

EFFECTIVIDAD DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL CONTROL MOTOR Y LA FUNCIONALIDAD EN PACIENTES CON TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS PERSISTENTES: REVISIÓN SISTEMÁTICA

The effectiveness of virtual reality in improving motor control and functionality in patients with persistent musculoskeletal disorders: A systematic review

 Grace Verónica Moscoso Córdova ⁽¹⁾
gv.moscoso@uta.edu.ec

 Víctor Santiago Manzano Villafuerte ⁽⁴⁾
victorsmanzano@uta.edu.ec

 Domenica Dayana Criollo Chacha ⁽⁷⁾
dcriollo8880@uta.edu.ec

 Stalin Javier Caiza Lema ^{(2) *}
sj.caiza@uta.edu.ec

 Angela Priscila Campos Moposita ⁽⁵⁾
ap.campos@uta.edu.ec

 Paul Adrián Arias Córdova ⁽³⁾
pa.arias@uta.edu.ec

 Brigitte Pamela Sumbana Pilla ⁽⁶⁾
bsumbana0263@uta.edu.ec

^(1, 2, 3, 5, 6, 7) Carrera de Fisioterapia, Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

⁽⁴⁾ Facultad de Ingeniería de Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Autor de correspondencia:

Javier Caiza Lema, Carrera de Fisioterapia, Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, sj.caiza@uta.edu.ec

RESUMEN

Introducción: El dolor musculoesquelético persistente, se asocia frecuentemente con alteraciones en el control motor, disminución funcional y miedo al movimiento. La realidad virtual ha emergido como una herramienta terapéutica innovadora que, además de modular el dolor, podría favorecer el reaprendizaje motor mediante retroalimentación visual, motivación lúdica y práctica intensiva en entornos seguros. **Objetivo:** Identificar y analizar la efectividad de la RV inmersiva en el mejoramiento del control motor y la funcionalidad en pacientes con dolor musculoesquelético crónico. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática de la literatura en bases de datos como PubMed, Web Of Science, Cochrane Library, Scielo. Se incluyeron ensayos clínicos comprendidos entre el 2020 y 2025 que evaluaron la realidad virtual aplicada a cambios clínicos en adultos con trastornos musculoesqueléticos. **Resultados:** Se recolectó un total de 7 ensayos clínicos (n=425 participantes). La mayoría de los estudios incluidos reportaron mejoras significativas en el control motor, asociado a variables como disminución de dolor y disminución de kinesiophobia reportada para todas las modalidades de realidad virtual. **Discusión:** La implementación de la realidad virtual puede optimizar los resultados clínicos, en sus diferentes modalidades de aplicación, sin embargo, los resultados están condicionados a variables como tipo de dolor, escalas aplicadas para vigilancia, diseño del programa y características poblacionales. **Conclusiones:** La realidad virtual inmersiva representa una estrategia eficaz y segura para mejorar la funcionalidad en pacientes con dolor musculoesquelético persistente.

Palabras claves: Realidad Virtual; Dolor Musculoesquelético; Control Motor; Rehabilitación.

ABSTRACT

Introduction: Persistent musculoskeletal pain is frequently associated with impaired motor control, decreased function, and fear of movement. Virtual reality has emerged as an innovative therapeutic tool that, in addition to modulating pain, could promote motor relearning through visual feedback, playful motivation, and intensive practice in safe environments. **Objective:** To identify and analyze the effectiveness of immersive VR in improving motor control and functionality in patients with chronic musculoskeletal pain. **Methodology:** A systematic literature review was conducted using databases such as PubMed, Web of Science, Cochrane Library, and SciELO. Clinical trials conducted between 2020 and 2025 that evaluated virtual reality applied to clinical changes in adults with musculoskeletal disorders were included. **Results:** A total of 7 clinical trials were collected (n=425 participants). Most of the included studies reported significant improvements in motor control, associated with variables such as pain reduction and decreased kinesiophobia reported for all virtual reality modalities. **Discussion:** The implementation of virtual reality can optimize clinical outcomes in its different application modalities; however, the results are conditioned by variables such as type of pain, scales applied for monitoring, program design, and population characteristics. **Conclusions:** Immersive virtual reality represents an effective and safe strategy for improving functionality in patients with persistent musculoskeletal pain.

Keywords: Musculoskeletal Pain; Virtual Reality; Motor Control; Rehabilitation.

1. Introducción

El dolor, signo de trastorno musculoesquelético, definido como una sensación nociceptiva de forma continua o intermitente constituye una condición multidimensional que genera un círculo vicioso de múltiples comorbilidades emocionales, cognitivas, funcionales y psicosociales que llegan a impactar profundamente la calidad de vida de los pacientes, creando desafíos para los mismos, así como también para los profesionales de salud (1–3). Esta definición, respaldada por la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP) y adoptada por la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-11), permite diferenciar el dolor crónico del dolor agudo, cuya función adaptativa suele desaparecer tras la resolución del daño tisular. A nivel clínico, el dolor puede clasificarse por tiempo de evolución mayor de 3 meses como dolor crónico pudiendo ser dolor crónico primario, sin causa patológica claramente identificable, y el dolor crónico secundario, asociado a enfermedades específicas como cáncer, trastornos neuropáticos o lesiones musculoesqueléticas (4–6). Se estima que afecta a entre el 20 % y el 30 % de la población mundial, constituyéndose en una de las principales causas de discapacidad y carga económica global (2,5).

Actualmente, el manejo farmacológico representa la primera línea terapéutica frente al dolor crónico. No obstante, su eficacia suele ser limitada, y el uso prolongado, particularmente de opioides, conlleva riesgos significativos como dependencia, tolerancia y efectos adversos sistémicos (2). Ante estas limitaciones ha surgido el interés por desarrollar estrategias terapéuticas complementarias e innovadoras que potencien la eficacia clínica y mejoren la adherencia del paciente (7,8). Entre ellas, el ejercicio terapéutico ha demostrado beneficios sustanciales, tales como la reducción de la intensidad del dolor, mejora de la función física, mejor calidad del sueño y bienestar emocional. Sin embargo, su efectividad a largo plazo se ve comprometida por la baja adherencia en contextos ambulatorios o domiciliarios, una barrera aún no superada en la práctica clínica (3,7).

En este escenario, el uso de tecnologías emergentes ha adquirido protagonismo, particularmente la realidad virtual (RV), que se perfila como una herramienta terapéutica no invasiva para el manejo del dolor (9). La RV consiste en la generación de entornos simulados interactivos que proporcionan estímulos visuales, auditivos e incluso psicológicos, capaces de modular la percepción del dolor mediante mecanismos de

distracción cognitiva, reorganización neuroplástica y activación de vías descendentes inhibitorias (9,10). Sin embargo, persisten interrogantes en torno a la duración óptima de las intervenciones, el nivel de inmersión más eficaz, la heterogeneidad de los dispositivos utilizados y la calidad metodológica de algunos estudios, lo que limita la generalización de los hallazgos (11–13). En este contexto, la combinación del ejercicio terapéutico con los componentes interactivos y motivacionales de la RV ha despertado un creciente interés, al demostrar efectos analgésicos asociados a la distracción multisensorial, la liberación de endorfinas y dopamina, y una mayor adherencia al tratamiento (13–15). Además, los logros progresivos alcanzados mediante esta tecnología han demostrado mantener el compromiso del paciente incluso en entornos domiciliarios, lo que podría traducirse en una mejoría sostenida en la percepción del dolor y la calidad de vida. No obstante, su implementación clínica debe contemplar principios éticos centrados en el usuario, asegurando la accesibilidad, seguridad, usabilidad y efectividad de las intervenciones tecnológicas.

El presente trabajo de investigación parte con la premisa de responder a la pregunta sobre ¿cuáles son los efectos de la implementación de programas de realidad virtual sobre el control motor y funcionalidad en trastornos musculoesqueléticos persistentes? mediante el análisis de la evidencia actual sobre modelos de rehabilitación más empleados acercando a los profesionales del área de la geriatría y gerontología una visión más específica sobre planes de intervención. El objetivo de esta investigación es identificar y analizar la efectividad de la RV inmersiva en el mejoramiento del control motor y la funcionalidad en pacientes con trastornos musculoesqueléticos.

2. Metodología

2.1 Criterios de elegibilidad

El presente trabajo de investigación es de tipo revisión sistemática de la literatura desarrollada conforme a las directrices metodológicas establecidas en la guía PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (16), con el propósito de identificar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre los efectos de los dispositivos de RV.

Los criterios de inclusión fueron investigaciones de idioma inglés o español, que tuviesen como población

a adultos con diagnóstico de dolor crónico de al menos 3 meses de evolución, independientemente del origen musculoesquelético, neuropático o generalizado, que mencionaran intervenciones terapéuticas donde utilizaran realidad virtual en todas sus modalidades mediante visores), pantallas 3D o sistemas de captura de movimiento además, debían reportar al menos uno de los siguientes resultados: disminución del dolor, mejoría funcional o incremento en la calidad de vida por último, se prefirieron ensayos clínicos aleatorizados, cuasiexperimentales u observacionales con la finalidad evaluar la calidad metodológica de forma homogénea.

Se excluyeron los estudios que utilizaron la realidad virtual con fines únicamente educativos, diagnósticos o recreativos, sin un protocolo terapéutico orientado específicamente a la reducción del dolor. No se consideraron estudios en idiomas que no fueran español o inglés, estudios que mencionen dolor de origen ajeno a musculoesquelético, por último, no se consideraron elegibles documentos como cartas al editor, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, metaanálisis o protocolos preliminares.

2.2. Fuentes de información

Se recopilaron artículos en la base de datos de PubMed, Web Of Science, Cochrane Library, Scielo comprendidos entre el 2020 y 2025 de forma minuciosa. La información fue recopilada entre febrero y julio del 2025.

2.3. Estrategia de búsqueda

Se emplearon descriptores MeSH/DeCS y términos libres vinculados a través de operadores booleanos (AND, OR) para especificar la búsqueda en términos generales ("virtual reality" OR "immersive virtual reality" OR "virtual reality therapy" OR exergame OR "VR-based training") AND ("chronic musculoskeletal pain" OR "chronic pain" OR "low back pain" OR "neck pain") AND ("motor control" OR "physical function" OR functionality OR rehabilitation).

2.4. Proceso de selección de estudios

Se incluyeron siete ensayos clínicos que evaluaron diversas aplicaciones de la realidad virtual inmersiva en el manejo del dolor musculoesquelético crónico, abarcando desde programas de ejercicio tipo exergame y enfoques cognitivo-conductuales domiciliarios, hasta intervenciones de distracción, entrenamiento sensoriomotor y programas de ejercicio asistidos en entornos virtuales inmersivos. En conjunto, estos estudios reclutaron 425 pacientes adultos con dolor crónico de origen musculoesquelético.

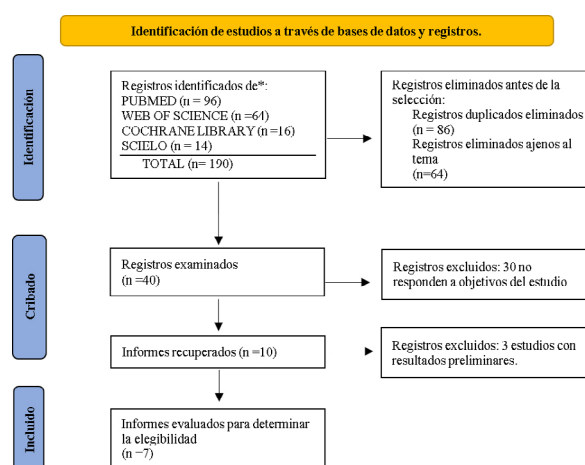


Figura 1. Diagrama PRISMA

2.5 Evaluación crítica

Para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos utilizados se empleó la Escala de Evidencia PEDRo (Physiotherapy Evidence Database) la cual está estructurada por 11 ítems mediante los cuales se evaluará la validez de la evidencia empleada (17). Tras aplicar la escala mencionada en los 7 artículos considerados en la investigación se obtuvo una puntuación promedio de 6,7 distribuidos de la siguiente manera; 2 artículos recibieron la calificación de 9-10 (excelente), 3 artículos una calificación de 7 (buena), 1 artículo una calificación de 6 (buena) y por último 1 artículo con calificación de 2 (baja).

Tabla 1. Análisis de la evidencia por Escala PeDro

Artículos / Ítems	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total	Resultado
Stamm et al., (18) 2022	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	Bajo riesgo de sesgo
García et al., (19) 2020	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9	Bajo riesgo de sesgo
Lo et al., (20) 2024	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7	Bajo riesgo de sesgo
Buztepe y Çapik (21) 2025	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9	Bajo riesgo de sesgo
Lo et al., (22) 2025	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7	Bajo riesgo de sesgo
Funao et al., (23) 2025	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	Riesgo de sesgo
Emedoli et al., (24) 2024	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7	Bajo riesgo de sesgo

3. Resultados

Los estudios revisados evidencian un valor positivo de cambio para variables clínicas en pacientes con trastornos musculoesqueléticos de diferente etiología y tiempo de evolución.

Tabla 2. Resultados de estudios seleccionados.

Autor/Año	Tipo de estudio	Población	Intervención	Programa	Escalas utilizadas	Resultados
Stamm et al., (18)	ECA piloto	22 participantes con CBP con rango de edad de 67 a 84 años.	GI: exergame con casco de RV con ejercicios de MMSS, MMII y core. GC: gimnasia convencional	12 sesiones, 30 min, 3 veces/semana, durante 4 semanas	NRS, TSK-11, SF-12, Ffb-H-R	Se reportaron nulos cambios significativo para la escala NRS, TSK-11 y SF-12 para ambos grupos ($p>0,05$), existiendo solo un cambio significativo con un valor de $p=0,026$ (TE:0,67) en la Ffb-H-R. Reportando como hallazgo clave la experiencia positiva de los participantes.
García. et al., (19)	ECA doble ciego	179 personas con dolor lumbar crónico. 89 con edad de 18 a 81 años y 90 con edad de 25 a 81 años.	GI: EaseVRx con educación en dolor, respiración, relajación, estrategias conductuales y ludicas. GC: RV simulada con contenido 2D	Programa domiciliario de 56 días; sesiones diarias de 2 a 16 min	DVPRS, PROMIS-PF, PROMIS-SD, PCS, PSEQ-2, CPAQ-8, MME	Reducción de dolor en 42.8% en GI y 25.1% en GC ($p=0,001$); área de actividad ($p=0,004$); estado de ánimo ($p=0,005$) y estrés ($p<0,05$) medida con DVPRS Aspectos de función física y sueño medida con PROMIS PF/SD mejoras significativas en GI ($p=0,022$) ($p=0,013$). Sin cambios sobre áreas como PCS, PSEQ-2, CPAQ-8 y MME ($p>0,05$) (TE: 0,40 y 0,49).
Lo et al., (20)	ECA Piloto	30 participantes con OA de rodilla. 2 grupos equitativos entre 60 a 67 años.	GI: VRiKnee con fortalecimiento de cuádriceps y vasto medial. GC: mismos ejercicios sin RV	12 semanas, 5 días/semana, 30 min/día	NRS, WOMAC dolor, rigidez y función, EQ-VAS, MET/ActivPAL	No se observaron diferencias significativas entre grupos en NRS, $p=0,64$; TE=-0.084 ni WOMAC, $p=0,69$; TE=-0.073. Tampoco hubo cambios en rigidez ($p=0,29$), función ($p=0,83$), calidad de vida (EQ-VAS $p=0,31$; TE=0,184) ni actividad física (MET $p=0,88$). Adherencia fue mayor en RV (77% vs 62%; $p=0,82$), con tasas de abandono de 13.3% vs 6.7%. Un 33% presentó complicaciones asociados a mareos.
Buztepe y Çapik (21)	ECA	Adultos con diagnóstico de hernia discal lumbar ($n=68$) edad entre los 51 a 53 años sin cirugía reciente, sin enfermedades no controladas ni alteraciones severas del equilibrio.	GI: ejercicios con gafas de RV + fisioterapia convencional (electroterapia, termoterapia y ejercicios lumbares). GC: tratamiento hospitalario rutinario / fisioterapia convencional	28 sesiones; 2 veces/día durante 14 días; 20–25 min por sesión	VAS, ODI, SF-36, FRD	El grupo de RV mostró reducción significativa del dolor VAS $p<0,05$ y discapacidad ODI $p<0,05$ al compararse con el control. Se observaron mejoras significativas en todas las dimensiones del SF-36 ($p<0,05$) con tamaños de efecto grandes (TE=2.69) y reducción del riesgo de caídas ($p=0,001$; TE=0.84), pero con un efecto fue significativamente mayor en RV (TE: 0,84)
Lo et al., (22)	ECA	80 participantes con CMP, divididos en 2 grupos iguales con edades de 18 años en adelante.	GI: Tai Chi asistido por RV-CAVE. GC: Tai Chi sin RV	8 semanas con 60 minutos de duración	BPI, medidas de función, ansiedad, depresión, calidad de vida y actividad física	RV-CAVE + Tai Chi mostró una reducción significativa del dolor frente al GC con mejora en BPI a 8 semanas $p=0,043$ (TE=0,75) y a 12 semanas $p=0,001$ (TE=1,18), alcanzando cambios clínicamente relevantes (-15% a -24%). No se reportó diferencias significativas en variables secundarias (función, ansiedad, depresión, calidad de vida y actividad física; $p>0,05$). La adherencia fue alta (82.5% RV vs 90% GC) sin reportes de eventos adversos.
Funao et al., (23)	ECA no aleatorizado	6 mujeres con dolor musculoesquelético crónico, edad media de 76,5 años.	RV con visor MetaQuest 2 en procedimientos habituales de rehabilitación domiciliaria.	10 sesiones durante 10 semanas; 40 a 60 min por sesión	NRS, HRV, BREQ-2, POMS-2, PCS, SF-12	RV produjo una reducción del dolor agudo >4.5 puntos en NRS. La HRV reporto rangos de 64.5 a 71.7 con un HF entre 33.6 y 87.1 ms ² y relación LF/HF que osciló entre 1.45 y 4.28. Sin cambios en BREQ-2 y POMS-2; resultados dispersos para PCS y SF-12 siendo el nivel de adherencia 100% el valor más significativo. No se reportó TE

Emedoli et al., (24)	ECA	40 participantes con NP localizado en la cara posterior y lateral del cuello con edad de 18 a 70 años	GI: terapia manual + entrenamiento sensoriomotor con RV. GC: terapia manual + ejercicios cervicales sin RV	12 sesiones, 45 min, 2 veces/semana, durante 6 semanas	NDI, NRS, NPDS, CSI, TSK, cinemática cervical/ROM	GI mejoras significativas intragrupo en NDI, NRS, NPDS, CSI, TSK $p < 0,05$, mismos resultados en GC sin diferencias intergrupales en variables clínicas ($p > 0,05$). La RV evidenció mayores mejoras en cinemática cervical: ROM en rotación ($p = 0,040$), relación movimiento primario/secundario ($p = 0,021$) y velocidad en inclinación lateral ($p = 0,031$). No se reportó TE
----------------------	-----	---	--	--	---	---

Abreviaturas: ECA: Ensayo controlado aleatorizado; GI: Grupo intervención; GC: Grupo control; RV: Realidad virtual; CBP: Dolor crónico de espalda; MMSS: Miembro superior; MMII: Miembro inferior; CMP: Dolor crónico musculoesquelético; NP: Dolor de cuello; NRS (Escala de Calificación Numérica); Ffb-H-R: Discapacidad relacionada con el dolor de espalda; TSK-11/TSK: Escala de Tampa de Kinesiofobia; SF12: Cuestionario de salud; DVPRS: Escala de valoración del dolor para la defensa y los veteranos; PROMIS PS/SD: Sistema de información de medición de resultados informados por el paciente Función física y trastornos del sueño; PCS: Escala de catastrofización del dolor; PSEQ-2: Cuestionario de autoeficacia para el manejo del dolor; CPAQ-8: Cuestionario de aceptación del dolor crónico; MME: Equivalente en miligramos de morfina oral de opioides; WOMAC: Índice de osteoartritis de las universidades de Western Ontario y McMaster; EQ-VAS: Escala Analógica Visual de calidad de vida; MET: Equivalente metabólico; EAV: Escala analógica visual; ODI: Índice de discapacidad de Oswestry; FRD: Riesgo de sufrir caídas; BPI: Inventario breve del dolor; HRV: Variabilidad de la frecuencia cardíaca; HF: Componente parasimpático; LF/HF: Relación simpático-parasimpática; BREQ-2: Cuestionario de regulación de la conducta en el ejercicio-2; POMS-2: Perfil de estados de ánimo, Segunda Edición; NDI: Índice de discapacidad cervical; NPDS: Escala de dolor de cuello y discapacidad; CSI: Cuestionario sensibilidad central en Español; ROM: Rango de Movimiento Articular.

Realidad virtual

Como se evidencia, la realidad virtual inmersiva en su mayoría es la más utilizada en el campo de rehabilitación y para manejar la condición del paciente a través de pantallas HMD, sensores y demás. Esta modalidad permite al paciente tener un entorno realista y envolvente, ideal para terapias intensivas y altamente motivadoras, ya que está a través de estímulos sensoriales y retroalimentación puede mejorar el aprendizaje motor, adherencia al ejercicio, funcionalidad subjetiva, kinesiofobia y dolor. Además, la RV inmersiva permite al paciente adaptarse a la intervención sin aumentar el riesgo a las caídas propias del adulto mayor. El programa de realidad virtual aborda en su programación desde actividades de la vida cotidiana, estiramientos y ejercicios de fortalecimiento. Si bien algunos estudios reflejan la intervención directamente con realidad virtual, otros abordan esta modalidad como un complemento para una terapia multimodal en donde también interviene la terapia convencional (terapia manual, kinesiología y ejercicio).

Evaluación del dolor

La RV genera reducciones del dolor que oscilan desde cambios moderados equivalentes a 1 punto en escalas estandarizadas como NRS y EVA hasta disminuciones clínicamente significativas entre 2 a 4 puntos supeditados por el diseño y el tipo de intervención. Los efectos más robustos se observan en estudios controlados y en

intervenciones prolongadas, mientras que los efectos inmediatos son más pronunciados, pero menos duraderos en estudios no controlados. Desde una perspectiva clínica y metodológica, estos hallazgos permiten concluir que la RV es una intervención con capacidad real de modificar el puntaje de dolor.

Calidad de vida

En términos generales, los cambios reportados sobre puntuaciones de baterías evaluativas para la calidad de vida asumen una disminución de esta no obstante es un cambio que no se produce de forma aislada, sino como consecuencia de la reducción del dolor, la disminución de la discapacidad, la mayor participación funcional y el incremento de la motivación durante el proceso rehabilitador entendida por el efecto cascada. Cabe mencionar que la magnitud de estos cambios es mayor en condiciones donde el dolor es el principal limitante y menor en patologías donde coexisten limitaciones estructurales más marcadas o en poblaciones con alta fragilidad.

Kinesiofobia

Las modificaciones significativas del componente de kinesiofobia, no siempre reportada como una medición de forma directa sino a través de variables estrechamente relacionadas como la catastrofización, la evitación del movimiento o la interferencia del dolor existe un descenso de 1,45 a 4,1 puntos registrado por TSK mejoras

consideradas clínicamente significativa. Todos los cambios se justifican por la exposición progresiva al movimiento en entornos seguros, que disminuye el miedo anticipatorio, la modulación cognitiva emocional del dolor, reduciendo catastrofización y conductas de evitación y el incremento de la motivación y adherencia terapéutica, lo que favorece la reconceptualización del movimiento.

Seguridad

De forma integrada, la evidencia indica que la RV es segura y bien tolerada cuando se aplica bajo criterios clínicos de selección, supervisión adecuada, sesiones dosificadas y contenidos visuales controlados. El principal riesgo no parece ser musculoesquelético, sino sensorial y tecnológico cibermareo (mareo producto del uso de RV), fatiga visual, mareo, visión borrosa, cefalea potencial e incomodidad con el visor. Llegando a ser considerada como una intervención complementaria segura en programas de rehabilitación como eje principal o de como complemento, siempre que se realice cribado previo de riesgo vestibular, neurológico y visual, y se monitoricen síntomas durante las primeras sesiones.

Rango de movimiento

El rango de movimiento (ROM) articular fue el dominio menos explorado en la literatura revisada, considerando una mayor repercusión de la RV sobre el movimiento funcional particularmente por la poca disponibilidad de ser medido de forma aislada. Por ello, el mayor valor clínico de la RV radica en su capacidad para integrar componentes físicos y neurosensoriales del movimiento, más que en producir cambios aislados en la amplitud articular. Desde una perspectiva neurofisiológica, este fenómeno puede explicarse por la estimulación simultánea a sistemas sensoriales (visual, vestibular y propioceptivo) y cognitivos (atención, motivación, percepción del dolor) favoreciendo procesos de neuroplasticidad y reorganización sensoriomotora, que son fundamentales para recuperar el control del movimiento. Además, metodológicamente, medir ROM requiere instrumentos específicos como sistemas cinemáticos, lo que no siempre es viable en estudios clínicos.

4. Discusión

La presente revisión sistemática de la literatura basada en un análisis de 7 ensayos clínicos sobre el empleo de la RV en trastornos

musculoesqueléticos persistente caracterizados por dolor crónico sugieren que las intervenciones basadas en realidad virtual podrían favorecer la mejora en la calidad de vida, disminución de kinesiophobia, disminución de dolor, mayor funcionalidad siendo mínimo los eventos adversos considerada con un riesgo por debajo del mínimo. De esto modo se perfila como alternativa no farmacológica de interés para la fisioterapia en dolor musculoesquelético, aunque la magnitud y estabilidad de sus beneficios dependen de la combinación de inmersión sensorial con contenidos que promuevan estrategias activas de afrontamiento.

Existe una gran variedad de tecnologías aplicadas a RV con diferentes niveles de inmersión, interacción y objetivos terapéuticos todas de alta variabilidad técnica condición que fluctúa entre sistemas altamente inmersivos sin visor (CAVE) hasta dispositivos inmersivos como cascos, gafas o lentes teniendo la posibilidad de integrar modelos de entrenamiento motor, biofeedback o intervención conductual (22,23). La premisa que el medio de aplicación es un factor que condiciona los resultados clínicos es explicado en una revisión reciente donde se registró leves y nulas diferencias entre sistemas operativos sucedido explicado por el tipo de población sobre la que se desarrolló el plan de intervención, así como el tipo de dolor sobre el que se aplicó programas de RV y, por último, la cantidad de personas en cada estudio (25).

En este contexto, los programas multicomponente desarrollados como el EaseVRx educación en neurociencia del dolor, respiración diafragmática guiada y ejercicios de atención plena pueden ser una alternativa para favorecer reducciones clínicamente relevantes y mantenidas de la intensidad y la interferencia del dolor (18,19), pauta reproducida por intervenciones análogas, como el modelo entrenamiento de neurorrehabilitación con realidad virtual (VRNT; Virtual Reality Neurorehabilitation Training) donde se evidenciaron descensos superiores en pacientes con dolor de alto impacto y evidenciaron que la reducción del dolor se acompaña de mejoras en la calidad de vida y la participación diaria de la persona en contraste, el programa basado en ejercicios basado en video juegos (exergames) a través de VRiKnee lograron alivios discretos, comparables a los ejercicios impresos o a la gimnasia (20). El mismo patrón se observó en el entrenamiento postulado por Matheve et al., lo que refuerza la idea de que la inmersión visual, aislada de contenidos educativos o de reeducación cognitiva, no basta para inducir analgesia sostenida

(13). En intervenciones puramente distractoras, como la exposición a paisajes naturales, el efecto analgésico fue inmediato, pero se desvaneció al finalizar la sesión (26), fenómeno también descrito en la práctica de Tai-chi proyectado en entorno tipo caverna (27).

El dolor, aunque reportado como un cambio recurrente en todos los estudios vislumbra ciertas interrogantes sobre la perdurabilidad de estos efectos, revisiones previas como los de Lo et al., donde la intensidad a corto y medio plazo oscilo entre -1,50 y -8,15 para un tamaño del efecto respectivamente (3), propios para pacientes con dolor cervical, contexto que se replica en pacientes con dolor lumbar (28). Por otro lado, el miedo al movimiento se perfila como un modulador decisivo de la respuesta a la RV, en estudios como los de Stamm et al., y Emedoli et al., la puntuación en la escala de Tampa de Kinesiofobia (TSK) descendió, no obstante, estos cambios estadísticamente no fueron superiores al comparar con grupos control, lo que concuerda con la falta de exposición graduada en ambos protocolos (18,24) Es así que en pacientes con dolor crónico la medida única de puntuación de dolor no es lo suficientemente específica siendo necesario incluir medidas de discapacidad por dolor y funcionamiento social parecen ser medidas de resultado más relevantes para estos pacientes (29). Los desenlaces funcionales siguen de cerca la evolución del dolor y del temor al movimiento, situación que se puede extrapolar, por ejemplo, se demuestra que la RV en adultos mayores para la mejora del control de la estabilidad y reducción del riesgo de caída integra estimulación vestibular y práctica postural inmersiva reduciendo simultáneamente el dolor corporal y miedo a moverse condicionado por estructurar un entorno seguro para ensayar movimientos percibidos como amenazantes, la intervención aumenta la confianza y facilita la transferencia de estos logros a las actividades cotidianas (30,31).

Si bien los estudios incluidos sugieren que la realidad virtual podría favorecer la reducción del dolor, la discapacidad funcional y la kinesiofobia, así como contribuir al reaprendizaje motor en personas con dolor musculoesquelético persistente, estos resultados deben interpretarse con cautela debido al reducido número de ensayos disponibles y a la considerable heterogeneidad existente entre las poblaciones estudiadas, las patologías abordadas, los niveles de inmersión, la dosificación de las intervenciones y su combinación con otras estrategias terapéuticas. Asimismo, la evidencia sobre la sostenibilidad de los beneficios observados

continúa siendo limitada, ya que la mayoría de los estudios incorporó seguimientos de corta duración, lo que impide determinar con certeza si las mejoras clínicas se mantienen a mediano o largo plazo. Desde la perspectiva de la seguridad, la realidad virtual parece ser una intervención generalmente bien tolerada; sin embargo, algunos estudios reportaron efectos adversos leves y transitorios, como mareo, náuseas, cefalea, fatiga visual y síntomas compatibles con ciber-enfermedad, aspectos que deben considerarse especialmente en adultos mayores y en personas con antecedentes de alteraciones vestibulares. Además, factores como la alfabetización digital, la aceptación tecnológica y la adherencia al tratamiento pueden influir en la efectividad clínica y en la implementación de estas herramientas en escenarios reales de rehabilitación. En conjunto, la evidencia disponible posiciona a la realidad virtual como una estrategia terapéutica prometedora, aunque todavía insuficiente para establecer conclusiones definitivas sobre su eficacia y la persistencia de sus efectos, siendo necesarios estudios con muestras más amplias, protocolos estandarizados y seguimientos prolongados que permitan fortalecer la base científica actual.

4.1. Limitaciones

En consideración de los datos encontrados a pesar de los buenos y prometedores reportes que se tienen sobre la RV una de las limitaciones es la heterogeneidad de la población estudiada donde la ubicación anatómica del dolor y el origen juegan un papel preponderante para el comportamiento y evolución fisiológica, el seguimiento no efectuado a largo plazo y la diversidad en la gamificación supeditada a la dosificación del programa. Bajo el contexto nacional se ve empobrecido los escenarios donde se pone en práctica la implementación de RV en rehabilitación, uno de los factores es la poca evidencia local lo que causo que no puedan ser extrapolados o comparados los datos hallados en esta revisión. Este documento pretende exhortar a todo profesional de la salud a la implementación de tecnologías para su uso clínico.

»» 5. Conclusiones

Los cambios clínicos y funcional reportados de la RV sobre los trastornos musculoesqueléticos señala mejoras sobre la funcionalidad principalmente sobre factores como dolor y kinesiofobia. Sin embargo, la solidez de estos hallazgos se ve limitada por la heterogeneidad de los protocolos de intervención, la variabilidad en las medidas de resultado, los tamaños muestrales

reducidos y la escasa duración del seguimiento en la mayoría de los estudios. Estas limitaciones dificultan la comparación entre investigaciones y la extrapolación de los resultados a diferentes contextos clínicos. Además, debido al número limitado de ensayos clínicos disponibles razón que debe motivar a interpretar los resultados con cautela. La realidad virtual parece ser una intervención generalmente segura y bien tolerada, aunque pueden presentarse efectos secundarios leves como mareo o fatiga visual. Se requieren estudios controlados de mayor calidad metodológica y con seguimiento prolongado para determinar la magnitud real y la sostenibilidad de los beneficios observados.

»» 6. Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato por el apoyo brindado al proyecto de investigación titulado "Implementación de Realidad Virtual en la Rehabilitación Física y Respiratoria: Un Enfoque Tecnológico y Clínico", aprobado por la Universidad Técnica de Ambato mediante Resolución UTA-CONIN-2025-0143-R.

»» 7. Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno.

»» 8. Financiamiento

Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato

»» 9. Limitación de responsabilidad

Todos los puntos de vista expresados son de entera responsabilidad de los autores y no de la institución a la cual corresponden.

»» 10. Referencias bibliográficas

1. Huang Q, Lin J, Han R, Peng C, Huang A. Using Virtual Reality Exposure Therapy in Pain Management: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Value in Health*. 2022. doi:10.1016/j.jval.2021.04.1285
2. Guerra-Armas J, Flores-Cortes M, Pineda-Galan C, Luque-Suarez A, La Touche R. Role of Immersive Virtual Reality in Motor Behaviour Decision-Making in Chronic Pain Patients. *Brain Sciences*. 2023. doi:10.3390/brainsci13040617
3. Lo HHM, Zhu M, Zou Z, Wong CL, Lo SHS, Chung VCH, et al. Immersive and Nonimmersive Virtual Reality-Assisted Active Training in Chronic Musculoskeletal Pain: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*. 2024. doi:10.2196/48787
4. Cohen SP, Vase L, Hooten WM. Chronic pain: an update on burden, best practices, and new advances. *The Lancet*. 2021. doi:10.1016/S0140-6736(21)00393-7
5. Treede RD, Rief W, Barke A, Aziz Q, Bennett MI, Benoliel R, et al. Chronic pain as a symptom or a disease: The IASP Classification of Chronic Pain for the International Classification of Diseases (ICD-11). *Pain*. 2019. doi:10.1097/j.pain.0000000000001384
6. El-Tallawy SN, Nalamasu R, Salem GI, LeQuang JAK, Pergolizzi J V., Christo PJ. Management of Musculoskeletal Pain: An Update with Emphasis on Chronic Musculoskeletal Pain. *Pain and Therapy*. 2021. doi:10.1007/s40122-021-00235-2
7. Chiarotto A, Maxwell LJ, Ostelo RW, Boers M, Tugwell P, Terwee CB. Measurement Properties of Visual Analogue Scale, Numeric Rating Scale, and Pain Severity Subscale of the Brief Pain Inventory in Patients With Low Back Pain: A Systematic Review. *Journal of Pain*. 2019. doi:10.1016/j.jpain.2018.07.009
8. Zheng X, Lamoth CJ, Timmerman H, Otten E, Reneman MF. Establishing central sensitization inventory cut-off values in Dutch-speaking patients with chronic low back pain by unsupervised machine learning. *Comput Biol Med*. 2024;178. doi:10.1016/j.combiomed.2024.108739
9. Bilika P, Karampatsou N, Stavrakakis G, Paliouras A, Theodorakis Y, Strimpakos N, et al. Virtual Reality-Based Exercise Therapy for Patients with Chronic Musculoskeletal Pain: A Scoping Review. *Healthcare (Switzerland)*. 2023. doi:10.3390/healthcare11172412
10. Stamm O, Dahms R, Müller-Werdan U. Virtual reality in pain therapy: A requirements analysis for older adults with chronic back pain. *J*

- Neuroeng Rehabil. 2020;17(1). doi:10.1186/s12984-020-00753-8
11. Kato PM. Video Games in Health Care: Closing the Gap. *Review of General Psychology*. 2010;14(2):113–21. doi:10.1037/a0019441
 12. Zadro JR, Shirley D, Simic M, Mousavi SJ, Ceprnja D, Maka K, et al. Video-Game-Based Exercises for Older People with Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlledtable Trial (GAMEBACK). *Phys Ther*. 2019;99(1). doi:10.1093/ptj/pzy112
 13. Matheve T, Bogaerts K, Timmermans A. Virtual reality distraction induces hypoalgesia in patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2020;17(1). doi:10.1186/s12984-020-00688-0
 14. Kowatsch T, Lohse KM, Erb V, Schittenhelm L, Galliker H, Lehner R, et al. Hybrid ubiquitous coaching with a novel combination of mobile and holographic conversational agents targeting adherence to home exercises: Four design and evaluation studies. *J Med Internet Res*. 2021;23(2). doi:10.2196/23612
 15. Gupta A, Scott K, Dukewich M. Innovative technology using virtual reality in the treatment of pain: Does it reduce pain via distraction, or is there more to it? *Pain Medicine (United States)*. 2018;19(1). doi:10.1093/pm/pnx109
 16. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 2021;74(9). doi:10.1016/j.recesp.2021.06.016
 17. PEDro org. Escala PEDro-Español. *Physiotherapy Evidence Database*. 2012;86(1).
 18. Stamm O, Dahms R, Reithinger N, Ruß A, Müller-Werdan U. Virtual reality exergame for supplementing multimodal pain therapy in older adults with chronic back pain: a randomized controlled pilot study. *Virtual Real*. 2022;26(4). doi:10.1007/s10055-022-00629-3
 19. Garcia LM, Birckhead BJ, Krishnamurthy P, Sackman J, Mackey IG, Louis RG, et al. An 8-week self-administered at-home behavioral skills-based virtual reality program for chronic low back pain: Double-blind, randomized, placebo-controlled trial conducted during COVID-19. *J Med Internet Res*. 2021;23(2). doi:10.2196/26292
 20. Lo HHM, Ng M, Fong PYH, Lai HHK, Wang B, Wong SY shan, et al. Examining the Feasibility, Acceptability, and Preliminary Efficacy of an Immersive Virtual Reality–Assisted Lower Limb Strength Training for Knee Osteoarthritis: Mixed Methods Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*. 2024;12. doi:10.2196/52563
 21. Buztepe S, Çapik C. The effect of exercises done with virtual reality glasses on pain, daily life activities, and quality of life of individuals with lumbar disc hernia: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2025;26(1). doi:10.1186/s12891-025-09130-9
 22. Lo HHM, Fong PYH, Wang B, Fung CLC, Wong SYS, Sit RWS. Clinical Efficacy of Virtual Reality Cave Automatic Virtual Environments (CAVE) for Chronic Musculoskeletal Pain in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *J Am Med Dir Assoc*. 2025;26(1). doi:10.1016/j.jamda.2024.105344
 23. Funao H, Momosaki R, Tsujikawa M, Kawamoto E, Esumi R, Shimaoka M. Application of Virtual Reality to Home-Visit Rehabilitation for Patients With Chronic Musculoskeletal Pain: A Single-Group Pre-post Comparison Study. *Cureus*. 2025. doi:10.7759/cureus.80386
 24. Emedoli D, Alemanno F, Iannaccone S, Houdayer E, Castellazzi P, Zangrillo F, et al. Sensory-motor training with virtual reality as a complementary intervention to manual therapy for persistent non-specific neck pain: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2024;60(4). doi:10.23736/S1973-9087.24.08115-2
 25. Lier EJ, De Vries M, Steggink EM, Ten Broek RPG, Van Goor H. Effect modifiers of virtual reality in pain management: a systematic review and meta-regression analysis. *Pain*. 2023. doi:10.1097/j.pain.0000000000002883
 26. Wender R, Hoffman HG, Hunner HH, Seibel EJ, Patterson DR, Sharar SR. Interactivity influences the magnitude of virtual reality analgesia. *J Cyber Ther Rehabil*. 2009;2(1).
 27. Wittkopf PG, Lloyd DM, Coe O, Yacoobali S, Billington J. The effect of interactive virtual reality on pain perception: a systematic review of clinical studies. *Disability and Rehabilitation*. 2020. doi:10.1080/09638288.2019.1610803
 28. Li R, Li Y, Kong Y, Li H, Hu D, Fu C, et al. Virtual Reality–Based Training in Chronic Low Back Pain:

- Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Medical Internet Research*. 2024. doi:10.2196/45406
29. Pogatzki-Zahn EM, Liedgens H, Hummelshoj L, Meissner W, Weinmann C, Treede RD, et al. Developing consensus on core outcome domains for assessing effectiveness in perioperative pain management: results of the PROMPT/IMI-Pain-Care Delphi Meeting. *Pain*. 2021;162(11). doi:10.1097/j.pain.0000000000002254
30. Guo Q, Zhang L, Han LL, Gui C, Chen G, Ling C, et al. Effects of Virtual Reality Therapy Combined With Conventional Rehabilitation on Pain, Kinematic Function, and Disability in Patients With Chronic Neck Pain: Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*. 2024;12. doi:10.2196/42829
31. Yalfani A, Sahab Gholifar M, Raeisi Z, Asgarpour Kaji A. Effect of Virtual Reality Training on Quality of Life and Risk of Falling in Older Men With Nonspecific Low Back Pain. *Journal of Modern Medical Information*. 2023. doi:https://doi.org/10.32598/JMIS.9.2.4