



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**Realidad virtual en la neurorrehabilitación en pacientes con parálisis  
cerebral**

**Trabajo de Titulación para obtener el título de Licenciadas en  
Fisioterapia**

**Autoras:**

Espín Gutierrez, Andrea Dayana

Mejía Benavides, Madeleine Tatiana

**Tutora:**

Msc. María Belén Pérez García

**Riobamba, Ecuador. 2024**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotras, **Andrea Dayana Espín Gutierrez** y **Madeleine Tatiana Mejía Benavides**, con cédula de ciudadanía **0504429739** y **0504313321**, autoras del trabajo de investigación titulado: **Realidad virtual en la neurorrehabilitación en pacientes con parálisis cerebral**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 05 de Noviembre de 2024.



---

Andrea Dayana Espín Gutierrez  
C.I: 0504429739



---

Madeleine Tatiana Mejía Benavides  
C.I: 0504313321



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**CERTIFICADO DEL TUTOR**

Yo, **Msc. María Belén Pérez García** docente de la carrera de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Chimborazo, en mi calidad de tutora del proyecto de investigación denominado **REALIDAD VIRTUAL EN LA NEURORREHABILITACIÓN EN PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL** elaborado por las señoritas **ANDREA DAYANA ESPÍN GUTIERREZ Y MADELEINE TATIANA MEJÍA BENAVIDES** certifico que, una vez realizadas la totalidad de las correcciones el documento se encuentra apto para su presentación y sustentación.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad facultando al interesado hacer uso del presente para los trámites correspondientes.

Riobamba, 21 de octubre del 2024

Atentamente,

Msc. María Belén Pérez García

**DOCENTE TUTORA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**CERTIFICADO DEL TRIBUNAL**

Los miembros del tribunal de revisión del proyecto de investigación denominado **REALIDAD VIRTUAL EN LA NEURORREHABILITACIÓN EN PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL** presentado por las señoritas **ANDREA DAYANA ESPÍN GUTIERREZ Y MADELEINE TATIANA MEJÍA BENAVIDES** y dirigido por la **Msc. MARÍA BELÉN PÉREZ GARCÍA** en calidad de tutora, una vez revisado el informe escrito del proyecto de investigación con fines de graduación en el cual se constató el cumplimiento de las observaciones realizadas, se procede a la calificación del documento.

Por la constancia de lo expuesto firman

Mgs. María Gabriela Romero Rodríguez

**Presidente Del Tribunal De Grado**

**Firma**

Mgs. Ernesto Fabian Vinueza Orozco

**Miembro Del Tribunal De Grado**

**Firma**

Mgs. David Marcelo Guevara Hernández

**Miembro Del Tribunal De Grado**

**Firma**

Riobamba, 21 de octubre del 2024



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.15  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **MEJÍA BENAVIDES MADELEINE TATIANA** con CC: **0504313321** y **ESPÍN GUTIERREZ ANDREA DAYANA** con CC: **0504429739**, estudiante de la Carrera de **FISIOTERAPIA**, Facultad de Ciencias de la Salud; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"REALIDAD VIRTUAL EN LA NEURORREHABILITACIÓN EN PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL"**, cumple con el 4%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 25 de octubre de 2024



---

Mgs. María Belén Pérez García  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por haberme traído hasta este gran punto de mi vida, a mis padres Norma y Patricio por su sacrificio constante para que yo pueda terminar mi carrera universitaria, ser un pilar fundamental en mi vida a Henry por brindarme su cariño de hermano, a mi tía María por ser como mi segunda madre, a mis abuelitos Rosa, Emilio, Gloria, Germánico por sus historias llenas de experiencias y por ser un ejemplo de fortaleza

*Andrea Dayana Espín Gutierrez*

## **DEDICATORIA**

Con amor y gratitud a mis padres, Antonio y Lorena, por creer en mí y ser un apoyo incondicional, gracias a su sacrificio he logrado culminar una etapa más. A mis abuelitos, Beatriz por consentirme y llenarme de bendiciones cada fin de semana y al cielo, Alonso, este logro es suyo también, le honro en cada logro. A Nataly, la tía confidente y que siempre está pendiente de cada detalle, a Guadalupe por su cariño y generosidad como madrina. A Melissa por ayúdame a superar muchos desafíos. A mis hermanas y familiares sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

A mi enamorado, Andy por ser mi guía en esta etapa, por su paciencia, y amor genuino que han sido fundamentales en cada paso.

*Madeleine Tatiana Mejía Benavides*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado en la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi fuente inagotable de inspiración. A la Universidad Nacional de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias de la Salud, a todos sus docente y cado uno de los que conforman la carrera de fisioterapia por transmitir todos sus conocimientos, agradezco a mi tutora Msc. María Belén Pérez García

*Andrea Dayana Espín Gutierrez*

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por haberme acogido en mi etapa universitaria. Agradezco especialmente a todos los docentes de la carrera por su generosidad, dedicación y sabiduría. Sin su conocimiento nada de esto habría sido posible.

Con profunda gratitud al Msc. Ustariz y a la Msc María Belén Pérez por su invaluable orientación, conocimiento y apoyo durante el proceso de investigación, sus consejos han sido fundamentales.

*Madeleine Tatiana Mejía Benavides*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR	
CERTIFICADO DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I.....	13
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1    Parálisis cerebral.....	15
2.2    Etiología.....	15
2.3    Epidemiología.....	16
2.4    Factores de riesgo.....	16
2.5    Clasificación de la parálisis cerebral.....	16
2.5.1    Parálisis cerebral espástica.....	16
2.5.2    Parálisis cerebral discinética.....	17
2.5.3    Parálisis cerebral atáxica.....	17
2.5.4    Parálisis cerebral mixta.....	18
2.6    Clasificación de la parálisis cerebral según el nivel funcional.....	18
2.7    Manifestaciones clínicas no motoras.....	18
2.7.1    Neurológicas.....	18
2.7.1    Digestivas.....	18
2.7.2    Neurosensoriales.....	19
2.7.3    Musculoesqueléticas.....	19
2.7.4    Respiratorias.....	19
2.7.5    Otras.....	19
2.8    Realidad virtual.....	19
2.9    Componentes de la realidad virtual.....	19

2.10	Características de la realidad virtual.....	20
2.11	Tipos de realidad virtual .....	20
2.11.1	Sistema inmersivo total .....	20
2.11.2	Sistema semi-inmersivo o sistemas de proyección .....	20
2.11.3	Sistema aumentado o mixto.....	20
2.12	Realidad virtual en fisioterapia.....	21
2.12.1	Aprendizaje motor .....	21
CAPÍTULO III. ....		22
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....		22
3.1	Diseño de la investigación.....	22
3.2	Tipo de investigación.....	22
3.3	Nivel de investigación. ....	22
3.4	Método de investigación.....	22
3.5	Tiempo de investigación.....	22
3.6	Criterios de inclusión y exclusión .....	22
3.6.1	Criterios de inclusión.....	22
3.6.2	Criterios de exclusión .....	23
3.7	Población de estudio.....	23
3.8	Técnicas de recolección de datos.....	23
3.9	Estrategias de búsqueda.....	23
3.10	Análisis de los artículos científicos según la escala de PEDro.....	25
CAPÍTULO IV.....		29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		29
4.1	Resultados.....	29
4.2	Discusión .....	39
CAPÍTULO V.....		41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		41
5.1	Conclusiones.....	41
5.2	Recomendaciones .....	41
CAPÍTULO VI.....		42
PROPUESTA.....		42
ANEXOS.....		48
	Anexo 1: Escala de PEDro .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valoración de artículos según la escala de PEDro .....	25
Tabla 2. Análisis de realidad virtual en la neurorrehabilitación de pacientes con parálisis cerebral .....	29
Tabla 3. Análisis de los artículos científicos por puntuaciones en la escala de PEDro .....	48
Tabla 4. Análisis de los artículos científicos por año de publicación .....	49
Tabla 5. Análisis de los artículos por el tipo de terapia realizado .....	49

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Diagrama de flujo.....	24
Figura 2. Análisis de los artículos científicos por puntuaciones en la escala de PEDro .....	49
Figura 3. Análisis de los artículos científicos por año de publicación .....	50
Figura 4. Análisis de los artículos por el tipo de terapia realizado .....	50

## RESUMEN

La parálisis cerebral es un trastorno heterogéneo que se caracteriza por alteraciones permanentes de la postura, del movimiento y alteraciones del tono muscular que limitan las actividades de la vida diaria. Su tratamiento con la realidad virtual logra cumplir con objetivos de rehabilitación gracias a su retroalimentación en tiempo real. La realidad virtual logra crear estímulos sensoriales en el área motora cerebral promoviendo las conexiones neuronales en el cerebro. Por lo tanto, este trabajo de investigación tiene como objetivo identificar la eficacia de la realidad virtual en la neurorrehabilitación en pacientes con parálisis cerebral.

El estudio es de diseño documental, de tipo bibliográfico que se constituye de 26 artículos científicos, seleccionados mediante búsqueda en bases de datos como Medline, Google Scholar y Scopus, con la finalidad de identificar el proceso de neurorrehabilitación mediante la aplicación de realidad virtual. Los criterios de inclusión fueron; artículos publicados en los últimos 10 años, con puntuación mayor o igual a 6/10 en la escala Fisiotherapy evidence databases con acceso libre.

El resultado de la búsqueda permitió identificar 82 ensayos controlados aleatorizados y mediante el proceso de filtración en base a los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron finalmente 26 ensayos controlados aleatorizados que relacionan el proceso de neurorrehabilitación mediante realidad virtual.

Los estudios muestran resultados satisfactorios debido a que existen avances significativos en la función motora, cognitiva, sensorial y funcional del paciente, cuando se aplica la neurorrehabilitación mediante realidad virtual; sin embargo, se ha podido demostrar que es más efectivo el tratamiento en los pacientes con parálisis cerebral, cuando se realiza una rehabilitación complementaria de realidad virtual y terapia convencional.

**Palabras clave:** parálisis cerebral, realidad virtual, fisioterapia, terapia convencional.

## Abstract

The cerebral paralysis is a multidimensional disorder consisting of permanent alterations in position, movement and alterations in muscle tone that limit activities of daily living. Its treatment with virtual reality achieves rehabilitation goals thanks to its real-time feedback. Virtual reality helps to create sensory stimulation within the cerebral motory area, stimulating neuronal connections in the brain. Therefore, this research aims to identify the effectiveness of virtual reality in neurorehabilitation in patients with cerebral paralysis. This study is a documentary design, bibliographic type that consists of 26 scientific articles, selected by searching databases such as Medline, Google Scholar and Scopus, in order to identify the neurorehabilitation process through the application of virtual reality. The inclusion criteria were: articles published in the last 10 years, with a score greater than or equal to 6/10 on the Fisiotherapy evidence databases scale with free access. The resulting search identified 82 randomized controlled tests and through the filtering process based on the inclusion and exclusion criteria, and finally selected 26 randomized controlled tests that relate the neurorehabilitation process by means of virtual reality. The studies reports satisfactory results because there are significant advances in motory, cognitive, sensory and functional function of the patient, when neurorehabilitation is applied through virtual reality; however, it has been demonstrated that the treatment is more effective in patients with cerebral paralysis, when it is performed a complementary rehabilitation of virtual reality with conventional therapy.

### Keywords:

CEREBRAL PARALYSIS, VIRTUAL REALITY, PHYSIOTHERAPY,  
CONVENTIONAL THERAPY.



Firmado electrónicamente por:  
ENRIQUE JESUS  
GUAMBO YEROVI

Reviewed by

Msc. ENRIQUE GUAMBO YEROVI

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 0601802424

## CAPÍTULO I.

### INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral (PC) es una de las discapacidades físicas más comunes presente en la infancia, aproximadamente ocurre en 2,1 de cada 1.000 nacidos vivos. Este trastorno heterogéneo se caracteriza por trastornos de movimiento, comorbilidades médicas y alteración del tono muscular. Esto es atribuido a las alteraciones no progresivas que ocurren durante el desarrollo del cerebro del feto o del niño cuando esta pequeño, algunos autores consideran al periodo neonatal mientras otros lo extienden hasta los dos años de vida. El trastorno motor será persistente, pero sus manifestaciones clínicas van a estar en constante variación ya que estas van evolucionando en medida que el sistema nervioso va madurando (1).

De igual manera se ve incluido el dolor, él cual es considerado una experiencia sensorial de modo compleja, que puede ser agudo, crónico, recurrente o constante teniendo una duración mayor a los 3 meses. La población con PC presenta un 32% de dolor en niños y va en incremento con un 74% en adolescentes. Según su etiología van a existir diferentes tipos de deterioro motor, capacidades funcionales y grados. La PC se asocia con varias comorbilidades incluyendo: problemas musculoesqueléticos, dificultad en la alimentación, epilepsia, dificultad de comunicación, discapacidad intelectual, anomalías auditivas y anomalías visuales (2).

La clasificación de la PC tradicionalmente se basaba en un examen neurológico mostrando diferentes formas como: discinética, espástica, hipotónica, atónica y atáxica, mientras que la clasificación más reciente “Sistema de clasificación de funciones motoras gruesas” se guía en las diferencias existentes en la deambulación presentes desde el nivel I (mayor capacidad) hasta el nivel V (menor capacidad) (3).

La realidad virtual (RV) avanzado de manera significativa en los últimos años, generando diferentes maneras de uso debido a su gran funcionalidad. El cual es un sistema informático que sirve para representar un mundo artificial por medio de imágenes o escenas, que brinda una sensación de realismo brindando una impresión de poder manipular objetos. Este sistema tiene 3 elementos en el cual se basa: interacción, simulación e inmersión. Por lo que la persona intuitivamente es capaz de interactuar con estímulos auditivos, visuales y táctiles (4)

Es una herramienta prometedora para pacientes con deterioro neurológico que sirve para la intervención en rehabilitación motora. La RV ofrece una gran capacidad para lograr en la rehabilitación objetivos mediante la retroalimentación en tiempo real, mediante sus estrategias con dificultad adaptativa. El uso de entornos virtuales es atractivo debido a su similaridad con los juegos, siendo una forma entretenida y motivadora para comprometer al paciente en la terapia (5)

En Ecuador, existen 2.423.400 personas con discapacidad de las cuales 242.340

poseen PC en variadas edades. De 10 países de América del sur se posiciona en el séptimo lugar. En la ciudad de Ambato existe un gran número de discapacidades que se encuentran relacionadas a la parálisis cerebral del cual el 47% de las personas con PC rondan entre de 1 a 10 años (6)

Los fisioterapeutas observaron que los atributos positivos de realizar esta terapia eran la motivación y la diversión, así promoviendo como objetivo principal identificar la eficacia de la realidad virtual en la neurorrehabilitación en pacientes con parálisis cerebral; para promover el uso de la RV como método de rehabilitación en pacientes de todas las edades (7)

Las investigaciones han demostrado que la RV es una alternativa viable a la terapia convencional; ya que así se mejora simultáneamente la función tanto de extremidades superiores como inferiores en pacientes con discapacidades neuromotoras juntamente con la motivación la persona obtendrá un tratamiento más eficaz (7)

El tratamiento tradicional en niños, adolescentes y adultos con PC está conformado por fisioterapia mediante fortalecimiento, posicionamiento, estiramiento, facilitación del movimiento. El uso de RV en rehabilitación es conveniente para cumplir con todos los objetivos principales de rehabilitación debido a que se puede usar para una terapia repetible, controlada, interactiva e intensiva con biofeedback. Por estas razones en la actualidad la RV ha ganado terreno en el abordaje de los problemas neuromotores (8)

Los pacientes que comienzan su terapia en base a la RV utilizan las experiencias adquiridas en la terapia para su vida diaria, siendo uno de los principales resultados la mejora del movimiento creando habilidades nuevas en base a su motricidad. El fisioterapeuta observa un mayor cumplimiento en la terapia por parte de los pacientes al utilizar este medio inmersivo (8)

Por lo tanto, este trabajo de investigación tiene como objetivo identificar la eficacia de la realidad virtual en la neurorrehabilitación en pacientes con parálisis cerebral.

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Parálisis cerebral

La parálisis cerebral (PC) es una de las discapacidades motoras más frecuentes, esta constituye un problema de gran magnitud. En la actualidad se conoce como alteraciones heterogéneas que afectan permanentemente a la postura, limitando las actividades y los movimientos normales, se atribuye a alteraciones ocurrida durante el desarrollo cerebral del niño pequeño o del feto. Dentro de los trastornos motores se encuentra con frecuencia alteraciones, perceptivas, sensoriales, cognitivas, de la conducta, epilepsia, problemas musculoesqueléticos secundarios y trastornos de la comunicación (9)

Las manifestaciones clínicas varían, van cambiando a medida que existe una maduración del sistema nervioso, sin embargo, el trastorno motor será persistente. Un buen diagnóstico está integrado por la anamnesis y la exploración neurológica, por lo tanto, este se basará en la subjetividad del explorador, siendo necesario diferentes valoraciones para poder concluir un déficit motor persistente, y descartando que haya otros signos que pueda generar un diagnóstico erróneo, ya que esta patología no implica una etiología, gravedad o historia natural determinadas. La finalidad de la intervención en PC es promover la integración del paciente y mejorar su calidad de vida (9)

#### 2.2 Etiología

El Proyecto Nacional Perinatal Colaborativo en los años 1959 – 1966 realizó un seguimiento de madres embarazadas y a sus hijos por 7 años, con el fin de determinar las causales de la parálisis cerebral. El proyecto colaborativo en su conclusión destacó que grupo de niños que se realizó el seguimiento un 0,5% desarrolló PC, el bajo peso al nacer y asfixia perinatal son unos de los factores principales (10)

La PC tiene una prevalencia del 60% en pacientes neonatos de término con puntajes  $\leq 3$  Apgar a los 20 minutos, mientras que no tuvo desarrollo en la mayor parte de neonatos de término con asfixia, que obtuvieron  $<3$  de puntaje Apgar a los cinco minutos. La asfixia severa se presenta con anomalías cerebrales congénitas en alguno de los niños, por otro lado, un 10% de los casos con PC indicaba solo asfixia aislada. En la actualidad existen varios factores de riesgo que se encuentran asociados a esta patología como; infección materna o corioamnionitis, embarazos múltiples y trombofilia fetal o materna (10).

La asfixia neonatal se ha venido planteando numerosos criterios más estrictos. Generando una mayor disociación de la asfixia con la PC. Estos criterios más estrictos han sido presentados por el Colegio Americano de Ginecólogos y Obstetras para Encefalopatía Neonatal y Parálisis Cerebral. Al subestimar estos estrictos criterios no se estaría tomando en cuenta los riesgos que pueden presentarse en el recién nacido posterior a la asfixia (10).

## **2.3 Epidemiología**

Mediante un registro europeo Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, se estima la prevalencia de parálisis cerebral es 2-3 por cada 1.000 recién nacidos (RN) vivos. Para este registro la edad fue un criterio de inclusión. La definición utilizada de PC es todos los casos donde las afecciones del sistema nervioso central se han producido antes de los 2 años. Por otra parte, también se puede incluir una edad mínima en el registro que va de los 4-5 años, debido que hasta esta edad es idónea para corroborar el diagnóstico de PC (9).

Un estudio descriptivo de corte transversal efectuado a niños con parálisis cerebral con menos de 16 años en la ciudad de Cuenca se descubrió que entre la edad de 6.2 años existió 72 pacientes con PC, 53.9% presenta atrofia cerebral; 80.6% tuvo epilepsia, un 43,1% se internó por causa de infección respiratoria. Por otra parte, en los antecedentes prenatales y neonatales, un 42.1% los familiares de los pacientes su economía es media baja, 54.2% fue internado áreas de neonatología, recibió reanimación un 38.9% y 6.9% presento neuro infección (11).

## **2.4 Factores de riesgo**

Durante el periodo prenatal, perinatal, postnatal pueden originarse diversos factores:

- Factores de riesgo prenatales: enfermedades de la madre como; disfunción tiroidea, alteraciones de coagulación, preeclampsia, enfermedades autoinmunes. Infecciones intrauterinas, traumatismos, exposición a tóxicos o drogas, alteraciones placentarias como; trastornos vasculares cerebrales, bajo peso al nacer, malformaciones del SNC y prematuridad.
- Factores de riesgo perinatales: aquí encontramos; infecciones perinatales, bradicardia fetal, hipoxia-isquémica y parto distócico.
- Factores de riesgo postnatales: se presenta después de los 28 días de nacido; ictus, anoxia, tumores, infecciones y traumatismos.
- En sus principales causas basándose en el orden de frecuencia es: prematuridad (78%), CIR (34%), infección intrauterina (28%), hemorragia ante parto (27%), patología placentaria grave (21%) y parto múltiple (20%) (9).

## **2.5 Clasificación de la parálisis cerebral**

En base a la semiología de la distribución de la afección y el trastorno motor se puede dividir en tres principales: espásticos, discinético y atáxico (9).

### **2.5.1 Parálisis cerebral espástica**

Se presenta en un 70-80% siendo la más común, en este tipo predomina la espasticidad de las zonas distales. Definiéndose como un aumento del tono muscular que al momento de incrementarse provoca en el paciente una resistencia al estirar los músculos. La vía piramidal es la causante de provocar espasticidad. La motoneurona puede presentar otros signos que da positivo a la afección como lo es la hiperreflexia. Existen también signos negativos como; torpeza motora, movimientos voluntarios pero dificultosos y lentos (9).

### **La parálisis cerebral espástica puede ser:**

- **Hemiplejía o hemiparesia espástica:** es unilateral afectando al miembro superior o inferior. Sus principales causas pueden ser; prenatal (75%), perinatal (14%) o postnatal (11%). Se manifiesta más en hombres en su lado derecho. En la mayoría de los casos son asintomáticos en su período neonatal. Uno de los principales signos que se puede observar es el uso de una sola mano antes de cumplir 1 año, esta puede ir acompañada de discapacidad intelectual o epilepsia. Los pacientes que presenta esta patología llegan a deambular antes de los 3 años (10).
- **Monoplejía o monoparesia espástica:** esta afección es muy rara ya que afecta a un solo miembro regularmente es una hemiplejía (9).
- **Diplejía espástica:** se presenta por lo general en recién nacidos (RN) prematuros, en un (5-10% de los RC<1.500 g). Esta PC es una de las más comunes, representa un 40% de los casos. Frecuentemente las lesiones asociadas son; infarto hemorrágico periventricular y leucomalacia periventricular. En su primera fase que se presenta entre los 6 y 12 meses suele ser silenciosa, posteriormente aparecen síntomas de afección piramidal como; estrabismo, alteración de la motricidad gruesa del miembro inferior, menor frecuencia epiléptica, dificultad de atención con trastornos del aprendizaje (9).
- **Tetraparesia espástica:** es un tipo de PC menos común con un 5%. Una de las principales causas es la hipoxia-isquemia pre- o perinatal y los procesos infecciosos, es más frecuente en recién nacidos de término (RNT) que en recién nacidos postérmino (RNPT). La afección motora va dirigida a miembro superior e inferior con una afectación en la discapacidad visual, un desarrollo pobre del lenguaje y dificultad para alimentarse (9).

### **2.5.2 Parálisis cerebral discinética**

Se presenta frecuentemente entre un 10-15%, puede presentarse como una afección secundaria del sistema extrapiramidal. Una causa más común es una hipoxia-isquemia grave. Entre los meses 5-12 no presenta síntomas excepto de una hipotonía axial, hasta los 2 años puede darse un desarrollo clínico como; alteración de la postura generando movimientos involuntarios, alteración del tono. Regularmente presentan sialorrea, no existe déficit cognitivo, no presenta contractura, la epilepsia no es común (10).

- Parálisis cerebral coreo-atetoides: genera en el paciente, contracciones desorganizadas, rápidas en los músculos bulbares, extremidades proximales, en cara y dedos. En los músculos distales pueden presentarse movimientos de contorsión lentos.
- Parálisis cerebral distónica: caracterizada por la contracción en conjunto de los músculos agonistas y antagonistas (9).

### **2.5.3 Parálisis cerebral atáxica**

Corresponde al 4% de las PC. En el lactante se presenta hipotonía y retraso en el desarrollo motor, posteriormente aparecerá inestabilidad tanto en bipedestación como en sedestación, alteración en la coordinación, control fino y dismetría. Mejora con el tiempo de

tal manera que los pacientes pueden llegar a caminar de forma autónoma, aunque de manera tardía >6 años (9).

#### **2.5.4 Parálisis cerebral mixta**

Parálisis cerebral mixta: es frecuente encontrar en la práctica clínica la combinación de las formas anteriores (10).

### **2.6 Clasificación de la parálisis cerebral según el nivel funcional**

Basándonos en el sistema Gross Motor Function Classification System, podemos clasificar en varios niveles la funcionalidad motora:

- Nivel I: corresponde al 27,5%, el equilibrio, la coordinación y la velocidad serán limitadas mientras que no habrá limitación para correr, andar, subir y bajar escaleras.
- Nivel II: corresponde al 11,5%, dificulta saltar y correr, limitaciones de la marcha de larga distancia o en terrenos irregulares. Para subir gradas se necesita escaleras.
- Nivel III: corresponde al 20%, pueden caminar con la ayuda de muletas o bastón para cortas distancias, para largas distancias usan silla de ruedas que pueden ser manejadas por ellos.
- Nivel IV: corresponde al 20%, se puede movilizar en casa con andador y en otras circunstancias se usará silla de ruedas manejada por otra persona.
- Nivel V: corresponde al 21%, dificulta el control cefálico y de tronco, no controla movimientos de miembros. Depende completamente de otra persona para moverse (12).

### **2.7 Manifestaciones clínicas no motoras**

#### **2.7.1 Neurológicas**

- Discapacidad intelectual: lo posee el 50% de los pacientes.
- Epilepsia: lo posee del 25-50% de los individuos con PC, aparece antes de cumplir los 24 meses de vida en su periodo neonatal con más frecuencia, pasado los 5 años es probable que no presente.
- Trastorno del lenguaje: presenta el 75-80% de los pacientes, se caracteriza por; la falta de coordinación oro lingual, parálisis y debilidad.
- Trastornos conductuales: presente en el 25-40%, como el TDAH.
- Trastornos del sueño: más del 25% lo experimenta por un origen multifactorial.

#### **2.7.1 Digestivas**

Es la segunda comorbilidad más frecuente siguiéndole a las neurológicas, del 30-40% de pacientes presentan dificultades secundarias a la disfagia y casi un 7% precisa de gastrostomía. Serán frecuentes:

- Reflujo gastroesofágico: se compone por la irritabilidad sin justificación, sialorrea, rechazo de alimentos, erosiones dentales, tos crónica, apneas y anemia.
- Estreñimiento: que puede provocar posibles infecciones urinarias.
- Sialorrea: se presenta el babeo excesivo, pueden producirse broncoaspiraciones recurrentes que se asocian a infecciones respiratorias (9).

### **2.7.2 Neurosensoriales**

Se puede encontrar con frecuencia déficit sensoriales en niños con PC. De menor a mayor encontramos el estrabismo con un 40% y los defectos de refracción a el 50%. La retinopatía de la prematuridad es una de las afectaciones más frecuentes en prematuros y los problemas auditivos se encuentran con menos frecuencia ya que ocupan entre el 10-20% (9).

### **2.7.3 Musculoesqueléticas**

Se presentan en la mayoría de los pacientes con espasticidad, las más graves son las de caderas o escoliosis y las más frecuentes son en los pies (9).

### **2.7.4 Respiratorias**

Una de las causas más importantes de morbimortalidad es la insuficiencia respiratoria progresiva. Cuando existe una disminución de manera progresiva de el volumen pulmonar se da una acumulación de secreciones bronquiales, hipoventilación o atelectasias con insuficiencia respiratoria o infecciones recurrentes (9).

### **2.7.5 Otras**

- Problemas de control urinario: se encuentran en el 30 al 60%.
- Dolor: entre el 50 al 75%.
- Osteoporosis: a partir de los 6 años a los pacientes que no tienen la capacidad de deambular se les debe realizar un control de los niveles de vitamina D y de calcio para descartar osteoporosis, que a menudo es asociada a la poca movilidad y desnutrición.
- Afecciones de higiene bucodental (9).

## **2.8 Realidad virtual**

La realidad virtual (RV) se compone de diferentes herramientas tecnológicas, las cuales se dividen en hardware y softwares con el fin de crear entornos y ambientes sensoriales mediante el uso de estímulos motores. La RV está conformada por inputs que es la información sensorial de entrada y outputs que se refiere a la información de salida. En los movimientos realizados por el individuo con el entorno virtual ocurre una interacción sensorial la cual es apta para crear un ambiente de retroalimentación sensitivo-motora para conseguir el objetivo planteado (13).

## **2.9 Componentes de la realidad virtual**

**La RV está compuesta por las 3I (Interacción, Imaginación e Inmersión):**

**Interacción:** nos habla sobre técnicas donde el paciente al momento que se encuentra inmerso en el ámbito virtual con los diferentes dispositivos adecuados tenga una amplia participación, teniendo interactividad en diferentes acciones tales como; mover objetos, tocarlos, y desplazarlos.

**Imaginación:** implica simular realidades alternativas en donde se toma en cuenta una variedad de áreas del conocimiento, esta también pasa por estimulación coherente y simultánea de los sentidos: oído, vista, olfato, gusto y tacto.

**Inmersión:** El paciente tiene la capacidad de acoplarse físicamente en el entorno virtual en el que está situado, con ayuda de dispositivos específicos y diferentes canales sensoriales (14).

## 2.10 Características de la realidad virtual

- **Presencia:** el paciente debe tener la sensación de “estar dentro” del entorno virtual, siendo esto una de las principales características que se logra mediante los dispositivos de entrada.
- **Punto de observación o referencia:** en los sistemas de RV es dinámico y se ajusta a movimiento de cabeza y cuerpo de paciente.
- **Navegación:** el paciente tiene la posibilidad de variar de punto de observación.
- **Manejo:** el paciente es capaz de interactuar o cambiar el ambiente virtual.
- **Progreso:** se obtiene mediante la practica constante y el esfuerzo diario.
- **Aprendizaje:** sin importar la edad a la que pertenezca el paciente, tiene la capacidad de generar nuevas conexiones neuronales. Incluso en la vejez tienen la capacidad de acoplarse a nuevas experiencias, mejorar intelectualmente y mantener activas las zonas del cerebro que se debilitan con el paso del tiempo, mejorando en conjunto su estado físico (15).

## 2.11 Tipos de realidad virtual

### 2.11.1 Sistema inmersivo total

Logra que el paciente se encuentre aislado totalmente del entorno físico, buscando la máxima sensación de presencia. Se utiliza visores de realidad virtual, dispositivos de retroalimentación háptica (guantes con vibración o controladores) y auriculares para envolver al usuario en una experiencia de 360°.

### 2.11.2 Sistema semi-inmersivo o sistemas de proyección

El usuario puede moverse, experimentar y explorar el mundo virtual, pero de manera limitada, esta tecnología es común encontrarla en la mayoría de video juegos como primera persona al jugar, se utiliza dispositivos de control como volantes, joysticks o controles específicos.

### 2.11.3 Sistema aumentado o mixto

Permite combinar elementos del entorno físico con elementos de la realidad virtual, permite que el paciente pueda ver el mundo real mientras está interactuando con objetos virtuales sobrepuestos a través de dispositivos como gafas (16).

## **2.12 Realidad virtual en fisioterapia**

La RV cada día se ve más utilizada en el campo de la fisioterapia, sobre todo en patología neurológicas que limitan las actividades de la vida diaria. A su vez proporciona al sistema nervioso central y a todas las estructuras afectadas varios estímulos multisensoriales. La rehabilitación fisioterapéutica con RV por medio de sus entornos, sistemas y modalidades provocan en el paciente una formación multisensorial enfocada en la observación gracias a la neuroplasticidad cerebral se podrá desencadenar una acción motora produciendo estímulos (17).

Los profesionales en fisioterapia deberán estar capacitados para poder monitorear el uso de estas herramientas tecnológicas, de esta manera se puede guiar y evaluar el proceso de rehabilitación con realidad virtual. Varias investigaciones mencionan que al someterse a esta modalidad de rehabilitación ha existido una mejoría en aquellos pacientes con alteraciones motoras, por lo tanto, se ha visto que los pacientes recuperan sus destrezas y las habilidades, donde los pacientes corroboran. La fisioterapia por medio de RV brinda al paciente una mejoría cognitiva, física y emocional, que se observa en una mayor autonomía con el paso del tiempo (17).

### **2.12.1 Aprendizaje motor**

Una de las habilidades más fundamentales en el aprendizaje motor es el movimiento, está a la vez se integra a la destreza cognitiva y sensorial que en conjunto permiten realizar acciones de la vida diaria. Por medio del uso de la RV se crean estímulos somatosensoriales que ayudan a mejorar la capacidad funcional del paciente, se produce un feedback en la zona del área motora cerebral, ayudando al cerebro a crear nuevas conexiones neuronales. Por medio del entrenamiento que se basa en la simulación de actividades con realidad virtual, buscando que mejoren las funciones motoras al realizarlas (18).

## **CAPÍTULO III.**

### **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Diseño de la investigación**

La investigación fue de diseño documental precedente al análisis de los distintos artículos digitales elegidos minuciosamente de las distintas bases de datos científicas; Medline, Google Scholar, ELSERVIER, PEDro, con respecto a los diferentes efectos que tiene la realidad virtual como tratamiento fisioterapéutico en paciente con parálisis cerebral.

#### **3.2 Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo bibliográfica debido a que se basó en la búsqueda y recolección de artículos digitales, seleccionados de varias bases de datos científicas como; Medline, Google Scholar, ELSERVIER, PEDro., con respecto a los diferentes efectos que tiene la realidad virtual como tratamiento fisioterapéutico en paciente con parálisis cerebral (PC). La escala de PEDro corroboró la calidad de la información obtenida.

#### **3.3 Nivel de investigación.**

El nivel de investigación fue descriptivo ya que se tomó en cuenta los resultados debidamente analizados de las bases bibliográficas, las cuales son científicamente comprobadas; explicando el por qué se adjuntó información sobre la parálisis cerebral, etiología, factores de riesgo, clasificación, sobre el efecto que se obtiene mediante la aplicación de la realidad virtual en pacientes afectados por la PC.

#### **3.4 Método de investigación.**

La investigación fue de método inductivo debido a que ayudó a estudiar las diferentes variables de la investigación. En la parálisis cerebral su clasificación, por lo tanto, que efectos tuvo la realidad virtual en pacientes que padecen de esta patología.

#### **3.5 Tiempo de investigación.**

La investigación fue de tiempo retrospectiva, debido a que se analizó los hechos que ocurrieron con documentos que se encuentran disponibles en las bases de datos científicos. La búsqueda de información fue mediante una observación indirecta de los efectos de la neurorrehabilitación mediante la realidad virtual en pacientes con parálisis cerebral.

#### **3.6 Criterios de inclusión y exclusión**

##### **3.6.1 Criterios de inclusión**

- Artículos científicos que contengan las variables de estudio.
- Artículos científicos de los últimos 10 años hasta el año 2024.
- Artículos científicos con una puntuación mayor o igual a 6/10 mediante la escala de PEDro.
- Artículos con acceso libre

### **3.6.2 Criterios de exclusión**

- Artículos duplicados.
- Artículos que no contengan las variables de estudio.
- Artículos de paga o de redacción incompleta.
- Artículos que no cumplan los ítems requeridos en la escala de PEDro.

### **3.7 Población de estudio**

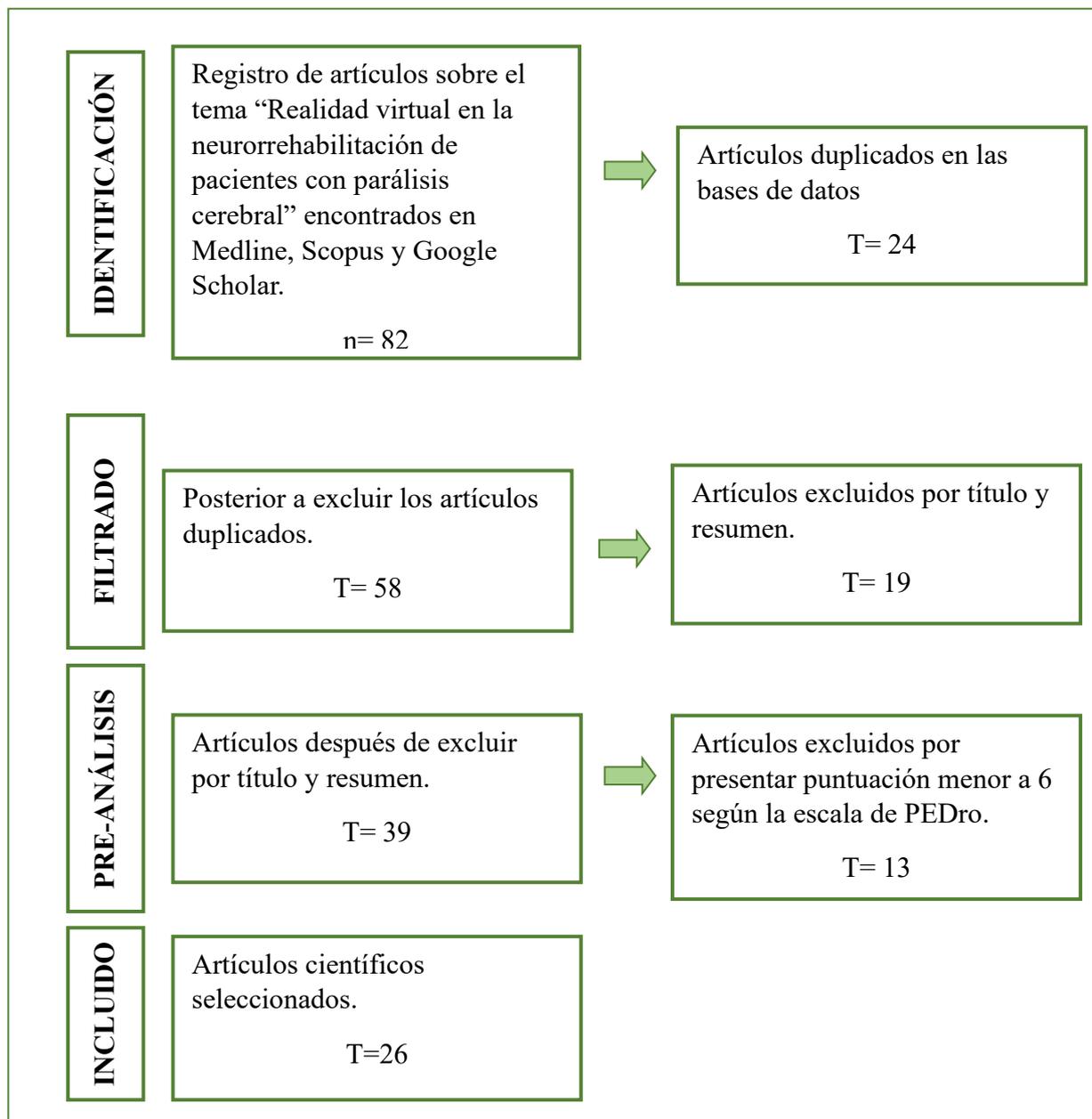
La población consiste en 82 ensayos controlados aleatorizados, identificados. Para lo cual se utilizó la escala de valoración PEDro para seleccionar la muestra que consta de 26 ensayos que cumplieron los parámetros necesarios para el desarrollo de la investigación.

### **3.8 Técnicas de recolección de datos**

- Selección de fuentes de información.
- Recopilación documental y bibliográfica.
- Lectura.
- Análisis documental

### **3.9 Estrategias de búsqueda**

La presente investigación fue de carácter bibliográfico debido a que se realizó con evidencia científica por medio de una búsqueda profunda, enfocada en los criterios de inclusión de la temática “Realidad virtual en la neurorrehabilitación de pacientes con parálisis cerebral”. Se utilizó diferentes fuentes científicas como Medline, Google Scholar, ELSERVIER, PEDro. Se empleó operadores booleanos “AND”, “OR” Y “NOT”. Los idiomas que se incluyeron en las búsquedas son: inglés y español. El tipo de estrategia que se usó fue la recopilación de artículos mediante términos Mesh o palabras claves; “Reality, Virtual”, “Educational Virtual Realities”, “Neurorehabilitation”, “CP (Cerebral Palsy)”, “Cerebral Palsy, Dystonic-Rigid”.



**Figura 1. Diagrama de flujo**

\*Adaptado de: Ramírez-Vélez R, Meneses Echávez JF, Flórez López ME. Una propuesta metodológica para la conducción de revisiones sistemáticas de la literatura en la investigación biomédica. CES Movimiento y Salud [Internet]. 2013;1(1):65–65. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/352064310>

### 3.10 Análisis de los artículos científicos según la escala de PEDro

**Tabla 1. Valoración de artículos según la escala de PEDro**

Nº	AUTOR	TÍTULO ORIGINAL	TÍTULO TRADUCIDO	BASE CIENTÍFICA	CALIFICACIÓN SEGÚN PEDro
1	(19)	Home-based virtual reality-enhanced upper limb training system in children with brain injury: a randomized controlled trial.	Sistema de entrenamiento de miembros superiores mejorado con realidad virtual en el hogar en niños con lesión cerebral: un ensayo controlado aleatorio.	Medline	7/10
2	(20)	Efficacy of integrating a semi-immersive virtual device in the HABIT-ILE intervention for children with unilateral cerebral palsy: a non-inferiority randomized controlled trial.	Eficacia de la integración de un dispositivo virtual semi-inmersivo en la intervención HABIT-ILE para niños con parálisis cerebral unilateral: ensayo controlado aleatorizado de no inferioridad.	Medline	8/10
3	(21)	Comparative effects of kinect-based versus therapist-based constraint-induced movement therapy on motor control and daily motor function in children with unilateral cerebral palsy: a randomized control trial.	Efectos comparativos de la terapia de movimiento inducida por restricción basada en Kinect versus la basada en terapia sobre el control motor y la función motora diaria en niños con parálisis cerebral unilateral: un ensayo de control aleatorio.	Medline	7/10
4	(22)	Effects of Augmented Reality Intervention on the Range of Motion and Muscle Strength of Upper Extremity in Children with Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Clinical Trial.	Efectos de la intervención de realidad aumentada sobre el rango de movimiento y la fuerza muscular de las extremidades superiores en niños con parálisis cerebral hemipléjica espástica: un ensayo clínico aleatorizado.	Medline	8/10
5	(23)	Game-Based Dual-Task Exercise Program for Children with Cerebral Palsy: Blending Balance, Visuomotor and Cognitive Training: Feasibility Randomized Control Trial.	Programa de ejercicio de doble tarea basado en juegos para niños con parálisis cerebral: combinación de equilibrio, entrenamiento visomotor y cognitivo: ensayo de control aleatorio de viabilidad.	Medline	7/10

<b>6</b>	(24)	Wii Sport versus task-oriented training on gait in unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial.	Wii Sport versus entrenamiento de la marcha orientado a tareas en parálisis cerebral unilateral: un ensayo controlado aleatorio.	Google Scholar	8/10
<b>7</b>	(18)	Sequential motor learning transfers from real to virtual environment.	El aprendizaje motor secuencial se transfiere del entorno real al virtual.	Medline	7/10
<b>8</b>	(7)	Immersive Virtual Environments and Wearable Haptic Devices in Rehabilitation of children with neuromotor impairments: a single-blind randomized controlled crossover pilot study.	Entornos virtuales inmersivos y dispositivos hápticos portátiles en la rehabilitación de niños con deficiencias neuromotoras: un estudio piloto cruzado, aleatorizado y a ciegas simple.	Medline	8/10
<b>9</b>	(25)	Effects of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Upper Extremity Function among Children with Cerebral Palsy.	Efectos de la rehabilitación basada en realidad virtual sobre la función de las extremidades superiores en niños con parálisis cerebral.	Medline	6/10
<b>10</b>	(26)	Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: a randomized controlled trial.	Rehabilitación en realidad virtual en niños con lesión cerebral: un ensayo controlado aleatorio.	Medline	8/10
<b>11</b>	(27)	Preliminary Study of the Effect of Training With a Gaming Balance Board on Balance Control in Children With Cerebral Palsy.	Estudio preliminar del efecto del entrenamiento con una tabla de equilibrio de juego sobre el control del equilibrio en niños con parálisis cerebral.	Medline	7/10
<b>12</b>	(8)	Leap Motion Controller-based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial.	Entrenamiento basado en Leap Motion Controller para extremidades superiores rehabilitación en niños y adolescentes con discapacidades físicas: Un ensayo controlado aleatorio.	Medline	8/10
<b>13</b>	(28)	Effect of virtual reality therapy on functional development in children with cerebral palsy: A single-blind, prospective, randomized-controlled study.	Efecto de la terapia de realidad virtual sobre el desarrollo funcional en niños con parálisis cerebral: un estudio simple ciego, prospectivo, aleatorizado y controlado.	Medline	8/10

14	(29)	Virtual reality training improves 27-month balance in children with cerebral palsy.	El entrenamiento con realidad virtual mejora el equilibrio dinámico en niños con parálisis cerebral	Medline	8/10
15	(30)	Effectiveness of the virtual reality on cognitive function of children with hemiplegic cerebral palsy: a single-blind randomized controlled trial.	Efectividad de la realidad virtual sobre la función cognitiva de niños con parálisis cerebral hemipléjica: un ensayo controlado aleatorio simple ciego.	Medline	8/10
16	(31)	Does Nintendo Wii Balance Board improve standing balance? A randomized controlled trial in children with cerebral palsy.	¿El Nintendo Wii Balance Board mejora el equilibrio de pie? Un ensayo controlado aleatorio en niños con parálisis cerebral.	Medline	8/10
17	(32)	Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: a cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity.	Terapia basada en videojuegos realizada por niños con parálisis cerebral: un ensayo controlado aleatorio cruzado y una medida cuantitativa transversal de actividad física.	Medline	6/10
18	(33)	Efficacy of neurodevelopmental treatment combined with the Nintendo® Wii in patients with cerebral palsy.	Eficacia del tratamiento del neurodesarrollo combinado con Nintendo® Wii en pacientes con parálisis cerebral.	Medline	9/10
19	(34)	Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy.	El entrenamiento en cinta rodante con realidad virtual mejora la marcha, el equilibrio y la fuerza muscular en niños con parálisis cerebral.	Medline	9/10
20	(35)	Effects of virtual reality training on limb movement in children with spastic diplegia cerebral palsy.	Efectos del entrenamiento con realidad virtual sobre el movimiento de las extremidades en niños con parálisis cerebral con diplejía espástica.	Medline	8/10
21	(36)	A randomized controlled trial of web-based training to increase activity in children with cerebral palsy.	Un ensayo controlado aleatorio de entrenamiento basado en la web para aumentar la actividad en niños con parálisis cerebral.	Medline	7/10
22	(37)	A pilot single-blind multicentre randomized controlled trial to evaluate the potential	Un ensayo piloto controlado, aleatorio, multicéntrico, simple ciego para evaluar los	Medline	7/10

		benefits of computer-assisted arm rehabilitation gaming technology on the arm function of children with spastic cerebral palsy.	beneficios potenciales de la tecnología de juegos de rehabilitación de brazos asistida por computadora en la función del brazo de niños con parálisis cerebral espástica.		
23	(38)	Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomized multicentre, single-blind, controlled trial.	Eficacia y seguridad del ejercicio de realidad virtual no inmersiva en la rehabilitación del accidente cerebrovascular (EVREST): un ensayo controlado, aleatorizado, multicéntrico y simple ciego.	Medline	9/10
24	(39)	Investigation of the effects of the NintendoWii-Fit training on balance and advanced motor performance in children with spastic hemiplegic cerebral palsy: A Randomized Controlled Trial.	Investigación de los efectos del entrenamiento NintendoWii-Fit sobre el equilibrio y el rendimiento motor avanzado en niños con parálisis cerebral hemipléjica espástica: un ensayo controlado aleatorio.	Google Scholar	7/10
25	(40)	Randomized controlled trial of web-based multimodal therapy for unilateral cerebral palsy to improve occupational performance.	Ensayo controlado aleatorio de terapia multimodal basada en la web para la parálisis cerebral unilateral para mejorar el desempeño ocupacional.	Medline	9/10
26	(41)	Effects of conventional neurological treatment and a virtual reality training eye-hand coordination in children with cerebral palsy.	Efectos del tratamiento neurológico convencional y un programa de entrenamiento en realidad virtual sobre la coordinación ojo-mano en niños con parálisis cerebral.	Medline	6/10

### Interpretación

De los 26 ensayos encontrados en las bases de datos científicas, todos cumplieron con los criterios de inclusión mencionados, por lo cual fueron incluidos en el proyecto de investigación. Pertenecen específicamente al periodo de tiempo de 2015 a 2024 (Ilustración 2). Por último, se evaluó la calidad metodológica mediante la escala de PEDro que nos permitió situándose en un puntaje igual o mayor a 6. (Ilustración 1).

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

**Tabla 2. Análisis de realidad virtual en la neurorrehabilitación de pacientes con parálisis cerebral**

N°	AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
1	(19)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 20 personas <b>G2:</b> 20 personas <b>T:</b> 40 personas	<b>G1:</b> Terapia ocupacional convencional con entrenamiento adicional de realidad virtual durante 30 minutos al día, 5 días a la semana. <b>G2:</b> Terapia ocupacional convencional sin intervención adicional.	Según el análisis funcional se encontraron mejoras significativas en la precisión de los movimientos de miembros superiores en ambos grupos con mínima diferencia; de igual manera en el PEDI-CAT. Sin embargo, en el análisis de movimiento tridimensional se mostraron mejora en la flexo-extensión del hombro solo en el grupo 1 con realidad virtual. No se encontró diferencias significativas en ninguna medida de resultado funcional en comparación al grupo 2.
2	(20)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 24 personas <b>G2:</b> 16 personas <b>T:</b> 40 personas	<b>G1:</b> intervención HABIT-ILE complementando la mitad de la terapia con el dispositivo virtual REAtouch. <b>G2:</b> intervención HABIT-ILE convencional sin usar dispositivos virtuales.	Los dos grupos mostraron mejoras significativas en actividades de la vida diaria y destreza manual. Si embargo solo el grupo 1 con REAtouch mostró mejoras significativas en la mano menos afectada y el grupo 2 con la intervención HABIT-ILE (habitual) mostro mejoras en la mano más afectada. Por el contrario, se observó menos cambios en el grupo 1 para la para la función motora de las extremidades inferiores debido a la

				Campamento de intervención HABIT-ILE de 90 horas por dos semanas.	dificultad de implementar actividades desafiantes en estos casos.
3	(21)	Ensayo controlado aleatorio	G1: 14 personas G2: 15 personas T: 29 personas	G1: Intervención de Kinect: Juegos de movimientos específicos del brazo afectado. G2: Intervención basada en terapeutas: Juegos y actividades terapéuticas estructuradas según los principios de CIMT (demostración de la extremidad no afectada, entrenamiento intensivo de miembro afectado y moldeado de comportamientos motores.	Ambos grupos demostraron mejoras similares en el control motor de las extremidades superiores, sin embargo, en comparación con el grupo 2, el grupo 1 tuvo mayor movimiento de brazos durante la fase de alcance temprano, por lo tanto, hubo menos compensación del tronco, esto indica que después de 36 horas de intervención los niños pudieron adoptar una estrategia de alcance eficiente similar a los niños con desarrollo típico. La implementación de CIMT con un sistema de realidad virtual puede reducir cargas familiares y a los terapeutas.
4	(22)	Ensayo controlado aleatorio	G1: 10 personas G2: 10 personas G3: 10 personas T: 30 personas	G1: Intervención de realidad aumentada con el juego Balance It G2: Intervención de realidad aumentada con el juego Bubble Pop G3: Intervención de realidad aumentada con el juego Scoop'd	Todos los grupos mostraron mejoras significativas en el ROM (rango de movimiento) de la mayoría de las articulaciones, hubo mejora en la fuerza muscular. En comparación entre grupos la extensión de codo mostro diferencias significativas con el grupo de Balance It que el grupo de Scoop'd. Las intervenciones fueron beneficiosas y efectivas para mejorar el ROM.

5	(23)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 10 personas <b>G2:</b> 10 personas <b>T:</b> 20 personas	<b>G1:</b> programa de equilibrio de fisioterapia convencional. <b>G2:</b> programa de entrenamiento de equilibrio de doble tarea basado en juegos.  Protocolo con duración de 12 semanas con 3 sesiones por semana.	El programa tuvo un efecto positivo en los niños con parálisis cerebral debido a la combinación de tareas físicas como cognitivas.  La realidad virtual hizo el programa más flexible y accesible. Esto aumento la adherencia al tratamiento proporcionando una progresión gradual.
6	(24)	Ensayo controlado aleatorio	<b>T:</b> 70 personas	<b>G1:</b> Protocolo de guía <b>G2:</b> protocolo de guía + Wii Sport Training <b>G3:</b> Protocolo de guía + entrenamiento orientado a tareas  Todos los grupos recibieron el protocolo de tratamiento tres veces durante cuatro meses sucesivos.	Tanto el entrenamiento del G2 como el G3 en lo que respecta a la marcha en niños con parálisis cerebral unilateral, pero el G3 mostro una mejora en los parámetros de estabilidad de rodilla y cadera de la marcha, logrando mayor estabilidad en la fase de apoyo en la marcha.
7	(18)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 13 personas <b>G2:</b> 14 personas <b>T:</b> 27 personas	<b>G1:</b> realizaron una tarea de entorno real seguida de una tarea de entorno virtual. <b>G2:</b> realizaron una tarea de entorno virtual seguida de una tarea de entorno real.	Se evidencio que el aprendizaje motor es más eficiente cuando se trabaja primero en un entorno real (RE) seguido de un entorno virtual (VE), ya que la información se procesa a través de vías , la vía ventral da la percepción e identifica las entradas visuales, y la vía dorsal monitorea información en tiempo real. En los RE la información visual dentro del espacio personal se procesó por la vía dorsal mientras que en los VE fue por la vía ventral.

<b>8</b>	(7)	Ensayo controlado aleatorio	<b>T:</b> 8 personas	<p><b>G1:</b> Intervención asistida por realidad virtual seguida de terapia convencional</p> <p><b>G2:</b> Intervención asistida a la terapia convencional seguida de la terapia con realidad virtual.</p> <p>Consto de 16 sesiones, 2 por semana durante 8 semanas divididas en dos periodos.</p>	<p>El tratamiento con entornos virtuales inmersivos o dispositivos hápticos portátiles y una terapia convencional mejoraron significativamente su desempeño en el Nine hole peg test (9-HPT) prueba para medición de la destreza fina y coordinación mano dedo.</p> <p>De igual manera en los parámetros de medición cinemática (suavidad y error de movimiento), independientemente del grupo asignado.</p>
<b>9</b>	(25)	Ensayo controlado aleatorio	<p><b>G1:</b> 10 personas</p> <p><b>G2:</b> 7 personas</p> <p><b>T:</b> 17 personas</p>	<p><b>G1:</b> Intervención con guante inteligente combinado con terapia ocupacional convencional</p> <p><b>G2:</b> Terapia ocupacional convencional centrado en extremidades superiores</p>	<p>Se observo mejoras significativas en el grupo 1 en todos los dominios de QUEST ( Prueba de calidad de las habilidades de las extremidades superiores) y en 5 dominios de PEDI (Inventario de evaluación pediátrica de discapacidad), por otro lado, el grupo 2 tuvo mejoras en QUEST solo en la puntuación total. Las mejoras en funciones de las extremidades superiores y las actividades de la vida diaria han ayudaron a reducir la carga para los cuidadores.</p>
<b>10</b>	(26)	Ensayo controlado aleatorio	<p><b>G1:</b> 40 personas</p> <p><b>G2:</b> 40 personas</p> <p><b>T:</b> 80 personas</p>	<p><b>G1:</b> Tratamiento basado en rehabilitación de realidad virtual</p> <p><b>G2:</b> Terapia ocupacional convencional.</p> <p>Recibieron 30 minutos de terapia, 5 días/semana durante 4 semanas, se trabajó en ambos grupos 30 minutos adicionales de terapia</p>	<p>Los parámetros de funcionalidad medidos por MA-2, ULPRS Y PEDI-CAT mostraron mejoras significativas en ambos grupos, sin embargo, el grupo 1 mejoro la destreza unimanual , el movimiento articular del antebrazo y el desempeño de las actividades de la vida diaria en comparación al grupo 2.</p>

				ocupacional convencional para el miembro superior afectado.	
<b>11</b>	(27)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 29 personas <b>G2:</b> 28 personas <b>T:</b> 56 personas	<b>G1:</b> Rehabilitación usando el pie para juegos de computadora personal con (tabla de equilibrio conectado al mouse) <b>G2:</b> Rehabilitación con juegos de computadora personal con (un mouse)	Se analizó que los resultados no tuvieron mayor interferencia en motivación ya que se usó el mismo dispositivo, aunque con diferente mando. Sin embargo, existió una mejora significativa en el equilibrio dinámico en el grupo 1 en comparación al grupo 2. En la dirección anterior ( $F = 52.80$ , $p = 0.001$ ), grupo posterolateral ( $F = 117.86$ , $p = 0.001$ ) y el posteromedial ( $F = 23.84$ , $p = 0.001$ ). La mejora estuvo relacionada con la reorganización cortical del entrenamiento con videojuegos.
<b>12</b>	(8)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 42 personas <b>G2:</b> 50 personas <b>T:</b> 92 personas	<b>G1:</b> Entrenamiento basado en Leap Motion Controller (LMC) <b>G2:</b> Tratamiento convencional.  Durante 8 semanas	El estudio demostró que los videojuegos con (LMC) son un tratamiento eficaz en discapacidades físicas, mejora significativamente la rehabilitación de extremidades superiores. Este tratamiento fue más efectivo en artritis idiopática juvenil y parálisis cerebral que en lesiones del plexo braquial al nacer.
<b>13</b>	(28)		<b>G1:</b> 21 personas <b>G2:</b> 20 personas <b>T:</b> 41 personas	<b>G1:</b> tratamiento neurofisiológico convencional, terapia ocupacional y 12 sesiones de 1 hora de terapia con realidad virtual <b>G2:</b> tratamiento neurofisiológico convencional y terapia ocupacional.	Antes de iniciar el tratamiento ambos grupos eran homogéneos en puntuaciones de BFMF (escala de función motora), GMFCS (sistema de clasificación de la función motora gruesa) y en FMS (escala de movilidad funcional). Después del tratamiento el G1 mostro mejoras estadísticamente significativas en las puntuaciones anteriores, es decir existió un

					efecto positivo en la función motora y movilidades en comparación al G2.
<b>14</b>	(29)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 10 personas <b>G2:</b> 10 personas <b>T:</b> 20 personas	<b>G1:</b> entrenamiento de equilibrio dinámico mediante el juego de Kinect “Just Dance 3”. <b>G2:</b> actividad física típica bajo supervisión parental.  Se realizo 6 semanas de entrenamiento, con una metodología de reducción progresiva de sesiones.	Dentro de las características antropométricas no existen diferencias significativas entre los grupos. Sin embargo, se encontró que el equilibrio dinámico en la prueba final tuvo una mejora significativa en el grupo experimental (G1) de casi 10% en (anterior, posterolateral y posteromedial) en comparación al grupo 2 (control).
<b>15</b>	(30)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 45 personas <b>G2:</b> 45 personas <b>T:</b> 90 personas	<b>G1:</b> Intervención de realidad virtual seguido de terapia convencional <b>G2:</b> Terapia ocupacional tradicional  Esta intervención tuvo una duración de 10 semanas.	Las funciones cognitivas ( orientación, percepción social, praxis visomotora y operaciones de pensamientos) en ambos grupos mejoraron después de la intervención, sin embargo, el grupo 2 no lo hizo en las subpruebas de pensamiento y orientación.
<b>16</b>	(31)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 16 personas <b>G2:</b> 16 personas <b>T:</b> 32 personas	<b>G1:</b> Entrenamiento con Nintendo Wii <b>G2:</b> Entrenamiento con fisioterapia estándar  Se realizo en 6 semanas, 3 sesiones por semana. Además, se realizó dos evaluaciones de seguimiento en 4 semanas adicionales.	Existe una eficacia post entrenamiento de la terapia con Nintendo Wii, 6 semanas de este entrenamiento fueron más efectivas que SPT en el redimiendo de equilibrio del pie debido a la activación neuronal y posterior reorganización en la corteza sensoriomotora primaria, por medio de la retroalimentación sensorial (sistema propioceptivo, visual, vestibular y auditivo).

<b>17</b>	(32)	Ensayo controlado aleatorio	T: 22 personas	<p><b>G1:</b> (Pre-videojuego seguido de entrenamiento post-cocnventional)</p> <p><b>G2:</b> (Pre-convencional, entrenamiento post-videojuego)</p> <p>Terapia basada en videojuegos (TBV) ( Xbox con dispositivo Kinect) y terapia convencional.</p>	<p>Durante el uso de (TBV) el movimiento de extremidades superiores fue 3 veces mayor que los realizados durante la terapia convencional sin embargo no se registraron movimientos de finos de los dedos lo cual si mejoro cuando se complementó con la terapia convencional beneficiando las habilidades netamente de actividades de la vida diaria.</p>
<p>Se realizo 16 sesiones de 30 minutos, dos veces por semana durante 8 semanas.</p>					
<b>18</b>	(33)	Ensayo controlado aleatorio	<p><b>G1:</b> 15 personas</p> <p><b>G2:</b> 15 personas</p> <p><b>T:</b> 30 personas</p>	<p><b>G1:</b> Tratamiento de desarrollo neurológico + Nintendo Wii</p> <p><b>G2:</b> Tratamiento del neurodesarrollo</p> <p>Los dos grupos recibieron sesiones de 45 minutos 2 días a la semana durante seis semanas.</p>	<p>Después de las 6 semanas se observaron mejoras significativas en el grupo 1 en la prueba de función de la mano de Jasen Taylor (JTHFT) (p=0,001), en la caminata en la prueba de caminata de 6 minutos (6MWT), en todos los subgrupos de la escala QUEST (p=0,002, p=0,003, p=0,017, p=0,005), en la prueba ABILHAND-Kids que mide la capacidad para realizar tareas manuales diarias (p=0,001) y en el dominio de autocuidado con (p=0,026).</p>

<b>19</b>	(34)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 9 personas <b>G2:</b> 9 personas <b>T:</b> 18 personas	<b>G1:</b> entrenamiento en cinta rodante con realidad virtual. <b>G2:</b> entrenamiento en cinta rodante.	<b>Fuerza muscular de la extensión de rodilla</b> Izquierda G1: aumentó de 18,9 a 29,1 y el G2: de 15,2 a 18,2. Derecha G1: 20,4 a 30,2 G2: 14,3 a 18,5 <b>Fuerza muscular de la flexión de rodilla</b> Izquierda G1: aumentó de 7,1 a 11,5 G2: de 6,7 a 7,9. Derecha: G1: aumentó 8,6 a 11,9 G2: de 6,9 a 8,3. <b>Función motora gruesa, en el campo de la bipedestación aumento</b> en el G1: 63,1 a 72,2 y en el G2: de 62,0 a 65,2. <b>En el campo de caminar, correr y saltar aumentó</b> en el G1: de 52,7 a 57,9 y en el G2: de 47,1 a 51,2.
<b>20</b>	(35)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 16 personas <b>G2:</b> 19 personas <b>T:</b> 35 personas	<b>G1:</b> entrenamiento convencional (terapia ocupacional + ejercicio) <b>G2:</b> entrenamiento de realidad virtual (terapia ocupacional + entrenamiento de RV) Durante 3 meses	Los pacientes del grupo 2 mejoraron el agarre en motricidad fina y la integración visomotora, su combinación fue significativamente más alta que el G1, de igual manera lo fue en la motricidad gruesa en el área E (caminar, correr y saltar).
<b>21</b>	(36)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 51 personas <b>G2:</b> 50 personas <b>T:</b> 101 personas	<b>G1:</b> programa de entrenamiento basado en la web <b>G2:</b> este grupo estaba en una lista de espera y recibió el cuidado usual sin la intervención web.  El grupo intervención realizó su entrenamiento durante 20 semanas.	El grupo 1 mostró una mejora significativa en la fuerza funcional con 19,3 repeticiones más en comparación del grupo 2, también en la resistencia a la caminata realizaron 38,9 metros más. No hubo diferencias significativas en el rendimiento diario de la actividad física, pero sí hubo adherencia al programa completando en promedio 32,4 horas durante el estudio.

22	(37)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 8 personas <b>G2:</b> 7 personas <b>T:</b> 15 personas	<b>G1:</b> Tratamiento convencional después del tratamiento de espasticidad con toxina botulínica y dispositivo de juego de rehabilitación. <b>G2:</b> Tratamiento de espasticidad con toxina botulínica después del tratamiento de espasticidad con toxina botulínica	<p>La aplicación de realidad virtual se realizó en un tiempo aproximado de 7 minutos, se mostró mejoras significativas pero esta mejora no alcanzo una diferencia mínima clínica importante. A su vez los comentarios sobre los juegos fue que no eran atractivos como para generar motivación y beneficios funcionales.</p>
23	(38)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 71 personas <b>G2:</b> 70 personas <b>T:</b> 141 personas	<b>G1:</b> Terapia con realidad virtual no inmersiva utilizando el sistema Nintendo Wii <b>G2:</b> Actividades recreativas simples como jugar a las cartas, bingo, Jenga o juegos de pelota.  Diez sesiones de 60 minutos cada una durante un período de dos semanas, además de la rehabilitación convencional.	<p>Ambos grupos mostraron mejoras significativas en el tiempo de desempeño de WMFT(prueba estandarizada utilizada para evaluar la función motora del miembro superior), el grupo 1 como complemento de la rehabilitación convencional no fue superior a las actividades recreativas en la mejora de la función motora. Las actividades recreativas simples, de bajo costo y ampliamente disponibles pueden ser tan efectivas como las tecnologías innovadoras de realidad virtual no inmersiva en la recuperación motora .</p>
24	(39)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 16 personas <b>G2:</b> 17 personas	<b>G1:</b> Terapia con la consola de juegos Nintendo Wii-Fit <b>G2:</b> Grupo de control (terapia tradicional)  Se realizo en 9 semanas de práctica diaria	<p>El entrenamiento con Nintendo Wii-Fit mejoro el rendimiento de las habilidades motoras gruesas avanzadas y el equilibrio de niños con hemiplejia espástica, a su vez grupo 1 participo de manera más activa en la terapia en comparación al grupo 2.</p>

<b>25</b>	(40)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 47 personas <b>G2:</b> 45 personas <b>T:</b> 90 personas	<b>G1:</b> Intervención Mitii (programa de terapia multimodal basado en la web que se administra en el hogar) <b>G2:</b> Atención estándar  Se realizo estas intervenciones durante 20 semanas.	Existieron mejoras significativas con Mitii en las habilidades motoras, en AVD, desempeño ocupacional y procesamiento visual de los niños. En el miembro superior dominante existió mayor mejoría que en el afectado sin embargo si existe mayor uso de este miembro.
<b>26</b>	(41)	Ensayo controlado aleatorio	<b>G1:</b> 8 personas <b>G2:</b> 8 personas <b>T:</b> 16 personas	<b>G1:</b> Fisioterapia neurológica convencional + entrenamiento con realidad virtual <b>G2:</b> Fisioterapia neurológica convencional  Se realizo 45 minutos de terapia dos veces por semana durante ocho semanas.	La velocidad visomotora tuvo mejoras significativas en ambos grupos. El grupo 1 mostro mayor mejoría en la coordinación ojo-mano en comparación al grupo 2. Se utilizaron las pruebas de Wilcoxon (prueba no paramétrica utilizada para comparar dos muestras relacionadas) donde existió $p < 0,05$ . Por lo tanto, el grupo 1 con realidad virtual mejoro aún más, lo que indica que es una buena opción para mejorar las habilidades en niños con parálisis cerebral.

### Interpretación

De los 26 artículos analizados 13 de ellos utilizó la intervención con las dos terapias combinadas la convencional y con realidad virtual, 11 realizó la rehabilitación solo con realidad virtual y por último solo 2 utilizaron en primera instancian primero la realidad virtual seguido de la terapia convencional y en segunda instancia primero la terapia convencional y luego la terapia con realidad virtual (Ilustración 3).

## 4.2 Discusión

La rehabilitación fisioterapéutica con realidad virtual (RV) es un programa educativo, seguro y agradable que ofrece promover la neuro plasticidad cerebral, es decir ayuda a mejorar la capacidad del cerebro para generar nuevas conexiones neuronales que sean capaces de encargarse de las funciones pérdidas. Se basa en mejorar y recuperar las funciones motoras, cognitivas, sensoriales y emocionales del paciente con parálisis cerebral, a su vez, como objetivo principal busca mejorar la calidad de vida del individuo y maximizar su independencia funcional.

La presente investigación evaluó 26 artículos calificados mediante la escala de PEDro, con el fin de evidenciar la eficacia de la realidad virtual en la neurorrehabilitación de pacientes con parálisis cerebral. Para lo cual los hallazgos de la investigación demuestran que autores como, Choi (19), Yuhi (18), Ökmen (28), Tahir (30), Ren (35), Shin (41) , afirman que el aprendizaje motor tiene mejoría cuando existe un aprendizaje previo en el entorno real es decir primero el paciente experimenta el tratamiento convencional (alcance de objetos, agarrar, transferir) y seguido se da la aplicación de estas actividades con el uso de la realidad virtual, la cual requiere de más actividad cerebral para el control motor y cognitivo.

Por otro lado, Saposnik (38) indica que la realidad virtual semi-inmersiva no tiene diferencias significativas durante las intervenciones en la función de la mano (rendimiento motor, fuerza de agarre, actividades de la vida diaria), esto se debe a que es menos compleja, de bajo costo y más fácil de implementar que los sistemas inmersivos que son más costosos y de uso hospitalaria.

Dentro del enfoque en miembro inferior Hsieh (27) y Cho C (34), concuerdan que al utilizar realidad virtual en conjunto con una tabla de equilibrio o con cinta rodante nos centramos en entrenar movimiento de planti-flexión y dorsi-flexión en la articulación del tobillo, existen estudios previos que respaldan este enfoque de tratamiento, mostrando que en niños con parálisis cerebral al existir un disminución de ROM (rango de movimiento) en la dorsiflexión de la articulación del tobillo se ve ligado a la espasticidad, fuerza en el músculo gastrocnemio y contracturas, por otro lado, Gatica-Rojas (31) informa en su estudio que al realizar este tratamiento hubo reducción de la espasticidad en los músculos de la pantorrilla y mejoró el equilibrio estático del pie.

Los resultados de Pourazar (29) mencionan que la repetición constante de gestos motores, las ordenes verbales del fisioterapeuta y las fuentes de retroalimentación a lo largo de los juegos son los responsables de la construcción de nuevas sinergias musculares y por ende existe mejoría en la puntuación del equilibrio, Gatica-Rojas (31) recalca que al ser continua esta retroalimentación se van a provocar respuestas de equilibrio reactivas y proactivas tales como el cambio de peso para cumplir una tarea.

En el ámbito de la función cognitiva, James (40) menciona que combinar movimientos que requieren planificación motora y precisión con habilidades cognitivas optimizan la neuro

plasticidad funcional debido a que se vuelve desafiante, motivador, intensivo y exige a las personas total atención en las tareas que se realizan, de igual manera, Tahir (30) apoya que al trabajar la función cognitiva del paciente después de una lesión temprana ayuda de manera única a la plasticidad cerebral mejorando su independencia, habilidades de autodeterminación y la interacción con el exterior.

Saussez (20) menciona que los sistemas de realidad virtual semi inmersivos acompañados con una terapia habitual apoyan a la transferencia del paciente a las actividades de la vida diaria y por consecuencia guían a obtener objetivos funcionales, sin embargo, dentro del ámbito virtual se observan menos cambios para la función motora de las extremidades inferiores ya que existe una dificultad en el implemento de actividades desafiantes en los pacientes con parálisis cerebral unilateral.

La independencia en el paciente según, Chang (25) y Choi J (26) mencionan que aumenta al existir una retroalimentación positiva en el rendimiento motor, esto sucede cuando la realidad virtual permite realizar ejercicio repetitivo, el cual es un principio clave en la rehabilitación, sin embargo, Zoccolillo (32) dice que la realidad virtual no logra mejorar las habilidades manuales para cumplir con las actividades diarias que la terapia convencional (ejercicio fino de las manos y los movimientos típicos de los dedos) es mucho más efectiva.

Dentro de las limitaciones encontradas en las investigaciones se encontró la falta de seguimiento a largo plazo de los estudios, por lo tanto, esto sería una gran alternativa en investigaciones posteriores. El 88% de los autores refieren que mediante la realidad virtual se ha obtenido mejoras significativas en la neuro plasticidad cerebral en los pacientes con parálisis cerebral, en especial en las funciones motoras y cognitivas.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- En conclusión, al analizar los artículos encontrados en las bases de datos científicas con el tema: Realidad virtual en la neurorrehabilitación de pacientes con parálisis cerebral; los resultados de este estudio aprueban que la realidad virtual es un método útil de tratamiento para mejorar la función motora, cognitiva, sensorial (visual, auditiva, táctil) y ejecutiva en pacientes con parálisis cerebral, según varios autores complementar este tratamiento con la terapia convencional harán que los avances del paciente sean potencialmente más eficaces que las opciones terapéuticas actuales.
- Se evidenció más información sobre la eficacia enfocada en miembro superior, teniendo gran impacto en la motricidad gruesa (MG) antes que la motricidad fina (MF) esto se debe a que la (MF) requiere mayor control motor y precisión, lo cual es difícil de lograr por el daño neurológico, pero no imposible. Por otro la (MG) es mucho más fácil de utilizar y gratificante lo cual ayuda en su parte motivacional al paciente.
- La realidad virtual permite crear un protocolo de tratamiento personalizado con su debido registro de evaluación y avances del paciente conforme al tratamiento de fisioterapia que se vaya realizando, a su vez al brindar espacios tridimensionales aumenta la motivación intrínseca del paciente y mejoran notoriamente la adherencia al tratamiento.

#### 5.2 Recomendaciones

- Dado los resultados favorables de la realidad virtual en la neurorrehabilitación de pacientes con parálisis cerebral, se recomienda integrar esta tecnología a la terapia convencional para potenciar sus beneficios.
- Debido a que la rehabilitación con realidad virtual tiene mejoría significativa en la motricidad gruesa en comparación de la motricidad fina, se sugiere adaptar estrategias específicas para mejorar la precisión y este tipo de tareas de control fino combinando los programas.
- Se aconseja explorar espacios tridimensionales como parte integral de los programas de rehabilitación para optimizar la adherencia de los pacientes con parálisis cerebral y sus resultados.

## CAPÍTULO VI.

### PROPUESTA

#### Propuesta

##### 1.- Datos informativos:

1.1.- **Institución:** Universidad Nacional de Chimborazo

1.2.- **Área:** fisioterapia

1.3.- **Tema:** taller teórico-práctico: “Aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con parálisis cerebral.”

1.4.- **Población:** estudiantes de séptimo semestre que se encuentren cursando la materia de Fisioterapia Neurológica

1.5.- **Fecha:** Enero 2025

##### 2.- Introducción:

La realidad virtual dentro del campo médico es muy poco utilizada debido a la falta de conocimiento sobre el tema, sin embargo, esta busca mejorar la calidad de vida de pacientes con condiciones neurológicas tales como; la parálisis cerebral que afecta el movimiento y la postura por un daño cerebral ocurrido en las primeras etapas de desarrollo. Este taller tiene como objetivo ampliar la información que los estudiantes tienen sobre esta tecnología y puedan llevarla a la práctica de una manera adecuada.

##### 3.- Planteamiento del problema:

El problema radica en la falta de conocimiento entre los estudiantes de fisioterapia sobre el manejo de la realidad virtual. Esto impide que se adquieran habilidades necesarias y actualizadas para implementar estrategias efectivas e innovadoras en pacientes con parálisis cerebral.

##### 4.- Objetivos.

###### 4.1.- Objetivo General:

Capacitar a estudiantes de séptimo semestre de la carrera de Fisioterapia mediante información teórica y práctica de la rehabilitación con realidad virtual en pacientes con parálisis cerebral.

###### 4.2.- Objetivos Específicos:

- Proporcionar a los estudiantes información detallada de los principios que sustentan la aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación.
- Fomentar la capacidad de uso de dispositivos 3D en la rehabilitación mediante sesiones prácticas y supervisadas.
- Enseñar como evaluar de manera crítica la eficacia de estas intervenciones en pacientes con parálisis cerebral.

## 5.- Actividades o Plan de trabajo:

FECHA	ACTIVIDAD	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	META	OBSERVACIONES
16/01/2025	Sesión teórica y demostrativa	Proporcionar información teórica sobre conceptos básicos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Introducción a la parálisis cerebral: Definición, causas, síntomas y tratamiento.</li><li>• Realidad virtual (RV) en la rehabilitación: beneficios y principios.</li><li>• Demostración de aplicaciones específicas de RV</li></ul>	40%	Ninguna
17/01/2025	Sesión práctica supervisada	Desarrollar habilidades prácticas en el uso de la realidad virtual.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manejo de dispositivos de RV en actividades terapéuticas: ejecución y configuración.</li><li>• Análisis de casos: identificación de beneficios y riesgos en diferentes escenarios clínicos del uso de la RV.</li></ul>	40%	Ninguna
18/01/2025	Simulación de casos clínicos y evaluar a los estudiantes el conocimiento adquirido en el taller	Mejorar la toma de decisiones a través de los casos clínicos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resolver casos clínicos específicos de RV.</li><li>• Discusión y análisis de los resultados.</li><li>• Evaluación a los estudiantes.</li></ul>	20%	Ninguna

## 6.- Metodología:

La metodología incluye enfoques teóricos y prácticos tales como: presentación mediante diapositivas sobre los temas a tratar, explicación teórica, demostración del uso de los dispositivos de realidad virtual, prácticas en conjunto con los estudiantes, análisis de casos clínicos y evaluación final de conocimiento adquiridos.

## 7.- Recursos.

**7.1.- Talento Humano:** Andrea Espín y Madeleine Mejía (estudiantes)

**7.2.- Físicos:** Presentación multimedia, dispositivos de realidad virtual, casos clínicos, folletos del tema a tratar, cuestionarios, evaluaciones.

**7.3.-Presupuesto:** N/A.

**8. Referencias o bibliografía:** Adjuntas en la bibliografía general.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Mckinnon CT, Meehan EM, Harvey AR, Antolovich GC, Morgan PE. Prevalence and characteristics of pain in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review. Vol. 61, *Developmental Medicine and Child Neurology*. Blackwell Publishing Ltd; 2019. p. 305–14.
2. Hallman-Cooper JL, Rocha Cabrero F. Parálisis cerebral Actividad de educación continua. 2024 Jan.
3. Osma Zaidat, Douglas Miles, Lerner Alan. MEZHITIN ® (Memantina) [Internet]. Ebookelsevier; 2015. Available from: <http://ebooks.elsevier.com>
4. Tejera DM, Beltran-Alacreu H, Cano-De-la-cuerda R, Hernández JVL, Martín-Pintado-zugasti A, Calvo-Lobo C, et al. Effects of virtual reality versus exercise on pain, functional, somatosensory and psychosocial outcomes in patients with non-specific chronic neck pain: A randomized clinical trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Aug 2;17(16):1–19.
5. Dinomais M, Veaux F, Yamaguchi T, Richard P, Richard I, Nguyen S. A new virtual reality tool for unilateral cerebral palsy rehabilitation: Two single-case studies. *Dev Neurorehabil*. 2014 Dec;16(6):418–22.
6. Vera E. Humanos atrapados en su propio cuerpo. Plan V [Internet]. 2019 May 27 [cited 2024 Jul 10]; Available from: [https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/humanos-atrapados-su-propio-cuerpo?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAR0x9rA-LkqEBPu4iYNCzJ65nmurmn8743PoP8NVqlf4W\\_FTgTgfeWv\\_TU\\_aem\\_LNLQVoAn5z3R1C-aAJQDrQ](https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/humanos-atrapados-su-propio-cuerpo?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAR0x9rA-LkqEBPu4iYNCzJ65nmurmn8743PoP8NVqlf4W_FTgTgfeWv_TU_aem_LNLQVoAn5z3R1C-aAJQDrQ)
7. Bortone I, Barsotti M, Leonardis D, Crecchi A, Tozzini A, Bonfiglio L, et al. Immersive Virtual Environments and Wearable Haptic Devices in rehabilitation of children with neuromotor impairments: a single-blind randomized controlled crossover pilot study. *J Neuroeng Rehabil*. 2020 Dec 1;17(1).
8. Tarakci E, Arman N, Tarakci D, Kasapcopur O. Leap Motion Controller-based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial. *Journal of Hand Therapy*. 2020 Apr 1;33(2):220-228.e1.
9. García Ron A, Arriola Pereda G, Sofía Machado Casas I, Pascual Pascual I, Garriz Luis M, García Ribes A, et al. Parálisis cerebral. Protocolos diagnósticos terapéuticos pediatras [Internet]. 2022; Available from: [www.aeped.es/protocolos/](http://www.aeped.es/protocolos/)
10. Karin D, Súa K, María De Los Ángeles D, Benaprés A, Ximena D, Estrada V. Parálisis Cerebral. Chile; 2014.
11. Arias Armijos MP, Huiracocha Tutivén L. Características epidemiológicas y clínicas de pacientes pediátricos con parálisis cerebral. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca*. 2020 Aug 31;38(2).
12. Ignacio C, Espinosa J, Amaguaya G, Culqui M, Silva J, Angulo A, et al. Prevalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil Resumen [Internet]. Venezuela; 2020. Available from: <https://orcid.org/0000-0001-8608-8338>,

13. Robles García V. Realidad virtual como herramienta en fisioterapia, ¿ficción o realidad? Vol. 40, Fisioterapia. Ediciones Doyma, S.L.; 2018. p. 1–3.
14. Tabash-Pérez F, María Sandoval-Poveda A. La realidad virtual (RV) es una opción innovadora [Internet]. 2021. Available from: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/428/4282629010/>
15. Torres-Narváez M, Sánchez-Romero J, Pérez-Viatela A, Betancu E, Villamil-Ballesteros J, Valero-Sánchez K. Motor training from reality to virtuality. Vol. 66, Revista Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia; 2018. p. 117–23.
16. Luque Ordóñez J. Realidad Virtual y Realidad Aumentada. 2020.
17. Feng H, Li C, Liu J, Wang L, Ma J, Li G, et al. Virtual reality rehabilitation versus conventional physical therapy for improving balance and gait in parkinson's disease patients: A randomized controlled trial. *Medical Science Monitor*. 2019;25:4186–92.
18. Takeo Y, Hara M, Shirakawa Y, Ikeda T, Sugata H. Sequential motor learning transfers from real to virtual environment. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2021 Dec 30;18(1):107. Available from: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-021-00903-6>
19. Choi JY, Yi SH, Shim D, Yoo B, Park ES, Rha DW. Home-based virtual reality-enhanced upper limb training system in children with brain injury: a randomized controlled trial. *Front Pediatr*. 2023 Jul 11;11.
20. Saussez G, Bailly R, Araneda R, Paradis J, Ebner-Karestinos D, Klöcker A, et al. Efficacy of integrating a semi-immersive virtual device in the HABIT-ILE intervention for children with unilateral cerebral palsy: a non-inferiority randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2023 Dec 1;20(1).
21. Shih TY, Wang TN, Shieh JY, Lin SY, Ruan SJ, Tang HH, et al. Comparative effects of kinect-based versus therapist-based constraint-induced movement therapy on motor control and daily motor function in children with unilateral cerebral palsy: a randomized control trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2023 Dec 1;20(1).
22. Malick WH, Butt R, Awan WA, Ashfaq M, Mahmood Q. Effects of Augmented Reality Intervention on the Range of Motion and Muscle Strength of Upper Extremity in Children with Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Clinical Trial. *Games Health J*. 2022 Jun 1;11(3):168–76.
23. Szturm T, Parmar ST, Mehta K, Shetty DR, Kanitkar A, Eskicioglu R, et al. Game-Based Dual-Task Exercise Program for Children with Cerebral Palsy: Blending Balance, Visuomotor and Cognitive Training: Feasibility Randomized Control Trial. *Sensors*. 2022 Feb 1;22(3).
24. Abo-Zaid NA, Helmy NA, Elsayed NI, Mohammed AH. Wii Sport versus task-oriented training on gait in unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2021;16(Proc2):522–31.
25. Chang HJ, Ku KH, Park YS, Park JG, Cho ES, Seo JS, et al. Effects of virtual reality-based rehabilitation on upper extremity function among children with cerebral palsy. *Healthcare (Switzerland)*. 2020;8(4).
26. Choi JY, Yi SH, Ao L, Tang X, Xu X, Shim D, et al. Virtual reality rehabilitation in \*children with brain injury: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol*. 2021 Apr 1;63(4):480–7.

27. Hsieh HC. Preliminary Study of the Effect of Training with a Gaming Balance Board on Balance Control in Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2020 Feb 1;99(2):142–8.
28. Ökmen BM, Aslan MD, Nakipoğlu Yüzer GF, Özgirgin N. Effect of virtual reality therapy on functional development in children with cerebral palsy: A single-blind, prospective, randomized-controlled study. *Turk J Phys Med Rehabil.* 2019;65(4):371–8.
29. Pourazar M, Bagherzadeh F, Mirakhori F. Virtual reality training improves dynamic balance in children with cerebral palsy. *Int J Dev Disabil.* 2021;67(6):429–34.
30. Aran OT, Şahin S, Köse B, Ağce ZB, Kayıhan H. Effectiveness of the virtual reality on cognitive function of children with hemiplegic cerebral palsy: A single-blind randomized controlled trial. *International Journal of Rehabilitation Research.* 2020 Mar 1;43(1):12–9.
31. Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G, Guzman-Muñoz E, Soto-Poblete A, Cartes-Velásquez R, Elgueta-Cancino E, et al. Does Nintendo Wii Balance Board improve standing balance? A randomized controlled trial in children with cerebral palsy. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2017 Aug 1;53(4):535–44.
32. Zoccolillo L, Morelli D, Cincotti F, Muzzioli L, Gobbetti T, Paolucci S, et al. Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: a cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2017;51(6).
33. Acar G, Polen Altun G, Yurdalan S, Polat G. Efficacy of neurodevelopmental treatment combined with the Nintendo ® Wii in patients with cerebral palsy. *The Journal of Physical Therapy Science.* 2016;28.
34. Cho C, Hwang W, Hwang S, Chung Y. Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. *Tohoku Journal of Experimental Medicine.* 2016 Mar 5;238(3):213–8.
35. Ren K, Gong XM, Zhang R, Chen XH. Effects of virtual reality training on limb movement in children with spastic diplegia cerebral palsy. *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics.* 2016 Oct 15;18(10):975–9.
36. Mitchell LE, Ziviani J, Boyd RN. A randomized controlled trial of web-based training to increase activity in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2016 Jul 1;58(7):767–73.
37. Preston N, Weightman A, Gallagher J, Levesley M, Mon-Williams M, Clarke M, et al. A pilot single-blind multicentre randomized controlled trial to evaluate the potential benefits of computer-assisted arm rehabilitation gaming technology on the arm function of children with spastic cerebral palsy. *Clin Rehabil.* 2016 Oct 1;30(10):1004–15.
38. Saposnik G, Cohen LG, Mamdani M, Pooyania S, Ploughman M, Cheung D, et al. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *Lancet Neurol.* 2016 Sep 1;15(10):1019–27.
39. Urgan M, Akbayrak T, Gunel M, Cankaya O, Guchan Z, Turkyilmaz E. Investigation of the effects of the NintendoWii-Fit training on balance and advanced motor

- performance in children with spastic hemiplegic cerebral palsy: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*. 2016;5(4):146.
40. James S, Ziviani J, Ware RS, Boyd RN. Randomized controlled trial of web-based multimodal therapy for unilateral cerebral palsy to improve occupational performance. *Dev Med Child Neurol*. 2015 Jun 1;57(6):530–8.
  41. Shin J won, SonG G bin, hwanGbo G. Effects of conventional neurological treatment and a virtual reality training program on eye-hand coordination in children with cerebral palsy. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2015;

## ANEXOS

### Anexo 1: Escala de PEDro

<b>Escala PEDro-Español</b>		
1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible "ponderar" los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de las bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

\*Obtenido de: [https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro\\_scale\\_spanish.pdf](https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_spanish.pdf)

**Tabla 3. Análisis de los artículos científicos por puntuaciones en la escala de PEDro**

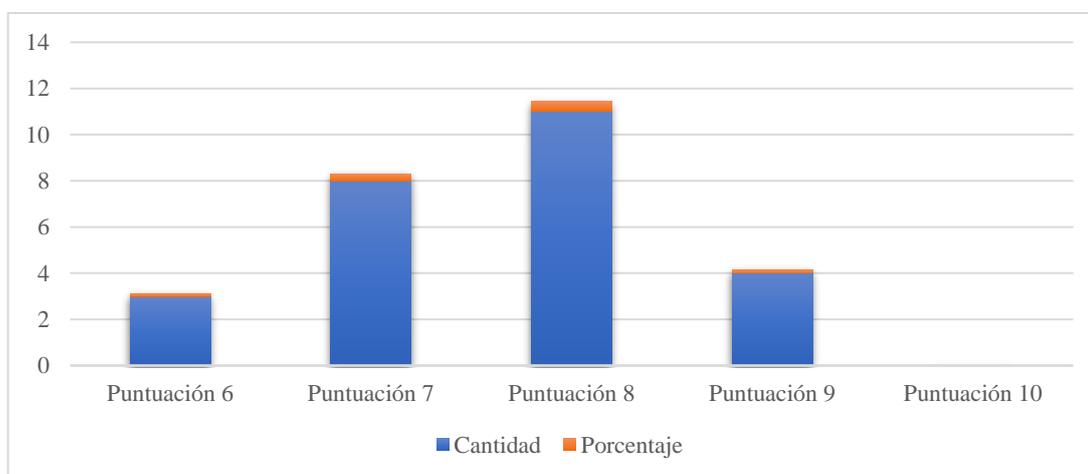
Escala de PEDro	Cantidad	Porcentaje
Puntuación 6	3	11%
Puntuación 7	8	31%
Puntuación 8	11	43%
Puntuación 9	4	15%
Puntuación 10	0	0%
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4. Análisis de los artículos científicos por año de publicación**

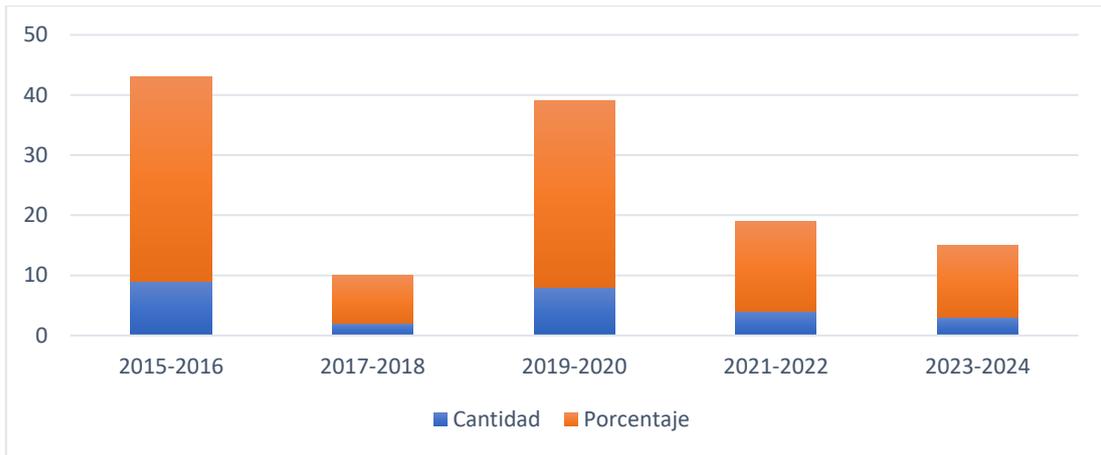
<b>Año de publicación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
2015-2016	9	34%
2017-2018	2	8%
2019-2020	8	31%
2021-2022	4	15%
2023-2024	3	12%
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>

**Tabla 5. Análisis de los artículos por el tipo de terapia realizado**

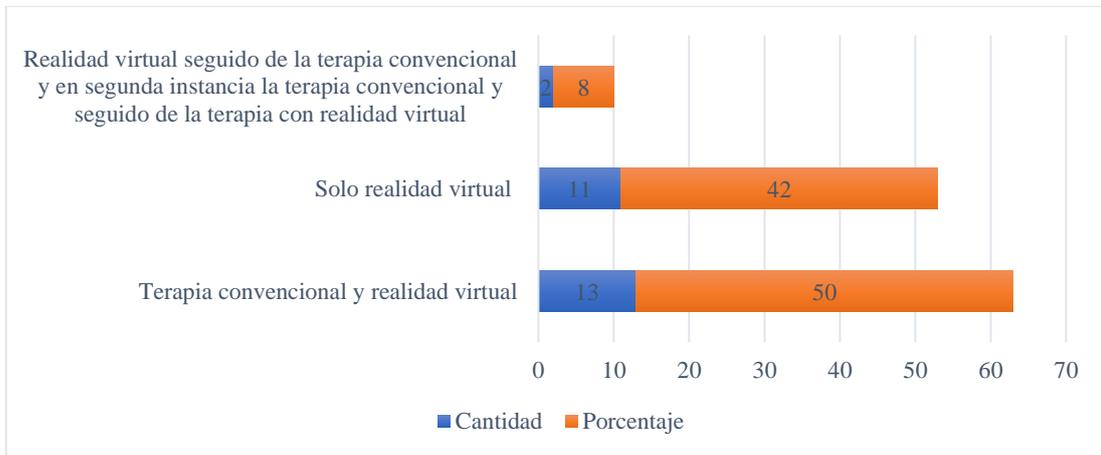
<b>Tipo de terapia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Terapia convencional y realidad virtual	13	50%
Solo realidad virtual	11	42%
Realidad virtual seguido de la terapia convencional y en segunda instancia la terapia convencional y seguido de la terapia con realidad virtual	2	8%
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>



**Figura 2. Análisis de los artículos científicos por puntuaciones en la escala de PEDro**



**Figura 3. Análisis de los artículos científicos por año de publicación**



**Figura 4. Análisis de los artículos por el tipo de terapia realizado**