



Universidad de Valladolid



FACULTAD DE FISIOTERAPIA DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA PARA LA MEJORA
SENSORIO- MOTRIZ EN FISIOTERAPIA PEDIÁTRICA: USO DE
DISPOSITIVOS KINECT.

REVISION BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA.

Presentado por Natalia Lalinde Sainz

Tutor: María Teresa Mingo Gómez

Soria, a 12 de junio de 2019

ÍNDICE

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

RESUMEN

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	REALIDAD VIRTUAL, AUMENTADA Y MIXTA.....	1
1.1.1.	Realidad Virtual	1
1.1.2.	Realidad Aumentada.....	1
1.1.3.	Realidad Mixta.....	2
1.2.	FUNDAMENTO DE LAS REALIDADES ALTERNATIVAS	2
1.3.	DISPOSITIVOS KINECT	4
1.3.1.	¿Qué es Kinect?	4
1.3.2.	Dispositivo Kinect como herramienta para la rehabilitación	4
1.3.3.	Videojuegos	6
1.3.3.1.	Evolución y conceptos.....	6
1.3.3.2.	Análisis de los videojuegos.....	6
1.3.4.	Protocolo terapéutico.....	7
1.3.5.	Validación de los dispositivos Kinect.....	8
1.3.6.	Validación de los dispositivos Kinect en pediatría.....	11
2.	JUSTIFICACIÓN.....	12
3.	OBJETIVOS	13
3.1.	Objetivo general	13
3.2.	Objetivos secundarios.....	13
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	14
4.1.	Criterios de inclusión y de exclusión	14
4.2.	Estrategia de búsqueda.....	15
4.3.	Selección de artículos	16
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1.	Kinect como sistema de valoración o evaluación.....	25

5.2. Kinect como herramienta terapéutica.....	27
5.3. Limitaciones	32
6. CONCLUSIONES.....	33
7. BIBLIOGRAFÍA.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Dispositivos Kinect y Kinect 2.0.....	4
Figura 2. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica	16
Tabla 1. Realidades alternativas y sus criterios. Relación con Kinect	3
Tabla 2. Análisis de los videojuegos	7
Tabla 3. Artículos que validan los dispositivos Kinect	9
Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados	18

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AIJ. Artritis Idiopática Juvenil

AVD. Actividad de la Vida Diaria

CROM. *Cervical Range of Motion*

CVRS. Calidad de Vida Relacionada con la Salud

DCD. Trastorno de Coordinación del Desarrollo

DHI. Índice de la mano de Duruöz

ECA. Ensayo controlado aleatorizado

EI/EEII. Extremidad/es inferior/es.

EM. Esclerosis Múltiple

ES/EESS. Extremidad/es superior/es

FQ. Fibrosis Quística

M-ABC-2. *The Movement Assessment Battery for Children – Second Edition*

MoCap. Captura de Movimiento

PCI. Parálisis Cerebral Infantil

RA. Realidad Aumentada

RM. Realidad Mixta

ROM. *Range Of Movement*

RV. Realidad Virtual

SaO2. Saturación de Oxígeno

TDAH. Trastorno de Hiperactividad por Déficit de Atención

TEA. Trastorno del Espectro Autista

RESUMEN

Introducción. Las realidades alternativas (realidad virtual, aumentada y mixta) han experimentado un crecimiento constante y progresivo en la última década. Estas realidades sientan la base del desarrollo de todo tipo de dispositivos que nos conectan con una experiencia más allá de la realidad.

Los dispositivos Kinect forman parte de este grupo de aplicaciones sustentadas en las realidades alternativas. Son dispositivos especiales de captura del movimiento a partir de sensores y cámaras. Para que sea posible su funcionamiento, deben emplearse ligados a una videoconsola o PC y es necesario a su vez el uso de videojuegos que permitan explotar al máximo sus posibilidades. Los videojuegos están demostrando ser herramientas útiles para esta finalidad, con una prevalencia de sus aspectos positivos frente a los negativos.

Desarrollar modalidades de tratamiento terapéutico a partir de Kinect constituye un gran reto para la fisioterapia, que ve en la población pediátrica todas las cualidades necesarias para explotar los beneficios que Kinect puede ofrecer. Este, ha demostrado y continúa demostrando su validez como sistema confiable en adultos y niños.

Objetivo. Revisar la literatura científica disponible acerca de la aplicación de Kinect para la mejora sensorio motriz en pediatría, analizándola en si misma o comparando sus efectos con la fisioterapia convencional y otros tipos de tratamiento.

Material y métodos. Se ha realizado una búsqueda de la bibliografía existente desde 2010 en las bases de datos Medline (PubMed) y PEDro, utilizando diferentes términos MeSH (*Medical Subjects Headings*) y palabras clave: “*Physical therapy modalities*”, “*Exercise Movement Techniques*”, “*Exercise therapy*” “*Physiotherapy*”, “*Physical therapy*” “*Child*”, “*Pediatrics*”, “*Virtual Reality*”, “*Kinect*” y “*Xbox Kinect*”. Se han seleccionado finalmente un total de 13 artículos para la discusión de este trabajo.

Resultados y discusión. La mayoría de los autores encuentran en la terapia con dispositivos Kinect un instrumento terapéutico válido y con muchas posibilidades como alternativa a ciertos tratamientos convencionales o como complemento de ellos.

Conclusiones. El uso de dispositivos Kinect en fisioterapia pediátrica contribuye a favorecer el correcto desarrollo sensorio-motor en niños con y sin patología sirviendo a su vez como herramienta de valoración y tratamiento para estos. Sin embargo, se necesita más investigación sobre los efectos a largo plazo de la tecnología Kinect en distintos entornos mediante el tratamiento de un mayor número de patologías pediátricas.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología están en continuo proceso de desarrollo y evolución, lo cual genera grandes transformaciones sociales, culturales, educativas y sanitarias.

Realidad Virtual (RV) y la Realidad Aumentada (RA) han despertado el interés de diversas áreas del conocimiento, mostrando su versatilidad y posibilidades como tecnologías innovadoras, especialmente en los últimos 5 años ^{1,2}.

1.1. REALIDAD VIRTUAL, AUMENTADA Y MIXTA

1.1.1. Realidad Virtual

La aparición del concepto de RV surgió a mediados de 1960 cuando Iván Sutherland la describió en 1965 como *“una ventana a través de la cual un usuario percibe el mundo virtual como si se viera, se sintiera, sonara real y en el que el usuario pudiera actuar de manera realista”* ³.

Desde entonces se han formulado varias definiciones. Todas ellas resaltan tres características comunes de los sistemas de RV: inmersión, percepción de estar presente en un entorno e interacción con él por parte del individuo ².

La inmersión se refiere a la cantidad de sentidos estimulados, las interacciones y la similitud de la realidad de los estímulos utilizados para simular entornos. Cuanto más similares son los estímulos presentados, a la realidad, mejor será la experiencia de RV y mayor será el nivel de realismo de las conductas del usuario.

La RV intenta sustituir la realidad a través de dispositivos que permiten "sentir" la presencia en otro lugar, sumergirse en una realidad que no existe. Te permite simular una experiencia sensorial completa dentro de un ambiente artificial sin ver nada de lo que hay en el exterior ².

1.1.2. Realidad Aumentada

La RA hace referencia a *“la visualización directa o indirecta de elementos del mundo real combinados (o aumentados) con elementos virtuales generados por un ordenador, cuya fusión da lugar a una realidad mixta”* -Cobo y Moravec ⁴.

Constituye un entorno donde tiene lugar la combinación de información digital e información física en tiempo real, a través de distintos dispositivos tecnológicos, para crear una nueva realidad. El usuario recibe estímulos de ambos contextos, amplificándose las posibilidades de aprendizaje, construyendo un nuevo entorno comunicativo mixto

amplificado y enriquecido. Se trata de perfeccionar la realidad, agregando información a la misma a través de nuestros sentidos.

La sensación de presencia y el nivel de realismo, al igual que en la RV, son características principales e indicadores de la calidad de las experiencias de RA a nivel cognitivo y emocional ^{1,2}.

1.1.3. Realidad Mixta

La Realidad Mixta (RM) es una mezcla entre la RV y la RA. Se trata de un entorno que mezcla los mejores aspectos de ambas, unificando la experiencia.

Todas las interacciones son posibles en ella: interactuar con objetos reales en un mundo virtual, estar totalmente inmerso en un mundo virtual, o reproducir elementos virtuales en el entorno real ².

1.2. FUNDAMENTO DE LAS REALIDADES ALTERNATIVAS

En las últimas dos décadas, la investigación en RV y RA ha cambiado hacia la llamada era clínica, incidiendo en la rehabilitación y la neurocirugía. El número de aplicaciones y artículos que se han publicado en los últimos 5 años está en línea con el nuevo desarrollo tecnológico que se está experimentando ².

Por otro lado, hablando de cifras, la International Data Corporation prevé que la inversión en productos y servicios de RV y RA alcanzará los 215.000 millones de dólares en el año 2021, lo que representa una tasa de crecimiento anual del 113,2%. Todo ello, impulsado no sólo el consumo individualizado, sino por la demanda procedente de la educación y la salud ⁵.

El empleo de sistemas de RV y RA constituye un nuevo enfoque para entrenar, tratar y educar a las personas reforzando el aprendizaje a través de plataformas multimodales.

Las plataformas multimodales son sistemas computacionales con los que los individuos interactúan activamente a través de sus sentidos, especialmente la vista, el tacto y el oído. En este sentido, el “cómo nos comunicamos” (sobre todo con nosotros mismos) es un factor importante en “cómo el entorno se relaciona con nosotros”, y es clave en lo que hacemos y conseguimos ¹.

La RV, RA y RM constituyen las denominadas realidades alternativas. Estas, están diseñadas para conseguir pequeñas metas que implican objetivos, acción, y su consecución, elaborando estrategias, corrigiendo defectos y mejorando el rendimiento general.


El estímulo que provoca las realidades alternativas en el paciente, llega a diferentes áreas cerebrales, reconfigurando su corteza cerebral y consiguiendo acelerar su recuperación. Es decir, alcanzan efectos sobre el sistema nervioso para crear plasticidad neuronal, que permite a los usuarios enfrentar problemas y resolverlos, gracias a este proceso de aprendizaje transformador ^{1, 3}.

Las realidades alternativas son herramientas novedosas para el sector de la salud. Cada día, más equipos se incorporan a los centros sanitarios y a la gestión de salud de las personas, beneficiando a los profesionales, a los pacientes y a sus familias.

Todas estas tecnologías se implementan como la eSalud (*eHealth*) o salud electrónica y, dentro de ella, la que más ha despuntado es la mSalud (*mHealth*) o salud móvil, con un gran alcance e impacto en la sociedad ⁵. En la Tabla 1 se observan los aspectos más relevantes sobre cada tipo de realidad alternativa, y su relación con Kinect.

Tabla 1. Realidades alternativas y sus criterios. Relación con Kinect. Elaboración propia.

REALIDAD VIRTUAL	REALIDAD AUMENTADA	REALIDAD MIXTA
<ul style="list-style-type: none"> - Sumerge por completo en un mundo virtual. - Experiencia sensorial completa 	<ul style="list-style-type: none"> - Se complementa el entorno real con imágenes digitales, observamos lo que tenemos alrededor con animaciones que realmente no están ahí. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mezcla los mejores aspectos de RV y RA, ofreciendo todas las posibilidades de interacción.



KINECT
Utilizando la consola Xbox 360 y gracias a los sensores de Kinect que captan los diferentes cambios de movimiento, crean un entorno digital que permite inmersión parcial de los pacientes para alcanzar los objetivos propuestos.

Toda esta tecnología de realidades alternativas permite, mediante la utilización de videoconsolas, ordenadores u otros dispositivos de visualización de imágenes, el empleo de los dispositivos Kinect. Estos, siempre ligados a los videojuegos adecuados, constituyen herramientas adaptables a nuestro trabajo profesional como fisioterapeutas.

1.3. DISPOSITIVOS KINECT

1.3.1. ¿Qué es Kinect?

Cuando hablamos de Kinect nos referimos a un dispositivo o sistema configurado por distintos elementos tecnológicos, fundamentalmente sensores y cámaras.

Fue creado por Alex Kipman y desarrollado por Microsoft en 2009 para la consola Xbox 360, constituyendo el conjunto, un controlador de juego libre y entretenimiento. Desde 2011 existe también para PC a través de Windows 7 y Windows 8. Actualmente, existe una versión mejorada de Kinect, denominada Kinect 2.0.

El dispositivo Kinect se caracteriza porque al trabajar con los videojuegos, los individuos utilizan los movimientos y gestos de su cuerpo, así como su voz para desenvolverse en los diferentes entornos de juego; sin necesidad de contacto físico con un controlador (mando, joystick, teclado) de videojuegos tradicional ⁶.

El dispositivo consiste en una barra de 23 cm, con una pequeña base circular y un eje de articulación de rótula (Figura 1). Diseñado para colocarse longitudinalmente por encima o debajo de la pantalla de vídeo, sus características principales son ^{6, 7}:

- Contiene una cámara RGB estándar, una cámara de profundidad infrarroja, un proyector de láser infrarrojo, un arreglo de micrófonos multiarray y un motor para el movimiento del ángulo de deflexión. Los micrófonos puede procesar 4 canales de audio, permitiendo localización de la fuente acústica y supresión del ruido ambiente.
- Contiene un sensor de profundidad que ofrece la captura de datos 3D. El rango de detección de la profundidad es ajustable gracias al software de Kinect, que calibra automáticamente el sensor basándose en la jugabilidad y en el ambiente físico del jugador. El área de interacción es alrededor de 6 m².



Figura 1. Dispositivos Kinect y Kinect 2.0 ^{6, 7}

1.3.2. Dispositivo Kinect como herramienta para la rehabilitación

Los principales motivos por los cuales los dispositivos Kinect son considerados como una herramienta exitosa para la rehabilitación son los siguientes ^{6, 8}:

- El bajo costo de la herramienta comparado con el sistema de captura de movimiento más económico del mercado.
- No son necesarias condiciones específicas de iluminación.
- La integración con herramientas de animación o videojuegos permite generar actividades interactivas usando realidades alternativas.
- La portabilidad y comodidad en su uso: los datos pueden ser procesados de manera remota.
- Permite conocer la posición y orientación de 20 articulaciones del cuerpo de hasta 6 individuos, en tiempo real. Con este nivel de captura de movimiento (MoCap), es capaz de realizar un potente análisis biomecánico de las articulaciones.
- Su campo de visión angular es muy amplio: 57 ° horizontal y 43 ° vertical, capaz de inclinarse 27 ° hacia arriba o hacia abajo.
- Kinect captura el movimiento de todo el cuerpo en 3D, con reconocimiento facial y de voz; entiende cómo se mueve un ser humano y asume que somos incapaces de girar la cabeza 360°, por ejemplo.
- Kinect posee el denominado aprendizaje automático o *machine learning*: analiza una gran cantidad de datos de la vida real, para encontrar patrones de movimiento.

Por todas estas cualidades que posee Kinect, los profesionales de la salud y más concretamente, los fisioterapeutas, pueden emplearlo como herramienta terapéutica, y utilizar toda esa información y patrones de movimiento que registra Kinect para alcanzar los objetivos propuestos con cada uno de los pacientes en el transcurso hacia su recuperación funcional. Kinect se configura como una herramienta útil en este ámbito con la que se pueden trabajar todos estos aspectos 9:

1. Mejorar el equilibrio estático y dinámico.
2. Mejorar la elaboración de desplazamientos laterales.
3. Aumentar el rango de movilidad de EESS y EEII.
4. Mejorar la coordinación témporo-espacial.
5. Mejorar el *timing* (tiempo de reacción)
6. Aumentar la fuerza y resistencia muscular de EESS y EEII.
7. Realizar un trabajo propioceptivo con EEII en apoyo monopodal.
8. Mejorar el gesto en el movimiento del salto.

Estas características, además, permiten su utilización en el tratamiento fisioterápico de muchas y variadas patologías. Realizando sencillas modificaciones por medio de distintos videojuegos se alcanzan los objetivos según las necesidades de cada uno de los pacientes.

1.3.3. Videojuegos

Los videojuegos son el medio con el que llevar a cabo las experiencias con los dispositivos Kinect, ya que aportan motivación y una finalidad al trabajo desarrollado en las intervenciones con realidades alternativas. Para poder trabajar con ellos, la tecnología Kinect da la posibilidad de utilizar o bien la consola Xbox 360 o bien un PC.

1.3.3.1. Evolución y conceptos

Su origen tiene lugar en la década de 1940, apareciendo los videojuegos modernos en los años 60. Desde entonces, no han parado de evolucionar haciéndose cada vez más populares en la sociedad. Son una industria creciente, cuyos usos superan ya lo lúdico, llegando a ser una forma de cultura.

Actualmente, se emplean con fines educativos y formativos en psicología, fisioterapia, terapia ocupacional y medicina y cada vez son más las investigaciones que se realizan sobre su uso con fines terapéuticos, sus efectos y sobretodo sus diferentes métodos de aplicación, dentro del ámbito de la rehabilitación. Algunos conceptos esenciales sobre videojuegos destinados a estas aplicaciones son ⁸⁻¹⁰:

- *Serious games*: juegos que utilizan esta tecnología más allá de la diversión, con aplicaciones en educación y entrenamiento de habilidades y actitudes positivas.
- *Games for health*: son los referentes al entretenimiento médico, educación sanitaria y rehabilitación cognitiva o física.
- *Gamification*: se refiere a todos los usos de los videojuegos de carácter no lúdico.
- *Exergame* o *exergaming*: videojuegos utilizados como forma de promover o realizar ejercicio físico.

En el pasado, sin embargo, numerosas campañas de desprestigio han dificultado su presentación como una alternativa eficaz de tratamiento, obstaculizando múltiples e interesantes ensayos clínicos y generando dudas sobre su seguridad.

La aparición de dispositivos como Kinect, y sus buenos resultados en la recuperación funcional de los pacientes, están otorgando evidencia científica al empleo de estas tecnologías, e invalidando los falsos mitos acerca la utilización de videojuegos ⁹.

1.3.3.2. Análisis de los videojuegos

En la Tabla 2 se muestra un resumen esquemático sobre los videojuegos utilizados por los sistemas de realidades alternativas, donde se exponen sus beneficios, desventajas y las conclusiones en relación a su utilización ^{9, 11}.

Tabla 2: Análisis de los videojuegos empleados con RV, RA y RM. Elaboración propia.

<p>Beneficios</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Plantean ejercicio en un ambiente divertido, competitivo y motivador, sin la monotonía de las terapias clásicas. 2) Estimulan positivamente distintas áreas de la corteza cerebral. 3) Seguros para la gran mayoría de usuarios. 4) Basados en el <i>biofeedback</i>, por sumación de estímulos multisensoriales (vista, oído y receptores propioceptivos) → cuantos más receptores estimulados adecuadamente, mejores resultados. 5) Capacidad de motivar, educar y promover cambios de conducta. 6) Capacidad de distracción del dolor. 7) Útiles para combatir la obesidad y la diabetes tipo 2.
<p>Desventajas</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) La selección de pacientes: es necesario que tengan buen grado de cognición e interacción para que puedan seguir las instrucciones del juego, y así conseguir la estimulación cortical adecuada. 2) Pueden contribuir al aislamiento social, si se utilizan unidos a redes sociales online donde relaciones personales se sustituyen por contactos virtuales. 3) Pueden causar patologías leves a nivel musculo- esquelético derivadas de su empleo: sobrecargas, esguinces o tendinopatías, por gestos bruscos o repetitivos, y por la vibración de los mandos.
<p>Conclusiones</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Gran opción de tratamiento sabiéndolos dosificar e integrar en las necesidades de los pacientes, con un diseño adecuado y enfocado. 2) El abaratamiento de esta tecnología facilita el acceso a ella. 3) Es responsabilidad de los profesionales sanitarios que su uso sea positivo y no negativo, potenciando las ventajas para mejorar la salud de los usuarios y minimizando o eludiendo los riesgos. 4) Depende de los profesionales el aprender a utilizarlos seriamente y diseñar contenidos específicos para la salud y la rehabilitación.

1.3.4. Protocolo terapéutico

En esta línea, se podría utilizar un protocolo terapéutico para el uso de los dispositivos Kinect. Los protocolos facilitan la práctica clínica, configurando una base sobre

la cual realizar adaptaciones en cada paciente. El protocolo cuenta con las siguientes fases^{7,9}:

- a) Selección del paciente → atendiendo a los siguientes criterios básicos:
- Adecuado nivel cognitivo.
 - Predisposición positiva y aceptación.
 - Patologías tipo.
- b) Test de inclusión → se establece un primer contacto entre el paciente y Kinect mediante la simulación de un posible programa terapéutico (con un nivel de dificultad baja) y se evalúan una serie de parámetros imprescindibles para la terapia:
- Nivel de comprensión.
 - Percepción visual.
 - *Timing*.
- c) Fase de tratamiento/adiestramiento → se realizan unas 2 sesiones por semana con una duración media de 30-45 minutos, durante 5 semanas. Deberán ser supervisados por un profesional y se trabajará con una pauta ascendente progresiva de dificultad.
- Los recursos materiales necesarios para las sesiones con Kinect son: medios audiovisuales adecuados y sala de tratamiento amplia, íntima, con temperatura agradable y adecuada iluminación, sin obstáculos.
- d) Test final → evaluación post-tratamiento del estado del paciente y del nivel de aprendizaje adquirido.

Se recomienda al paciente continuar a nivel domiciliario con el protocolo, y acudir periódicamente a los controles pautados por los profesionales.

1.3.5. Validación de los dispositivos Kinect

Tras la búsqueda bibliográfica realizada en distintas bases de datos sobre estudios que han aplicado la tecnología Kinect, se han analizado las investigaciones con las que fundamentar mediante evidencia científica la precisión y fiabilidad de estos dispositivos.

En la Tabla 3 se observan los artículos que validan el uso de Kinect como dispositivo confiable en cuanto a sistema de medición/valoración y tratamiento.

Tabla 3. Artículos que validan los dispositivos Kinect. Elaboración propia.

AUTORES	INTERVENCIÓN	RESULTADOS/CONCLUSIÓN
Obdrzalek et al. ¹² (2012)	6 ejercicios físicos para examinar la precisión de la postura evaluada por Kinect.	Kinect es una buena opción como dispositivo de captura de movimiento en línea. Sin embargo, el rastreo del esqueleto de Kinect sufre oclusión con objetos como sillas en la escena.
Fernández-Baena et al. ¹³ (2012)	Comparó la precisión en el cálculo de los ángulos articulares entre Kinect y Vicon, un sistema comercial de MoCap.	Kinect es lo suficientemente preciso para la mayoría de los tratamientos de rehabilitación clínica, mostrando mejores resultados que el sistema Vicon.
Kurillo et al. ¹⁴ (2013)	Examinó la precisión de Kinect midiendo el espacio de trabajo alcanzable de la extremidad superior de 10 individuos sanos (Kinect frente a otro sistema MoCap).	El sistema basado en Kinect proporciona precisión y resultados confiables en comparación con el sistema MoCap.
Van diest et al. ¹⁵ (2014)	Evaluaron la idoneidad de Kinect para el seguimiento del movimiento en <i>exergames</i> en 20 individuos sanos.	Kinect captura más del 90% de todos los movimientos, rastrea movimientos del tronco con precisión, pero puede subestimar los de EESS y sobreestimar los de EEII hasta en un 30%.
Mortensen et al. ¹⁶ (2015)	Utilizaron varias consolas de videojuegos para la rehabilitación de 15 mujeres con síndrome de fibromialgia.	La intervención fue una distracción útil de su dolor crónico e informaron que Kinect era su consola preferida en comparación con Nintendo Wii y PlayStation 3 Move.

MoCap: Captura de Movimiento; ACV: Accidente Cerebrovascular; ES/EESS: extremidad/es superior/es.

Tabla 3. Artículos que validan los dispositivos Kinect. (Continuación).

AUTORES	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Lloréns R, Alcañiz M, Colomer C, Navarro MD¹⁷ (2012)	Creó un juego para promover la rehabilitación de la marcha en 15 pacientes crónicos. Usando Kinect como controlador MoCap.	El entrenamiento virtual disminuyó significativamente el tiempo de recuperación, acelerando la rehabilitación. Los terapeutas destacaron su facilidad y rapidez de uso.
Acosta IP¹⁸ (2012)	Desarrolló un sistema que utiliza Kinect para la rehabilitación de pacientes que habían sufrido un ACV. 11 sujetos.	La terapia con el sistema basado en Kinect mantuvo o mejoró el rendimiento motor de los pacientes.
Parry et al.¹⁹ (2014)	Juegos de video para rehabilitación física después de una lesión por quemadura (Kinect frente a PlayStation3) Este estudio analizó los movimiento de las EESS en 30 niños.	Mostraron que los sujetos que jugaban con Kinect lograron ROM significativamente mayores en flexión de hombro, abducción de hombro y flexión del codo.
Ortiz-Gutiérrez et al.²⁰ (2013)	25 pacientes con esclerosis múltiple que recibieron una intervención visual basada en Kinect frente a 25 pacientes control que recibieron tratamiento convencional.	Preferencia visual y equilibrio vestibular mejoraron significativamente más en el grupo Kinect.
Holmes et al.²¹ (2013)	Investigó la utilidad de una terapia basada en Kinect, con un alto grado de intensidad, para los pacientes con fibrosis quística.	Califica a Kinect como una alternativa imperativa frente al ejercicio convencional para estos pacientes, por los buenos resultados obtenidos en el estudio.

MoCap: Captura de Movimiento; ACV: Accidente Cerebrovascular; ES/EESS: extremidad/es superior/es.

Todos estos estudios validan el uso de dispositivos Kinect como sistemas de medición de distintos parámetros del cuerpo humano, constituyendo una buena herramienta de valoración de las capacidades funcionales de los pacientes y configurándose también como herramientas útiles para el tratamiento fisioterápico.

1.3.6. Validación de los dispositivos Kinect en pediatría

La fisioterapia pediátrica se encarga del asesoramiento, tratamiento y cuidado de aquellos recién nacidos, niños o adolescentes que presentan un retraso general en su desarrollo, desórdenes en el movimiento u otras enfermedades o alteraciones que pueden ser sanadas, controladas o aliviadas por expertos fisioterapeutas y / o el uso de equipo especializado.

El objetivo global de la fisioterapia pediátrica será el de *“ayudar a cada niño a conseguir su máximo potencial para funcionar independientemente y promover su participación activa en casa, la escuela y la comunidad”* ²².

Con las nuevas tecnologías y el empleo de sistemas como Kinect, el tratamiento fisioterápico en pediatría se encuentra en pleno proceso de innovación. Kinect permite trabajar con los niños no solo de una forma más entretenida y motivadora sino de manera eficiente; ahorrando tiempo de valoración a los profesionales y permitiendo alcanzar los objetivos propuestos en el tratamiento de múltiples patologías.

Como herramienta de medición encontramos artículos como el de Motiian et al. ²³ que validaron el uso automatizado de Kinect para el análisis de la marcha de los niños en sujetos sanos, considerándolo una herramienta doméstica de bajo costo, portátil y que puede ser manejada por los profesionales o los propios padres de manera sencilla.

También Rosenberg et al. ²⁴ demostraron en su estudio el nivel de confianza del sensor Kinect frente a los evaluadores, resaltando que Kinect requirió de tan solo una fracción de tiempo para analizar los resultados, siendo por lo tanto más eficiente.

Lok Oh et al. ²⁵ afirmaron que en el uso de Kinect para la valoración de los movimientos de la cabeza en niños, este muestra en relación a la CROM (*cervical range of motion*) una confiabilidad favorable. Concluyeron que teniendo en cuenta su alto rendimiento, fácil utilización, conveniencia y bajo costo, Kinect podría usarse clínicamente como un sistema de medición cuantitativo de la postura de la cabeza.

En otra línea de investigación ²⁶, Kinect fue determinante para analizar la postura y el comportamiento en la primera infancia proporcionando nuevos conocimientos sobre el desarrollo psicomotor de los niños.

Como herramienta de tratamiento Spittle et al. ²⁷ plantearon un protocolo de práctica clínica, no solo para la evaluación temprana, sino también para intervenciones dirigidas a aspectos del desarrollo motor. Todo ello, observando y analizando con tecnología Kinect las evoluciones motoras desde el nacimiento hasta los 5 años de niños nacidos con menos de 30 semanas de gestación.

Boulos et al. ¹⁰ en su estudio sobre todas las aplicaciones y *exergames* de los dispositivos Kinect, expusieron los beneficios que estos aportan tanto a nivel físico, como cognitivo, mental, psicológico y emocional especialmente en la población pediátrica. Sin embargo, reclama que hay muy pocos estudios publicados sobre los *exergames* de Kinect y se necesita más investigación sobre ellos en diversos contextos y enfermedades específicas.

2. JUSTIFICACIÓN

Vivimos en una época donde la tecnología está al alcance de todos. Su avance e integración en la sociedad está facilitando el acceso a la misma de usuarios en general y profesionales en particular. Las nuevas tecnologías forman parte del presente y futuro en nuestras vidas. La sociedad, utilizándolas, moldea su avance a través de una interacción constante, obteniéndose por el camino nuevas herramientas, nuevas formas de hacer y conceptos orientados a la mejora de nuestras vidas.

En este contexto de uso cotidiano, son muy relevantes las nuevas formas de interacción hombre-máquina, siendo las consolas multimedia uno de los campos donde más se ha avanzado.

Las realidades alternativas están demostrando su validez como herramientas de valoración y tratamiento dentro de la práctica clínica en fisioterapia. La tecnología Kinect es una de las más actuales y ventajosas aplicaciones que podemos encontrar dentro de este campo, cuya eficacia está siendo investigada y demostrada en los últimos años, con estudios que la avalan.

La posibilidad de interactuar con estos dispositivos mediante los movimientos de nuestro cuerpo, junto con el ingenio, el conocimiento y la supervisión de los profesionales, habilita nuevas formas de llevar a cabo y complementar las terapias de rehabilitación clásicas, incorporando a su vez interesantes innovaciones.

La rehabilitación se acerca de esta forma a la esfera de ocio del paciente en términos de motivación y constancia, llegando a introducir el tratamiento en el domicilio.

Además, se trata de un soporte barato frente a los costosos equipos y tecnologías especializadas de otros ámbitos del mundo sanitario. No solo por su precio asequible sino por la gran variedad de juegos disponibles a día de hoy destinados a la rehabilitación.

Kinect está pensado para que otros puedan desarrollar juegos o programas multimedia que aprovechen sus capacidades; convirtiéndose en una plataforma para dar forma a nuevas ideas.

La población pediátrica es una de las más susceptibles de ser tratada mediante el empleo de las realidades alternativas ya que presenta todas las características necesarias para explotar su potencial con el empleo de estas tecnologías.

En este sentido, cada vez se está atribuyendo más importancia al trabajo del correcto desarrollo sensorial a partir de las nuevas tecnologías, en niños con o sin patología de base, que presentan carencias o problemas en él. Si esto no es tratado debidamente, puede condicionar su correcto desarrollo general en relación a sí mismos y a su interacción con la sociedad.

Por estas razones, considero adecuado realizar una revisión bibliográfica de la literatura existente y analizar el uso de los dispositivos Kinect en el tratamiento fisioterápico de la población pediátrica; en cuanto al trabajo de la mejora multisensorial y el fomento del aprendizaje cognitivo corporal.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Analizar la efectividad del dispositivo Kinect como herramienta de fisioterapia pediátrica, para el abordaje de niños sanos y de niños con patología a nivel sensorio-motriz.

3.2. Objetivos secundarios

- Analizar la fiabilidad y validez de la tecnología Kinect como herramienta en fisioterapia pediátrica, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo.
- Analizar la efectividad de Kinect para contribuir al desarrollo sensorio-motor en la población pediátrica.
- Analizar la efectividad de Kinect en la rehabilitación de patologías pediátricas.
- Valorar las ventajas y desventajas en el empleo de Kinect en comparación con otros tratamientos convencionales.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión bibliográfica narrativa, durante los meses desde febrero hasta junio de 2019.

La metodología empleada para su realización se ha fundamentado en la búsqueda en las siguientes bases de datos: Medline (PubMed) y PEDro. También se han consultado libros de texto y publicaciones disponibles en la biblioteca de la Universidad de Valladolid.

Se han utilizado las palabras clave *“kinect”, “paedriatics” y “physiotherapy”*. Los operadores booleanos utilizados han sido: *“AND”, “OR”, “NOT”*. Se han combinado las palabras clave con los conectores para poder encontrar artículos válidos para el objetivo del trabajo. El conector *“NOT”* se intenta no utilizar demasiado para evitar confusiones en el buscador de base de datos, el conector *“OR”* se utiliza juntando las palabras con significado similar o que no son excluyentes entre ellas, y el conector *“AND”* se puede utilizar para dar una mayor sensibilidad y especificidad a la búsqueda. Se activó el término de búsqueda *MeSH* en las palabras que podían crear confusión en el buscador.

Siempre que la base de datos lo permitió se realizó una búsqueda combinada de los operadores con estos términos *MeSH*: *“Physical therapy modalities”, “Exercise Movement Techniques”, “Exercise therapy”, “Physiotherapy”, “Physical therapy”, “Child”, “Pediatrics” y “Virtual Reality”*.

4.1. Criterios de inclusión y de exclusión

De los artículos obtenidos tras realizar la búsqueda con las palabras clave se aplican los siguientes criterios de inclusión-exclusión:

Criterios de inclusión

- El diseño de los artículos son revisiones sistemáticas, meta-análisis, y ensayos clínicos aleatorizados, publicados posteriormente al año 2010, libres de pago, o de pago pedidos directamente del autor.
- Estudios sobre sujetos en edad pediátrica sanos o diagnosticados con alguna patología con afectación motora, tratados con tecnología Kinect.
- Estudios realizados en humanos.

Criterios de exclusión

- Estudios que no muestren resultados específicos de los efectos de la fisioterapia tras el empleo de tecnología Kinect.

- Estudios con muestras no significativas o con sujetos fuera del rango de edad entre 0-18 años.
- Estudios realizados en animales.
- Estudios previos al año 2010.

4.2. Estrategia de búsqueda

→ Medline (PubMed)

En la base de datos PubMed se utilizaron los términos MeSH de las palabras clave “fisioterapia”, “Kinect y “pediatría”.

1) Fisioterapia: “*Physical therapy modalities*” [MeSH], “*Exercise Movement Techniques*” [MeSH], “*Physiotherapy*” [ti], “*Physical therapy*” [ti].

2) Kinect: no tiene termino MeSH. Con el término “*virtual reality*” [MeSH] o “*Virtual Reality Exposure Therapy*” [MeSH] en su defecto, se encuentran resultados sobre Kinect.

3) Pediatría: “*pediatrics*” [Mesh], o en su defecto con “*child*” [MeSH], “*children*”, también obtenemos resultados.

Búsqueda 1: “*Kinect*” OR “*Xbox Kinect*” OR “*Virtual Reality*” [MeSH]

Obtuve así 9830 resultados, los cuales limité con los filtros:

- “Article types: clinical trial fase IV, meta-analysis, sistematic reviews”
- “Text availability: abstract”
- “Publication dates: 10 years”
- “Species: humans”
- “Ages: child (birth-18 years)”
- “Languages: english”

Quedaron **20** resultados.

Búsqueda 2: Se realizó la misma búsqueda en la base de datos PubMed, empleando en “*article types*” solo el filtro “*clinical trial*” para ampliar así la búsqueda, obtuve **146** artículos.

En una nueva búsqueda, se utilizaron los términos o palabras clave “*physiotherapy*” y “*XBox Kinect*”.

Búsqueda 3: “*Physical therapy modalities*” [MeSH] OR “*Exercise Movement Techniques*” [MeSH] OR “*Physiotherapy*” [ti] OR “*Physical therapy*” [ti] AND “*Xbox Kinect*”

Introduciendo todos los filtros de la primera búsqueda, a excepción de únicamente “*clinical trial*” en el apartado de “*article types*”, obtuve **2** resultados más.

→ PEDro

Se realizaron las siguientes búsquedas:

Búsqueda 1: "Kinect" AND "children" obteniendo 3 artículos, los cuales se habían encontrado en las búsquedas anteriores en PubMed.

Búsqueda 2: "Kinect" AND "children" AND "physical therapy" obteniendo 1 artículo que se acepta siguiendo los criterios de inclusión.

Búsqueda 3: "Kinect" AND "rehabilitation" obteniendo 3 artículos. Siguiendo los criterios de inclusión solo 1 es aceptado.

En la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo que representa el proceso de selección de los artículos.

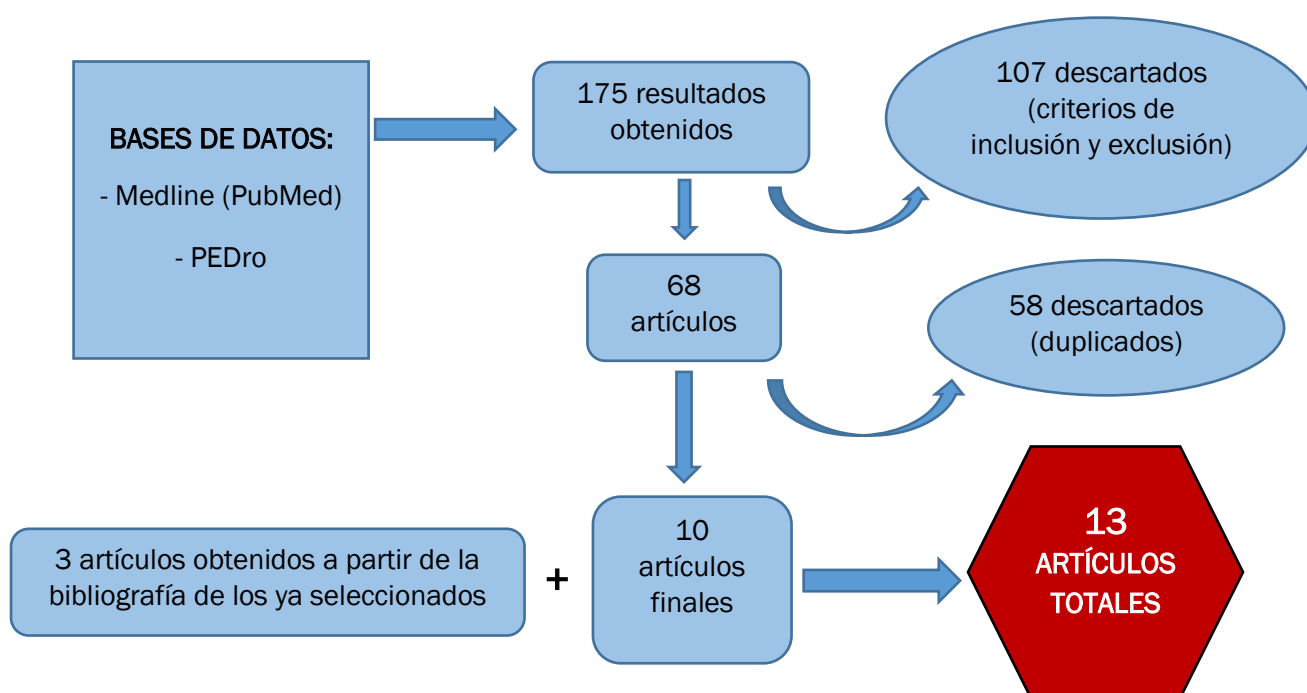


Figura 2. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica. Elaboración propia

4.3. Selección de artículos

En base a la selección de artículos se realiza una lectura crítica del objeto de este trabajo: la realidad virtual, aumentada o mixta, representada por la tecnología Kinect; y las aplicaciones y resultados que es capaz de ofrecer en el ámbito profesional de la fisioterapia pediátrica.

Aunque estas tecnologías están siendo estudiadas en la actualidad y su uso todavía no se ha extendido masivamente; sí es fácil encontrar artículos relacionados con este tema, adecuadamente realizados, tanto en población adulta como pediátrica. Sin embargo, no es tan sencillo encontrar estudios que compartan el nexo de unión que supone centrarnos exclusivamente en los dispositivos Kinect.

Los artículos disponibles en las bases de datos sobre este tema son de etiologías muy diversas, con objetivos muy diferentes y dirigidos a muy variadas poblaciones.

Intentando establecer criterios de selección de artículos para poder realizar una discusión comparativa entre ellos, he tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- ✚ Muestras de población de tamaño similar en los artículos, con rangos de edad parecidos, y todos ellos entre 0-18 años.
- ✚ Duración del periodo de tratamiento/intervención con Kinect similar y en ningún caso demasiado breve como para no ofrecer resultados fiables.
- ✚ Valoraciones de los resultados del tratamiento medidas con varias escalas, test, cuestionarios o pruebas validadas.
- ✚ Valoraciones cuantitativas y cualitativas sobre los resultados de los artículos.
- ✚ Datos estadísticos que confirmen los resultados de los estudios.
- ✚ Conclusiones claras, ya sean positivas o negativas, sobre la intervención con Kinect y la evidencia obtenida en los estudios.

Aunque no se puedan comparar en su totalidad por la diversidad de los contenidos, todos los artículos comparten las características anteriores y se basan en la intervención con dispositivos Kinect en niños, por lo que estableceré relaciones entre ellos, llegando a conclusiones comunes.

En la Tabla 4 se observan los artículos escogidos en base a los criterios anteriores.

Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados. Elaboración propia.

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Zoccolillo L et al. ²⁸ (2015)	22 niños diagnosticados de PCI de entre 4-14 años.	Evaluación de la mejora de habilidad funcional de EESS, habilidad manual e integración viso- motora. 2 grupos de tratamiento: 1) Tt° con Kinect + tt° convencional. 2) Tt° convencional + tt° con Kinect.	Cantidad de movimientos 3 veces mayor al usar los videojuegos como tratamiento. Se consigue mejora en la habilidad manual.	Kinect es factible y buen ejercicio como estrategia complementaria al tt° convencional para aumentar movimientos de la ES parética en la PCI, así como la calidad del movimiento. Se necesitan más estudios para confirmar que mejora la independencia en AVDs.
El-Shamy, S. M. ²⁹ (2018)	34 niños con AIJ poliarticular de entre 8-12 años.	Efectividad de Xbox Kinect en la mejora de la función manual y calidad de vida. 2 grupos: 1) Tt° con Kinect + tt° convencional. 2) Tt° convencional	Se evalúa la fuerza de agarre (dinamómetro), función manual (DHI) y calidad de vida (CVRS); con mayor mejoría en el grupo Kinect.	Evidencia de que el entrenamiento con Xbox Kinect junto con el tt° convencional aumenta la fuerza de agarre, función manual y calidad de vida en niños con AIJ.

PCI: Parálisis Cerebral Infantil; EESS: extremidades superiores; tt°: tratamiento; AVDs: Actividades de la Vida Diaria; AIJ: Artritis Idiopática Juvenil; DHI: Índice de Duroz; CVRS: Calidad de Vida Referente a la Salud; FQ: Fibrosis Quística; SaO2: Saturación de Oxígeno; ROM: *Range Of Motion*; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; DCD: Trastorno de coordinación del desarrollo; RV: Realidad Virtual; AVG: *Active Video Games*; SR: silla de ruedas; TEA: Trastorno del Espectro Autista; GE: grupo experimental; GC: grupo control; ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado.

Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados. Elaboración propia. (Continuación)

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Salonini et al. ³⁰ (2015)	30 niños con FQ entre 8-17 años. Tras ciclo antibiótico antimicrobiano.	Evaluación de la terapia con Kinect post alta hospitalaria (72 horas) frente al ciclo estacionario tradicional. 2 grupos: 1) Xbox Kinect. 2) Cicloergómetro.	Se evalúa la frecuencia cardiaca (monitorizada), la disnea (escala analógica visual), SaO2, y el disfrute del sujeto.	Kinect induce aumento significativo en frecuencia cardiaca máxima (buen entrenamiento) y proporciona mayor disfrute con menor percepción de disnea y fatiga muscular por parte de los sujetos. Mejor que el cicloergómetro convencional.
Lozano El, Potterton JL. ³¹ (2018)	66 niños en unidad de quemaduras pediátricas entre 5-12 años	Efecto de Kinect como ttº complementario en quemados. Seguimiento 14 meses. 2 grupos: 1) Ttº estándar de fisioterapia. 2) Ttº estándar+ Xbox Kinect.	Se evalúa: ROM pasivo y activo (goniómetro), capacidad funcional (escala ASK), disfrute (escala Wong-Baker FACES)	Mejores puntuaciones del grupo Kinect en todos los parámetros a evaluar. Complemento útil en rehabilitación de quemaduras pediátricas. Mejora la función y distrae del dolor. Mayor disfrute y motivación.

PCI: Parálisis Cerebral Infantil; EESS: extremidades superiores; ttº: tratamiento; AVDs: Actividades de la Vida Diaria; AIJ: Artritis Idiopática Juvenil; DHI: Índice de Duroz; CVRS: Calidad de Vida Referente a la Salud; FQ: Fibrosis Quística; SaO2: Saturación de Oxígeno; ROM: *Range Of Motion*; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; DCD: Trastorno de coordinación del desarrollo; RV: Realidad Virtual; AVG: *Active Video Games*; SR: silla de ruedas; TEA: Trastorno del Espectro Autista; GE: grupo experimental; GC: grupo control; ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado.

Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados. Elaboración propia. (Continuación)

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Delgado-Gómez, et al. ³² (2017).	30 niños diagnosticados de TDAH de entre 8-12 años.	Evaluación de la gravedad del TDAH mediante juegos con Kinect. Se pasa la escala SWAN que mide la atención positiva y los comportamientos impulsivos regulados.	En los pacientes con alta impulsividad o hiperactividad los tiempos de reacción son bajos y tienen más dificultades en inhibir sus reacciones.	Kinect: buena herramienta para rastrear el movimiento de la mano ante el estímulo, proporciona medidas más precisas de tiempos de reacción y detecta movimientos inhibidos. Buen método para evaluar y diferenciar los subtipos de TDAH.
Engel-Yeger B, Sido R, Mimouni-Bloch A, Weiss PL. ³³ (2017)	50 niños, 25 diagnosticados de DCD Y los otros 25 con desarrollo típico, de entre 5-9 años.	Evaluación de la relación entre competencia percibida y rendimiento durante tareas motoras reales y virtuales en niños con DCD. Se evalúa a todos con: M-ABC-2, escala de competencia percibida, prueba 6´ marcha, y 2 juegos Kinect.	Cuestionario de retroalimentación corta para niños y evaluaciones muestran: Kinect es una buena herramienta de evaluación y ttº. Aumenta el disfrute, competencia y participación.	Correlaciones significativas entre juegos virtuales y evaluaciones motoras estándar: Kinect brinda un perfil más rico que estas en la evaluación de niños con DCD. La rehabilitación con RV tiene un gran potencial para mejorar la competencia de estos niños. Juegos virtuales aumentan la motivación y confianza en sí mismos.

PCI: Parálisis Cerebral Infantil; EESS: extremidades superiores; ttº: tratamiento; AVDs: Actividades de la Vida Diaria; AIJ: Artritis Idiopática Juvenil; DHI: Índice de Duroz; CVRS: Calidad de Vida Referente a la Salud; FQ: Fibrosis Quística; SaO2: Saturación de Oxígeno; ROM: *Range Of Motion*; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; DCD: Trastorno de coordinación del desarrollo; RV: Realidad Virtual; AVG: *Active Video Games*; SR: silla de ruedas; TEA: Trastorno del Espectro Autista; GE: grupo experimental; GC: grupo control; ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado.

Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados. Elaboración propia. (Continuación)

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Ashkenazi et al. ³⁴ (2013)	30 niños diagnosticados de DCD de entre 4-6 años	Comparación de la efectividad de programas de intervención convencionales frente a juegos de RV (Kinect). 2 grupos: 1) Tt° convencional. 2) Tt° con Kinect.	Cambios significativos en la puntuación de M-ABC-2, prueba de caminar, apuntar y capturar en ambos grupos siendo ambas intervenciones igual de beneficiosas.	Kinect es tan efectivo como el programa convencional en la mejora de habilidades en niños con DCD. Se valida por tanto como una nueva herramienta clínica para el tt° de esta población
Johnson et al. ³⁵ (2016)	36 niños sanos con experiencia AVG mínima previa. (Variable de confusión p<0,10.)	Evaluación de la habilidad manual de control de objetos percibida y real. Dos grupos de evaluación: 1°) Grupo de intervención con juegos del dispositivo Kinect. 2°) Grupo control.	Con el TGMD-3 y la PMSC se llevó a cabo la evaluación de: habilidad en control de objetos percibidos y habilidades de movimiento percibidas por imágenes.	Las puntuaciones en las habilidades de ambos grupos no mostraron diferencias significativas, aunque el estudio revisa literatura anterior que sí ha demostrado que en poblaciones especiales los AVG son prometedores para fines de aprendizaje y rehabilitación.

PCI: Parálisis Cerebral Infantil; EESS: extremidades superiores; tt°: tratamiento; AVDs: Actividades de la Vida Diaria; AIJ: Artritis Idiopática Juvenil; DHI: Índice de Duroz; CVRS: Calidad de Vida Referente a la Salud; FQ: Fibrosis Quística; SaO2: Saturación de Oxígeno; ROM: *Range Of Motion*; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; DCD: Trastorno de coordinación del desarrollo; RV: Realidad Virtual; AVG: *Active Video Games*; SR: silla de ruedas; TEA: Trastorno del Espectro Autista; GE: grupo experimental; GC: grupo control; ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado.

Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados. Elaboración propia. (Continuación)

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Zondervan et al. ³⁶ (2015)	8 niños discapacitados con necesidad de pasar de una SR manual a una SR eléctrica.	Diseño y evaluación de la interfaz Kinect- SR: KWIC para uso pediátrico y entrenamiento de movilidad.	Se llevó a cabo una evaluación por parte de 8 terapeutas del sistema de silla de ruedas inteligente controlada durante 50 horas, con resultados satisfactorios.	El sistema KWIC puede ofrecer entrenamiento de movilidad motorizado a un mayor número de niños que de forma tradicional. Kinect consigue aumentar la motivación y el compromiso con el entrenamiento. Hay que mejorar su aplicabilidad en la clínica.
Mesa-Gresa P, Gil-Gómez H., Lozano-Quilis JA y Gil-Gómez JA ³⁷ (2018)	Revisión sistemática de 31 artículos sobre la terapia de RV en niños (602 en total) con TEA, entre 5-15,5 años. 4 estudios incluyeron niños con Asperger.	451 participantes estaban en una GE de RV y 151 participantes estaban en un GC. Solo diez estudios compararon GE con GC, mientras que 21 estudios evaluaron solo el impacto de la intervención en un GE.	30/31 estudios declararon que el ttº con RV resultó en la mejora de al menos uno de los objetivos abordados. 1/31 mostró resultados no concluyentes. En 10/31 la mejora fue estadísticamente significativa.	Existe evidencia moderada de que el ttº basado en RV puedan ayudar a los niños con TEA. La falta de hallazgos definitivos no nos permite afirmar que pueden mejorar los resultados del ttº tradicional. Sin embargo, los resultados prometedores y las ventajas de la RV debería alentar a la comunidad científica a emplearla como ttº.

PCI: Parálisis Cerebral Infantil; EESS: extremidades superiores; ttº: tratamiento; AVDs: Actividades de la Vida Diaria; AIJ: Artritis Idiopática Juvenil; DHI: Índice de Duroz; CVRS: Calidad de Vida Referente a la Salud; FQ: Fibrosis Quística; SaO2: Saturación de Oxígeno; ROM: *Range Of Motion*; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; DCD: Trastorno de coordinación del desarrollo; RV: Realidad Virtual; AVG: *Active Video Games*; SR: silla de ruedas; TEA: Trastorno del Espectro Autista; GE: grupo experimental; GC: grupo control; ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado.

Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados. Elaboración propia. (Continuación)

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Chen YP, Lee SY, Howard AM ³⁸ (2014)	Meta-análisis sobre el efecto de la RV en la función de la ES en niños con PCI. 14 investigaciones: 3 ECA y 11 series de casos.	Intervención de RV para mejorar la función de la ES en niños con PCI. Evaluar la asociación entre los efectos de la RV y las características de los niños y un protocolo de intervención.	La RV tuvo un efecto potencialmente fuerte en mejorar la función de la ES. 13/14 estudios mostraron al menos 1 resultado positivo entre las variables de resultado, excepto un ECA	La RV es una herramienta viable para mejorar la función de la ES en niños con PCI, sin embargo, se necesita un diseño de investigación más vigoroso para hacer una recomendación concluyente.
Galvin J, McDonald R, Catroppa C, Anderson V. ³⁹ (2011)	Revisión sistemática de 1 ECA y 4 estudios de caso. Niños con alteraciones neurológicas que afectan a sus EESS.	Uso de la RV para mejorar la función de la ES en los niños con alteraciones neurológicas.	Ningún estudio obtuvo más del 50% en Downs y Black escala, indicando limitaciones metodológicas que limitan la generalización.	La evidencia del uso de la RV para mejorar las habilidades de brazos y manos está emergiendo. Muestras pequeñas e inconsistencias en medición del resultado no permiten generalizar los hallazgos. Se requieren estudios adicionales.

PCI: Parálisis Cerebral Infantil; EESS: extremidades superiores; ttº: tratamiento; AVDs: Actividades de la Vida Diaria; AIJ: Artritis Idiopática Juvenil; DHI: Índice de Duroz; CVRS: Calidad de Vida Referente a la Salud; FQ: Fibrosis Quística; SaO2: Saturación de Oxígeno; ROM: *Range Of Motion*; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; DCD: Trastorno de coordinación del desarrollo; RV: Realidad Virtual; AVG: *Active Video Games*; SR: silla de ruedas; TEA: Trastorno del Espectro Autista; GE: grupo experimental; GC: grupo control; ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado.

Tabla 4. Resumen de los artículos seleccionados. Elaboración propia. (Continuación)

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Tatla SK et al. ⁴⁰ (2013)	Revisión sistemática de la contribución de la motivación a los resultados de la rehabilitación en intervenciones en niños con PCI.	Estudiar el efecto de las intervenciones de rehabilitación motivacional sobre los resultados en niños con PCI. Se evaluaron los resultados de 8 estudios que utilizaron intervenciones de realidad virtual, una de ellas en un contexto de terapia funcional.	Evidencia en 3 estudios sobre el impacto en niños con PCI de la motivación: factor crítico que influye en los resultados motores y funcionales. Limitaciones: muestras pequeñas e investigadores que han sacado conclusiones subjetivas.	Falta investigación sobre los efectos de la motivación en las intervenciones, cuando sí se ha demostrado su importancia. LA RV demuestra su efecto positivo en la motivación. Falta consistencia en el examen de la motivación, hay uso limitado de definiciones o teorías para fundamentar el concepto de motivación, y existe confianza en herramientas metodológicas no validadas.

PCI: Parálisis Cerebral Infantil; EESS: extremidades superiores; ttº: tratamiento; AVDs: Actividades de la Vida Diaria; AIJ: Artritis Idiopática Juvenil; DHI: Índice de Duroz; CVRS: Calidad de Vida Referente a la Salud; FQ: Fibrosis Quística; SaO2: Saturación de Oxígeno; ROM: *Range Of Motion*; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; DCD: Trastorno de coordinación del desarrollo; RV: Realidad Virtual; AVG: *Active Video Games*; SR: silla de ruedas; TEA: Trastorno del Espectro Autista; GE: grupo experimental; GC: grupo control; ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Kinect como sistema de valoración o evaluación

Kinect es un dispositivo de captura de movimiento, capaz de detectar las articulaciones del cuerpo y sus movimientos en el espacio ⁵. En base a esto, puede ser empleado como sistema de evaluación o valoración en fisioterapia pediátrica analizando distintos parámetros corporales.

➤ Kinect como sistema de captura de movimiento

Delgado- Gómez et al. ³² realizaron un estudio de prueba para ver si Kinect podía llevar a cabo una evaluación objetiva del TDAH a partir del estudio de los patrones motores de 30 niños de entre 8 y 12 años, de los cuales el 50% presentaba problemas de inatención, el 43% problemas de hiperactividad y el 7% restante manifestaban características combinadas de los subtipos anteriores, todos ellos con TDAH. El propósito del estudio era utilizar Kinect junto a la escala SWAN para evaluar el nivel de gravedad de TDAH de cada niño. Por lo tanto, trataron de validarlo como herramienta de medición capaz de establecer patrones de movimiento. Se les evaluó a través de diferentes juegos y actividades, que exponían a los niños a un total de 60 estímulos, rastreando el movimiento de la mano dominante ante los estímulos y Kinect registró los datos de: longitud del desplazamiento, rapidez óculo manual y tiempo requerido para completar la acción. Los resultados determinaron que los individuos con alta hiperactividad presentan tiempos de reacción bajos y dificultad en la inhibición de sus reacciones, llegando a la conclusión de que Kinect proporciona unas mediciones precisas de estos dos parámetros.

En esta línea de investigación, otro estudio ²² corrobora el nivel de confianza del sensor Kinect detectando tiempos de reacción frente a las evaluaciones tradicionales realizadas por profesionales, resaltando que Kinect requirió de tan solo una fracción de tiempo para analizar los resultados, siendo por lo tanto más eficiente. Este resultado concuerda con Motiiian et al. ²³ en su estudio sobre la valoración de la marcha en niños sanos. En este sentido, Van Diest et al. ¹⁵ también mostraron que es una herramienta válida para la captura del movimiento de todo el cuerpo y especialmente del tronco. Sin embargo, obtuvo peores resultados en la captura de movimientos de las EEII y EESS con un margen de error del 30%. Es decir, en la evaluación de las extremidades con Kinect no es del todo precisa. Esto contrasta con los estudios anteriores ^{22, 23, 32} que siguen otorgando a Kinect un alto porcentaje de fiabilidad como sistema de captura del movimiento.

En esta línea, es conveniente la realización de estudios que midan la efectividad de otros sistemas la captura de movimiento para considerar la utilización de estos en el caso de que aportasen resultados más fiables en el análisis de las distintas patologías pediátricas.

Son varias las investigaciones ^{13, 14} que han tenido esto en cuenta y han analizado las mediciones de Kinect frente a otros sistemas de captura de movimiento, con resultados en cuanto a medición de ángulos articulares más precisos y confiables por parte de los dispositivos Kinect. Kurillo et al. ¹⁴ llegaron a la conclusión de que el dispositivo es lo suficientemente preciso para la mayoría de los tratamientos de rehabilitación clínica.

Lok Oh et al. ²⁵ afirmaron respecto a la medición de ángulos que el uso de Kinect para la valoración de los movimientos de la cabeza en niños muestra una confiabilidad favorable pudiendo usarse clínicamente como un sistema de medición cuantitativo de la postura de la cabeza. Este dato nos habla de la precisión de Kinect en la medición de ángulos, ya que el CROM (*cervical range of motion*) resulta más difícil de evaluar que el ROM de las articulaciones de otras regiones corporales.

➤ Kinect frente a otros sistemas de medición

Engel-Yeger B, Sido R, Mimouni-Bloch A, Weiss PL. ³³ en su estudio buscan analizar el desarrollo motor en 50 niños con edades comprendidos entre los 5 y los 9 años. 25 de ellos diagnosticados de DCD y 25 con un desarrollo normal. Todos ellos jugaron a 2 juegos Kinect con el cual fueron evaluadas sus habilidades motrices, a la vez que eran valorados por profesionales fisioterapeutas y se les pasó la Batería de Evaluación de Movimiento para niños (M-ABC-2) y la Escala Pictórica de Competencia Percibida. Se concluyó que existían correlaciones significativas en las mediciones de los juegos virtuales y las herramientas de evaluaciones motoras estándar. Concluyeron que Kinect es una herramienta fiable para evaluar a niños con DCD. Esta escala de movimiento es de uso habitual ³⁴ en investigaciones con el mismo grupo poblacional y rangos de edad similares. Otros autores ^{28,35} utilizan otras escalas para la medición de la habilidad motora. En este sentido son muchas las escalas que se pueden emplear para la medición de estas variables por lo que los investigadores deberán escoger una u otra según los ítems que haya que mejor se ajusten a la patología.

En relación a los juegos utilizados con Kinect, sería conveniente la realización de estudios en los que se incluya un mayor número de juegos virtuales como ²⁹, para que el dispositivo pueda analizar una mayor cantidad de movimientos de los sujetos, facilitando la identificación de los patrones de movimiento. Estos se utilizan como herramientas de tratamiento fisioterápico de las distintas patologías pediátricas, aprovechando el carácter motivacional y el entretenimiento que ofrecen ¹⁰ junto con la posibilidad de adaptación del juego a la edad del niño.

5.2. Kinect como herramienta terapéutica

Los artículos seleccionados ^{28-31, 34-40} son muy dispares en cuanto al tratamiento de las patologías estudiadas: PCI ^{28, 38, 40}, AIJ ²⁹, FQ ³⁰, niños con quemaduras ³¹, DCD ³⁴, niños discapacitados en silla de ruedas ³⁶, TEA ³⁷ y niños con trastornos neurológicos ³⁹. Cada una de ellas, presenta características propias y específicas que condicionan los tratamientos de fisioterapia, y deben ser consideradas para adaptar el protocolo terapéutico de Kinect.

➤ Mejora funcional de MMSS

Los estudios ^{28, 29, 38, 39} han encontrado mejoras significativas a nivel motor en MMSS, tanto en la cantidad como en la calidad del movimiento, con la consecuente mejora de la funcionalidad.

Zoccolillo et al. ²⁸, coinciden en que la RV es una herramienta fiable para mejorar la función de la ES en niños con PC. Presentan una terapia basada en videojuegos con Xbox Kinect para 22 niños PCI entre 4 y 14 años distribuidos al azar en 2 grupos. Uno donde se efectuó la terapia Kinect (videojuegos) y otro donde se llevó a cabo el tratamiento convencional (fisioterapia Bobath) Se llevaron a cabo 2 sesiones de 30 minutos a la semana, durante 8 semanas y se evaluaron 3 parámetros: la mejora en la habilidad funcional de MMSS, mediante QUEST (*Quality of Upper Extremities Skills Test*); la habilidad manual, mediante la *Abilhand- Kids Score* y la integración viso-motora mediante la VIM (*Visual-Motor Integration functioning Scale*). Los resultados del estudio mostraron que los movimientos de MMSS en la RV se incrementaron 3 veces más que con el tratamiento convencional, aumentando también su calidad, por lo que se consideró como una herramienta efectiva de forma complementaria al tratamiento convencional.

Cumpliendo con esto, **El-Shamy** ²⁹ investigó la eficacia del sistema de juegos virtuales en Xbox Kinect en la función de la mano en 34 niños con AIJ de entre 8-12 años. La mitad de ellos configuró el grupo de estudio, el cual recibió tratamiento con Xbox Kinect mediante 5 juegos y tratamiento convencional, durante 36 sesiones de 50 minutos, en un periodo de 12 semanas. El grupo control por su parte recibió solo tratamiento convencional en el mismo periodo de tiempo. Se evaluaron en este estudio, antes y después del periodo de tratamiento, los siguientes parámetros: fuerza de agarre de la mano, mediante un dinamómetro hidráulico manual; función manual, mediante el Índice de la mano de Duruöz (DHI) y calidad de vida relacionada con la salud (CVRS), mediante el Inventario de Calidad de Vida Pediátrica (versión 4.0); concluyendo que el entrenamiento con Xbox Kinect más el tratamiento convencional aumenta la fuerza de agarre y la función manual en niños con AIJ.

Un meta-análisis ³⁸ recogió 14 investigaciones donde la RV tuvo un efecto potencialmente fuerte en mejorar la función de la ES en los niños con PC. Cada estudio incluido en esta revisión mostró al menos 1 resultado positivo entre las variables de resultado, que incluían movimientos de la ES, como alcanzar, agarrar o la función de la ES, medidos por una escala general de evaluación de la motricidad fina. Un solo estudio no mostro resultados significativos, lo cual puede ser debido 13 al margen de error del 30% en las mediciones de Kinect de los MMSS.

Otros autores, Johnson et al. ³⁵, en su estudio a niños sanos obtienen resultados que cuestionan la mejora de la funcionalidad de la ES mediante el empleo de videojuegos. Evaluaron mediante 3 juegos de Xbox Kinect si este podía mejorar las destrezas a nivel de MMSS en 36 niños sin patología de entre 6 y 10 años. El grupo de intervención, con 19 niños, llevo a cabo la experiencia con Kinect una vez por semana en sesiones de 50 minutos, durante 6 semanas. Se evaluó la habilidad percibida en el control de objetos, mediante el Test de *Gross Motor Development* (TGMD-3, última versión de 2015) la calidad del movimiento percibida por los niños mediante la Escala Pictórica de Competencia de Habilidad del Movimiento Percibido (PMSC). Los resultados del artículo determinaron que no se observó una diferencia significativa entre los grupos de control y de intervención en las habilidades de ES tras el tratamiento.

Todas estas investigaciones ^{26 28 38} encuentran mejoras en las habilidades de las manos y los brazos sin embargo sus muestras son pequeñas por los que sus resultados están limitados. Otros estudios con muestras superiores ^{37 39} destacan que esta mejora funcional se debe al uso de la RV, si bien indican que se debe investigar más sobre las tareas y actividades a realizar y el tiempo de tratamiento.

En esta línea, los resultados que obtiene Johnson et al ³⁵ son opuestos a otros trabajos^{28,29,38,39} cuestionando la mejora de la funcionalidad en la ES. Podría ser debido a que las mejoras se obtienen en trabajos de investigación en niños con alteraciones neurológicas ³⁹, en los que se encuentran mejoras en las actividades funcionales que requieren el uso de una o ambas manos y en cuya valoración se incluyen medidas específicas de control motor y ROM.

Por lo tanto, aunque Kinect sí consiga mejorar la funcionalidad de la ES al trabajar en niños con patología ^{28, 29, 38, 39}, podría no ser capaz de suponer una mejora significativa en el desarrollo de habilidades de ES para niños sanos ³⁵.

Debería considerarse la posibilidad de analizar medidas de resultado/variables similares en los artículos sobre el empleo de esta tecnología en los tratamientos de fisioterapia en EESS ^{28,38} para poder llegar a conclusiones sobre su utilización de forma más clara y sencilla. Sin embargo, no se puede afirmar que usando las mismas herramientas y midiendo las mismas

variables, se vayan a obtener resultados similares, ya que la variabilidad de las patologías estudiadas cuestiona la posibilidad de alcanzar resultados comunes al respecto.

Se ha observado una gran disparidad entre la medición de la efectividad de Kinect, por los diferentes procedimientos de valoración ^{32, 33}, ya que a pesar de medirse las capacidades funcionales o el ROM, no todos describen que movimientos que se están midiendo ni en que articulaciones se están llevando a cabo las mediciones.

Así mismo, se requieren estudios adicionales para investigar la capacidad de mantener las ganancias obtenidas con el uso de RV en la ES en el tiempo y determinar si estos logros se transfieren a las tareas y actividades de la vida real.

Además, algunos estudios ^{29, 39} no establecen evaluaciones complementarias de las extremidades contralaterales ni recogen datos de valoraciones pre y post intervención de fisioterapia; con lo cual se dificulta la realización de una crítica adecuada de los resultados de las intervenciones llevadas a cabo.

➤ Mejora de las habilidades motoras

Kinect ha sido estudiado en pediatría para ver su eficacia como sistema de entrenamiento y mejora de habilidades motoras en niños con y sin patología.

Salonini et al. ³⁰ realizaron un estudio para determinar si los videojuegos Kinect en 30 niños y adolescentes entre 8 y 17 años con FQ realmente supone un ejercicio adecuado para ellos. Se intervino justo después de que hubieran recibido un ciclo antibiótico intravenoso en el hospital, en las 72 horas post alta, y fueron divididos en 2 grupo, uno con tratamiento Kinect durante 2 sesiones en las cuales se jugó a un juego de intensidad progresivamente creciente. El otro grupo realizó un ciclo estacionario aeróbico tradicional de alta intensidad, con el cicloergómetro. Se evaluaron: respuesta cardiorrespiratoria; disfrute del sujeto, mediante escala de tipo Likert de 5 puntos; SpO2; nivel de disnea mediante la Escala Analógica Visual de 0-10 de calificación del Dolor de Cara Feliz y percepción de la fatiga mediante la Escala de pasos OMNI para niños. Las conclusiones de este estudio determinan que Xbox Kinect induce un aumento significativo en la FC máxima.

El juego de Kinect involucra todo el cuerpo ⁴ lo que puede contribuir a un mayor nivel de actividad y constituir una mejor herramienta de entrenamiento de poblaciones con problemas de tolerancia al ejercicio, frente a tratamientos convencionales que se centran en la movilidad de una sola parte del cuerpo, como el cicloergómetro respecto a las EEII.

Otros investigadores **Ashkenazi et al.** ³⁴ compararon la efectividad de los programas de intervención convencionales frente a juegos de RV de bajo costo; en 30 niños pequeños entre 4-

6 años con DCD divididos en ambos grupos de tratamiento. Obtuvo cambios estadísticamente significativos en la puntuación de la Batería de Evaluación de Movimiento para niños (M-ABC-2) al igual que Engel-Yeger et al. ³³ en el artículo mencionado anteriormente. 23 de los 30 niños consiguieron mejorar sus habilidades motoras y se concluyó que ambas intervenciones son igual de beneficiosas. Los juegos de Kinect suponen una expansión de las herramientas clínicas en el tratamiento de niños con DCD. Otros estudios realizan una comparación de Kinect frente al tratamiento convencional. La falta de investigación impide una recomendación clara como sustituto al tratamiento convencional, que los artículos ^{32, 33} sí proponen en referencia a Kinect como sistema de valoración.

En otra línea de tratamiento, **Zondervan et al.** ³⁶ realizaron el diseño de una silla de ruedas inteligente (KWIC) para que niños discapacitados puedan acceder al entrenamiento de movilidad motorizado. Tradicionalmente se necesita un entrenamiento personalizado, guiado manualmente por un entrenador/cuidador. Esto supone mucho tiempo personal y puede suponer complicaciones. El sistema Kinect, convierte una SR normal en eléctrica y existe una conexión virtual SR-terapeuta, con control compartido adaptativo. El estudio se llevó a cabo con 8 niños durante 50 horas y los terapeutas comprobaron que de esta forma podían ofrecer el entrenamiento de movilidad a un mayor número de niños. Se concluyó que KWIC es una herramienta útil para aumentar el acceso al entrenamiento de movilidad motorizada aunque se recomendó mejorar su aplicabilidad para su uso clínico.

Otros investigadores **Mesa-Gresa P, Gil-Gómez H., Lozano-Quilis JA y Gil-Gómez JA** ³⁷ recogieron 31 artículos sobre la terapia con RV en niños con TEA cuatro de los cuales incluyeron también a niños diagnosticados con Asperger. 602 niños en total: 451 en el EG y 151 en un GC. Solo diez estudios compararon EG con CG, mientras que 21 evaluaron solo la intervención en un EG. La edad media de los sujetos en los diferentes estudios varió de 5 a 15,5 años. Respecto a la efectividad, 30 de los 31 estudios declararon que la aplicación del tratamiento basado en RV mejoró al menos uno de los objetivos abordados. Solamente un estudio especificó que los resultados no fueron concluyentes. Sin embargo, solo 10 de los estudios identificaron la mejora como estadísticamente significativa. Para los estudios analizados, existe evidencia moderada de que los tratamientos basados en VR puedan ayudar a los niños con TEA.

Son varios los artículos que mejoran las habilidades motoras ^{30,34,36,37} Sin embargo, el intervalo de edades es diferente entre ellos. Ashkenazi et al. ³⁴ presenta un intervalo de dos años únicamente frente al resto superiores a 10 años. Otros estudios ^{28, 30,} no tienen en consideración las diferencias entre el rango de edad. Esto podría suponer un sesgo ya que el desarrollo psicomotor de los niños se obtiene en diferentes edades.

En esta línea, la terapia de RV basada en Kinect, con su retroalimentación constante y motivadora y la variación en el programa de ejercicios, influye en el disfrute de los niños; expresando menor percepción de disnea y fatiga muscular en los sujetos del grupo de Kinect.³⁰; aumentando la motivación y el compromiso con el entrenamiento e involucrando a los niños en las sesiones³⁶ y mejorando la calidad de vida en los niños con AIJ²⁹. Este aspecto podría influir en la mejora de la habilidad motora.

Cabe destacar el incremento de la gran participación de los individuos en los estudios^{31, 34, 38} lo que puede implicar mayor adherencia al tratamiento y habilitar a los dispositivos Kinect a alcanzar mejores resultados en la recuperación motora de los pacientes.

En base a esto, Tatla et al.⁴⁰ evidenció la alta participación en las intervenciones de rehabilitación motivacional. Midieron los efectos motivadores de las intervenciones de rehabilitación en niños con PC, concluyendo que este es un factor crítico que influye en los resultados motores y funcionales al generar una mayor adherencia a los tratamientos.

➤ Distracción del dolor

En cuanto a la mejora de la calidad de vida y aumento del disfrute, hay investigaciones que hablan de los efectos de la tecnología de RV en la distracción del dolor propio de patologías que cursan con dolor físico^{19,31}.

Lozano El y Potterton JL³¹ investigaron el efecto de Xbox Kinect en una unidad de quemaduras pediátricas; como complemento de la fisioterapia. Se llevó a cabo con 66 niños de entre 5-12 años ingresados en la unidad de quemaduras pediátricas del hospital CHBAH de Sudáfrica. El 50% de estos 66 niños presentaba quemaduras por agua caliente, el 30% quemaduras por llama y el 12 % eléctricas. Se dividieron en 2 grupos, uno de los cuales recibió un tratamiento estándar de fisioterapia basado en el mantenimiento del ROM y la fuerza muscular, prevención de contracturas y facilitación de AVDs. El otro recibió el mismo tratamiento más terapia con Xbox Kinect mediante 2 posibles juegos durante 2 sesiones por semana de 15-30 minutos cada una. Se lleva a cabo un seguimiento de 14 meses de los pacientes. Se valoró: ROM de las articulaciones afectadas mediante goniometría, capacidad funcional mediante la escala de Actividades para Niños (ASK) y el disfrute de la intervención mediante la escala de calificación del disfrute de Wong-Baker FACES. Los resultados mostraron que Kinect fue un complemento útil ya que obtuvo mejoras en el ROM y mejor resultado en FACES, siendo muy motivador para ayudar a estos niños tanto a mejorar la función como a distraerse del dolor.

Parry et al.⁴⁹ obtuvo resultados similares, consiguiendo ROM significativamente mayores en flexión y abducción de hombro, y flexión del codo; pudiendo deberse a que el videojuego

Kinect utilizado realizara actividades con recorridos articulares superiores, que contribuyese a un aumento de la movilidad de las EESS. En este sentido, los pacientes del estudio de Parry et al. podrían presentar una disminución mayor en el dolor.

Son muchas las investigaciones que no describen el dolor en el sujeto ^{11-15, 22-25, 27} Otras sí mencionan la calidad de vida ^{29,30} e incluso otras se fundamentan en el análisis del dolor ^{19, 31}. No tener datos sobre el dolor del paciente ¹¹⁻¹⁵ constituye una limitación a la hora de elegir los mejores videojuegos para el tratamiento con los dispositivos Kinect, puesto que el dolor ralentiza la recuperación y provoca miedo al movimiento que puede incluso impedir las terapias con RV. Por el contrario, la información recogida por Mortensen et al. ¹⁶ en pacientes con dolor crónico que calificaron Kinect como su terapia preferida en la distracción de su dolor, demuestra la importancia de considerar este parámetro a la hora de hablar de este tipo de dispositivos. Falta evidencia sobre los efectos en la distracción del dolor ³¹ que produce la tecnología Kinect al ser un factor que depende de la valoración subjetiva del propio paciente, su estado anímico o el umbral de activación de sus receptores nociceptivos.

5.3. Limitaciones

Los artículos seleccionados en esta revisión bibliográfica son muy recientes debido a que el tema tratado está siendo investigado desde hace poco tiempo y por lo tanto, no hay estudios a largo plazo.

Las limitaciones más importantes son:

- La variabilidad en el rango de edad estudiado: la franja total de edades contemplada en el conjunto de los estudios es de los 4 a los 17 años. Aunque todos se hallan dentro de la edad pediátrica, este margen de edad es muy amplio especialmente teniendo en cuenta los cambios tan relevantes que se experimentan en la infancia.
- Los tiempos de seguimiento de los estudios encontrados son cortos y muy variables entre ellos, con terapias de solo 2 sesiones durante 3 días ³⁰, hasta las 12 semanas de tratamiento en el estudio de los niños con AIJ ²⁹ o los 14 meses de seguimiento del estudio en la unidad de quemaduras pediátricas ³¹.
- La terminología utilizada en este tipo de estudios es complicada de entender en el ámbito sanitario al formar parte en cierta medida de las competencias propias de la ingeniería.

6. CONCLUSIONES

- 1) El dispositivo Kinect es eficaz como sistema de evaluación y tratamiento en los pacientes pediátricos para fines de rehabilitación, cuya accesibilidad, apropiación clínica y utilidad aumentan continuamente.
- 2) Los videojuegos que utilizan los dispositivos Kinect aumentan la motivación, la participación y la adherencia al tratamiento en fisioterapia pediátrica.
- 3) Las realidades alternativas empleadas en fisioterapia reducen la experiencia de dolor, el miedo asociado al movimiento y mejoran las relaciones con las AVDs en los niños.
- 4) Los dispositivos Kinect mejoran la función a nivel estructural en patologías pediátricas con limitaciones de la movilidad.
- 5) El trabajo con los dispositivos Kinect mejora las capacidades y habilidades durante el desarrollo psicomotor en la población pediátrica. En este sentido, las investigaciones realizadas en el ámbito de la educación, demuestran que contribuye al correcto desarrollo sensorio motriz y cognitivo-corporal en cualquier niño.

Sería conveniente la realización de un mayor número de estudios a largo plazo sobre los efectos de programas de ejercicio basados en Kinect.

De la misma forma, la divulgación de estas herramientas entre los profesionales sanitarios y su formación sobre el uso de los dispositivos Kinect, contribuiría a la implantación real de estos dispositivos en nuestros entornos profesionales con los beneficios que esto implica.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Jofré Pasinetti N, Rodríguez G, Alvarado Y, Fernández J, Guerrero RA. Realidad virtual y realidad aumentada como medios para un lenguaje generativo multimodal. 2018;396-400. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67489>
2. Cipresso P, Giglioli IAC, Raya MA, Riva G. The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Front Psychol.* 2018;9: 1-20.
3. Sutherland IE. The Ultimate Display.pdf. *IFIP Congr.* 1965;506-8.
4. Cristobal Cobo JWM. Aprendizaje invisible. *User Model Springer Berlin Heidelb* [Internet]. 2005;43:367-76. Disponible en: http://www.publicacions.ub.edu/ver_indice.asp?archivo=07458.pdf
5. Ledo MV, Alonso IBL, Aquilino II, Garrido S, Aldo II, Hernández M, et al. Realidad aumentada Augmented reality. *Educ Médica Super.* 2017;31(2):1-12.
6. Muñoz J, Henao O, López J. Sistema De Rehabilitación Basado En El Uso De Análisis Biomecánico Y Videojuegos Mediante El Sensor Kinect *Rehabilitation System Based on the Use of Biomechanical Analysis and Videogames Through the Kinect Sensor.* Edición Espec. 2013;123-7799.
7. Mousavi Hondori H, Khademi M. A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation. *J Med Eng.* 2014;2014:1-16.
8. Tanaka K, Parker JR, Baradoy G, Sheehan DP, Holash RJ, Katz L. A Comparison of Exergaming Interfaces for Use in Rehabilitation Programs and Research. *Loading.* 2012;6(9):69-81.
9. Fuertes González S. Manual de rehabilitación con videojuegos. Pozuelo de Alarcón, Madrid: Enfoque Editorial S.C.; 2013.
10. Kamel Boulos MN. Xbox 360 Kinect Exergames for Health. *Games Health J* [Internet]. 2012;1(5):326-30. Disponible en: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/g4h.2012.0041>
11. Yunior E. Sistemas de juegos de rehabilitación (Rehabilitation Gaming System - R.G.S.) en fisioterapia: historia, métodos de aplicación, beneficios y desventajas con evidencia científica [Internet]. *Fisiocampus.com.* [citado 20 May 2019]. Disponible en: <https://www.fisiocampus.com/articulos/sistemas-de-juegos-de-rehabilitacion-rehabilitation-gaming-system-rgs-en-fisioterapia-historia>

12. Obdrzalek S, Kurillo G, Ofli F, Bajcsy R, Seto E, Jimison H, et al. Accuracy and robustness of Kinect pose estimation in the context of coaching of elderly population. Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc EMBS. 2012;1188-93.
13. Fernández-Baena A, Susín A, Lligadas X. Biomechanical validation of upper-body and lower-body joint movements of kinect motion capture data for rehabilitation treatments. Proc 2012 4th Int Conf Intell Netw Collab Syst INCoS 2012. 2012;656-61.
14. Kurillo G, Chen A, Bajcsy R, Han JJ. Evaluation of upper extremity reachable workspace using Kinect camera. Technol Heal Care. 2013;21(6):641-56.
15. Van Diest M, Stegenga J, Wörtche HJ, Postema K, Verkerke GJ, Lamoth CJC. Suitability of Kinect for measuring whole body movement patterns during exergaming. J Biomech [Internet]. 2014;47(12):2925-32. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.07.017>
16. Mortensen J, Kristensen LQ, Brooks EP, Brooks AL. Women with fibromyalgia's experience with three motion-controlled video game consoles and indicators of symptom severity and performance of activities of daily living. Disabil Rehabil Assist Technol. 2015;10(1):61-6.
17. Lloréns R, Alcañiz M, Colomer C, Navarro MD. Balance recovery through virtual stepping exercises using kinect skeleton tracking: A follow-up study with chronic stroke patients. Annu Rev CyberTherapy Telemed. 2012;10:108-12.
18. ACOSTA Pastor I. Upper limb rehabilitation of stroke patients using kinect and computer games. 2012;(August). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23366134>
19. Parry I, Carbullido C, Kawada J, Bagley A, Sen S, Greenhalgh D, et al. Keeping up with video game technology: Objective analysis of Xbox Kinect™ and PlayStation 3 Move™ for use in burn rehabilitation. Burns [Internet]. 2014;40(5):852-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.burns.2013.11.005>
20. Ortiz-Gutiérrez R, Cano-de-la-Cuerda R, Galán-del-Río F, Alguacil-Diego IM, Palacios-Ceña D, Miangolarra-Page JC. A telerehabilitation program improves postural control in multiple sclerosis patients: A Spanish preliminary study. Int J Environ Res Public Health. 2013;10(11):5697-710.
21. Holmes H, Wood J, Jenkins S, Winship P, Lunt D, Bostock S, et al. Xbox Kinect™ represents high intensity exercise for adults with cystic fibrosis. J Cyst Fibros [Internet]. 2013;12(6):604-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcf.2013.05.005>
22. Macías Ly J Faloaga J. Fisioterapia en pediatría. Panamericana 2018 2ª ed. Madrid

23. Motiian S, Pergami P, Guffey K, Mancinelli CA, Doretto G. Automated extraction and validation of children's gait parameters with the Kinect. *Biomed Eng Online*. 2015;14(1):1-36.
24. Rosenberg M, Thornton AL, Lay BS, Ward B, Nathan D, Hunt D, et al. Development of a kinect software tool to classify movements during active video gaming. *PLoS One*. 2016;11(7):1-14.
25. Oh BL, Kim J, Kim J, Hwang JM, Lee J. Validity and reliability of head posture measurement using Microsoft Kinect. *Br J Ophthalmol*. 2014;98(11):1560-4.
26. Hepach R, Vaish A, Tomasello M. Novel paradigms to measure variability of behavior in early childhood: posture, gaze, and pupil dilation. *Front Psychol*. 2015;6:1-12.
27. Spittle AJ, McGinley JL, Thompson D, Clark R, FitzGerald TL, Mentiplay BF, et al. Motor trajectories from birth to 5 years of children born at less than 30 weeks' gestation: early predictors and functional implications. Protocol for a prospective cohort study. *J Physiother* [Internet]. 2016;62(4):222-3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2016.07.002>
28. Zoccolillo L1, Morelli D, Cincotti F, Muzzioli L, Gobbetti T, Paolucci S IM. Video-Game Based Therapy for Children With Cerebral Palsy. 2015;51(6):669-76.
29. El-Shamy, S. M., "Efficacy of Xbox Kinect virtual gaming system on hand function and quality of life in children with juvenile idiopathic arthritis", *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, vol. 23, issue 2, pp. 94-100, 2018.
30. Salonini E, Gambazza S, Meneghelli I, Tridello G, Sanguanini M, Cazzaroli C, et al. Active Video Game Playing in Children and Adolescents With Cystic Fibrosis: Exercise or Just Fun? *Respir Care*. 2015;60(8):1172-9.
31. Lozano EI, Potterton JL. The use of Xbox Kinect™ in a Paediatric Burns Unit. *South African J Physiother*. 2018;74(1):1-7.
32. Delgado-Gomez D, Peñuelas-Calvo I, Masó-Besga AE, Vallejo-Oñate S, Tello IB, Duarte EA, et al. Microsoft kinect-based continuous performance test: An objective attention deficit hyperactivity disorder assessment. *J Med Internet Res*. 2017;19(3):1-8.
33. Engel-Yeger B, Sido R, Mimouni-Bloch A, Weiss PL. Relationship between perceived competence and performance during real and virtual motor tasks by children with developmental coordination disorder. *Disabil Rehabil Assist Technol* [Internet]. 2017;12(7):752-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/17483107.2016.1261305>

34. Ashkenazi T, Laufer Y, Ashkenazi T, Orian D, Weiss PL. Effect of training children with Developmental Coordination Disorders in a virtual environment compared with a conventional environment. 2013 Int Conf Virtual Rehabil ICVR 2013. 2013;46-50.
35. Johnson TM, Ridgers ND, Hulteen RM, Mellecker RR, Barnett LM. Does playing a sports active video game improve young children's ball skill competence? J Sci Med Sport [Internet]. 2016;19(5):432-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2015.05.002>
36. Zondervan DK, Secoli R, Darling AML, Farris J, Furumasu J, Reinkensmeyer DJ. Design and evaluation of the kinect-wheelchair interface controlled (KWIC) smart wheelchair for pediatric powered mobility training. Assist Technol. 2015;27(3):183-92.
37. Mesa-Gresa P, Gil-Gómez H, Lozano-Quilis JA, Gil-Gómez JA. Effectiveness of virtual reality for children and adolescents with autism spectrum disorder: An evidence-based systematic review. Sensors (Switzerland). 2018;18(8):2486
38. Chen YP, Lee SY, Howard AM. Effect of virtual reality on upper extremity function in children with cerebral palsy: A meta-analysis. Pediatr Phys Ther. 2014;26(3):289-300.
39. Galvin J, McDonald R, Catroppa C, Anderson V. Does intervention using virtual reality improve upper limb function in children with neurological impairment: A systematic review of the evidence. Brain Inj. 2011;25(5):435-42.
40. Tatla SK, Sauve K, Virji-Babul N, Holsti L, Butler C, Van Der Loos HFM. Evidence for outcomes of motivational rehabilitation interventions for children and adolescents with cerebral palsy: An american academy for cerebral palsy and developmental medicine systematic review. Dev Med Child Neurol. 2013;55(7):593-601.