



**Rosado Alvarez, M.; Quezada Calle, E.; Espinoza Burgos, A.; Rosado Alvarez, N. (2025).**  
Videojuegos inmersivos para mejorar movilidad articular y fuerza muscular en adultos mayores.  
*Journal of Sport and Health Research.* 17(Supl 2):78-88. <https://doi.org/10.58727/jshr.117899>

Original

# VIDEOJUEGOS INMERSIVOS PARA MEJORAR MOVILIDAD ARTICULAR Y FUERZA MUSCULAR EN ADULTOS MAYORES

## INMERSIVE VIDEO GAMES TO IMPROVE JOINT MOBILITY AND MUSCLE STRENGTH IN OLDER ADULTS

# JOGOS IMERSIVOS PARA MELHORAR A MOBILIDADE ARTICULAR E A FORÇA MUSCULAR EM IDOSOS

Rosado Alvarez, M<sup>1</sup>; Quezada Calle, E<sup>1</sup>; Espinoza Burgos, A<sup>2</sup>; Rosado Alvarez, N<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador*

<sup>2</sup>*Universidad de Guayaquil, Ecuador*

<sup>3</sup>*Hospital básico Dr. Oswaldo Jervis Alarcón*

Correspondence to:

**Rosado Alvarez, Magdalena**

Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Católica de  
Santiago de Guayaquil, Ecuador  
Email: maria.rosado03@cu.ucsg.edu.ec

*Edited by: D.A.A. Scientific Section  
Martos (Spain)*



Received: 08/09/2025  
Accepted: 03/10/2025



## VIDEOJUEGOS INMERSIVOS PARA MEJORAR MOVILIDAD ARTICULAR Y FUERZA MUSCULAR EN ADULTOS MAYORES

### RESUMEN

**Introducción:** La realidad virtual inmersiva ha surgido como una estrategia innovadora para mejorar la movilidad articular y la fuerza muscular en adultos mayores, favoreciendo la prevención del deterioro funcional y la promoción de la salud.

**Objetivo:** Evaluar los cambios en movilidad articular y fuerza muscular de miembros superiores en adultos mayores tras un programa de entrenamiento con videojuegos inmersivos.

**Metodología:** Se desarrolló un estudio preexperimental con 20 adultos mayores de 65 a 80 años. La intervención consistió en 16 semanas con dos sesiones semanales de 30–40 minutos, utilizando los juegos *Tilt Brush*, *Cyber Pong* y *Xortex* mediante el sistema *HTC Vive*. Se evaluó la fuerza con el *Test* de Daniels y la movilidad con el *Test* goniométrico. Los datos se analizaron con pruebas de Wilcoxon y correlación de Spearman.

**Resultados:** Se registraron incrementos significativos en la categoría “normal” de fuerza muscular (0 % a 75 %) y rango articular (0 % a 55 %) en ambos miembros ( $p < 0,001$ ). Se observó progresión en precisión motora, coordinación visomotora y agilidad, con mejoras homogéneas entre géneros.

**Discusión:** Los hallazgos coinciden con investigaciones previas que respaldan la eficacia de la realidad virtual en la mejora funcional, sugiriendo que la combinación de tareas creativas, reactivas y de precisión potencia el rendimiento motor y la motivación.

**Conclusiones:** El programa de videojuegos inmersivos demostró ser una estrategia eficaz y motivante para adultos mayores saludables, por lo que se recomienda su implementación en programas comunitarios de envejecimiento activo.

**Palabras clave:** Adultos mayores; fuerza muscular; movilidad articular; realidad virtual inmersiva; videojuegos terapéuticos.

## IMMERSIVE VIDEO GAMES TO IMPROVE JOINT MOBILITY AND MUSCLE STRENGTH IN OLDER ADULTS

### ABSTRACT

**Introduction:** Immersive virtual reality has emerged as an innovative strategy to enhance joint mobility and muscle strength in older adults, supporting the prevention of functional decline and the promotion of health.

**Objective:** To evaluate changes in upper limb joint mobility and muscle strength in older adults following a training program using immersive video games.

**Methodology:** A pre-experimental study was conducted with 20 healthy older adults aged 65 to 80 years. The intervention lasted 16 weeks, with two weekly sessions of 30–40 minutes, using the games *Tilt Brush*, *Cyber Pong*, and *Xortex* through the *HTC Vive* system. Muscle strength was assessed using the Daniels Test, and joint mobility was measured with the goniometric test. Data were analyzed using the Wilcoxon test and Spearman's correlation.

**Results:** Significant increases were observed in the “normal” category for muscle strength (0% to 75%) and joint range of motion (0% to 55%) in both limbs ( $p < 0,001$ ). Improvements were also noted in motor precision, visuomotor coordination, and agility, with homogeneous progress between genders.

**Discussion:** The findings are consistent with previous research supporting the effectiveness of virtual reality in functional improvement, suggesting that the combination of creative, reactive, and precision tasks enhances motor performance and motivation.

**Conclusions:** The immersive video game program proved to be an effective and motivating strategy for healthy older adults, and its implementation in community-based active aging programs is recommended.

**Keywords:** Active aging; immersive virtual reality; joint mobility; muscle strength; therapeutic video games.



## INTRODUCCIÓN

El envejecimiento poblacional representa un desafío creciente para los sistemas de salud, dado que conlleva una disminución progresiva de la capacidad funcional, en particular de la movilidad articular y la fuerza muscular. Estos cambios, inherentes al proceso fisiológico del envejecimiento, incrementan la vulnerabilidad a caídas, reducen la autonomía y limitan la participación en actividades de la vida diaria. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la preservación de estas capacidades constituye un pilar fundamental para prolongar la independencia y la calidad de vida en la vejez, lo que impulsa la búsqueda de intervenciones que combinen eficacia clínica, accesibilidad y alto nivel de adherencia.

En este escenario, la realidad virtual (VR) inmersiva ha emergido como una herramienta innovadora para el entrenamiento físico en adultos mayores. Su potencial radica en la capacidad de ofrecer entornos tridimensionales interactivos que simulan tareas motoras y promueven la participación, mientras se adaptan a las necesidades y habilidades individuales del usuario. Baragash et al. (2022) subrayan que las aplicaciones de VR y realidad aumentada no solo ofrecen beneficios terapéuticos, sino que también potencian la motivación y el compromiso, factores esenciales para sostener programas de ejercicio a largo plazo.

La literatura científica ha documentado resultados consistentes que respaldan el uso de videojuegos inmersivos en la mejora de la función física. Chen et al. (2023), en una revisión sistemática con meta-análisis, evidencian mejoras significativas en fuerza, equilibrio y movilidad funcional en adultos mayores que participan en programas basados en exergames, incluso en entornos institucionales. Por su parte, Liu et al. (2022) demuestran que el entrenamiento con VR puede superar al ejercicio físico tradicional en la mejora de la movilidad funcional en adultos mayores saludables, resaltando que su aplicación no se limita al ámbito rehabilitador, sino que también posee un alto potencial preventivo.

Las investigaciones experimentales más recientes refuerzan esta tendencia. Parmak et al. (2025) reportan incrementos estadísticamente significativos en la función física y en indicadores de calidad de vida tras programas de VR inmersiva, mientras que Ramírez-Moran et al. (2025) constatan mejoras

sustanciales en movilidad articular y equilibrio en adultos mayores masculinos. A su vez, la revisión y meta-análisis de Alhasan et al. (2025) concluye que este tipo de intervenciones resultan eficaces para optimizar la fuerza muscular y la movilidad, especialmente en adultos mayores con fragilidad, lo que sugiere que la magnitud de los beneficios podría ser aún mayor en personas sin limitaciones funcionales significativas.

Sin embargo, persiste una brecha de conocimiento en torno a la evaluación específica de los efectos de programas de VR inmersiva sobre la movilidad articular y la fuerza muscular de los miembros superiores en adultos mayores saludables. Este vacío limita la posibilidad de extrapolar conclusiones sólidas hacia intervenciones con un enfoque preventivo más que rehabilitador. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los cambios en movilidad articular y fuerza muscular de miembros superiores en adultos mayores tras un programa de entrenamiento con videojuegos inmersivos, con el propósito de aportar evidencia robusta que respalde la implementación de estas tecnologías como estrategia efectiva para la promoción de la salud y la prevención del deterioro funcional en esta población.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño

Se diseñó un estudio preexperimental de enfoque cuantitativo y alcance explicativo-correlacional, con evaluaciones antes y después de un programa de entrenamiento con videojuegos inmersivos. Aunque no se incluyó grupo control, se realizaron comparaciones intraindividuales para analizar los cambios en la movilidad articular y la fuerza muscular de los miembros superiores en adultos mayores saludables.

Dado que los datos no presentaron distribución normal, se aplicaron pruebas no paramétricas: la correlación de Spearman para examinar la relación entre puntajes pre y postintervención, y la prueba de Wilcoxon para identificar cambios significativos en ambas variables.

### Participantes

El estudio incluyó a 20 adultos mayores saludables (15 mujeres y 5 hombres), con edades entre 65 y 80 años, todos con miembros superiores anatómicamente íntegros. La muestra se obtuvo



mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se excluyeron personas con deterioro cognitivo, discapacidad visual o que no aceptaron participar. Todos firmaron el consentimiento informado, en cumplimiento con los principios éticos para investigaciones con seres humanos.

### **Instrumentos y procedimiento**

La intervención se desarrolló con el sistema de realidad virtual inmersiva HTC Vive, que incluye visor de alta resolución, controladores manuales y estaciones base para el seguimiento tridimensional de movimientos. Este dispositivo ha demostrado eficacia en contextos terapéuticos y experimentales, ya que permite registrar desplazamientos con alta precisión y generar entornos interactivos que favorecen la participación del usuario (Hsieh et al., 2025). Antes de iniciar el programa, los participantes recibieron una sesión de familiarización, en la que se explicó el uso del visor, los controladores y el entorno virtual. El headset se ajustó de manera individual, calibrando la visión y verificando la correcta detección de los dispositivos.

Las condiciones de seguridad se garantizaron mediante el sistema Chaperone de HTC Vive, que delimitó el área de juego para prevenir colisiones. Todas las sesiones fueron supervisadas por especialistas en rehabilitación funcional, quienes también programaron pausas estratégicas para evitar fatiga visual o mareos.

El programa tuvo una duración de 16 semanas, con dos sesiones semanales de aproximadamente 30 a 40 minutos. Cada sesión incluyó la práctica de tres videojuegos de carácter terapéutico, adaptados a las capacidades de los adultos mayores: Tilt Brush, Cyber Pong y Xortex, distribuidos de manera equitativa. La dificultad progresó de forma gradual, incrementando la velocidad de los estímulos, la complejidad de las tareas y la duración de los retos. Durante todo el proceso, se documentaron métricas internas de los juegos (puntuaciones, niveles alcanzados, tiempo de permanencia) y se aplicaron evaluaciones clínicas estandarizadas antes y después de la intervención.

El videojuego Tilt Brush permitió la realización de trazos tridimensionales en un espacio de 360°, lo que exigió movimientos amplios y controlados de brazos y hombros, favoreciendo la amplitud articular, la precisión motora fina y la creatividad en un entorno

inmersivo (Tan et al., 2022). El segundo videojuego, Cyber Pong, consistió en golpear pelotas virtuales que se desplazaban con distintas velocidades y trayectorias, lo que demandó precisión y rapidez de respuesta, estimulando la coordinación visomotora y reduciendo los tiempos de reacción (Lachowicz et al., 2025). Finalmente, el videojuego Xortex implicó controlar una nave espacial y esquivar estímulos móviles, lo que entrenó la velocidad de reacción, la agilidad y el rango articular, integrando componentes motores y cognitivos (Theofilou et al., 2022).

La fuerza muscular se evaluó mediante el Test de Daniels o Manual Muscle Testing (MMT), aplicando la escala clínica de 0 a 5 en posiciones estandarizadas para hombro, codo, muñeca y dedos. Este instrumento ha mostrado alta consistencia interna ( $\alpha = 0,920$ ) y precisión en la cuantificación del progreso motor en rehabilitación (Roman et al., 2022). El rango articular se midió con el Test goniométrico, utilizando un goniómetro manual bajo protocolos estandarizados de alineación articular. Estudios recientes han demostrado una fiabilidad intraexaminador ( $ICC = 0,99$ ) e interexaminador ( $ICC = 0,96$ ) excelentes, así como un error estándar de medida reducido ( $SEM \leq 1,2^\circ$ ), lo que respalda su sensibilidad clínica (Rodrigo et al., 2025).

### **Análisis de los datos**

El análisis estadístico se realizó en Microsoft Excel, obteniendo medidas descriptivas (frecuencias y porcentajes) para fuerza muscular y movilidad articular. Las comparaciones pre–post intervención se efectuó mediante la prueba de Wilcoxon para datos ordinales, y la correlación de Spearman evaluó la relación entre los puntajes iniciales y finales en agilidad. El nivel de significancia se estableció en  $p < 0,05$ .

### **Consideraciones éticas**

El estudio se desarrolló siguiendo los principios de la Declaración de Helsinki y la normativa nacional vigente en investigaciones con seres humanos. El protocolo fue revisado y aprobado por una Junta de Revisión Institucional independiente, lo que garantizó la idoneidad metodológica y el resguardo ético de los participantes. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado, asegurando la voluntariedad de la participación, la confidencialidad de los datos y el respeto a sus derechos durante todo el proceso.



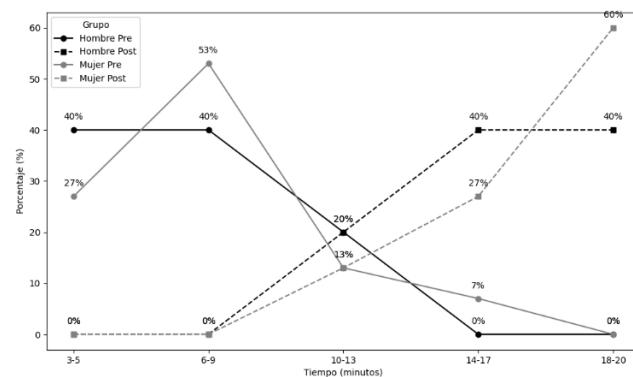
## RESULTADOS

La población de investigación estuvo constituida por 15 mujeres y 5 varones, lo que representó el 75,0% y 25,0% respectivamente. La edad de los participantes fluctuó entre los 65 y 80 años, con predominio del grupo de 65 a 68 años (40%), seguido por los rangos de 73 a 76 años (35%), 69 a 72 años (15%) y 77 a 80 años (10%).

En la Figura 1 se muestra la evolución del desempeño en el juego Tilt Brush evidenció mejoras diferenciadas entre géneros tras la intervención. En la fase pretest, los hombres se concentraron en los intervalos de menor duración (3-9 minutos), mientras que las mujeres presentaron una mayor dispersión, con predominancia en el tramo de 6-9 minutos (53%). Posteriormente, en el postest, ambos grupos migraron hacia tiempos de ejecución más prolongados, destacando una mejora notable en el grupo femenino, que alcanzó un 60% en el rango de 18-20 minutos, frente al 40% observado en los hombres. Este patrón sugiere un incremento significativo en la capacidad de precisión sostenida, siendo más marcado en mujeres, quienes manifestaron un salto más pronunciado hacia los intervalos de mayor duración, mientras que los hombres mostraron una transición más gradual. Estos hallazgos refuerzan la efectividad de la intervención y evidencian diferencias de respuesta según el género.

**Figura 1.**

*Evolución del tiempo de uso del juego Tilt Brush por Género*



Nota: Duración total de actividad continua por participante durante el juego, categorizada en intervalos de tiempo

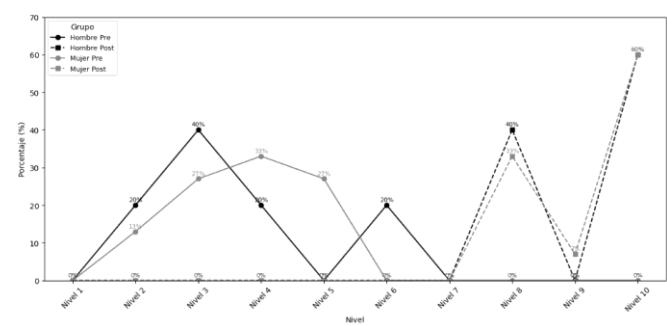
En la Figura 2 evidencia una evolución positiva en el rendimiento motor, medido por el nivel alcanzado en el juego *Cyber Pong*, tanto en hombres como en mujeres, tras la intervención. Durante la etapa pre, los participantes se concentraron mayoritariamente en los niveles iniciales. En hombres, el 40% alcanzó el nivel 3, mientras que en mujeres se observaron porcentajes distribuidos en niveles intermedios, destacando el nivel 4 (33%) y el nivel 5 (27%).

Tras la intervención, se observa una mejora marcada en ambos grupos. En hombres, el 60% alcanzó el nivel 10 y el 40% el nivel 8, lo que representa una migración total hacia los niveles superiores. Las mujeres mostraron un patrón similar, con un 60% en el nivel 10, un 33% en el nivel 8 y un 7% en el nivel 9. Esta redistribución sugiere un efecto positivo del entrenamiento sobre el rango articular, con una progresión ascendente clara en el rendimiento.

La presencia de los valores porcentuales en el gráfico refuerza la interpretación visual de esta progresión, mostrando que tanto hombres como mujeres, pese a partir de niveles distintos, lograron alcanzar los niveles máximos del juego, reflejando una mejora funcional homogénea y significativa.

**Figura 2.**

*Evolución del nivel alcanzado en el juego Cyber Pong por género*



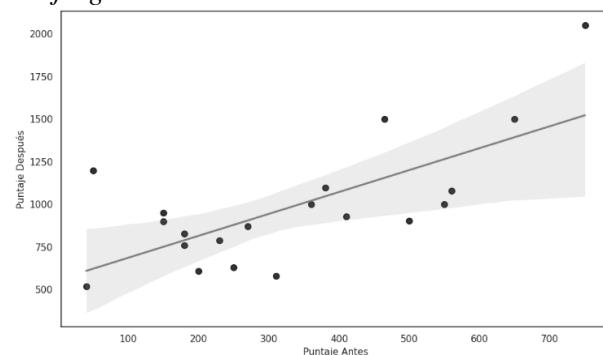
Nota: Distribución porcentual de participantes por nivel alcanzado en el juego, antes y después del entrenamiento.

Se observó una correlación positiva y estadísticamente significativa entre los puntajes obtenidos antes y después de la intervención en el juego *Xortex* ( $r = 0.66$ ,  $p < 0.01$ ), lo cual sugiere que los participantes que iniciaron con mejores niveles de



agilidad mantuvieron un ritmo de progreso constante. Este patrón fue confirmado con el coeficiente de Spearman ( $\rho = 0.59$ ,  $p < 0.01$ ), indicando robustez en la asociación aun en ausencia de normalidad. La tendencia ascendente reflejada en la Figura 3 respalda visualmente esta relación, evidenciando que a mayores puntajes iniciales corresponden generalmente mejores resultados posteriores.

**Figura 3.**  
*Correlación entre puntajes pre y post intervención del juego Xortex.*



Nota Comparación individual de puntajes pre y post intervención para evaluar la evolución en agilidad y respuesta motora

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos en la evaluación de la fuerza muscular en miembros superiores derecho e izquierdo, según el Test de Daniels, antes y después de la intervención con realidad virtual. Se evidencia un incremento significativo en el número de participantes que alcanzan un nivel de fuerza muscular “normal” en ambas extremidades.

En el miembro superior derecho, ningún participante mostraba fuerza normal al inicio; sin embargo, tras la intervención, esta categoría fue alcanzada por el 15% de los hombres y el 60% de las mujeres, lo que representa una mejora funcional en el 75% de la población.

En el miembro superior izquierdo se observa una tendencia similar. Al inicio de la intervención, el 20% de los hombres y el 55% de las mujeres presentaban fuerza muscular “regular”; tras el programa de ejercicios con realidad virtual, dichos valores se reducen a 0%. En cambio, el nivel “normal” se alcanza en el 20% de los hombres y el 55% de las mujeres, repitiéndose una mejoría global

del 75 % de los participantes. Es importante destacar que, en ambos casos, el grupo clasificado inicialmente con fuerza “regular” deja de estar presente en la evaluación postest, lo que refleja una ganancia clínica evidente.

La significancia estadística de estos cambios se respalda mediante la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. En el miembro superior derecho se obtuvo  $W = 0.0$ ,  $p = 0.0003$ , mientras que en el miembro superior izquierdo los valores fueron  $W = 0.0$ ,  $p = 0.00016$ . Estos resultados confirman el efecto positivo de la intervención sobre la fuerza muscular, en concordancia con el objetivo planteado.

**Tabla 1.**  
*Fuerza muscular en miembros superiores derecho e izquierdo según Test de Daniels (pre y post intervención)*

Género	Movimiento	Miembro Superior Derecho		Miembro Superior Izquierdo	
		f (%) Pre	f(%) Post	f(%) Pre	f(%) Post
Hombre	Normal	0(0)	3(15)	0(0)	4(20)
	Bueno	2(10)	2(10)	1(5)	1(5)
	Regular	3(15)	0(0)	4(20)	0(0)
Mujer	Normal	0(0)	12(60)	0(0)	11(55)
	Bueno	7(35)	3(15)	5(25)	4(20)
	Regular	8(40)	0(0)	10(50)	0(0)
Total		20(100)	20(100)	20(100)	20(100)

Nota. f: frecuencia; %: porcentaje.

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas:

Miembro Superior Derecho:  $W = 0.0$ ,  $p = 0.0003$

Miembro Superior Izquierdo:  $W = 0.0$ ,  $p = 0.00016$

La Tabla 2 muestra los resultados del Test Goniométrico aplicado a los miembros superiores derecho e izquierdo antes y después de la intervención. En el miembro superior derecho, se registra un incremento sustancial en el porcentaje de participantes con rango articular “normal”, pasando de 0 % en la evaluación inicial a 20 % en hombres y 55 % en mujeres en la evaluación final. La categoría “regular”, presente en el 70 % de los casos antes de la intervención, se reduce al 5 % tras el programa, lo que evidencia una mejora funcional marcada.



En el miembro superior izquierdo se confirma esta misma tendencia. La proporción de sujetos con rango articular “normal” aumenta del 0 % al 25 % en hombres y del 0 % al 50 % en mujeres. Paralelamente, los casos con movilidad “regular” disminuyen del 70 % al 0 %, reflejando un impacto terapéutico positivo y homogéneo en toda la muestra. En ambos miembros se observa una mejora generalizada en la amplitud articular, compatible con una mejor funcionalidad clínica.

La prueba de *Wilcoxon* aplicada a muestras relacionadas corrobora la significancia estadística de estos hallazgos. En el miembro superior derecho se obtiene  $W = 2.5$ ,  $p = 0.00021$ ; mientras que en el miembro superior izquierdo los resultados son  $W = 0.0$ ,  $p = 0.00043$ . Estos datos respaldan la eficacia del programa de realidad virtual en la mejora del rango articular de los miembros superiores, en coherencia con el objetivo del estudio.

## Tabla 2.

*Rango articular en miembros superiores derecho e izquierdo según Test Goniométrico (pre y post intervención)*

Género	Movimiento	Miembro Superior Derecho		Miembro Superior Izquierdo	
		f(%)	f(%)	f(%)	f(%)
		Pre	Post	Pre	Post
Hombre	Normal	0(0)	4(20)	0(0)	5(25)
	Bueno	0(0)	1(5)	1(5)	0(0)
	Regular	5(25)	0(0)	4(20)	0(0)
Mujer	Normal	0(0)	11(55)	0(0)	10(50)
	Bueno	6(30)	3(15)	10(50)	5(25)
	Regular	9(45)	1(5)	5(25)	0(0)
Total		20(100)	20(100)	20(100)	20(100)

Nota. f: frecuencia; %: porcentaje.

Se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas:

Miembro Superior Derecho:  $W = 2.5$ ,  $p = 0.00021$

Miembro Superior Izquierdo:  $W = 0.0$ ,  $p = 0.00043$

## DISCUSIÓN

El presente estudio demuestra que un programa de entrenamiento con videojuegos inmersivos produce mejoras significativas en la movilidad articular, la fuerza muscular y la precisión motora en adultos mayores saludables. La evolución en *Tilt Brush*, con

un aumento marcado en la duración sostenida de la actividad especialmente en mujeres, que alcanzan un 60 % en intervalos de 18–20 minutos, refleja un fortalecimiento de la resistencia funcional y un refinamiento del control motor fino. Este comportamiento es coherente con lo reportado por Baron et al. (2023), quienes señalan que la retroalimentación en tiempo real y la interacción con entornos virtuales enriquecidos mantienen al usuario más tiempo en la tarea, optimizando la calidad de los movimientos. Campo-Prieto et al. (2022) refuerzan esta idea al demostrar que los programas inmersivos de *exergames* mejoran la tolerancia al esfuerzo y la ejecución motora en adultos institucionalizados, atribuyendo este efecto a la estimulación multisensorial y la motivación lúdica que ofrece la VR.

El desempeño en *Cyber Pong* evidenció un desplazamiento generalizado hacia los niveles máximos tras la intervención, lo que denota una mejora sustancial en la coordinación oculo-manual y el rango articular. Este resultado es consistente con lo observado por Chen et al. (2023) en adultos mayores en entornos institucionalizados, donde las intervenciones VR generaron progresos medibles en fuerza y movilidad. Del mismo modo, Peng et al. (2024) reportan beneficios en fuerza, movilidad y estado de ánimo en adultos en residencias, indicando que la interacción lúdica y progresiva de los *exergames* estimula tanto la función física como la motivación intrínseca. La equiparación de niveles finales entre hombres y mujeres en nuestro estudio respalda las conclusiones de Wang y Wang (2025), quienes destacan que la VR reduce diferencias iniciales asociadas al género gracias a entornos inclusivos y socialmente motivantes.

En *Xortex*, la correlación positiva y significativa entre los puntajes iniciales y finales ( $r = 0.66$ ;  $p < 0.01$ ) revela que los participantes con mayor agilidad de base mantuvieron un ritmo de progreso constante. Este patrón se alinea con los hallazgos de Singh et al. (2025), quienes sostienen que las intervenciones inmersivas personalizadas maximizan la transferencia de habilidades motoras al entorno real, y con Wang (2023), que evidencia la importancia de ajustar la complejidad de la tarea a las capacidades del usuario para garantizar un avance sostenido.

En la fuerza muscular, medida mediante el Test de Daniels, el incremento del 0 % al 75 % de



participantes en la categoría “normal” en ambos miembros superiores constituye un cambio clínicamente relevante. Estos resultados concuerdan con los metaanálisis de Zarei et al. (2025) y Soleimani et al. (2024), que documentan mejoras significativas en fuerza muscular tras programas VR, tanto en población sana como en pacientes con patología neurológica. La evidencia de Sheehy et al. (2025) respalda que incluso modalidades no inmersivas pueden incrementar la fuerza y la frecuencia de actividad física en adultos mayores. Además, la desaparición de la categoría “regular” tras la intervención reproduce el patrón observado por Olana et al. (2025), quienes encontraron mejoras sustanciales en fuerza y autonomía funcional en pacientes post-ictus después de entrenamientos con VR.

En cuanto a la movilidad articular, los resultados del Test Goniométrico muestran un aumento de la categoría “normal” de hasta un 55 % y una reducción casi total de la categoría “regular”. Este hallazgo se asemeja a lo descrito por Donati et al. (2025), que subrayan la eficacia de la VR inmersiva en la mejora del rango articular en pacientes con ictus subagudo, y a lo señalado por Zhang et al. (2025), quienes concluyen que las modalidades inmersivas logran mayores ganancias de movilidad que las no inmersivas. Asimismo, las mejoras simétricas en ambos miembros coinciden con los resultados de Chen et al. (2024) y Chuang et al. (2025), que destacan el valor de la estimulación bilateral repetitiva para favorecer un desarrollo equilibrado del control motor.

Un aspecto relevante es la concordancia de nuestros resultados con el metaanálisis de Xu et al. (2025), que confirma que el entrenamiento físico asistido por VR mejora de manera significativa la función de los miembros superiores en pacientes con accidente cerebrovascular. Aunque la población de nuestro estudio es saludable, la similitud en la dirección de los efectos sugiere que la VR actúa sobre mecanismos universales de neuroplasticidad y control motor, lo que refuerza su aplicabilidad en distintos perfiles poblacionales.

La diversidad de tareas implementadas creativas en *Tilt Brush*, reactivas en *Cyber Pong* y de precisión en *Xortex* parece haber generado un efecto sinérgico sobre las capacidades motoras, integrando estimulación física y cognitiva. Este enfoque coincide

con lo expuesto por Song et al. (2025) y Bilika et al. (2023), quienes afirman que los *exergames* en adultos mayores pueden mejorar simultáneamente condición física, función cognitiva y bienestar emocional. La elevada adherencia registrada en nuestra intervención se asemeja a lo documentado por Benadduci et al. (2025), que reportan altos índices de usabilidad y satisfacción en programas VR de telerehabilitación.

Finalmente, los hallazgos de este estudio consolidan la posición de la realidad virtual inmersiva como herramienta eficaz para la promoción de la salud y la prevención del deterioro funcional en el envejecimiento activo. Este planteamiento coincide con la evidencia presentada por Brachman et al. (2021) sobre la mejora del equilibrio mediante *exergames*, y con lo propuesto por Baron et al. (2023), Campo-Prieto et al. (2022) y Song et al. (2025), quienes sostienen que la VR combina accesibilidad, motivación y efectividad clínica para prolongar la funcionalidad en la población mayor

## LIMITACIONES

El diseño preexperimental sin grupo control constituye una de las principales limitaciones, ya que impide atribuir con certeza los resultados exclusivamente a la intervención aplicada. El tamaño reducido de la muestra y el muestreo no probabilístico también restringen la generalización de los hallazgos a poblaciones más amplias. Además, la ausencia de seguimiento a largo plazo no permite conocer la persistencia de los beneficios en el tiempo, y el hecho de que las evaluaciones fueran realizadas por el mismo equipo que ejecutó la intervención podría haber introducido sesgos de medición.

Para futuras investigaciones, se recomienda implementar ensayos clínicos aleatorizados con grupo control, ampliar la muestra de forma multicéntrica, incorporar evaluadores externos y aplicar seguimientos longitudinales. Estas mejoras metodológicas permitirán reforzar la validez interna y externa de los resultados, así como consolidar la evidencia científica sobre la eficacia de los videojuegos inmersivos en la promoción de la salud de adultos mayores.

## CONCLUSIONES

El programa de entrenamiento con videojuegos inmersivos produjo mejoras significativas en la movilidad articular, la fuerza muscular y la coordinación visomotora de adultos mayores



saludables, alcanzando los objetivos planteados en el estudio. La integración de tareas creativas, reactivas y de precisión favoreció tanto el rendimiento físico como la motivación y la adherencia de los participantes.

Estos resultados confirman el potencial de la realidad virtual inmersiva como estrategia innovadora para la prevención del deterioro funcional y la promoción del envejecimiento activo. Asimismo, los hallazgos evidencian la viabilidad de trasladar este tipo de programas a entornos clínicos y comunitarios como centros de rehabilitación, clubes de adultos mayores y programas municipales de salud, lo que amplía su aplicabilidad práctica.

De esta manera, la realidad virtual inmersiva no solo representa una herramienta eficaz para el entrenamiento físico, sino también una opción con alto potencial de integración en políticas públicas de salud orientadas al envejecimiento saludable, contribuyendo a la independencia funcional y la calidad de vida en la población mayor.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a los pacientes del centro de rehabilitación por su colaboración voluntaria y a los especialistas por las valiosas contribuciones que hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhasan, H., Alandijani, E., Bahamdan, L., Khudary, G., Aburaya, Y., Awali, A., & Alshehri, M. A. (2025). Home-based virtual reality training for enhanced balance, strength, and mobility among older adults with frailty: Systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games*, 13, e67146. <https://doi.org/10.2196/67146>
- Baragash, R. S., Aldowah, H., & Ghazal, S. (2022). Virtual and augmented reality applications to improve older adults' quality of life: A systematic mapping review and future directions. *Digital Health*, 8, 20552076221132099. <https://doi.org/10.1177/20552076221132099>
- Baron, L., Chheang, V., Chaudhari, A., Liaqat, A., Chandrasekaran, A., Wang, Y., Cashaback, J., Thostenson, E., & Barmaki, R. L. (2023). Virtual therapy exergame for upper extremity rehabilitation using smart wearable sensors. En arXiv [cs. HC]. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2302.08573>
- Benadduci, M., Franceschetti, C., Marziali, R. A., Frese, S., Sándor, P. S., Tombolesi, V., Bozzi, V., & Rossi, L. (2025). An integrated virtual reality-based telerehabilitation platform to support recovery and maintenance of functional abilities among older adults: Protocol for a usability and acceptability study. *JMIR Research Protocols*, 14, e68358. <https://doi.org/10.2196/68358>
- Bilika, P., Karampatou, N., Stavrakakis, G., Paliouras, A., Theodorakis, Y., Strimpakos, N., & Kapreli, E. (2023). Virtual reality-based exercise therapy for patients with chronic musculoskeletal pain: A scoping review. *Healthcare* (Basel, Switzerland), 11(17). <https://doi.org/10.3390/healthcare11172412>
- Brachman, A., Marszałek, W., Kamieniarz, A., Michalska, J., Pawłowski, M., Akbaş, A. y Juras, G. (2021). Los efectos del entrenamiento de exergaming en el equilibrio en mujeres mayores sanas: un estudio piloto. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 18(4), 1412. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041412>
- Campo-Prieto, P., Cancela-Carral, J. M., & Rodríguez-Fuentes, G. (2022). Feasibility and effects of an immersive virtual reality exergame program on physical functions in institutionalized older adults: A randomized clinical trial. *Sensors* (Basel, Switzerland), 22(18), 6742. <https://doi.org/10.3390/s22186742>
- Chen, J., Yan, S., Yin, H., Lin, D., Mei, Z., Ding, Z., Wang, M., Bai, Y., & Xu, G. (2024). Virtual reality technology improves the gait and balance function of the elderly: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of Medical Science: AMS*, 20(6), 1918–1929. <https://doi.org/10.5114/aoms/186353>
- Chen, P.-J., Hsu, H.-F., Chen, K.-M., & Belcastro, F. (2023). VR exergame interventions among older adults living in long-term care facilities: A systematic review with Meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 66(3), 101702. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2022.101702>
- Chuang, I.-C., Abdullahi, A., Chen, I.-C., Wu, Y.-R., & Wu, C.-Y. (2025). Effects of



- immersive leisure-based virtual reality cognitive training on cognitive and physical function in community-based older adults: A randomized controlled trial. *Digital Health*, 11, 20552076251328491. <https://doi.org/10.1177/20552076251328491>
11. Donati, D., Pinotti, E., Mantovani, M., Casarotti, S., Fini, A., Tedeschi, R., & Caselli, S. (2025). The role of immersive virtual reality in upper limb rehabilitation for subacute stroke: A review. *Journal of Clinical Medicine*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/jcm14061903>
  12. Hsieh, Y.-W., Howe, T.-H., Lee, M.-T., Tai, R.-Y., & Chen, C.-C. (2025). Design and usability evaluation of an immersive virtual reality mirrored hand system for upper limb stroke rehabilitation. *Scientific Reports*, 15(1), 5781. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90698-6>
  13. Lachowicz, M., Serweta-Pawlak, A., Konopka-Lachowicz, A., Jamro, D., & Żurek, G. (2025). How does virtual reality training affect reaction time and eye-hand coordination? The impact of short- and long-term interventions on cognitive functions in amateur esports athletes. *Applied Sciences* (Basel, Switzerland), 15(8), 4346. <https://doi.org/10.3390/app15084346>
  14. Liu, M., Zhou, K., Chen, Y., Zhou, L., Bao, D., & Zhou, J. (2022). Is virtual reality training more effective than traditional physical training on balance and functional mobility in healthy older adults? A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 843481. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.843481>
  15. Olana, D. D., Abessa, T. G., Lamba, D., Triccas, L. T., & Bonnechere, B. (2025). Effect of virtual reality-based upper limb training on activity of daily living and quality of life among stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 22(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01603-1>
  16. Parmak, D., Angin, E., & Iyigun, G. (2025). Effects of immersive virtual reality on physical function, fall-related outcomes, fatigue, and quality of life in older adults: A randomized controlled trial. *Healthcare* (Basel, Switzerland), 13(15), 1800. <https://doi.org/10.3390/healthcare13151800>
  17. Peng, Y., Wang, Y., Zhang, L., Zhang, Y., Sha, L., Dong, J., & He, Y. (2024). Virtual reality exergames for improving physical function, cognition and depression among older nursing home residents: A systematic review and meta-analysis. *Geriatric Nursing* (New York, N.Y.), 57, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2024.02.032>
  18. Ramírez-Moran, L. P., Zapa-Cedeño, J. K., Hidalgo Arce, C. J., Suárez-Lima, G. J., & Gutiérrez Cruz, M. (2025). Realidad virtual y supervisión profesional: efectos en la movilidad articular y el equilibrio de adultos mayores masculinos. *Retos*, 70, 575–587. <https://doi.org/10.47197/retos.v70.114437>
  19. Rodrigo, T., Hislop, A., O'Leary, S. P., & Window, P. J. (2025). The reliability of goniometric measurement of frontal knee alignment in standing in people with knee osteoarthritis: A pilot study. *Journal of Musculoskeletal Surgery and Research*, 0(1), 1–6. [https://doi.org/10.25259/jmsr\\_502\\_2024](https://doi.org/10.25259/jmsr_502_2024)
  20. Roman, N. A., Miclaus, R. S., Nicolau, C., & Sechel, G. (2022). Customized Manual Muscle Testing for post-stroke upper extremity assessment. *Brain Sciences*, 12(4), 457. <https://doi.org/10.3390/brainsci12040457>
  21. Sheehy, L., Bharadwaj, L., Nissen, K. A., & Estey, J. L. (2025). Non-immersive virtual reality exercise can increase exercise in older adults living in the community and in long-term care: A randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging*, 20, 109–124. <https://doi.org/10.2147/CIA.S498272>
  22. Singh, H., Kashoo, F. Z., & Kumar, C. (2025). An immersive virtual reality-based intervention to enhance mobility and patient-reported outcomes in patients with proximal humeral fractures: a case report. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s43161-025-00260-8>
  23. Soleimani, M., Ghazisaeedi, M., & Heydari, S. (2024). The efficacy of virtual reality for upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 24(1), 135. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02534-y>
  24. Song, X., Ali, N. M., Mhd Salim, M. H., & Rezaldi, M. Y. (2025). A literature review of



- virtual reality exergames for older adults: Enhancing physical, cognitive, and social health. *Applied Sciences* (Basel, Switzerland), 15(1), 351. <https://doi.org/10.3390/app15010351>
25. Tan, J., Kannis-Dymand, L., & Jones, C. (2022). Examining the potential of VR program Tilt Brush in reducing anxiety. *Virtual Reality*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00711-w>
  26. Theofilou, G., Ladakis, I., Mavroidi, C., Kilintzis, V., Mirachtsis, T., Chouvarda, I., & Kouidi, E. (2022). The effects of a visual stimuli training program on reaction time, cognitive function, and fitness in young soccer players. *Sensors* (Basel, Switzerland), 22(17), 6680. <https://doi.org/10.3390/s22176680>
  27. Wang, L.-T. (2023). Effectiveness of virtual reality exercise for functional fitness in community-dwelling older adults: A 12-week follow-up study. *SAGE Open*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/21582440231218515>
  28. Wang, L.-T., & Wang, Y.-W. (2025). Effects of a 12-week semi-immersive virtual reality-based exercise program on the quality of life of older adults across different age groups: A randomized controlled trial. *Applied Sciences* (Basel, Switzerland), 15(2), 902. <https://doi.org/10.3390/app15020902>
  29. Zarei, H., Norasteh, A. A., Mottaghitalab, M., Ertel, M. W., & Brian, A. (2025). The effects of virtual reality training on muscle strength of the elderly: A systematic review and meta-analysis. *Gerontology*, 1–30. <https://doi.org/10.1159/000546922>
  30. Zhang, J., Liu, M., Yue, J., Yang, J., Xiao, Y., Yang, J., & Cai, E. (2025). Effects of virtual reality with different modalities on upper limb recovery: a systematic review and network meta-analysis on optimizing stroke rehabilitation. *Frontiers in Neurology*, 16, 1544135. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1544135>