejes o una matriz de doble entrada. En el eje vertical, de arriba abajo se representa “aumento versus simulación”, y en el eje horizontal, de izquierda a derecha, “externo versus interno”. Dentro del primer eje, “aumento” hace referencia a las tecnologías que enriquecen y expanden la información ya presente en la realidad mediante herramientas que añaden capas de gestión y datos, mejorando nuestra interpretación del espacio físico. Por otro lado, “simulación” serían aquellas tecnologías que pueden imitar la realidad y construir realidades alternativas con nuevos universos digitales con los que poder interactuar. En el segundo eje, “externo” se centraría en aquellas tecnologías que proyectan el mundo exterior proporcionando información y dominio sobre el entorno que nos rodea. Por último, “interno” proporcionan un enfoque centrado en la identidad y las acciones que se desarrollan dentro de un espacio por el individuo, a través de un avatar o representación digital, con la que puede interactuar e influenciar en el medio.

Estos cuatro tipos serían: realidad aumentada, mundos espejo, mundos virtuales y registro de vida. (Ver Figura I)

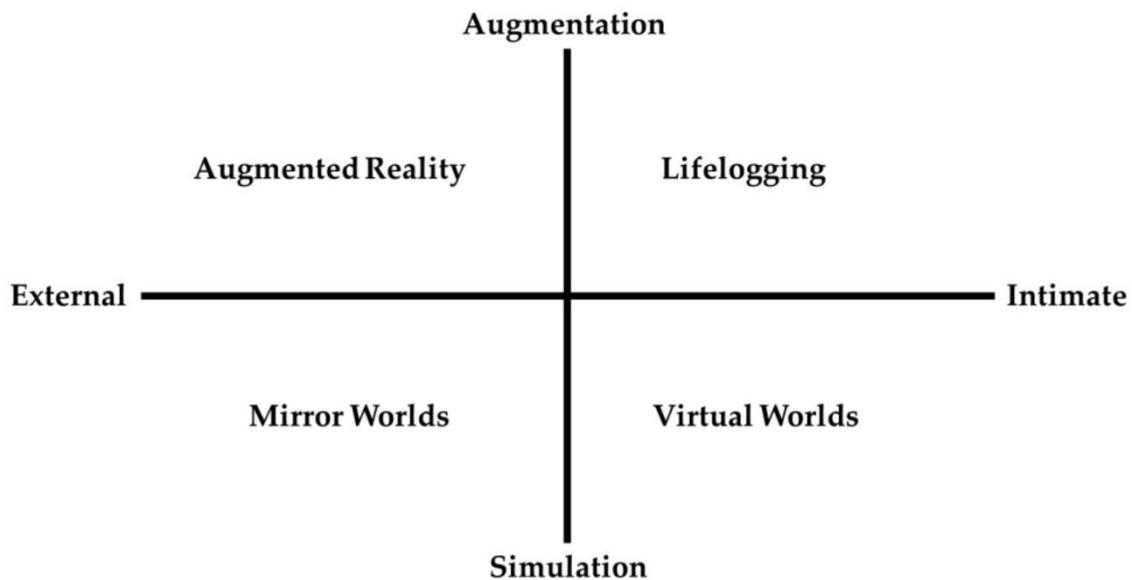


Figura I: *Matriz 4 tipos de Metaverso* (Park & Kim, 2022)

- **Realidad aumentada:** Consiste en ampliar nuestra percepción del mundo exterior al superponer información digital en nuestro entorno físico. Esta tecnología utiliza sistemas como el GPS y Wi-Fi de dispositivos móviles para proporcionar datos relevantes basados en la ubicación del usuario o reconocer códigos QR para enriquecer la información preexistente. Además, permite la fusión de gráficos reales y virtuales que se visualizan en tiempo real a través de dispositivos como gafas (Kye et al., 2021).
- **Mundos espejo:** Son una representación virtual del mundo real, actuando como un reflejo digital del mismo por medio de representaciones detalladas, que incluyen además información y estructura de diversos aspectos de la realidad. Este tipo de MV permite llevar a cabo actividades del mundo real a través de plataformas digitales, ofreciendo una experiencia más eficiente y útil (Kye et al., 2021).
- **Mundos virtuales:** Estos entornos, similares a los descritos por Stephenson en Snow Crash, son espacios de RV inmersivos donde el usuario se sumerge en una experiencia tridimensional. Emulan un ambiente interno utilizando tecnología avanzada que incluye gráficos 3D, avatares digitales y comunicación en tiempo real. En estos mundos, múltiples usuarios pueden entrar e interactuar mediante avatares que representan su identidad (Márquez, 2011).

- **Registro de vida (lifelogging):** Son sistemas de registro digital que, mediante una ampliación del entorno interno, permiten a las personas usar dispositivos avanzados para recopilar y documentar datos sobre su vida cotidiana en plataformas digitales o *smartphones*, con el objetivo de posteriormente analizarlos a través de estadísticas (Kye et al., 2021).

1.4 Componentes Fundamentales del Metaverso

Es crucial entender las tecnologías que dan vida al MV y que son pilares fundamentales en el impulso y manifestación palpable del mismo. Sin la intención de desarrollar un análisis técnico profundo de estos componentes, ofreceremos una visión general de algunos de ellos para facilitar su comprensión.

1.4.1 Blockchain

La tecnología blockchain, introducida por Nakamoto en 2008, se presenta como un libro de contabilidad digital avanzado que registra transacciones de manera segura, transparente y descentralizada a través de una red. Esta base de datos, estructurada matemáticamente, permite a múltiples partes compartir, almacenar y transferir valores o activos sin la intervención de intermediarios. En lugar de depender de terceros, la autenticidad de estos activos es validada por una red de nodos, es decir, ordenadores interconectados que participan activamente en la cadena. Cada transacción se añade a un bloque y, si se intenta modificar, la alteración se vuelve evidente en toda la cadena, gracias a las firmas criptográficas conocidas como hashes. De esta manera, una vez que los datos se registran en este "libro mayor" distribuido, no pueden ser alterados o falsificados, lo que garantiza su fiabilidad y precisión, garantizando la recopilación de datos auténticos y su gestión segura (Chengoden et al., 2023). En el marco del MV, blockchain no solo asegura su descentralización, sino que también desempeña roles vitales, como la gestión de datos en el ámbito médico, administración de suministros, optimización de la comunicación entre pacientes y médicos, y sistemas de pago seguros. Aunque es accesible para todos los usuarios autorizados, lo que distingue a blockchain de las bases de datos convencionales es su propiedad colectiva, así como la inmutabilidad de los datos registrados (Mozumder et al., 2023). No obstante, la adopción de blockchain presenta desafíos, incluyendo su alto costo, falta de legislación y regulación, y

una potencial lentitud en su operabilidad, lo que puede ser un obstáculo para entidades más pequeñas debido a su demanda energética y complejidad tecnológica (Chengoden et al., 2023).

1.4.2 NFT (Non-Fungible Tokens)

Un NFT, o token no fungible, es un tipo especial de activo digital que garantiza autenticidad y singularidad utilizando la tecnología de blockchain. A diferencia de las criptomonedas como Bitcoin o Ethereum, donde cada token es idéntico y, por lo tanto, intercambiable, un NFT es único e irremplazable. Esta singularidad y verificación a través de blockchain permite a los creadores y propietarios de contenido digital asegurar la originalidad y propiedad de ese activo en el espacio digital, siendo certificados de propiedad digitales que se pueden comprar y vender en mercados en línea (Kostick-Quenet et al., 2022; Yaghy et al., 2023). En el campo de la salud pueden permitir a los pacientes monetizar y controlar el acceso a sus datos de salud, beneficiando tanto a los individuos como a la investigación médica; facilitar la gestión de información relevante para trasplantes, optimizando el proceso y la disponibilidad en tiempo real; servir como herramienta de protección de la propiedad intelectual, permitiendo a los investigadores acuñar y compartir ideas de forma segura; pueden utilizarse como recompensas en el ámbito académico, ofreciendo beneficios a revisores y colaboradores (Yaghy et al., 2023).

1.4.3 Inteligencia Artificial (IA)

La IA es una tecnología que busca emular capacidades humanas, como el reconocimiento visual, de voz y la toma de decisiones, y se ha convertido en un pilar fundamental en diversos ámbitos, incluido el sanitario. Esta tecnología se descompone en áreas especializadas como el aprendizaje automático (ML), la visión computacional y el procesamiento del lenguaje natural (PNL). Estas herramientas no solo son vitales para el funcionamiento óptimo del MV, potenciando interacciones más ricas y naturales a través de diálogos de voz y texto, sino que también tienen un impacto significativo en el contexto médico, pudiendo analizar y comprender datos médicos complejos, permitiendo a las máquinas aprender patrones y hacer predicciones precisas (Mozumder et al., 2023). Además, el aprendizaje profundo (DL), una rama del ML, ha demostrado

ser especialmente valioso por su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos no estructurados sin intervención humana, como en el caso de las redes neuronales recurrentes y convolucionales. En este MV médico, la IA puede analizar interacciones entre pacientes y avatares médicos, proporcionando *insights* valiosos para guiar tratamientos, aunque estas herramientas, como los sistemas expertos basados en reglas ofrecen transparencia, pueden ser complejas y costosas de mantener. Sin embargo, destaca el potencial de la IA para colaborar estrechamente con profesionales médicos, en la integración de robots físicos potenciados por IA en procedimientos quirúrgicos avanzados, como cirugías ginecológicas y de próstata, ofreciendo mayor precisión y eficiencia (Chengoden et al., 2023).

1.4.4 Internet de las Cosas (IoT)

El IoT es una tecnología emergente que se refiere a la interconexión de objetos y dispositivos inteligentes en la infraestructura de Internet, permitiendo la automatización y el intercambio de datos en tiempo real. Esta conectividad avanzada, va más allá de la simple interacción máquina-máquina, abriendo puertas a soluciones innovadoras en áreas como ciudades inteligentes, gestión del tráfico, el comercio minorista, y también en la atención médica. La telemedicina, en particular, ha adoptado el IoT como su columna vertebral tecnológica, y en este contexto dentro del MV, la IoT no solo facilita la monitorización remota de la salud, el cuidado de enfermedades crónicas y el seguimiento de tratamientos, sino que también al integrar dispositivos médicos y sensores en la red digital, produce en una mejora de la calidad de vida, reducción de costos y una experiencia de usuario optimizada. Los dispositivos portátiles, por ejemplo, pueden registrar signos vitales y transmitirlos a los profesionales médicos permitiendo intervenciones más adecuadas, facilitando diagnósticos tempranos y la atención de emergencias por medio de una conectividad segura entre pacientes, clínicas y organizaciones médicas (Islam et al., 2015; Mozumder et al., 2023).

1.4.5 Big Data

La generación de datos digitales ha crecido significativamente debido a la expansión de la tecnología digital y técnicas avanzadas de análisis. En este

sentido, Big data se refiere a grandes conjuntos de datos de diversas fuentes que se producen rápidamente y se analizan mediante técnicas computacionales, y aunque el término es común hoy en día, hay debate sobre a partir de qué cantidad de datos se empieza a considerar "big data" (Ienca et al., 2018).

Estas tendencias de datos masivos se observan en diversos sectores como ciencia, negocios, gobierno y salud. En el ámbito sanitario, se han incorporado fuentes como registros médicos electrónicos, aplicaciones de salud móvil y robótica sanitaria, pudiendo obtenerse datos además de fuentes no médicas, como programas dietéticos y redes sociales (Ienca et al., 2018). En el contexto del MV, este crecimiento en datos actual tiene el potencial de ofrecer a las organizaciones una plataforma robusta donde recopilar, analizar y obtener información valiosa que puede ser usada para impactar positivamente en la investigación biomédica, yendo desde el diagnóstico automatizado en investigación del cáncer, hasta la creación de modelos epidemiológicos. Así mismo, con la monitorización continua de la salud y la agregación de datos heterogéneos, surgen oportunidades terapéuticas personalizadas que benefician tanto a la salud pública como a nivel individual (Chengoden et al., 2023).

1.5 Metaverso y Salud

Dentro del ámbito de la salud están apareciendo numerosos proyectos que aprovechan estas tecnologías emergentes y cuyas innovaciones están desempeñando un papel crucial en la transformación del sector sanitario, no solo revolucionando la forma en que se brinda atención médica, sino que también tienen el potencial de redefinir la educación y divulgación sanitaria, tratamientos, diagnósticos, la investigación clínica y la relación paciente-profesional, ofreciendo soluciones personalizadas que pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada intervención (Mohamed & Al-Barazie, 2023).

A continuación, veremos algunas de las principales áreas en las que se ha centrado la tecnología para el desarrollo del MV en la salud.

1.5.1 Educación para Profesionales y Pacientes

El MV está emergiendo como una herramienta poderosa con el potencial de transformar la educación y formación clínica en el ámbito médico, y numerosas instituciones prestigiosas están adoptando gradualmente tecnologías como RV, RA, realidad mixta e IA dentro de la enseñanza a profesionales sanitarios, siendo la RV y la RA las tecnologías más extendidas. Estas tecnologías en conjunto, permiten explicar conocimientos prácticos y no solo teóricos, simulando en tiempo real procedimientos complejos, ofreciendo detalles profundos sobre la anatomía humana llegando incluso a nivel celular, y pudiendo recrear las condiciones reales de situaciones poco habituales con la consiguiente preparación para el alumnado (Chengoden et al., 2023; Wu & Bruce Ho, 2023). La reciente pandemia ha potenciado aún más la adopción del MV, facilitando la comunicación e interacción global y posibilitando una educación más estandarizada, al poder acceder con un dispositivo desde cualquier lugar independientemente de la distancia, y permitiendo capacitar a estudiantes con metodologías de profesores de otras universidades importantes, reduciendo costos (Petrigna & Musumeci, 2022).

Una alternativa accesible y rentable para impartir programas educativos a pacientes sobre salud, diseñados por especialistas, instituciones académicas o entidades gubernamentales, es mediante plataformas digitales. Este enfoque de enseñanza remota permite llegar a las personas globalmente en cualquier momento del día y puede mantenerse activo en línea por un período no determinado. La formación remota también puede incorporar componentes prácticos, como módulos de educación física y comportamental (Petrigna & Musumeci, 2022).

1.5.2 Trabajo Colaborativo e Investigación

La RV ha hecho que la investigación colaborativa haya reducido costos y sea más accesible para los estudiantes, especialmente en investigación biomédica en programas de educación superior, en donde la experimentación práctica resulta fundamental para el aprendizaje, y los laboratorios simulados brindan la oportunidad de un aprendizaje experimental en un espacio seguro, sin riesgos para las personas ni el lugar, con disponibilidad de recursos ilimitados y

garantizando de esta manera la innovación y creatividad entre los estudiantes. Esta investigación colaborativa puede implicar, además, a laboratorios de todo el mundo, y mediante gemelos digitales, optimizar la ingeniería de procesos y sistemas de control utilizando tecnologías de simulación y modelado. Con ellas los diferentes equipos pueden crear modelos estables para integrarlos en modelos dinámicos que pueden probar en tiempo real, comprobando sus resultados, y fortaleciendo la implementación de la ingeniería de procesos (Bashir et al., 2023).

1.5.3 Atención Clínica, Diagnóstico, Tratamiento y Seguimiento

La atención médica tradicionalmente ha valorado el contacto directo entre el profesional y el paciente, ya que permite identificar respuestas tanto físicas como emocionales. Sin embargo, la crisis sanitaria por COVID-19 ha catalizado una transformación en este enfoque. Antes de la pandemia, en Estados Unidos solo el 43% de los centros médicos ofrecían servicios de telesalud, pero en 2020, esta cifra aumentó drásticamente al 95% (Thomason, 2021).

Diagnosticar la condición del paciente es algo esencial, y con la incorporación de tecnologías como la RV y RA, IA, Big Data, gemelos digitales, blockchain y 5G, el diagnóstico se ha vuelto más preciso en el MV, y también el tratamiento y seguimiento, considerándose una evolución del IoT médico actual, ya que supera obstáculos en la comunicación, conexión e integración por medio de proyecciones holográficas y simulaciones, utilizando dispositivos como gafas de RA o RV prometiendo una atención más precisa, personalizada y accesible para todos (A. Farahat et al., 2023; Thomason, 2021).

La terapia digital emerge en este contexto, como una subcategoría dentro de la terapéutica médica, utilizando programas y aplicaciones especializadas basadas en software, respaldadas por evidencia científica, para prevenir, controlar o tratar condiciones médicas específicas físicas o mentales, sin la necesidad de medicamentos tradicionales (Chengoden et al., 2023). Encontramos así, RV que es utilizada para reducir el estrés, tratar la ansiedad, depresión o miedo, ofreciendo una exposición controlada y gradual a estímulos desencadenantes, mostrado también beneficios en la mejora de habilidades cognitivas y de comunicación en niños con trastorno del espectro autista, y en el ámbito

deportivo beneficiando la salud física y mental de atletas (Mohamed & Al-Barazie, 2023).

Durante la pandemia de COVID-19, el ejercicio en RV ha sido crucial para mantener la movilidad y controlar el peso en adultos mayores. Además, esta ha demostrado ser eficaz en la rehabilitación de diversas afecciones, desde problemas musculoesqueléticos, pasando por dolor crónico, hasta accidentes cerebrovasculares, entre otras muchas patologías (Mohamed & Al-Barazie, 2023).

En tratamientos quirúrgicos la RA y la RV pueden facilitar el acceso a información crucial, dejando las manos libres al cirujano, y, por ejemplo, proporcionar información radiológica al poder superponer imágenes sobre el paciente en tiempo real, mejorando la precisión y adaptabilidad, que al ser combinados con IA, pueden potenciar la capacidad de toma de decisiones clínicas orientadas a las necesidades individuales de cada paciente (Thomason, 2021).

Por último, la telemedicina facilita la atención médica remota, los "gemelos digitales" ofrecen representaciones virtuales que permiten predecir respuestas a tratamientos antes de su aplicación, y el blockchain asegura la integridad de los registros médicos. Al combinar estas tecnologías, el MV proporciona un sistema unificado para un seguimiento eficiente del paciente permitiendo la atención global desde cualquier sitio. Este monitoreo de pacientes por medio de RV y RA, además, crea experiencias inmersivas que permiten conectarlos con sus familias beneficiando su recuperación, y fomentando interacciones valiosas entre pacientes, profesionales y seres queridos (A. Farahat et al., 2023).

1.5.4 Bienestar, Gamificación y Monetización

Dentro del bienestar, la gamificación ofrece una nueva forma de atención médica mediante entrenamientos inteligentes que promueven una mejor salud. El *lifelogging*, promueve el ejercicio físico para combatir enfermedades relacionadas con la inactividad por medio de dispositivos portátiles equipados con múltiples sensores. Estos registran datos biológicos y patrones de comportamiento, como la actividad física y los períodos sedentarios, que, al ser analizados, se pueden usar para ofrecer recomendaciones personalizadas de hábitos saludables y planificar terapias de rehabilitación específicas (Román

Belmonte et al., 2023). Conceptos como "mover para ganar" en plataformas como Genopets, incentivan la actividad física mediante recompensas. Esta posible monetización de datos de salud, potenciada por blockchain, abre oportunidades económicas y promueve una atención médica centrada en el consumidor, permitiendo a las personas gestionar su salud y bienestar de manera proactiva y tomar decisiones informadas. 'Juega para ganar', 'aprende para ganar' y 'muévete para ganar' podrían convertirse en una fuente de ingreso para millones de personas, pudiendo convertirnos en testigos de la consumerización de la asistencia sanitaria. Las plataformas emergentes, que integran el aprendizaje y la gamificación, se están incorporando en la atención médica, con los tokens no fungibles (NFT) facilitando el intercambio de valor, con una tecnología que garantiza la interoperabilidad y la seguridad en la atención médica digital (Thomason, 2021).

2. Objetivo

- **Objetivo general:** El objetivo principal del trabajo es analizar las controversias éticas del MV en la fisioterapia desde una bioética personalista.
- **Objetivos específicos:**
 - Identificar por medio de una revisión aquellos artículos que hablen del MV y la fisioterapia.
 - Establecer en que ámbitos se aplica el MV dentro de la fisioterapia.
 - Identificar los problemas éticos que puede traer el desarrollo e implementación de esta tecnología en la fisioterapia, para posteriormente analizarlos y tratar de resolverlos desde el personalismo.

3. Metodología

3.1 Diseño de la Investigación y estrategia de búsqueda

Para identificar artículos que describan aplicaciones del MV en la fisioterapia, se realizó una búsqueda de las publicaciones disponibles en las bases de datos

Biblioteca UMH y PubMed a fecha de 15 de enero de 2024, por medio de una revisión sistemática bibliográfica. Otras bases de datos fueron consultadas, pero no aportaron resultados útiles para la investigación.

Con el fin de maximizar el número de artículos relacionados con el MV y la fisioterapia se han usado palabras afines semánticamente con esta última, utilizando como términos: Metaverse, physiotherapy, physical therapy, rehabilitation, exercise.

Los operadores booleanos usados han sido “AND” y “OR”, agrupando entre paréntesis las palabras con relación semántica, quedando de la siguiente manera: Metaverse AND (physiotherapy OR "physical therapy" OR rehabilitation OR exercise).

3.2 Criterios de Inclusión y Exclusión

- **Criterios de inclusión**

Se han incluido artículos que traten acerca del MV y la fisioterapia o rehabilitación en castellano, inglés e italiano. No ha habido límite para la fecha de publicación. Sólo se han incluido aquellos artículos en los que se ha conseguido una disponibilidad del texto completo.

- **Criterios de exclusión**

Se han excluido aquellos artículos que tratan acerca del ejercicio y el MV (exergames) como acondicionamiento físico y no como parte de un tratamiento. También aquellos en los que el MV se aplica exclusivamente para rehabilitación de otra índole no relacionada con la fisioterapia, y los que no hacen referencia directa al MV, sino a RV, RA y otras tecnologías aisladamente.

3.3 Proceso de Identificación y Selección de los Estudios

La revisión de las bases de datos científicas arrojó un total de 170 artículos, en la que una vez eliminados los duplicados resultó en 133 artículos.

Se procedió a una evaluación inicial basada en el título y resumen, y una vez aplicados los criterios de inclusión se hallaron 24 artículos.

De estos, se seleccionaron 9 artículos tras una revisión detallada del texto completo y aplicados los criterios de exclusión.

Por lo tanto, se incluyeron 9 artículos para la realización de esta revisión sistemática. (Ver Figura II)

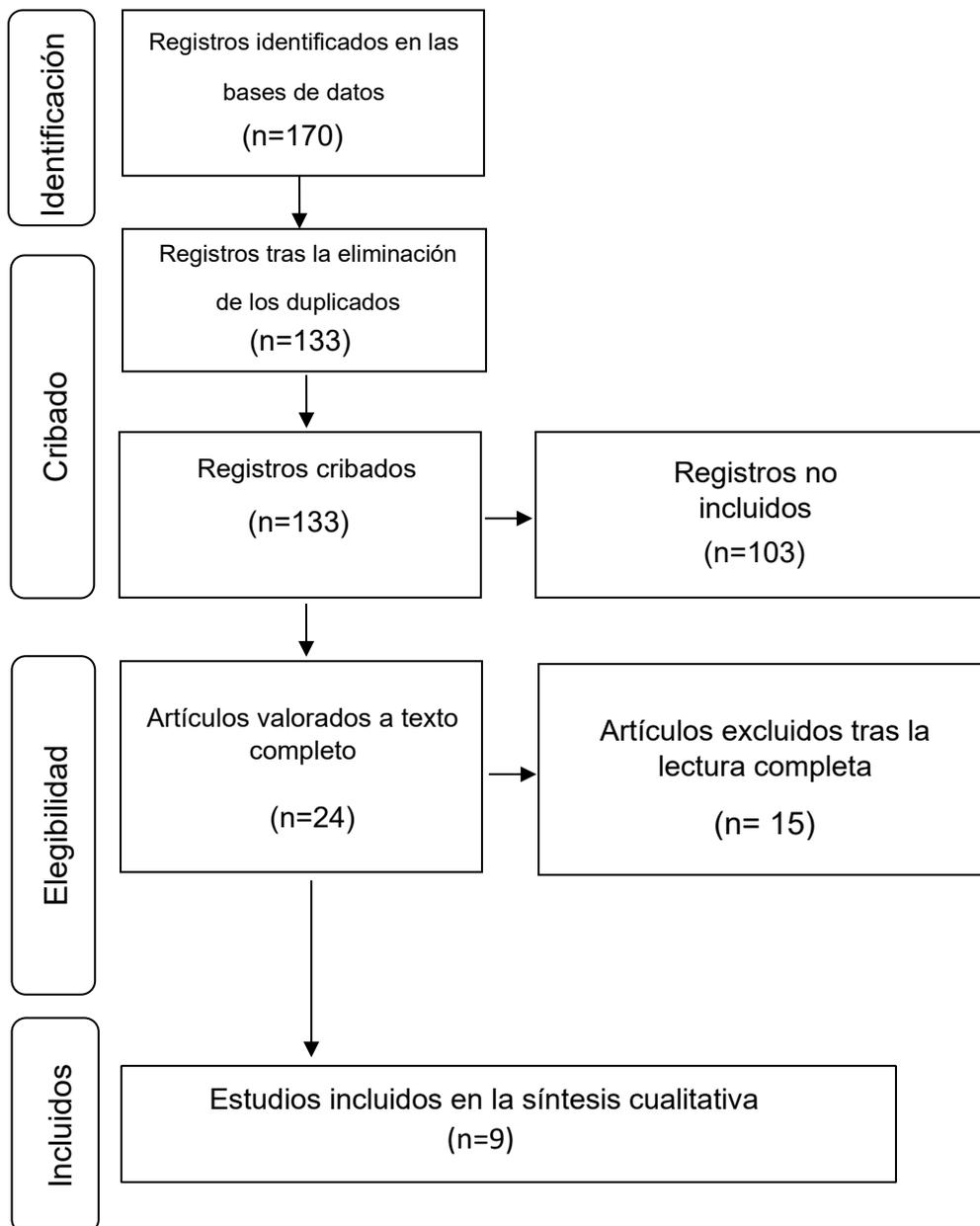


Figura II: Diagrama de flujo del proceso de selección de los estudios.

4. Resultados

A continuación, se procede a detallar los resultados obtenidos tras la revisión, estructurados en áreas temáticas siguiendo con los objetivos previamente establecidos.

* *Tabla Síntesis de los Artículos (ver Anexo I)*

4.1 Aplicaciones Clínicas del Metaverso

En la revisión de la literatura científica, se han identificado 7 publicaciones destacadas que exploran el uso de aplicaciones clínicas de fisioterapia dentro del ámbito del MV y sus tecnologías asociadas.

Entre los estudios examinados, es de especial relevancia un ensayo controlado aleatorizado llevado a cabo por Moon et. al, 2023, que abordó la eficacia de la fisioterapia en el MV frente a la fisioterapia convencional en el tratamiento de niños con parálisis cerebral, centrándose en varios indicadores clave como la función cardiopulmonar, la función motora gruesa, la calidad de vida pediátrica, la medida de independencia funcional, y el riesgo percibido de contagio de COVID-19. Los criterios de inclusión y exclusión se aplicaron para seleccionar a 26 participantes, enfocándose en características específicas relacionadas con la edad, el grado de parálisis cerebral, el nivel de capacidad funcional y cognitiva, así como el estado de salud general, evitando incluir a individuos con condiciones que pudieran afectar la validez de los resultados del estudio.

Para participar, fue necesario que los padres de los niños instalaran una aplicación específica del MV en *smartphones* o *tablets* y contaran con una conexión a internet de al menos 1 megabyte por segundo, además de completar cuestionarios supervisados por un fisioterapeuta. A través de IA, se facilitó un diagnóstico y ajuste personalizado del régimen de ejercicios, que se modificaba según la capacidad de seguimiento del participante. Al concluir las sesiones, los participantes recibían monedas virtuales canjeables por artículos de rehabilitación en una farmacia virtual, y podían explorar el MV, permitiendo además la interacción social con otros amigos dentro de este.

Los resultados obtenidos por Moon et al., 2023, indican mejoras significativas en la motricidad gruesa, la función cardiopulmonar y la percepción del riesgo de contagio por COVID-19 en los niños tratados a través del MV, en comparación con aquellos que recibieron terapia convencional.

Los autores también señalan que estos resultados concuerdan con estudios anteriores, destacando particularmente la investigación de Arnoni et al., 2019. Dicho estudio evidenció un incremento notable, fluctuando entre el 1.45% y el 23.32%, en las puntuaciones relacionadas con la marcha y la motricidad gruesa después de aplicar fisioterapia con RV en niños con parálisis cerebral, en contraposición a los métodos de fisioterapia tradicional.

Encontramos que, en el contexto de afecciones neurológicas, las tecnologías del MV, particularmente la RV y la RA, han mostrado beneficios en el tratamiento de otras patologías:

- Enfermedad de Parkinson: Mejora del equilibrio, movilidad y tratamiento de la marcha congelada (Veras et al., 2023; Jee, 2023).
- Accidentes cerebrovasculares: Rehabilitación de la función del miembro superior (Veras et al., 2023; Jee, 2023), viabilidad (Cho et al., 2023).
- Terapia para el síndrome de dolor de miembro fantasma (Veras et al., 2023).
- Lesiones cerebrales traumáticas: tratamiento del equilibrio, cognición, comunicación y rehabilitación (Veras et al., 2023; Jee, 2023).
- Enfermedad de Alzheimer (Jee, 2023).
- Lesiones de columna (Jee, 2023).
- Esclerosis múltiple (Jee, 2023).

Otro estudio importante se centró en el tratamiento del dolor cervical y lumbar, por medio de RV dentro del MV XRHealth mostrando resultados prometedores. Según Orr et al., 2023, se registraron mejoras significativas en la intensidad del dolor, la velocidad de respuesta de los movimientos de los brazos, la amplitud de movimiento para la rotación del cuello, y en el “30 seconds sit to stand test”. Adicionalmente, se observaron progresos en la precisión, rapidez y habilidad de memorización en las sesiones, y tampoco se informó de efectos adversos con la aplicación del tratamiento.

Un aspecto a destacar fue la reducción de la discapacidad en un 23.2% ($p = 0.02$) en el Índice de Discapacidad Cervical (NDI), y del 17.8% ($p < 0.001$) para el dolor lumbar no específico, evaluado mediante el Índice de Discapacidad para Dolor Lumbar de Oswestry Modificado (MOLBPDI). Por consiguiente, se argumenta que la terapia mediante RV no solo es segura y práctica para el tratamiento del dolor lumbar y cervical, sino que también puede ofrecer un enfoque holístico al integrar nuevas estrategias para abordar el manejo del dolor y la rehabilitación cubriendo diferentes dimensiones del mismo (Orr et al., 2023).

Además de las afecciones previamente mencionadas, la RV y la RA han demostrado ser efectivas en el tratamiento y rehabilitación de otras condiciones y situaciones:

- Rehabilitación del COVID-19 (Veras et al., 2023).
- Dolor crónico de cuello y dolor lumbar (Veras et al., 2023).
- Terapia de mano (Veras et al., 2023).
- Rehabilitación post-artroplastia total de rodilla (Veras et al., 2023).
- Prevención de caídas en adultos mayores, mejorar el equilibrio y reducir el riesgo de caídas (Veras et al., 2023).
- Tratamiento de la artritis (Jee, 2023).

En relación al dolor Román-Belmonte et al., 2023, nos dice que el MV, especialmente mediante el uso de la RV no solo ha demostrado ser eficaz en reducir el temor y la ansiedad asociados con procedimientos invasivos, especialmente en dolor pediátrico, sino que también facilita una experiencia más amena y menos dolorosa durante los procesos de rehabilitación, como a través de la aplicación de Snowworld, que ha demostrado su eficacia para mitigar el dolor en niños con quemaduras promedio del 40 %, consiguiendo una disminución notable del dolor máximo y mejorando la experiencia durante los procedimientos de curación. Investigaciones realizadas en personal militar que sufrió quemaduras en sus manos indican que el uso de la RV podría superar en efectividad a los medicamentos para el dolor en el tratamiento de heridas. Asimismo, se ha verificado su utilidad en la realización de rehabilitación para personas con lesiones de mano, logrando una reducción del dolor durante las sesiones de fisioterapia (Román-Belmonte et al., 2023). Además, se ha realizado

terapia de espejo con RV en la recuperación de extremidades superiores, que reduce la percepción de desigualdad entre pacientes. Este método mejora la funcionalidad, promoviendo la conectividad y la interoperabilidad en otras aplicaciones del MV, mostrando eficacia en evaluaciones como la escala Fugl-Meyer y el Action Research Arm Test (Kim et al., 2023).

Para explicar su efectividad en cuanto al dolor Orr et al., 2023 indican que la RV promueve un enfoque externo centrado en el efecto que produce el movimiento, en contraposición a las terapias tradicionales que se centran en un enfoque interno con atención sobre el movimiento realizado. Sugieren que este enfoque externo mejora el aprendizaje motor al convertir el movimiento en una acción involuntaria, inconsciente e innata. Desde una perspectiva bayesiana, se plantea que el cerebro forma expectativas probabilísticas sobre el dolor y los síntomas asociados a ciertos movimientos, y las terapias virtuales tienen el potencial de alterar estas expectativas negativas y redirigir la atención.

Este cuerpo de investigación subraya el potencial de las tecnologías inmersivas del MV, para enriquecer y potenciar las intervenciones fisioterapéuticas, ofreciendo perspectivas prometedoras para su aplicación en contextos clínicos.

* *Tabla Resumen Aplicaciones Clínicas del Metaverso (ver Anexo II)*

4.2 Educación para el Paciente y Formación para el Profesional

En el trabajo de Moro (2023), se subraya el potencial transformador del MV en la educación de ciencias de la salud, ofreciendo un entorno virtual que imita experiencias reales y proporciona un aprendizaje auténtico. Este espacio permite a los estudiantes realizar actividades como disecciones virtuales y visualizar prácticas en tiempo real, además de entender profundamente la biomecánica o explorar la diversidad anatómica y patológica. Moro (2023), también destaca la posibilidad de interactuar con expertos a nivel mundial y la efectividad de la gamificación para hacer el aprendizaje más accesible. El MV fomenta un enfoque interdisciplinario, conectando áreas como anatomía y farmacología, y permite la realización de simulaciones clínicas seguras y evaluaciones en 3D, incrementando la seguridad y la eficacia educativa. Además, este entorno ofrece flexibilidad educativa, permitiendo a los estudiantes personalizar su aprendizaje

y participar de forma sincrónica o asincrónica, lo que amplía las opciones de evaluación en un contexto tridimensional (Moro, 2023).

Según informan Román-Belmonte et al. (2023) y Veras et al. (2023), el MV podría transformar la formación y capacitación de profesionales de la salud mediante simulaciones de RV que permiten practicar habilidades de rehabilitación en contextos variados, incluyendo el manejo de equipos especializados, pudiendo simplificar conceptos abstractos y acercar las experiencias a lo tangible. Su uso se ha recomendado frente a las técnicas de enseñanza tradicionales, teniendo un alto grado de satisfacción entre profesionales y estudiantes, y con una tasa de adopción entre el 10 % al 45 % según los estudios. Con el desarrollo de pacientes creados virtualmente se permite mejorar las habilidades de comunicación y entrevista clínica, así como las habilidades técnicas de los profesionales, y la interacción con pacientes de diversas culturas, eliminando factores de riesgo y mejorando la equidad en la atención sanitaria.

Además, la investigación sugiere que la RA puede facilitar el aprendizaje de habilidades complejas en entornos laborales estresantes, mejorando la eficiencia y la participación de los estudiantes ante estas situaciones, siendo en este contexto particularmente útil para entrenar el reconocimiento de estructuras anatómicas y técnicas específicas (Román-Belmonte et al., 2023). Su capacidad para integrar elementos virtuales en el mundo real permite una visualización didáctica de objetos y conceptos que serían difíciles de comprender a través de métodos tradicionales o explicaciones textuales y, al igual que la RV, permite simplificar lo abstracto a lo concreto, ofreciendo simulaciones que relacionan ambos mundos, siendo particularmente valiosa en situaciones que requieren una alta práctica y experiencia, especialmente en áreas de elevado costo y riesgo (Marín et al., 2023). A pesar de que el 93,3 % de los estudiantes recomienda su uso, se hace necesaria la realización de más estudios para evaluar con precisión la efectividad de la RA en la educación sanitaria (Román-Belmonte et al., 2023).

El uso de la RA y la RV se extiende a la educación de pacientes, como informan Marín et al., 2023. Estas tecnologías permiten reeducar en la realización de actividades de la vida diaria permitiendo por medio de imágenes, visualizar el movimiento de partes del cuerpo que, debido a una afección, no pueden realizar en el mundo real. Así mismo, la combinación de RA y RV facilita el entrenamiento

en el uso de equipos sofisticados o peligrosos. Por ejemplo, pueden enseñar a una persona con discapacidad a usar una silla de ruedas motorizada en la calle mediante un programa de ejercicios apoyado por el avatar de su fisioterapeuta en un entorno virtual. Este entorno, diseñado específicamente por el fisioterapeuta con espacios y mobiliario, permite proponer ejercicios de rehabilitación en contextos difíciles de reproducir en un entorno ambulatorio u hospitalario, como una cocina o un supermercado (Marín et al., 2023).

Por último, la formación protésica y mediante exoesqueletos en espacios virtuales, representa otra aplicación práctica del MV en pacientes con trastornos musculoesqueléticos o amputaciones de extremidades, aliviando el dolor o restaurando la movilidad de forma remota y proporcionando la confianza necesaria para realizar tareas tanto en entornos virtuales como en el mundo físico (Kim et al., 2023).

* *Tabla Resumen Educación para el paciente y Formación para el profesional (ver Anexo III)*

4.3 Tecnología e Innovación para la Rehabilitación

Dentro del *lifelogging*, actualmente se utilizan dispositivos *wearables* como podómetros, *smartphones*, *smartwatches* y monitores de frecuencia cardíaca que registran eventos de la vida diaria y parámetros biomédicos (Veras et al., 2023). Estos dispositivos portátiles avanzados están equipados con una amplia variedad de sensores, tales como acelerómetros, giroscopios, sensores de fuerza, sensores de presión y cámaras, que recogen la información en los propios dispositivos o internet, y son capaces de medir un extenso rango de patrones de comportamiento y datos biológicos, recogiendo información vital como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, datos electrocardiográficos, niveles de glucosa, cantidad de pasos diarios, las calorías consumidas y quemadas, así como los patrones de sueño. Adicionalmente, permiten analizar detalles específicos del ejercicio físico como la intensidad de las actividades, su duración, las variaciones de altitud durante las mismas y la saturación de oxígeno en sangre (Román Belmonte et al., 2023). También permiten analizar las características de la marcha, detectar caídas, identificar patrones de actividad física (ligera, moderada o vigorosa) y períodos de comportamiento sedentario

(Román Belmonte et al., 2023). Toda esta información del “paciente virtual” puede ser analizada en tiempo real por el equipo de rehabilitación para monitorizar y ajustar el tratamiento de manera precisa (Román Belmonte et al., 2023) y plantea también la posibilidad de realizar consultas y sesiones informativas a distancia, permitiendo que equipos multidisciplinares, incluidos médicos, fisioterapeutas, dietistas y psicólogos, colaboren simultáneamente para definir estrategias de tratamiento integradas y personalizadas (Veras et al., 2023).

Dado que la falta de ejercicio físico está relacionada con enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad, (Román Belmonte et al., 2023) participar en actividades físicas virtuales como caminar, yoga o gimnasia, con retroalimentación en tiempo real, resulta muy beneficioso para mantener un estilo de vida activo y saludable, facilitando una gestión proactiva de la salud que, en el caso de personas mayores, mejora la integración en comunidades virtuales, reduciendo su aislamiento y mejorando la comunicación (Kim et al., 2023).

En el campo de la rehabilitación virtual, dispositivos como las gafas Oculus Rift 3D, desarrolladas por Oculus en 2014, han sido pioneros en proporcionar experiencias inmersivas para los usuarios. Este tipo de tecnología permite simular movimientos utilizados en la vida cotidiana, siendo de gran utilidad para personas con discapacidades físicas y neurológicas, haciendo que los ejercicios de rehabilitación sean más atractivos y efectivos (Veras et al., 2023).

Los *wearables* con la incorporación de tecnologías de realidad extendida y sistemas hápticos de retroalimentación se están utilizando con exoesqueletos y prótesis mejorando la interfaz hombre-máquina para el manejo de avatares (Kim et al., 2023). Esta tecnología háptica resulta de gran utilidad para personas con discapacidades visuales y auditivas al permitir la interacción mediante el tacto, utilizando dispositivos como cámaras que capturan movimientos de cabeza y manos y trajes de cuerpo completo con sensores que proporcionan retroalimentación háptica detallada, transmitiendo estímulos de fuerza, vibración y movimiento en tiempo real. Estas innovaciones crean experiencias de RV inmersivas que mejoran sustancialmente la manipulación de objetos digitales y la percepción de presencia de los pacientes en estos entornos. (Marín et al., 2023).

En este contexto, el *Teslasuit*, es un traje de cuerpo completo que utiliza tecnologías como la electroestimulación muscular (EMS) y la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS) para proporcionar retroalimentación háptica basada en simulación visual. Equipado con un sistema de captura de movimiento, el *Teslasuit* permite a los investigadores y profesionales de la salud monitorizar el desempeño físico y acceder a información interna relacionada con el estado físico del usuario, como la función cardiorrespiratoria. Este traje actualmente es usado para fines de investigación, pero tiene aplicaciones clínicas evidentes, ayudando a desarrollar la memoria muscular y mejorar la técnica de movimientos físicos (Veras et al., 2023).

Además, se ha desarrollado un sistema de guantes inteligentes equipado con un sensor triboeléctrico capaz de detectar señales de movimiento que clasifica en palabras y oraciones mediante algoritmos de IA. Este sistema es capaz de reconocer 50 palabras y 20 oraciones con una precisión del 91,3 % y 95 %, respectivamente, permitiendo a los pacientes practicar y mejorar sus habilidades motoras finas y coordinación simulando gestos específicos requeridos (Kim et al., 2023).

Por otro lado, existen calcetines inteligentes que utilizan un algoritmo de redes neuronales convolucionales para realizar análisis eficientes de la marcha. Este modelo de IA identifica y analiza parámetros de la marcha como la amplitud, el período y la regularidad del ciclo de marcha, logrando clasificar a los participantes con una alta precisión. En concreto, el sistema ha demostrado ser capaz de clasificar a 13 participantes con una precisión del 93,54 % y a cinco participantes con una precisión del 96,67 % (Kim et al., 2023).

La IA y el ML están asumiendo tareas que antes requerían intervención humana, como el reconocimiento visual y el razonamiento. Esto reduce la carga de trabajo de los terapeutas, permitiéndoles atender a más pacientes y mejorando las interacciones realistas entre humanos y avatares en el MV. Además, la IA facilita la gestión de grandes conjuntos de datos clínicos, los cuales pueden ser compartidos y analizados en sistemas en la nube, proporcionando información útil para los pacientes. Sin embargo, es necesario que los profesionales de rehabilitación adquieran habilidades en el manejo y análisis de datos para poder interpretar esta información de manera efectiva (Kim et al., 2023; Veras et al., 2023).

La RA mediante el uso de dispositivos como *smartphones*, enriquece la información visual durante ejercicios o actividades diarias, facilitando el proceso de reaprendizaje para los pacientes. Un componente clave de la RA en este campo es el *biofeedback*, que utiliza instrumentos como sensores inerciales, cámaras de vídeo, electromiógrafos y células de carga para ofrecer datos precisos sobre el movimiento y la fuerza aplicada (Marín et al., 2023). La utilización de RA mejora significativamente la experiencia de entrenamiento de rehabilitación cuando se integra en máquinas de gimnasios que usan motores eléctricos para generar resistencia y pantallas que proporcionan un *biofeedback* visual (Marín et al., 2023). Un uso potencial de gafas de RA puede permitir a los fisioterapeutas monitorizar parámetros vitales y de ejercicio sin perder el contacto visual con el paciente, dejando las manos libres, lo que sugiere un futuro donde estos dispositivos podrán reemplazar a las *tablets* tradicionales (Marín et al., 2023).

El IoT se ha implementado en sistemas diseñados para aumentar la eficiencia de los procesos de rehabilitación a largo plazo. Utilizando modelado predictivo y redes neuronales, estos sistemas facilitan la rehabilitación asistida por robots al procesar datos personalizados del paciente, recopilados mediante sensores. Posteriormente, estos datos se envían a la nube para un análisis detallado, lo que permite desarrollar tratamientos más efectivos y adaptados a las necesidades individuales (Kim et al., 2023).

* *Tabla Resumen Tecnología e Innovación para la Rehabilitación (ver Anexo IV)*

4.4 Controversias Éticas del Metaverso en la Fisioterapia

Privacidad, Seguridad y Protección

La privacidad y la seguridad constituyen la principal preocupación dentro del MV, debido a su dependencia de la tecnología e infraestructuras necesarias, siendo la comunicación remota con la recopilación, transmisión y almacenamiento de datos, potenciales fuentes de vulnerabilidades en cualquier momento (Veras et al., 2023) por lo que crear medios para la protección de los usuarios resulta fundamental, de manera que no se hereden los problemas ya existentes dentro de la atención virtual.

En marzo de 2022, una encuesta realizada a 4420 adultos en los Estados Unidos para evaluar sus preocupaciones respecto al MV, arrojó que la mayoría manifiesta inquietud por la seguridad de su información personal y el riesgo del mal uso de la misma, seguido por el ciberacoso y el acoso sexual. Adicionalmente, respecto a los riesgos de un uso prolongado del MV, el 41% señaló problemas relacionados con la salud mental, y el 47% mencionó la posibilidad de desarrollar una adicción a entornos virtuales (Román Belmonte et al., 2023).

Según Kim et al. (2023) el historial médico y la información personal de salud son de gran valor y permanentes, por tanto, es fundamental que la información sea cifrada, y el almacenamiento se realice según la “Ley de Responsabilidad y Portabilidad del Seguro Médico” (HIPAA) existente en EEUU.

Dentro del *lifelogging*, el uso de dispositivos *wearables* para transmitir datos de bioseñales a un sistema computacional en la nube podría estar expuesto a posibles fugas o daños. Esto podría resultar en retroalimentaciones incorrectas y potencialmente peligrosas para los pacientes. Por tanto, Kim et al. (2023) indican que es necesario cifrar y analizar los datos de salud cuidadosamente, aunque esto pueda conllevar retrasos en la retroalimentación. Para reducir estos retrasos, proponen optimizar los algoritmos de cifrado y análisis, o implementar un procesamiento de señales avanzado mediante circuitos neuromórficos.

Román Belmonte et al. (2023) nos indican que es imprescindible que se desarrolle investigación para asegurar la integridad y la seguridad de los usuarios, con estrategias que permitan protegerse y buscar ayuda en caso de interacciones que los hagan sentir incómodos con otros usuarios.

También abordan la cuestión de la privacidad, principalmente dentro del *lifeloggin*, y plantean como medidas necesarias minimizar la recopilación de datos, y herramientas que aseguren la protección de estos mediante políticas transparentes con las que los usuarios comprendan como se gestiona su información personal, ya que existe un gran riesgo de que a medida que gane aceptación el MV aumente el riesgo de que estos datos y actividades sean monitorizados y analizados, pudiendo ser vendidos a corporaciones privadas que tendrían acceso al registro de actividad, contactos y ubicación. El uso de blockchain para el cifrado de la información podría ser una estrategia para

garantizar esa custodia segura y facilitar un intercambio de información controlado y protegido (Román Belmonte et al., 2023).

En su artículo Veras et al., (2023) subrayan que el MV enfrenta desafíos significativos en seguridad de datos, especialmente durante las interacciones usuario-avataar y en la interoperabilidad y escalabilidad de las plataformas. Estas deberán cumplir con regulaciones locales como la Ley de Protección de Información Personal de Salud (PHIPA) en Canadá y la Ley de Responsabilidad y Portabilidad del Seguro Médico (HIPAA) en EE. UU., que garantizan la protección de la privacidad y la confidencialidad de la información de salud, no divulgando más información de la necesaria.

Los profesionales de la salud deben asegurarse de que los pacientes comprendan cómo se recopilan y gestionan sus datos y tomar medidas para proteger esta información ante pérdidas, mal uso o robos, ya que, a diferencia de la telemedicina tradicional el MV permite una recolección más amplia de datos incluyendo rendimiento, fisiológicos y cinemáticos, lo que aumenta las posibilidades de uso, pero también los riesgos (Veras et al., 2023).

En el ámbito educativo dentro del MV, Moro (2023) nos plantea la preocupación sobre la identidad y el anonimato de los estudiantes, ya que mantenerlo implica que no siempre sea seguro que la persona en pantalla sea quien dice ser. Además, la propiedad intelectual plantea dudas, ya que no está claro quién posee el contenido creado por los estudiantes o los educadores en las plataformas virtuales, ni las restricciones que se deben hacer sobre su uso.

Por otro lado, incluir en el MV a estudiantes puede hacer que grandes empresas puedan recopilar datos biométricos y personales, lo que suele ser inevitable debido a los acuerdos que los usuarios aceptan antes de acceder, afectando a la seguridad y privacidad (Moro, 2023).

La supervisión en los mundos virtuales también es compleja, ya que puede que no sea posible censurar interacciones inapropiadas o eliminar actividades ilegales, lo que presenta riesgos para los usuarios, especialmente si se permite a personas no inscritas acceder a los entornos educativos virtuales (Moro, 2023).

Por último, las monedas virtuales empleadas pueden presentar vulnerabilidades y no contar con las garantías ofrecidas por las monedas centralizadas en sistemas financieros regulados. Esto puede representar un riesgo si los estudiantes deben comprar contenido educativo, complementos, o licencias

adicionales para acceder a información exclusiva de servicios de pago (Moro, 2023).

* *Tabla Resumen Privacidad, seguridad y protección (ver Anexo V)*

Gobernanza Global

Desde una perspectiva de gobernanza global, podría ser esencial establecer nuevas legislaciones diseñadas específicamente para la gestión de datos en el MV. Esta regulación debería incluir principios de accesibilidad, interoperabilidad y privacidad, y además plantear interrogantes sobre quién debe tomar las decisiones fundamentales: los usuarios o los directivos dentro de la estructura de gobernanza (Veras et al., 2023).

Veras et al. (2023) cuestionan cómo aplicar un sistema de gobernanza de contenidos efectivo, que regule la creación y aplicación de políticas y distribuya autoridad entre las partes responsables. Este sistema debe garantizar seguridad, confianza e inclusión, aprendiendo de las lecciones del pasado en internet y la atención virtual.

El MV, al ser una plataforma global, desafía las regulaciones locales existentes. Por ejemplo, un fisioterapeuta en Nueva Escocia evaluando a un paciente en otro país podría necesitar adherirse a normativas que no están alineadas con las de otras regiones, generando preguntas sobre si se deberían seguir regulaciones que se asemejen a las del mundo físico o adaptarse con leyes específicas para la realidad digital. Se argumenta que el MV debe ser inclusivo y exento de regulaciones locales que restrinjan la libertad de los usuarios, pero habrá que discutir las ventajas y desventajas de una regulación internacional única (Veras et al., 2023).

Indican que existen propuestas para que el MV posea una gobernanza descentralizada usando tecnología blockchain, donde la propiedad sería compartida entre todos los participantes y se eliminaría la posibilidad de un control unilateral (Veras et al., 2023).

Entidades digitales como las Organizaciones Autónomas Descentralizadas (DAO), podrían ser cruciales en este esquema, que descentraliza las operaciones administrativas otorgando a cada miembro de la organización un voto sobre la gestión, operando sin un órgano central de gobierno, de forma

autónoma, y usando contratos inteligentes (basados en blockchain) para garantizar la transparencia y la equidad en la toma de decisiones (Veras et al., 2023).

* *Tabla Resumen Gobernanza global (ver Anexo VI)*

Limitación Tecnológica, Adopción de la Tecnología y Capacitación

Román Belmonte et al. (2023) expresan en su artículo que el acceso al MV para la rehabilitación, requiere de tecnología avanzada con equipos caros, potentes y una conexión a internet de alta velocidad, lo que puede limitar su implementación en zonas con escasos recursos o sin la infraestructura necesaria. También resaltan que pueden aparecer síntomas adversos con su uso, como fatiga visual, mareos, dolor de cabeza, náuseas... lo que puede restringir su aplicación a ciertos pacientes y disminuir su utilización.

Cho et al., (2023) apuntan a la necesidad de una re-capacitación para aquellos profesionales encargados de la planificación, evaluación y diseño de las sesiones de rehabilitación para una correcta adaptación tecnológica, siendo un recurso de gran eficiencia si se lograra el desarrollo tecnológico necesario y se resolviesen los problemas de costo y seguridad.

En el ámbito de los *wearables*, Kim et al. (2023) plantean la problemática de la necesidad de un suministro de energía continuo y estable crucial para monitorear y transmitir datos de manera constante. Actualmente, existen avances en la eficiencia de las baterías, pero estas siguen enfrentando limitaciones con grandes tamaños y corta duración, y aunque las baterías de estado sólido pueden ser la solución, no están disponibles comercialmente.

Alternativas como módulos de recolección de energía y transmisión inalámbrica de energía podrían mitigar los inconvenientes de la recarga, pero todavía presentan desafíos tecnológicos en dispositivos portátiles

En el contexto de la educación Moro (2023), incluye desafíos como la distracción que puede suponer aprender mediante dispositivos montados en la cabeza y la reticencia de algunos educadores a adoptar nuevas tecnologías que alteren métodos tradicionales de enseñanza, lo que puede limitar su uso generalizado. Problemas de conectividad pueden interrumpir las lecciones, afectando especialmente a aquellos con acceso limitado a tecnología avanzada o

conexiones a internet deficientes. Adicionalmente, existe la necesidad de capacitar al personal docente para garantizar un nivel uniforme de instrucción de calidad.

* *Tabla Resumen Limitación tecnológica, adopción de la tecnología y capacitación (ver Anexo VII)*

Impacto Psicológico y Social

Marín et al., (2023) señalan que el MV puede modificar los hábitos de las personas e incluso que es lo que sienten, alterando su percepción de la realidad, y se cuestionan la responsabilidad y consecuencias si este poder se usa para manipular a los individuos.

En su artículo, Veras et al. (2023) subrayan los peligros de una inmersión prolongada en entornos virtuales, siendo crucial tener en cuenta los riesgos para desarrollar una práctica eficaz y segura, debido a que investigaciones sugieren que un estilo de vida menos estimulante puede acelerar el deterioro cognitivo al disminuir la reserva cognitiva impactando en la capacidad del cerebro para adaptarse a cambios y patologías relacionadas con la edad. También muestran que el aislamiento del mundo real en favor de realidades virtuales puede tener consecuencias negativas en la cognición. En un estudio en sujetos se encontró una reducción significativa de la materia gris en la corteza orbitofrontal, después de 6 semanas de participación en un juego online, lo que implica un deterioro en el control de los impulsos y la toma de decisiones. Por todo ello, los profesionales de la rehabilitación deben ser conscientes de los peligros y utilizar su criterio profesional para decidir sobre la adecuación o conveniencia de la rehabilitación en el MV en un juicio ético que pondere los beneficios y riesgos, teniendo en cuenta la salud mental de los pacientes, y que factores como la ansiedad y depresión pueden estar asociados a entornos virtuales. Implementar medidas como autoinformes, medición de frecuencia y duración de las sesiones, pueden ayudar a dar un enfoque equilibrado.

Desde la perspectiva educacional, Moro (2023) señala que el proceso de aprendizaje dentro de un entorno virtual puede ser problemático para algunos estudiantes, generando una sensación de malestar digital o falta de interés hacia este enfoque pedagógico, suponiendo una barrera.

* *Tabla Resumen Impacto psicológico y social (ver Anexo VIII)*

Equidad, Inclusión y Humanización

El artículo de Veras et al., (2023) habla de la posibilidad que el MV ofrece para proporcionar servicios de rehabilitación de alta calidad a nivel global especialmente en sociedades donde la discapacidad y el envejecimiento están en aumento, pero es imprescindible asegurar la inclusión, la diversidad, la equidad y la relevancia cultural.

Entre las medidas se requiere garantizar que todos tengan acceso a conexiones rápidas y equipos como gafas y cascos de RV. Además, es esencial ofrecer educación en alfabetización digital (Veras et al.,2023) y adaptar la tecnología para personas con discapacidades visuales, auditivas y físicas, también dentro del ámbito educativo para no generar desventajas (Moro, 2023).

Para mejorar la accesibilidad en áreas rurales y remotas, se sugiere la creación de “café Metaverse”, donde las comunidades puedan compartir recursos tecnológicos, reduciendo costos y facilitando el acceso público. Sin embargo, es importante asegurar su sostenibilidad y proporcionar apoyo de transporte a los residentes de áreas alejadas (Veras et al.,2023).

Es fundamental mejorar la accesibilidad mientras se mantiene una calidad, eficacia y acceso equitativo independientemente de antecedentes personales o estatus socioeconómico, incluyendo a pacientes con y sin seguro privado y garantizando su acceso a los equipos necesarios para su evaluación o tratamiento (Veras et al.,2023). Hay que tener en cuenta que factores no clínicos como la demanda de recursos para la rehabilitación, la edad del paciente y la capacidad de aprendizaje pueden generar sesgos e injusticias en el acceso a esta tecnología.

La identificación con los avatares, ajustados a las características y preferencias de los pacientes que reflejen el género y tipo de cuerpo, se asocia a una mayor motivación y recuperación, y fomenta la inclusión y representación, siendo especialmente relevante para aquellas personas con discapacidad, quienes pueden usar avatares que reflejen sus habilidades o dispositivos de asistencia. Con el fin de evitar estereotipos y garantizar una representación precisa, los desarrolladores de avatares deben considerar también la raza, el origen étnico y

los elementos culturales, así como las creencias y valores de los usuarios (Veras et al.,2023), para lo cual involucrar a personas de diversos orígenes y colaborar con organizaciones y comunidades específicas puede evitar un desarrollo de estereotipos dañinos que perpetúen jerarquías de poder en los avatares (Veras et al.,2023; Román Belmonte et al., 2023).

En el MV es probable que los usuarios se unan a comunidades que compartan sus puntos de vista, lo que puede llevar al aislamiento de ideas y puntos de vista distintos, creando un efecto de cámara de resonancia (Veras et al.,2023; Román Belmonte et al., 2023). Facilitar la conexión intercultural con comunidades diversas y subrepresentadas, especialmente en áreas remotas, garantiza que se aborden sus necesidades específicas evitando este efecto, siendo importante probar la tecnología en estas comunidades para asegurar su adecuación y relevancia cultural (Veras et al.,2023).

La humanización se define como "un proceso de comunicación y cuidado entre las personas que lleva a la autotransformación, la comprensión del espíritu fundamental de la vida, y un sentido de compasión y unidad" (Umenai et al., 2001, como se citó en Veras et al.,2023).

En su artículo Veras et al., (2023) nos dice que la rehabilitación en el MV se humaniza al convertir la experiencia digital en una más similar a la vida real, lo que implica ofrecer evaluaciones y tratamientos que sean respetuosos y participativos, considerando las necesidades culturales, comportamientos del paciente, traumas y emociones.

La tecnología debe avanzar para crear espacios virtuales que promuevan la experiencia humana y satisfagan las necesidades de las personas, especialmente en la atención sanitaria, donde los pacientes pueden enfrentar dolor, ansiedad y aislamiento (Veras et al.,2023).

Históricamente, las personas con discapacidad han sufrido segregación y deshumanización, y aunque ha habido avances, persisten las preocupaciones actuales sobre prácticas eugenésicas y capacitistas, por lo que el desarrollo del MV debe fomentar la aceptación social y la solidaridad hacia la discapacidad, enriqueciendo la diversidad humana y priorizando el cuidado integral de la persona, siendo inclusiva y democrática, y asegurando que las personas marginadas no se vean afectadas negativamente por las nuevas tecnologías, debiendo ser estas quienes lideren el diseño del MV para evitar los problemas

actuales de las redes sociales e internet. La justicia en el diseño y regulación del MV garantizará que las necesidades y valores de estas poblaciones guíen su desarrollo, evitando perpetuar las inequidades existentes (Veras et al.,2023).

* *Tabla Resumen Equidad, inclusión y humanización (ver Anexo IX)*

5. Discusión

A continuación, se procede a analizar desde los principios del personalismo bioético, las controversias éticas del MV en la fisioterapia encontradas en los en los artículos:

Dignidad en un Mundo de Datos: Privacidad, Seguridad y Protección

Atendiendo a los resultados, se evidencia una gran preocupación por los riesgos asociados a la recopilación, transmisión y almacenamiento de datos personales de los usuarios, específicamente en términos de seguridad, privacidad y medidas de protección. El MV tiene el potencial de convertirse en un espacio peligroso con la aparición de nuevos tipos de delitos y abusos cibernéticos, especialmente dado el gran interés comercial que suscitan este tipo de datos. Además, si no se abordan adecuadamente las posibles vulnerabilidades estructurales y técnicas de esta nueva tecnología frente a infracciones en ciberseguridad, las consecuencias para los usuarios podrían ser graves, siendo prioritario abordar esta tarea.

El personalismo en bioética es una forma de ética concreta que proviene del personalismo filosófico, basado en la idea de que cada persona tiene una dignidad intrínseca y única, y se centra en promover el bien integral compuesto por aspectos físicos, psicológicos, sociales y espirituales, de la persona humana, considerándola vértice de lo creado y el núcleo de la vida social (García, 2013). Elio Sgreccia, que es considerado padre del personalismo ontológico moderno, combina la fe y la razón en su enfoque, argumentando que la fe no limita la reflexión racional, y a diferencia del individualismo subjetivista, el personalismo valora la autodecisión, pero no la limita solo a ella (García, 2013) Sgreccia se basa en fundamentos realistas y tomistas, enriqueciéndolos con elementos contemporáneos desde una perspectiva antropológica filosófica, para abordar conceptos esenciales en bioética, como vida y corporalidad (Burgos, 2013).

Encuentra así, diferencias con la bioética del principialismo, ya que el personalismo utiliza esa antropología filosófica para equilibrar conflictos entre principios, superando así las limitaciones de este en determinar la prioridad de cada principio (Insua, 2018). Además, propone cuatro principios de bioética personalista que guían las intervenciones humanas en el ámbito biomédico.

Desde esta perspectiva del personalismo bioético, el principio de defensa de la vida física destaca la vida física y corpórea como la base esencial y primordial de la existencia humana. La vida es la condición previa para la libertad, y sin ella, no puede existir libertad. La vida corporal, intrínsecamente valiosa, debe ser respetada desde su inicio hasta su fin natural, e implica proteger la integridad y la seguridad de los individuos en todas las dimensiones de su existencia. El cuerpo, lejos de ser un mero instrumento, es fundamental para la identidad y naturaleza de la persona (García, 2013; Insua, 2018; Palazzani, 1993). Por lo tanto, proteger la información biométrica y personal de los usuarios es una responsabilidad clave dentro del MV.

Implementar fuertes medidas de seguridad cibernética para evitar el acceso no autorizado a la información sensible de los usuarios se vuelve imprescindible. Esto incluye el uso de tecnologías avanzadas de cifrado y autenticación, así como la adopción de normativas y regulaciones específicas que protejan la privacidad de los datos.

Como ya hemos visto (Veras et al., 2023; Kim et al., 2023), la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico (HIPAA), en Estados Unidos, y la Ley de Protección de Información Personal de Salud (PHIPA), en Canadá, son ejemplos de regulaciones locales que buscan garantizar que la información acerca de la salud se gestione de manera segura y confidencial. Análogamente en España, este cometido recaería en la Ley Orgánica de Protección de Datos y Garantía de los Derechos Digitales (LOPDGDD, 2018), junto con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD, 2016) de la Unión Europea.

En Estados Unidos, sin embargo, las leyes de privacidad no consideran a los pacientes como los propietarios legales de sus datos de salud, ni les otorgan el control sobre el uso posterior de estos datos en muchos casos. Un ejemplo de esto es el caso *Dinerstein vs. Google*, donde Dinerstein alegó que la Universidad de Chicago había compartido sus datos médicos con Google sin su consentimiento explícito y los tribunales fallaron en su contra porque no pudo

demostrar los daños sufridos (Kostick-Quenet & Rahimzadeh, 2023). Para que las personas puedan verdaderamente tener el control y la propiedad de sus datos, estos deben ser almacenados en un sistema de archivos descentralizado. El uso de tecnologías emergentes como el blockchain y los NFT puede ofrecer soluciones efectivas para la protección de datos, al mejorar el intercambio de estos y la seguridad en el sistema de almacenamiento debido a su descentralización, inmutabilidad, transparencia, características de trazabilidad y privacidad. Al utilizar blockchain y NFT, se asegura que solo puedan acceder a estos datos personas autorizadas y que cualquier intento de modificación quede registrado de manera transparente e inmutable, fortaleciendo así la confianza en el sistema de salud virtual.

La transparencia en las políticas de privacidad y la accesibilidad a la información son determinantes para que los usuarios puedan ejercer su libertad de manera responsable, y aquí es donde el principio de libertad y responsabilidad subraya la importancia de que los individuos puedan tomar decisiones informadas y conscientes sobre su participación en el MV. Este principio nos dice que mientras que las personas poseen libertad, esta debe ser ejercida con plena conciencia y responsabilidad hacia uno mismo, los demás y el mundo en general. No se trata solo de actuar según el libre albedrío, sino de reconocer y asumir las consecuencias de las elecciones, buscando siempre el bien común y el desarrollo integral de la persona (García, 2013; Insua, 2018; Palazzani, 1993). Para ello, los usuarios deben estar plenamente informados sobre cómo se recopila, utiliza y protege su información personal y de salud.

Los profesionales de la salud tienen, por tanto, la responsabilidad de garantizar que los pacientes comprendan los riesgos y beneficios asociados al uso del MV, lo que incluye informarles sobre las medidas de seguridad implementadas para proteger su información y los procedimientos a seguir en caso de una filtración de datos. También se vuelve necesario fomentar una cultura sobre la protección de datos para que los usuarios reciban una educación y capacitación en temas de seguridad cibernética, de manera que no dependan de expertos todo el tiempo para gestionar estos sistemas.

Asimismo, la responsabilidad de los desarrolladores y operadores del MV debe incluir la implementación de políticas y prácticas que protejan la privacidad y la seguridad de los usuarios, con la selección de tecnologías seguras, la realización

de auditorías periódicas de seguridad y la respuesta rápida a incidentes de seguridad, con una colaboración conjunta en su desarrollo entre los distintos actores involucrados (usuarios, profesionales de la salud, desarrolladores y reguladores) (Kostick-Quenet & Rahimzadeh, 2023).

El principio de totalidad o principio terapéutico sostiene que la persona humana y su cuerpo forman una entidad indivisible y completa. Es permisible intervenir en una parte del cuerpo si es la única manera de beneficiar o sanar al cuerpo en su totalidad, y esta intervención debe ser realizada con el consentimiento informado del individuo, una expectativa razonable de éxito y la certeza de que no hay otras alternativas viables. Es importante destacar que este principio se aplica exclusivamente al nivel individual y no debe extenderse a la relación entre el individuo y la sociedad, asegurando que las decisiones terapéuticas se centren en el bienestar del individuo y no en consideraciones colectivas, siendo una declaración ontológica para el resguardo de la integridad humana ante cualquier tipo de terapia (García, 2013; Insua, 2018; Palazzani, 1993). Por esta razón, es preciso considerar el bienestar biopsicosocial integral de los individuos en las intervenciones terapéuticas, garantizando que las terapias y tratamientos no solo sean efectivos, sino también seguros y respetuosos con la privacidad de los pacientes con el fin de mantener la confianza y dignidad intrínseca de estos durante las sesiones virtuales, asegurando que los tratamientos se realicen en su beneficio sin comprometer su integridad física, psicológica y espiritual.

Para finalizar, el principio de sociabilidad y subsidiaridad destaca la importancia de que cada individuo, es una parte integral de la sociedad, y debe ser beneficiario y contribuyente de la organización social. Este principio se centra en promover el bienestar colectivo a través del bienestar individual, superando las perspectivas de individualismo y colectivismo. La subsidiaridad implica que se debe respetar y apoyar la capacidad de las personas para hacer el bien por sí mismas o en asociación con otros, pero también significa que aquellos que no pueden cuidar de sí mismos deben ser apoyados por la sociedad. En esencia, este principio aboga por una sociedad solidaria y enfocada en el 'bien común'(García, 2013; Insua, 2018; Palazzani, 1993). Por lo que promover la colaboración y el apoyo mutuo en la sociedad en este tipo de nuevas terapias es necesario, creando un espacio digital que permita a los usuarios interactuar libremente y colaborar de manera segura y protegida, siendo fundamentales

para fomentar un entorno fiable y que promueva la participación activa en el MV de la fisioterapia.

En resumen, la protección de la privacidad, la seguridad y la integridad de los usuarios en el MV es fundamental desde la perspectiva del personalismo bioético. Los principios de defensa de la vida física, libertad y responsabilidad, totalidad o principio terapéutico, y sociabilidad y subsidiaridad proporcionan un marco ético sólido para abordar estos desafíos. La implementación de fuertes medidas de seguridad cibernética, la transparencia en las políticas de privacidad, la educación y capacitación de los usuarios, y la colaboración entre los distintos actores involucrados resultan esenciales para garantizar un entorno seguro y de confianza en el MV.

Descentralización para una Gobernanza Global

Como exponen Veras et al. (2023), un aspecto relevante es la posibilidad de una pérdida de libertad y autonomía en el futuro desde una perspectiva de gobernanza global. Estos autores se plantean si la administración del MV debería estar en manos de sus usuarios o de los desarrolladores y las entidades que diseñan y mantienen las plataformas, ya sean públicas o privadas. El MV debe reunir las características de accesibilidad, interoperabilidad y privacidad, así como garantizar la seguridad, la confianza y la inclusión, desafiando las regulaciones locales existentes que actualmente no están preparadas para abordar su complejidad. Para ello Veras et al. (2023) nos proponen como solución entidades digitales como las DAO que surgen como una solución innovadora propuesta para democratizar la gobernanza. Utilizando la tecnología blockchain, las DAO permiten una estructura de gobernanza en la que la propiedad de datos y la toma de decisiones se distribuyen entre todos los participantes a través de contratos inteligentes, con los que se pretende que cada usuario no solo posea sus datos, sino que también participe activamente en la toma de decisiones colectivas, ofreciendo un modelo más inclusivo y equitativo. Sin embargo, la implementación de las DAO no está exenta de problemas (Cunningham et al., 2024) y aquí es donde la perspectiva de la bioética personalista adquiere relevancia. Aunque estas prometen democratizar la gestión y asegurar que los usuarios controlen sus datos, presentan desafíos en

términos de estructura legal y responsabilidad operativa, ya que, la falta de una jerarquía clara puede dificultar la toma de decisiones rápidas y efectivas, especialmente en situaciones que requieren una respuesta coordinada como un ciberataque masivo que comprometa los datos de millones de usuarios, pudiendo resultar en una respuesta fragmentada y lenta, aumentando el daño causado.

La dependencia de la tecnología blockchain, aunque ofrece transparencia y seguridad, puede limitar la aplicabilidad de las DAO debido a problemas de alfabetización digital y la complejidad intrínseca de la propia tecnología, lo que podría afectar a la equidad de los usuarios, ya que, aunque idealmente cualquier persona podría participar en la gobernanza, en la práctica, los conocimientos técnicos necesarios para interactuar mediante contratos inteligentes y utilizar la tecnología blockchain pueden suponer un obstáculo para quienes tengan limitaciones o falta de formación en estas áreas. Esto podría llevar a desigualdades en la participación, donde solo los usuarios con cierto nivel de alfabetización tecnológica y recursos tecnológicos participarían en las decisiones importantes.

Sin legislaciones claras que orienten las operaciones de las DAO, podrían surgir conflictos legales que desafíen las normativas existentes sobre privacidad y protección de datos, ya que, en un entorno tan descentralizado, resulta complicado determinar la responsabilidad en casos de robo de datos o violaciones de la privacidad. Por ejemplo, si una DAO que administra datos médicos experimenta una brecha de seguridad, ¿quién sería responsable? ¿El desarrollador del contrato inteligente, los nodos que validan las transacciones o los usuarios mismos? Esta falta de claridad legal puede dificultar la implementación efectiva y segura de las DAO en sectores tan sensibles como la salud.

Todos estos factores destacan la necesidad de desarrollo de un marco legal firme que prevea los diferentes escenarios en los que se pueden ver afectados los derechos y la seguridad de los usuarios.

Desde la perspectiva del iusnaturalismo existen derechos fundamentales inherentes a la naturaleza humana, y la dignidad de la persona es eje central en el personalismo bioético, debiendo regir cualquier estructura de gobernanza en el MV.

Los derechos fundamentales, como el derecho a la privacidad y la seguridad de la información personal deben ser protegidos, junto con la equidad en el acceso. La ley natural reconoce la dignidad intrínseca de cada individuo, y las leyes positivas deben alinearse con esta premisa para garantizar que la tecnología y las estructuras de gobernanza respeten y protejan esta dignidad. Las DAO, en su estructura de democratización y descentralización, deben ser evaluadas y adaptadas éticamente de forma continua para cumplir con estos principios, asegurando que no se conviertan en instrumentos que comprometan los derechos y la dignidad de las personas que buscan servir.

En este contexto, es esencial que las DAO y otras formas de gobernanza en el MV se desarrollen con un fuerte compromiso hacia los derechos fundamentales de los individuos, volviéndose necesario la implementación de tecnologías avanzadas para la protección de datos, la alfabetización digital y la creación de políticas transparentes y accesibles que permitan a todos los usuarios participar equitativamente en la toma de decisiones y en la protección de sus derechos.

Tecnología Adaptada a las Personas y Necesidad de Capacitación

Desde la perspectiva personalista, el progreso que buscamos debe basarse en la reflexión sobre el mejor bien posible para el hombre. El deber científico y tecnológico es proteger la dignidad humana, actuando en beneficio de la sociedad y asegurando que el ser humano no sea reducido a un mero objeto de manipulación.

Actualmente, la relación personal presencial, por teléfono o a través de redes sociales es la vía preferente para la comunicación, y las conexiones sociales en el MV son más débiles que las interacciones físicas (Petrigna & Musumeci, 2022). Este hecho enfatiza la necesidad de garantizar el acceso equitativo a la tecnología para todos, al tiempo que se ofrecen alternativas para aquellas personas que opten por no usarla. A la luz del principio de sociabilidad y subsidiaridad, es fundamental promover un entorno social donde todos los individuos puedan participar y comunicarse por la vía que mejor se adapte a sus necesidades y preferencias, fomentando la inclusión y la cohesión social, asegurando que nadie sea excluido debido a la imposición tecnológica, debiendo

ser la tecnología la que se adapte a las necesidades del ser humano y no al revés.

Siguiendo con el principio de sociabilidad y subsidiaridad, el uso del MV para la fisioterapia requiere de tecnología avanzada, que puede acarrear altos costos y demandar una infraestructura tecnológica compleja, pudiendo limitar su implementación en zonas con escasos recursos, por lo que las instituciones de salud y los gobiernos deben trabajar juntos para asegurar que estas tecnologías estén disponibles y sean accesibles a todas las personas, independientemente de su ubicación geográfica o situación económica, con el fin de reducir las desigualdades y promover el bienestar común.

Por otro lado, deben ser considerados los efectos adversos potenciales señalados por Román Belmonte et al. (2023), debidos al uso prolongado de las tecnologías, como fatiga visual, mareos y dolor de cabeza. La tecnología debe mejorar la calidad de vida sin comprometer la salud física de los usuarios. De acuerdo con el principio de totalidad o terapéutico, la consideración del bienestar integral de los individuos es esencial, haciendo que las terapias y tecnologías aplicadas sean seguras y respetuosas con la salud. En este sentido, se deben desarrollar tecnologías adaptadas a las necesidades individuales de los pacientes, ya que estos síntomas adversos pueden restringir su aplicación y disminuir su utilización, siendo importante crear soluciones tecnológicas que minimicen sus efectos negativos.

Cho et al. (2023) destacan la necesidad de re-capacitar a los profesionales encargados de la planificación y evaluación de las sesiones de rehabilitación para una correcta adaptación tecnológica y garantizar un uso eficiente y seguro del MV. Desde la perspectiva del principio de sociabilidad y subsidiaridad, la educación continua y la capacitación son importantes para que los profesionales tengan acceso a oportunidades de aprendizaje y desarrollo que les permitan crecer tanto individualmente como en su capacidad para contribuir al bienestar de la comunidad, respetando la dignidad y bienestar de cada persona, permitiéndoles actuar de manera informada y competente en su ámbito profesional. Además, la adopción de tecnología en el ámbito educativo enfrenta desafíos como la distracción y la reticencia de algunos educadores a cambiar sus métodos tradicionales, por lo que la capacitación del personal docente es

necesaria para asegurar una educación de calidad uniforme, promoviendo un ambiente que respete y realce la dignidad de estudiantes y educadores.

Consideraciones en Salud Mental e Interacciones Sociales

En los resultados se nos plantea que el MV puede alterar los hábitos y manipular la percepción de la realidad de las personas, indicando también preocupación sobre posibles efectos negativos de su uso, como el deterioro cognitivo, la reducción de la materia gris cerebral con disminución del control de impulsos y toma de decisiones, aislamiento, ansiedad, depresión, malestar digital y falta de interés debido a la inmersión prolongada en estos entornos virtuales.

El principio de totalidad cobra relevancia en este contexto, al evidenciar la necesidad del bienestar integral de los individuos en cualquier intervención terapéutica. Las tecnologías aplicadas en el MV deben buscar mejorar la calidad de vida sin comprometer ningún aspecto esencial de la persona, y los profesionales deben evaluar cuidadosamente y críticamente la adecuación del MV para cada usuario, ponderando en un juicio ético los beneficios potenciales frente a los riesgos, especialmente en relación a la salud mental y los posibles efectos adversos como la ansiedad y depresión. Así mismo, es importante que estén preparados para intervenir y ofrecer la ayuda necesaria cuando los pacientes manifiesten estos efectos negativos no deseados.

Por otro lado, es preciso que los pacientes estén correctamente informados y ser conscientes de los posibles riesgos asociados, pudiendo ejercer de esta manera su libertad en la toma de decisiones de una manera informada.

La posible manipulación de individuos y la generación de malestar digital son preocupaciones que es necesario plantearse para mantener la integridad de las interacciones humanas. Las tecnologías del MV no deben reemplazar las interacciones sociales físicas genuinas, sino que deben complementarlas de manera que se respete la dignidad y la sociabilidad inherente de las personas.

Implementar medidas como autoinformes y la medición de la frecuencia y duración de las sesiones puede ayudar a mantener un enfoque equilibrado y seguro como nos indican Veras et al. (2023).

Aplicando el principio de doble efecto al uso del MV en fisioterapia, los profesionales deben asegurar que los beneficios terapéuticos buscados no sean

superados por los efectos negativos no deseados, por lo que se hace necesario desarrollar y aplicar tecnologías cada vez más seguras, y que estas sean adaptadas a las necesidades individuales de los pacientes según su conveniencia, minimizando los efectos adversos y asegurando que la intervención sea en su conjunto beneficiosa y respetuosa con la dignidad del paciente.

Equidad e Inclusión para la Humanización

Para que el MV pueda convertirse en una opción factible dentro de la fisioterapia es importante que sea atractivo y accesible para todos los usuarios. Una adecuada identificación de todas las personas es clave para que los individuos se sientan valorados y motivados a participar activamente, e implica que las personas deben sentirse representadas y reconocidas, por lo que fomentar la inclusión y la equidad en el diseño se convierte en un requisito.

El principio de sociabilidad y subsidiaridad destaca la importancia de la colaboración y el apoyo mutuo en la sociedad, así como la necesidad de tomar decisiones en el nivel más cercano a las personas afectadas, asegurando así una participación equitativa y justa, con lo que este principio ético resulta imprescindible en nuestro contexto del MV. Medidas como las propuestas por Veras et al. (2023 en su artículo se alinean con nuestros objetivos al proponer un acceso universal a las tecnologías necesarias; promover la alfabetización digital; posibilidad de adaptar la tecnología a personas con discapacidades visuales, auditivas y físicas; avatares que puedan representar las características físicas de los usuarios; involucrar a personas de diversos orígenes en el desarrollo de avatares y tecnologías considerando la raza, el origen étnico y los elementos culturales; y facilitar la conexión intercultural para evitar el efecto “cámara de resonancia”.

La culminación de estos esfuerzos de inclusión y equidad es la humanización del MV. Humanizar el MV significa crear un entorno digital que no solo sea tecnológicamente avanzado, sino también profundamente respetuoso y empático hacia las necesidades, experiencias y dignidad humana. Desde el principio de totalidad o terapéutico se subraya la importancia de considerar este bienestar integral en cualquier tipo de intervención terapéutica, por lo que resulta

adecuado establecer una guía ética basada en la humanización para las terapias realizadas a través de esta tecnología en donde los usuarios puedan encontrarse en comunidad y recibir apoyo y comprensión, considerando las necesidades culturales, comportamientos, traumas y emociones de los usuarios, además de promover el bienestar físico, psicológico, social y espiritual.

6. Conclusiones

- Se ha constatado a través de la revisión de la literatura que actualmente el MV ofrece una vía con gran potencial para la rehabilitación obteniendo buenos resultados clínicos en múltiples patologías a través de sus diferentes tecnologías.
- El uso del MV para la educación de pacientes y formación de profesionales es un medio útil y factible, que permite la interacción global, facilitando el acceso a expertos de todo el mundo y proporcionando entornos controlados que replican experiencias reales y mejoran el aprendizaje.
- Existe actualmente todo un campo de investigación y desarrollo entorno a las tecnologías virtuales y del MV cuyo objetivo es mejorar la interacción, evaluación y tratamiento de pacientes y usuarios, con una integración más avanzada en la relación hombre-máquina dentro de las plataformas virtuales.
- El análisis bioético del MV en la fisioterapia fundamentado en el personalismo destaca los desafíos éticos y morales existentes, identificando 5 áreas temáticas principales para la reflexión ética y prevención de riesgos, en las que se consideran las importantes implicaciones que pueden tener, en el desarrollo actual y futuro de estas tecnologías, sobre las personas y la sociedad a nivel global. Estas áreas de riesgo generales se centran en la privacidad, seguridad y protección de los datos, la implementación de una gobernanza global adecuada, un desarrollo tecnológico adaptado a las personas y las necesidades de capacitación, la consideración de los efectos adversos en la salud psicológica y social, y la búsqueda de la equidad y la inclusión para humanizar el MV.

Construir una base sólida sobre los principios éticos expuestos y establecer un marco fundado en el personalismo y la dignidad de la persona, da

respuesta a la necesidad de bienestar y la protección de los derechos humanos de las personas sin que esta dignidad se vea vulnerada por el desarrollo tecnológico.

7. Bibliografía

- A. Farahat, M., Darwish, A., & Ella Hassanien, A. (2023). The Implication of Metaverse in the Traditional Medical Environment and Healthcare Sector: Applications and Challenges. *The Future of Metaverse in the Virtual Era and Physical World. Studies in Big Data*, 123, 105–133. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-29132-6_7
- Alcívar-Cedeño, A. K., Bastidas Logroño, D. J., Toctaguano Cruz, S. J., & Mora Marcillo, A. B. (2023). INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADOR EN EL METAVERSO EDUCATIVO. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, Vol.5,(Núm. 2), Pág 94-104. <https://doi.org/https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i2.487>
- Arnoni, J., Pavão, S., Dos Santos Silva, F., & Rocha, N. (2019). Effects of virtual reality in body oscillation and motor performance of children with cerebral palsy: A preliminary randomized controlled clinical trial. *Complementary therapies in clinical practice*, 35, 189–194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.02.014>
- Ball, M. (2022). *The Metaverse: And How It Will Revolutionize Everything*. Norton & Company.
- Barassi, V., & Treré, E. (2012). Does Web 3.0 come after Web 2.0? Deconstructing theoretical assumptions through practice. *New Media & Society*, 14(8), 1269-1285. <https://doi.org/10.1177/1461444812445878>
- Bashir, A., Victor, N., Bhattacharya, S., Huynh-The, T., Chengoden, R., Gokul Yenduri, Reddy Maddikunta, P., Pham, Q.-V., Gadekallu, T., & Liyanage, M. (2023). Federated Learning for the Healthcare Metaverse: Concepts, Applications, Challenges, and Future Directions. *IEEE Internet of Things Journal*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3304790>
- Burgos, J. (2013). ¿Que es la bioética personalista? Un análisis de su especificidad y de sus fundamentos teóricos. *Cuadernos de bioética*, 24(80), 17-30.
- Castronova, E. (December de 2001). Virtual Worlds: A First-Hand Account of Market and Society on the Cyberian Frontier. *CESifo Working Paper*(618). <https://doi.org/10.2139/ssrn.294828>
- Catzel, D. (5 de diciembre de 2022). *El metaverso: una evolución en el transporte, los viajes y la hospitalidad*. News Center Microsoft Latinoamérica: <https://news.microsoft.com/es-xl/el-metaverso-una-evolucion-en-el-transporte-los-viajes-y-la-hospitalidad/>
- Chengoden, R., Victor, N., Huynh-The, T., Yenduri, G., H. Jhaveri, R., Alazab, M., Bhattacharya, S., Hegde, P., Reddy Maddikunta, P., & Reddy Gadekallu, T. (2023). Metaverse for Healthcare: A Survey on Potential Applications, Challenges and Future Directions. *IEEE Access*, 11, 12765-12795. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241628>
- Cho, K.-H., Park, J.-B., & Kang, A. (2023). Metaverse for Exercise Rehabilitation: Possibilities and Limitations. *Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(8). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph20085483>
- Cunningham, J., Davies, N., Devaney, S., Holm, S., Harding, M., Neumann, V., & Ainsworth, J. (2024). The application of distributed autonomous organization governance

- mechanisms to civic medical data management. *IET Blockchain*, 1–19 .
<https://doi.org/https://doi.org/10.1049/blc2.12062>
- Dictionary*. (31 de Mayo de 2023). <https://www.dictionary.com/browse/metaverse>
- Dolata , M., & Schwabe, G. (2023). What is the Metaverse and Who Seeks to Define it? Mapping the Site of Social Construction. *Journal of Information Technology*, 38(1), 1-24.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1177/02683962231159927>
- Ducheneaut, N., Wen, D.-H., Yee, N., & Wadley, G. (2009). Body and mind: a study of avatar personalization in three virtual worlds. *Journal of Information Technology*, 24(1), 58-68.
<https://doi.org/10.1057/jit.2008.36>
- Erazo, J., & Sulbarán, P. (2022). Metaverso: más allá de la realidad inmersiva. *Conocimiento Libre y Licenciamiento*(25 (13):), 128 – 140.
<https://convite.cenditel.gob.ve/revistaclic/index.php/revistaclic/article/view/1132>
- García, J. (2013). BIOÉTICA PERSONALISTA Y BIOÉTICA PRINCIPIALISTA. PERSPECTIVAS. *Cuadernos de bioética*, 24(80), 67-76.
- Ienca, M., Ferretti, A., Hurst, S., Puhan, M., Lovis, C., & Vayena, E. (2018). Considerations for ethics review of big data health research: A scoping review. *PLOS ONE* , 13(10).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204937>
- Insua, J. (2018). Principialismo, bioética personalista y principios de acción en medicina y en servicios de salud. *Persona y Bioética*, 22(2), 223-246.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5294/pebi.2018.22.2.3>
- Islam, S., Kwak, D., Kabir, M., Hossain, M., & Kwak, K.-S. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, 3, 678-708.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2437951>
- Islas, O., Arribas, A., & Garcés, M. (2022). Luces y sombras en la breve historia de Facebook, hoy Meta. *Razón Y Palabra*, 25(112).
<https://doi.org/https://doi.org/10.26807/rp.v25i112.1897>
- Jee, Y.-S. (2023). Application of metaverse technology to exercise rehabilitation: present and future. *Journal of exercise rehabilitation*, 19(2), 93–94.
<https://doi.org/https://doi.org/10.12965/jer.2346050.025>
- Kim, K., Yang, H., & Lee, W. (2023). Metaverse Wearables for Immersive Digital Healthcare: A Review. *Advanced Science*, 10(31).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/advs.202303234>
- Kostick-Quenet, K., & Rahimzadeh, V. (2023). Ethical hazards of health data governance in the metaverse. *Nature machine intelligence*, 5(5), 480–482.
<https://doi.org/10.1038/s42256-023-00658-w>
- Kostick-Quenet, K., Mandl, K., Minssen, T., Cohen, G., Gasser, U., Kohane, I., & McGuire, A. (2022). How NFTS could transform health information exchange: Can patients regain control over their health information? *Science*, 375(6580), 500–502.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.abm2004>

- Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y., & Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18(32). <https://doi.org/https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
- Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, LO 3/2018, de 5 de diciembre, Boletín Oficial del Estado, núm. 294, 6 de diciembre de 2018.* (s.f.). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-16673>
- Marín, L., Gervasoni, F., Febbi, M., Re, F., & Patanè, P. (9 de 2023). Metaverse and Rehabilitation: what present and what future? 4, 43-50.
- Marquez, I. (2011). METAVERSOS Y EDUCACIÓN: Second Life como plataforma educativa. *REVISTA ICONO 14*, 9(2), 151-166. <https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.30>
- Mohamed, A., & Al-Barazie, R. (04 de August de 2023). Metaverse Technology in Health and Family: Assessing Impacts, Identifying Guidelines, and Examining Perceptions. *Advances in Systems Engineering*, 761, 523–536. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-40579-2_49
- Moon, I., An, Y., Min, S., & Park, C. (2023). Therapeutic Effects of Metaverse Rehabilitation for Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1578. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph20021578>
- Moro, C. (2023). Utilizing the metaverse in anatomy and physiology. *Anatomical sciences education*, 16(4), 574–581. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ase.2244>
- Mozumder, A., Armand, T., Imtiyaz Uddin, S., Athar, A., Sumon, R., Hussain, A., & Kim, H.-C. (2023). Metaverse for Digital Anti-Aging Healthcare: An Overview of Potential Use Cases Based on Artificial Intelligence, Blockchain, IoT Technologies, Its Challenges, and Future Directions. *Applied Sciences*, 13(8): 5127). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app13085127>
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486–497. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Nazir, M., & Lui, C. (2016). A brief history of virtual economy. *Journal for Virtual Worlds Research*, 9(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.4101/jvwr.v9i1.7179>
- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J., & Daneshmand, M. (2023). A Survey on the Metaverse: The State-of-the-Art, Technologies, Applications, and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3278329>
- Orr, E., Arbel, T., Levy, M., Sela, Y., Weissberger, O., Liran, O., & Lewis, J. (2023). Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain: a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metaverse. *Archives of physiotherapy*, 13(1), 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40945-023-00163-8>
- Palazzani, L. (1993). La fundamentación personalista en bioética. *Cuadernos de bioética*, 4(14), 48-54.

- Park, S., & Kim, S. (2022). Identifying World Types to Deliver Gameful Experiences for Sustainable Learning in the Metaverse. *Sustainability*, 14(1361).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14031361>
- Park, S.-M., & Kim, Y.-G. (04 de January de 2022). A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. *IEEE Access*, 10, 4209 - 4251.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>
- Petrigna, L., & Musumeci, G. (2022). The Metaverse: A New Challenge for the Healthcare System: A Scoping Review. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 7(3)(63).
<https://doi.org/10.3390/jfmk7030063>.
- Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016.* (Diario Oficial de la Unión Europea, L 119, 4 de mayo de 2016.) relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento General de Protección de Datos). : <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>
- Román Belmonte, J., Rodríguez Merchán, E., & De la Corte Rodríguez, H. (2023). Metaverse applied to musculoskeletal pathology: Orthoverse and Rehabverse. *Postgraduate Medicine*, 135(5), Pages 440-448. <https://doi.org/10.1080/00325481.2023.2180953>
- Santander. (23 de 09 de 2022). "Metaverso: todo lo que necesitas saber para aprovechar el nuevo mundo". Retrieved 13 de 07 de 2023, from <https://www.santander.com/es/stories/metaverso-todo-lo-que-necesitas-saber-para-aprovechar-el-nuevo-mundo>
- Smart, J., Cascio, J., Paffendorf, J., Bridges, C., Hummel, J., Hursthouse, J., & Moss, R. (4 de Julio de 2007). *A Metaverse Roadmap: Pathways to the 3D Web, 2007*. Metaverse: a cross-industry public foresight project:
<https://www.w3.org/2008/WebVideo/Annotations/wiki/images/1/19/MetaverseRoadmapOverview.pdf>
- Stephenson, N. (1992). *Snow crash*. New York : Bantam Books.
- Thomason, J. (2021). MetaHealth - How will the Metaverse Change Health Care? *Journal of Metaverse*, 1(1), 13-16.
<https://doi.org/https://dergipark.org.tr/en/pub/jmv/issue/67581/1051379>
- Veras, M., Labbé, D., Furlano, J., Zakus, D., Rutherford, D., Pendergast, B., & Kairy, D. (24 de August de 2023). A framework for equitable virtual rehabilitation in the metaverse era: challenges and opportunities. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 4.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1241020>
- Wu, T.-C., & Bruce Ho, C.-T. (2023). A scoping review of metaverse in emergency medicine. *Australasian Emergency Care*, 26(1), 75-83.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.auec.2022.08.002>
- Yaghy, A., Alberto, N., Alberto, I., Bermea, R., Ristovska, L., Yaghy5, M., Hoyek, S., Pate, N., & Celi, L. (2023). The potential use of non-fungible tokens (NFTs) in healthcare and medical research. *PLOS digital health*, 2(7).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000312>

8. Anexos

Anexo I: Tabla Síntesis de los Artículos

Apartado	Tema/Controversia/Hipótesis/Argumento/Punto fuerte/Débil	N.º de artículos y referencias
a) Temas más recurrentes	- Rehabilitación en el MV	8
	- Educación para el paciente y formación para el profesional	5
	- Privacidad, seguridad y protección	6
	- Limitación tecnológica, adopción y capacitación	4
b) Controversias más debatidas	- Privacidad y seguridad de los datos	6
	- Limitación tecnológica, adopción y capacitación	4
	- Impacto psicológico y social	3
c) Hipótesis más defendidas	- Equidad, inclusión y humanización	3
	- El uso del MV resulta eficaz en la rehabilitación	7
	- Con el uso del MV podemos sufrir problemas de privacidad/seguridad frente a terceros	6
	- El MV puede transformar la educación de pacientes y la formación de profesionales, mejorando el aprendizaje	5
d) Argumentos más utilizados	- La tecnología específica necesaria para el MV puede limitar su implementación	4
	- Los artículos presentan resultados clínicos favorables relacionados con el uso del Metaverso y tecnologías asociadas en rehabilitación	7
	- El uso del MV aumenta la cantidad de información personal recopilada, haciendo esencial desarrollar estrategias para proteger la integridad y confidencialidad frente a terceros	6
	- El MV mejora la educación y formación mediante simulaciones seguras, prácticas y efectivas	5
	- La tecnología del MV acarrea altos costos y existe falta de desarrollo tecnológico y técnico	4
e) Puntos fuertes y débiles señalados	Puntos Fuertes	
	- Buenos resultados clínicos en rehabilitación con el MV	7
	- Educación para el paciente y formación para el profesional	5
	- Privacidad y seguridad	3
	Puntos Débiles	
	- Privacidad, seguridad y protección	6
- Limitación tecnológica, adopción y capacitación	4	

- Impacto psicológico y social	3
- Equidad, inclusión y humanización	3

Descripción Tabla Síntesis de los Artículos

La revisión de los artículos seleccionados sobre el uso del MV en fisioterapia se revelan una serie de temas recurrentes, controversias debatidas, hipótesis defendidas, argumentos utilizados, y puntos fuertes y débiles destacados en la literatura.

La rehabilitación en el MV es un tema recurrente que aparece en ocho artículos, enfatizando su importancia en la literatura actual. Los estudios resaltan cómo el MV puede mejorar la rehabilitación al proporcionar entornos inmersivos que facilitan la práctica de habilidades motoras y la recuperación funcional de diversas patologías. (Moon et al., 2023; Veras et al., 2023; Jee, 2023; Cho et al., 2023; Orr et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023). Cinco de los artículos abordan la educación para el paciente y formación para el profesional, destacando cómo el MV facilita la educación de pacientes y la formación de profesionales mediante recursos educativos accesibles, flexibles, que simplifican conceptos y minimizan riesgos. (Moro, 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Marín et al., 2023; Kim et al., 2023; Veras et al., 2023). Seis artículos discuten la privacidad y seguridad de los datos, reflejando la preocupación por la gestión de la privacidad y la seguridad en el MV, un aspecto crucial dado el manejo de datos sensibles. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Cuatro artículos tratan sobre las limitaciones tecnológicas, adopción y capacitación, señalando la necesidad de superar estas limitaciones para aprovechar plenamente sus beneficios. (Román-Belmonte et al., 2023; Cho et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023).

Entre las controversias seis artículos debaten la privacidad y seguridad de los datos, resaltando los riesgos asociados con la recopilación y gestión de datos en el MV. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Cuatro artículos abordan los desafíos técnicos y las barreras que limitan la adopción del MV, un factor crucial para su implementación efectiva. (Román-Belmonte et al., 2023; Cho et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023). Tres artículos discuten las repercusiones del uso del MV en la salud mental y las interacciones sociales, subrayando preocupaciones sobre el impacto de los entornos virtuales prolongados. (Marín et al., 2023; Veras et al., 2023; Moro, 2023). También con tres artículos, la equidad e inclusión refleja las preocupaciones sobre cómo garantizar

que el MV sea accesible y equitativo para todos los usuarios. (Veras et al., 2023; Moro, 2023; Román-Belmonte et al., 2023).

Siete artículos defienden la hipótesis de que el MV resulta efectivo para mejorar los resultados en rehabilitación, mostrando un claro consenso sobre su utilidad. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Seis artículos sostienen que el uso del MV puede intensificar los problemas de privacidad y seguridad, una preocupación significativa dada la naturaleza de los datos gestionados. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Cinco artículos apoyan la hipótesis de que el MV puede revolucionar la educación y formación de pacientes y profesionales, mejorando significativamente el aprendizaje. (Moro, 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Marín et al., 2023; Kim et al., 2023; Veras et al., 2023). Cuatro artículos sostienen que las especificaciones tecnológicas necesarias para el MV pueden limitar su implementación, destacando una barrera importante para su adopción. (Román-Belmonte et al., 2023; Cho et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023).

Siete artículos presentan argumentos sobre los beneficios clínicos del uso del MV en rehabilitación, apoyando su eficacia con evidencia tangible. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Seis artículos argumentan que el MV incrementa la recopilación de información personal, lo que puede resultar en vulnerabilidades para los usuarios, por lo que resulta imprescindible desarrollar estrategias de protección y seguridad. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Cinco artículos hacen hincapié en cómo el MV mejora la educación y la formación a través de simulaciones accesibles y flexibles, subrayando su valor en entornos educativos. (Moro, 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Marín et al., 2023; Kim et al., 2023; Veras et al., 2023). Cuatro artículos discuten los desafíos financieros y técnicos del MV, lo que puede limitar su accesibilidad y eficacia. (Román-Belmonte et al., 2023; Cho et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023).

Los buenos resultados clínicos en rehabilitación con el MV destacan cómo el uso del MV ha mostrado beneficios y mejoras de los resultados clínicos en rehabilitación, como se ha documentado en siete artículos. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Cinco artículos resaltan cómo el MV resulta útil en la educación para los pacientes y la formación para los profesionales de la salud, proporcionando plataformas para un aprendizaje más dinámico e interactivo. (Moro, 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Marín et al., 2023;

Kim et al., 2023; Veras et al., 2023). Aunque la privacidad y seguridad también aparece como un punto débil, tres artículos plantean diferentes soluciones y estrategias para la protección de datos y cumplimiento de regulaciones de privacidad en el MV. (Román Belmonte et al., 2023; Veras et al., 2023; Kim et al., 2023).

La privacidad y seguridad también es un punto débil reflejado en seis artículos, donde se expresa preocupación por los desafíos y riesgos asociados con la privacidad y seguridad de los datos en el MV. (Veras et al., 2023; Román-Belmonte et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023; Marín et al., 2023; Cho et al., 2023). Cuatro artículos señalan que las limitaciones tecnológicas y los desafíos en la adopción y capacitación necesaria para el uso efectivo del MV pueden ser una barrera para su implementación más amplia. (Román-Belmonte et al., 2023; Cho et al., 2023; Kim et al., 2023; Moro, 2023). Tres artículos discuten cómo el uso del MV puede tener un impacto psicológico y social negativo en los usuarios, particularmente en términos de salud mental y dinámicas sociales. (Marín et al., 2023; Veras et al., 2023; Moro, 2023). La equidad, inclusión y humanización también es un punto débil, reflejado en tres artículos que destacan las preocupaciones sobre cómo el MV puede fallar en ser equitativo e inclusivo para todos los usuarios, especialmente en términos de acceso y representación. (Veras et al., 2023; Moro, 2023; Román-Belmonte et al., 2023).

Anexo II: Tabla Resumen Aplicaciones Clínicas del Metaverso

Autor	Principales Resultados
Moon et al., 2023	La fisioterapia en el MV mostró mejoras significativas en motricidad gruesa, función cardiopulmonar y percepción del riesgo de contagio de COVID-19 en niños con parálisis cerebral, en comparación con la fisioterapia convencional.
Veras et al., 2023; Jee, 2023	MV y RV/RA mejoraron el equilibrio, movilidad y marcha en enfermedad de Parkinson y rehabilitación de función del miembro superior tras accidentes cerebrovasculares.
Veras et al., 2023	Terapia para síndrome de dolor de miembro fantasma y rehabilitación tras lesiones cerebrales traumáticas.
Jee, 2023	Tratamiento de Alzheimer, lesiones de columna y esclerosis múltiple con tecnologías MV y RV/RA.
Orr et al., 2023	Uso de RV dentro del MV XRHealth en el tratamiento del dolor cervical y lumbar mostró mejoras significativas en la intensidad del dolor, amplitud de movimiento, 30 seconds sit to stand test y reducción de la discapacidad.
Cho et al., 2023	La rehabilitación con cinta rodante en el contexto del Metaverso mostró ser viable, evidenciando mejoras en la función cognitiva, concentración, resistencia muscular, prevención de accidentes cerebrovasculares, mantenimiento del peso adecuado y función cardiorrespiratoria en pacientes post-ACV.

Román Belmonte et al., 2023	El MV y la RV reducen el temor y la ansiedad en dolor pediátrico, mejoran la experiencia durante rehabilitación, y son efectivos en lesiones de mano y terapia de espejo para recuperación de extremidades superiores.
Veras et al., 2023	Efectividad en la rehabilitación post-artroplastia de rodilla, prevención de caídas en adultos mayores, tratamiento de artritis, terapia de mano, dolor crónico de cuello, dolor lumbar y rehabilitación del COVID-19.
Jee, 2023	Tratamiento de la artritis
Kim et al., 2023	Terapia de espejo con RV en recuperación de extremidades superiores, mejora de funcionalidad y promoción de conectividad e interoperabilidad en aplicaciones del MV.

Anexo III: Tabla Resumen Educación para el Paciente y Formación para el Profesional

Autor	Principales Resultados
Moro (2023)	El MV transforma la educación en ciencias de la salud, permitiendo disecciones virtuales, visualización de prácticas en tiempo real y la exploración de la biomecánica y diversidad anatómica. Interacción global con expertos y uso de gamificación para un aprendizaje más accesible.
Román-Belmonte et al., 2023; Veras et al., 2023	El MV mejora la formación de profesionales de salud mediante simulaciones de RV, permitiendo practicar habilidades de rehabilitación, manejo de equipos especializados, y mejorar habilidades de comunicación e interacción con pacientes de diversas culturas.
Román-Belmonte et al., 2023	La RA facilita el aprendizaje de habilidades complejas en entornos laborales estresantes, mejorando la eficiencia y participación de los estudiantes, y permite visualización didáctica de conceptos difíciles.
Marín et al., 2023	Uso de RA y RV para la educación de pacientes, permitiendo reeducar en actividades diarias, entrenar el uso de equipos sofisticados, y diseñar entornos virtuales para ejercicios de rehabilitación.
Kim et al., 2023	Capacitación protésica y mediante exoesqueletos en espacios virtuales para pacientes con trastornos musculoesqueléticos o amputaciones, aliviando el dolor y restaurando la movilidad de forma remota.

Anexo IV: Tabla Resumen Tecnología e Innovación para la Rehabilitación

Autor	Principales Resultados
Veras et al., 2023	Uso de dispositivos wearables como podómetros, smartphones, smartwatches y monitores de frecuencia cardíaca para registrar eventos de la vida diaria y parámetros biomédicos.
Román Belmonte et al., 2023	Dispositivos wearables miden y analizan datos de comportamiento y biológicos como frecuencia cardíaca, presión arterial, y patrones de sueño. Permiten análisis en tiempo real del “paciente virtual” y sesiones informativas a distancia para un tratamiento personalizado.

Kim et al., 2023	Actividades físicas virtuales pueden ayudar a mantener un estilo de vida activo, especialmente beneficioso para personas mayores.
Veras et al., 2023	Gafas Oculus Rift 3D proporcionan experiencias inmersivas para la rehabilitación, útil para personas con discapacidades físicas y neurológicas.
Marín et al., 2023	Wearables con tecnologías XR y sistemas hápticos mejoran la interfaz hombre-máquina, útil para discapacidades visuales y auditivas.
Veras et al., 2023	Teslasuit proporciona retroalimentación háptica basada en simulación visual, útil para desarrollar memoria muscular y mejorar la técnica de movimientos físicos.
Kim et al., 2023	Guantes inteligentes con sensores triboeléctricos mejoran habilidades motoras finas y coordinación, reconociendo gestos específicos.
Kim et al., 2023	Calcetines inteligentes utilizan IA para analizar parámetros de la marcha, logrando una alta precisión en la clasificación de participantes.
Kim et al., 2023; Veras et al., 2023	IA y ML asumen tareas como el reconocimiento visual y el razonamiento, reduciendo la carga de trabajo de los terapeutas y mejorando la interacción humano-avataar.
Marín et al., 2023	RA enriquece la información visual durante ejercicios y actividades diarias, mejorando el entrenamiento de rehabilitación cuando se integra en máquinas de gimnasios para pacientes.
Kim et al., 2023	IoT en rehabilitación prolongada utiliza modelado predictivo y redes neuronales para procesar datos del paciente y adaptar tratamientos a necesidades individuales.

Anexo V: Tabla Resumen Privacidad, Seguridad y Protección

Autor	Desafíos Éticos y Consideraciones
Veras et al. (2023)	La privacidad y la seguridad en el Metaverso debido a la recopilación, transmisión y almacenamiento de datos.
Román Belmonte et al. (2023)	Preocupaciones sobre la seguridad de la información personal, ciberacoso y riesgos de salud mental y adicción.
Kim et al. (2023)	Necesidad de cifrado y almacenamiento seguro de la información médica y personal según la HIPAA en EEUU.
Kim et al. (2023)	Riesgos de fugas de datos en lifelogging y necesidad de optimizar algoritmos de cifrado y análisis para reducir retrasos.
Román Belmonte et al. (2023)	Investigación para asegurar la integridad y seguridad de los usuarios en caso de interacciones incómodas.
Román Belmonte et al. (2023)	Minimizar la recopilación de datos y asegurar la protección mediante políticas transparentes y el uso de blockchain.
Veras et al. (2023)	Desafíos en seguridad de datos durante interacciones usuario-avataar y cumplimiento de regulaciones como PHIPA y HIPAA.

Veras et al. (2023)	Importancia de que los profesionales de salud informen a los pacientes sobre la gestión de sus datos y tomen medidas para protegerlos.
Moro (2023)	Preocupación sobre la identidad y anonimato de los estudiantes y la propiedad intelectual en entornos educativos del MV.
Moro (2023)	Riesgo de recopilación de datos biométricos y personales por grandes empresas debido a acuerdos aceptados por los usuarios.
Moro (2023)	Dificultades para censurar interacciones inapropiadas o eliminar actividades ilegales en entornos educativos virtuales.
Moro (2023)	Vulnerabilidades de las monedas virtuales usadas en el MV y los riesgos asociados a su uso para comprar contenido educativo.

Anexo VI: Tabla Resumen Gobernanza Global

Autor	Desafíos Éticos y Consideraciones
Veras et al. (2023)	Necesidad de nuevas legislaciones para gestionar datos en el Metaverso, incluyendo accesibilidad, interoperabilidad y privacidad.
Veras et al. (2023)	Desafío de crear un sistema de gobernanza que regule contenidos, distribuya autoridad y garantice seguridad e inclusión.
Veras et al. (2023)	Conflictos entre regulaciones locales y la naturaleza global del Metaverso, debatiendo si seguir leyes físicas o digitales.
Veras et al. (2023)	Propuesta de gobernanza descentralizada con tecnología blockchain para compartir propiedad y eliminar control unilateral.
Veras et al. (2023)	Rol de las DAOs en descentralizar la gobernanza usando contratos inteligentes para transparencia y equidad.

Anexo VII: Tabla Resumen Limitación tecnológica, Adopción de la Tecnología y Capacitación

Autor	Desafíos Éticos y Consideraciones
Román Belmonte et al. (2023)	Acceso limitado al Metaverso para la rehabilitación debido a la necesidad de equipos costosos y conexiones de alta velocidad.
Román Belmonte et al. (2023)	Aparición de síntomas adversos como fatiga visual, mareos, dolor de cabeza y náuseas, restringiendo su aplicación.
Cho et al. (2023)	Necesidad de re-capacitación para profesionales en la planificación, evaluación y diseño de sesiones de rehabilitación.
Kim et al. (2023)	Problemas de suministro de energía continua y estable para wearables, afectando la transmisión constante de datos.

Kim et al. (2023)	Limitaciones de las baterías actuales en tamaño y duración, con baterías de estado sólido aún no disponibles comercialmente.
Kim et al. (2023)	Desafíos tecnológicos en la recolección y transmisión inalámbrica de energía para dispositivos portátiles.
Moro (2023)	Distracción y reticencia de educadores a adoptar tecnologías que alteren métodos tradicionales de enseñanza.
Moro (2023)	Problemas de conectividad que interrumpen lecciones, afectando a quienes tienen acceso limitado a tecnología avanzada o conexiones deficientes.
Moro (2023)	Necesidad de capacitar al personal docente para garantizar un nivel uniforme de instrucción de calidad.

Anexo VIII: Tabla Resumen Impacto Psicológico y Social

Autor	Desafíos Éticos y Consideraciones
Marín et al. (2023)	Modificación de hábitos y percepción de la realidad, cuestionando la responsabilidad y consecuencias de su uso para manipular individuos.
Veras et al. (2023)	Peligros de una inmersión prolongada en entornos virtuales, incluyendo el deterioro cognitivo y el impacto en la capacidad cerebral de adaptarse a cambios y patologías relacionadas con la edad.
Veras et al. (2023)	Consecuencias negativas del aislamiento del mundo real, como la reducción de materia gris en la corteza orbitofrontal, afectando el control de los impulsos y la toma de decisiones.
Veras et al. (2023)	Necesidad de los profesionales de la rehabilitación de evaluar éticamente los beneficios y riesgos del MV, considerando la salud mental de los pacientes y posibles asociaciones con ansiedad y depresión.
Veras et al. (2023)	Implementación de medidas como autoinformes y la medición de frecuencia y duración de sesiones para un enfoque equilibrado.
Moro (2023)	Problemas en el proceso de aprendizaje en entornos virtuales, generando malestar digital o falta de interés en algunos estudiantes.

Anexo IX: Tabla Resumen Equidad, Inclusión y Humanización

Autor	Desafíos Éticos y Consideraciones
Veras et al. (2023)	Provisión global de servicios de rehabilitación asegurando inclusión, diversidad, equidad y relevancia cultural.
Veras et al. (2023)	Garantizar acceso a conexiones rápidas y equipos de realidad virtual, y ofrecer educación en alfabetización digital.
Veras et al. (2023); Moro (2023)	Adaptación tecnológica para personas con discapacidades visuales, auditivas y físicas en ámbitos educativos y de rehabilitación.

Veras et al. (2023)	Crear “cafés Metaverse” en áreas rurales para compartir recursos tecnológicos, asegurando su sostenibilidad y apoyo de transporte.
Veras et al. (2023)	Mejorar accesibilidad manteniendo calidad y equidad, incluyendo a pacientes con y sin seguro, y garantizando acceso a equipos necesarios.
Veras et al. (2023)	Evitar sesgos en el acceso a la tecnología debido a factores no clínicos como la demanda de recursos, edad y capacidad de aprendizaje.
Veras et al. (2023); Román Belmonte et al. (2023)	Uso de avatares personalizados para aumentar motivación y recuperación, considerando raza, origen étnico y elementos culturales para evitar estereotipos.
Veras et al. (2023); Román Belmonte et al. (2023)	Posible efecto de cámara de resonancia por aislamiento de ideas distintas en el MV, y la necesidad de facilitar la conexión intercultural para evitarlo.
Veras et al. (2023)	Humanización de la rehabilitación en el Metaverso, ofreciendo evaluaciones y tratamientos respetuosos y participativos.
Veras et al. (2023)	Desarrollo tecnológico para crear espacios virtuales que promuevan la experiencia humana, especialmente en la atención sanitaria.
Veras et al. (2023)	Fomentar la aceptación social y la solidaridad hacia la discapacidad, evitando prácticas eugenésicas y capacitistas.
Veras et al. (2023)	Asegurar que el MV sea inclusivo y democrático, con personas marginadas liderando su diseño para evitar problemas actuales de redes sociales.
