

**EFFECTO DEL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL CONTROL POSTURAL  
EN JÓVENES CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO. REVISIÓN NARRATIVA**

**MARISOL ABRIL JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD DE BOYACÁ  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE FISIOTERAPIA  
TUNJA  
2022**

**EFFECTO DEL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL CONTROL POSTURAL  
EN JÓVENES CON TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO. REVISIÓN NARRATIVA**

**MARISOL ABRIL JIMÉNEZ**

**Trabajo de Grado Para Optar por el Título de  
Fisioterapeuta**

**Director**

**CLAUDIA MARITZA RUBIO BARRETO  
MSc. Neurorehabilitación**

**Coodirector**

**BRAYAN ESNEIDER PATIÑO PALMA  
MSc. Actividad física y deporte**

**UNIVERSIDAD DE BOYACÁ  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE FISIOTERAPIA  
TUNJA  
2022**

**Nota de aceptación.**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

Tunja 30 de noviembre 2021

“Únicamente el graduando es responsable de las ideas expuestas en el presente trabajo”. (Universidad de Boyacá. Acuerdo 958 del 30 de marzo de 2017, Artículo Décimo primero).

Especialmente a Dios por todas sus bendiciones, a mi familia por creer en mí y en este sueño. A mis padres, quienes con su amor, paciencia y trabajo me permitieron realizar hoy otro sueño, dándome un ejemplo de compromiso, responsabilidad los cuales me han hecho una mejor persona. A mis hermanos por su cariño incondicional, sus consejos y palabras de aliento durante este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada uno de mis docentes de la carrera de Fisioterapia de la Universidad de Boyacá, los cuales compartieron sus conocimientos para formarme como profesional. A mi directora de tesis Ft. Claudia Maritza Rubio Barreto, por sus conocimientos, dedicación y apoyo incondicional en esta investigación.  
A todos mil gracias....

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1 METODOLOGÍA	17
1.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS, EXTRACCIÓN DE DATOS	17
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS	19
2.1 AÑOS DE PUBLICACIÓN	19
2.2 EDAD, DISTRIBUCIÓN DE GRUPO Y DISEÑO	19
2.3 MEDICIÓN DE RESULTADOS	23
2.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA	27
2.4.1 Lista de verificación CARE	27
2.4.2 Lista de verificación NIH	27
2.4.3 Escala PEDro	28
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS ABORDAJES FISIOTERPÉUTICOS CONVECIONALES	31
4. VIDEOJUEGOS DE REALIDAD VIRTUAL UTILIZADOS EN JÓVENES CON SECUELAS MOTORAS DE TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO	33
5. PLATAFORMAS CON SENSOR DE MOVIMIENTO DE REALIDAD VIRTUAL UTILIZADOS EN JÓVENES CON SECUELAS MOTORAS DE TRAUMA CRANEOENCÉFALICO	36
6. CONCLUSIÓN	39

7. RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	46

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Años de publicación de los artículos incluidos a la investigación.	19
Cuadro 2. Edad y distribución de los diseños incluidos	20
Cuadro 3. Extracción de categorías de análisis	23
Cuadro 4. Estudio de caso "CARE"	27
Cuadro 5. Lista de chequeo NIH	28
Cuadro 6. Calidad PEDro	29
Cuadro 7. Abordaje fisioterapéutico convencional	31
Cuadro 8. Videojuegos de realidad virtual utilizadas en jóvenes con secuelas de trauma craneoencefálico	33
Cuadro 9. Plataformas con sensor de movimiento utilizadas en jóvenes con secuelas de trauma craneoencefálico	36

## LISTAS DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA	18

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXOS 1. Antproyecto	46

## RESUMEN

Abril Jiménez Marisol

Efectos del uso realidad virtual en el control postural en jóvenes con trauma craneoencefálico. Revisión narrativa / Abril Jiménez Marisol. - - Tunja : Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias de la Salud, 2021.

69 h.: il. + CD ROM. - - (Trabajos de Grado UB, Fisioterapia ; nº. )

Trabajo de Grado (Fisioterapeuta). - - Universidad de Boyacá, 2021.

El trauma craneoencefálico es una condición clínica la cual desencadena importantes alteraciones a nivel motor causando discapacidad de manera parcial o temporal. El propósito del estudio es identificar y reconocer el manejo de la realidad virtual en secuelas motoras después de un traumatismo craneoencefálico.

El objetivo fue describir los efectos del uso de la realidad virtual en jóvenes con secuelas motoras del control postural generadas por trauma craneoencefálico; por lo cual esta revisión narrativa contiene el referente teórico y bibliográfico de diferentes estudios, los cuales tenían como criterio de elegibilidad: adultos jóvenes con secuelas motoras de traumatismo craneoencefálico.

Para la búsqueda y selección de los artículos con una temporalidad de 10 años, atendiendo a búsqueda de información actualizada del tema realidad virtual, se emplearon las bases de datos PubMed, LILACS, Science Direct, Ovid y Scopus, seleccionando artículos publicados en inglés. La verificación de la información se muestra mediante el diagrama de flujo PRISMA quedando 14 artículos para la revisión que cumplieron con los criterios establecidos. Para su análisis se utilizó la escala de PEDro y las listas de verificación de NIH y CARE.

A partir de los resultados se puede evidenciar que la realidad virtual es una herramienta útil e innovadora que, si se trabaja en conjunto con la terapia convencional, mejoraría la calidad de vida tanto de los pacientes como de sus familiares y cuidadores.

**Palabras clave:** Trauma craneoencefálico, realidad virtual, videojuegos, control postural, equilibrio

## ABSTRACT

Abril Jiménez Marisol

Effects of using virtual reality on postural control in young people with head trauma. Narrative review /Abril Jiménez Marisol. - - Tunja : University of Boyaca, Faculty of Health Science., 2021.

69 h.: il. + CD ROM. - - (Work degree UB, Physiotherapy ; nº. )

Work degree (Physiotherapist). - - University of Boyaca, 2021.

Head trauma is a clinical condition which unleashes major alterations to the body movement, causing disability in a partial or temporary way. The main purpose of this study is to identify and recognize the management of virtual reality in motor sequelae after a head trauma.

The main objective was to discover the effects of the virtual reality application on youngsters with motor sequelae on stance control generated by head trauma; therefore, this narrative revision contains the theoretical and bibliographical references from different studies which had as eligibility criterium: young adults with motor sequelae caused by head trauma.

For the search and selection of articles with a 10-year period of publishing, looking for updated information on virtual reality, some databases such as PubMed, LILACS, Science Direct, Ovid and Scopus were used, selecting English written articles only. The information verification is shown through a PRISMA flow diagram, remaining 14 articles for revision that met the established criteria. For their analysis the scale PEDro and the NIH and CARE checklists were used.

From the results it can be evidenced that virtual reality is a useful and innovative tool that, annexed to the conventional therapy, could improve the quality of life of patients and their families, as well as their caregivers.

**Keywords:** Head trauma, virtual reality, videogames, stance control, equilibrium.

## INTRODUCCIÓN

El trauma craneoencefálico (TCE) es un deterioro funcional del contenido craneal causado por un intercambio brusco de energía mecánica, provocando conmoción, contusión, hemorragia o laceración del cerebro; la severidad del trauma dependerá del tipo de lesión. El TCE ha cobrado la vida de la mayor parte de la población adulto joven, constituyéndose la primera causa de muerte y discapacidad en personas menores de 46 años en el mundo entero, representando un grave problema de salud pública (1).

En países desarrollados se encuentra un porcentaje del 40 al 60% de los casos, y en países en desarrollo se encuentra una incidencia del 80% (1). En Latinoamérica es alto el porcentaje de lesiones causadas principalmente por accidentes de tránsito y violencia, siendo, los más implicados en el primer caso los motociclistas y los peatones (2). La severidad de la lesión se puede determinar por medio de la medición de los niveles de consciencia utilizando la Escala de Glasgow dividiéndose en grave, moderado y leve(1). Las diversas lesiones pueden provocar alteraciones, en las funciones sensomotoras, neurocognitivas, en el funcionamiento social cotidiano, en el comportamiento, y en los estados emocionales (3).

Las alteraciones sensomotoras conllevan a procesos discapacitantes, o potencialmente invalidantes, esto se traduce en una pérdida del control motor, trastornos en el equilibrio, balance, compromiso de los patrones de marcha, así como de la función de extremidades superiores, dependiendo de la localización de la lesión. Hay que considerar además que el compromiso motor también puede ser secundario a inmovilidad prolongada, con alteraciones músculo esqueléticas y cardiovasculares (4).

Por lo anterior, en los últimos años se han producido importantes avances en el conocimiento de la fisiopatología de los TCE, lo cual, junto con la mejora en los métodos de neuromonitorización empleados y el uso de protocolos y guías terapéuticas estandarizadas, ha permitido mejorar de forma significativa el resultado de la rehabilitación de estos pacientes (5). La rehabilitación representa una alternativa de aprender a compensar, restituir, integrar, y sustituir, las funciones que se han visto afectadas por la lesión y al mismo tiempo es una ventana, tanto para el paciente como para sus familiares, de vislumbrar la posibilidad de adaptarse al medio, a partir de su nueva condición. Durante el tiempo, se han desarrollado e implementado métodos de tratamiento como Bobath, Perfetti o terapia cognoscitiva, Kabat, Vojta, además se incluyen la ejecución de pruebas eléctricas y manuales (6),

para el abordaje a secuelas que se generan por lesiones del sistema nervioso central.

Debido a esto, es importante reconocer los objetivos de estas propuestas de rehabilitación convencional, que se basan desde diferentes teorías del control motor. Es así que el método Bobath tiene como objetivos inhibir los reflejos y disminuir el tono muscular con el único fin de lograr aprender los movimientos normales lo que le ayudará a obtener una mejor postura(7); el método Perfetti o terapia cognitiva enfatiza el proceso de rehabilitación de la mano, esta estrategia se ha ido convirtiendo gradualmente en un método de enfoque funcional y holístico(8). El método Kabat o Técnica de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva tiene como objetivo mejorar la respuesta motora mediante la estimulación de los receptores del sistema neuromuscular(9). Y el método Vojta propone la estimulación táctil en áreas del cuerpo que estaban determinadas para activar programas motores innatos en humanos(10). La locomoción refleja contiene dos patrones globales de movimiento: la reptación refleja, que se desencadena desde el decúbito prono y el volteo refleja que lo hace desde el decúbito supino y lateral (11).

Son muchos los modelos de intervención en neurorehabilitación, pero, con los avances de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha supuesto un profundo cambio en diferentes ámbitos de nuestra vida, tanto que al día de hoy resulta difícil imaginarnos cómo sería ésta sin ordenadores o teléfonos móviles, por ejemplo. Dentro del campo de la medicina, el cambio inducido por la incorporación de las TIC no ha sido menor, ya que éstas se han aplicado con fines tan diversos como la historia clínica electrónica, la telerrehabilitación o, la neurorehabilitación (12).

Dentro de la implementación de nuevas tecnologías de neurorehabilitación o conocidas como neurotecnologías, atendiendo a los avances de las neurociencias, se han generado nuevas soluciones como son dispositivos robóticos, Realidad virtual y Estimulación Magnética Transcraneal (EMT), dichas ayudas tecnológicas, puede proporcionar un tratamiento de alta intensidad, repetitivo, específico de la tarea e interactivo de la extremidad superior e inferiores deterioradas y un medio objetivo y confiable de monitorear el progreso del paciente (13). La realidad virtual (RV) es una tecnología idónea para ser empleada en la neurorehabilitación, al permitir integrar la terapia convencional y la neurociencia en enfoques de capacitación motivadores, especialmente mediante videojuegos. La terapia con realidad virtual (TRV) es una herramienta óptima para diseñar terapias dirigidas a los mecanismos neuroplásticos del sistema nervioso (14), es una simulación de un entorno real generada por ordenador en la que, a través de una interfaz hombre-máquina, se va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado (12).

Las herramientas tecnológicas son variadas (Xbox, Kinect, Nintendo, gafas 3D, sensores, controles, otros) y dependiendo de los requerimientos de la rehabilitación así podrían ser empleados (15). Además, es posible extrapolar el aprendizaje motor mediante diversos gráficos bidimensionales y tridimensionales (12), de lo virtual a lo real extrayendo las experiencias y patrones de movimiento a situaciones cotidianas, que día a día consiguen aumentar la calidad de vida de estos pacientes, y sus familias, debido a que las estrategias aprendidas durante el proceso de rehabilitación trascienden las funciones cognitivas y pueden ser aplicadas en otros espacios de la vida del paciente ayudando a su reincorporación a la sociedad, recuperando independencia y la mayor funcionalidad posible (6).

Esta revisión narrativa se realiza con el fin de reconocer los efectos de la realidad virtual en el control postural de jóvenes con TCE; los diferentes ensayos clínicos aleatorizados (ECA) realizados demuestran que la TRV facilita, de forma segura y estadísticamente significativa, la recuperación motora y funcional del miembro superior, la marcha, el equilibrio, la calidad de vida relacionada con la salud y las actividades de la vida diaria, junto con la terapia convencional (14)

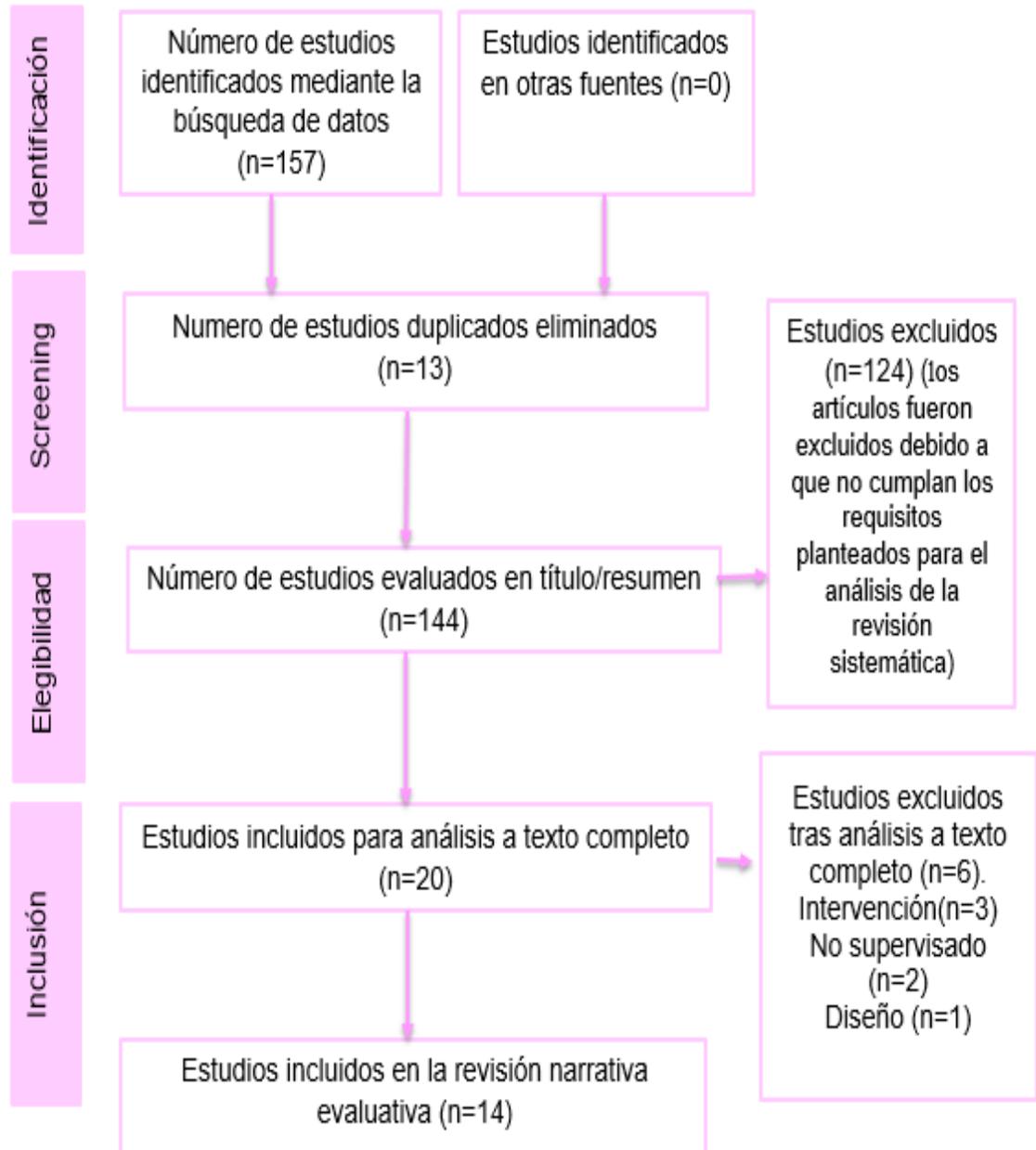
## 1 METODOLOGÍA

### 1.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS, EXTRACCIÓN DE DATOS

Para la identificación de los estudios de este proyecto se seleccionaron ensayos clínicos aleatorizados y randomizados (ECA), la búsqueda se realizó entre los meses de mayo y agosto de 2021. En el siguiente flujograma PRISMA se evidencia la búsqueda que se realizó para la construcción de esta revisión sistemática, en diferentes bases de datos tales como PUBMED (43), LILIACS (14), SCIENCE DIRECT (60), OVID (24) Y SCOPUS (16); utilizando términos (Traumatic brain injury) AND (virtual reality, (postural control) AND (traumatic brain injury), ((traumatic brain injury) AND (video game)) AND (young adult), postural balance) AND (virtual reality)) AND (young adult), (video game) AND (postural control)) AND (traumatic brain injury)) AND (young adult), ((Exercise Therapy) AND (Video game)) AND (Traumatic brain injury), (((virtual reality) OR (Animal Assisted Therapy)) AND (Traumatic brain injury)), (((postural balance) AND (virtual reality)) AND (Physical Therapy Modalities)) AND (Traumatic brain injury), (((Traumatic brain injury) AND (YOUNG ADULT)) AND (postural balance)) AND (Videogame); obteniendo como primera búsqueda 157 estudios de las diferentes fuentes; de los que se eliminaron 13 artículos duplicados; 124 por título y resumen; se eliminan 6 por texto completo, para finalizar se cuentan con 14 artículos que cuentan con los criterios de inclusión. Para lo cual, se muestra el diagrama PRISMA, que describe detalladamente el proceso de selección de los estudios en las diferentes bases de datos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de acuerdo con la declaración de PRISMA(16) con los estudios seleccionados a partir de una lectura exploratoria inicial y full text, para identificar los artículos incluidos.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA



Fuente: La autora

## 2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

Se incluyen 14 artículos con fechas de publicación contempladas entre los años 2010 a 2020, correspondientes a ECA, estudios de caso y estudios cuasi-experimentales, en inglés los cuales han sido publicados en diferentes países como son: Francia (17), Australia (26), España (22), Estados Unido (19,20,21,23,24,25,27,28,29), Italia (18,30). La evaluación, de la calidad metodológica se realizó según la escala PEDro, y las listas de verificación de CARE y NIH.

### 2.1 AÑOS DE PUBLICACIÓN

En el cuadro se encuentra la relación de los años de publicación de los estudios con un porcentaje más alto en el año 2013 y 2019. La búsqueda se basó con una antigüedad de 10 años, atendiendo a que es en donde ha tomado mayor relevancia la realidad virtual; para el 2019 se identificó que la intervención ha sido más específica en cuanto al tipos de videojuegos utilizados para la rehabilitación del control postural en pacientes con secuelas de trauma craneoencefálico.

Cuadro 1. Años de publicación de los artículos incluidos a la investigación.

<b>Años de Publicación</b>	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
2011	2	14,3
2012	1	7.14
2013	3	21.43
2014	1	7.14
2015	1	7.14
2016	2	14,3
2017	1	7.14
2019	3	21.43
<b>TOTAL</b>	14	100%

Fuente: recopilación autora

### 2.2 EDAD, DISTRIBUCIÓN DE GRUPO Y DISEÑO

En el cuadro se menciona los diseños de estudio que fueron incluidos en la revisión como lo son estudios de caso, estudios cuasi – experimentales y ensayos clínicos aleatorios; a su vez el número de participantes, las edades y género; la distribución

cada grupo ya sea grupo control o grupo experimental. Analizando que la edad promedio en la que se encontraban la mayor parte de los participantes fue de 33 a 35 años; la mayoría de los colaboradores eran hombres; la distribución de los participantes en la totalidad de los estudios fue de manera aleatorizada, en algunos casos se tenía en cuenta la talla y el peso para su distribución.

Cuadro 2. Edad y distribución de los diseños incluidos

<b>Estudio</b>	<b>Edad de Participantes</b>	<b>Distribución de Grupos</b>	<b>Diseño del Estudio</b>
Effect of Mechanical Horse Practice as New Postural Training in Patients With Neurological Disorders: A Pilot Study(17)	18 – 45 años	<b>n = 18</b> <b>GE:</b> 10 participantes 8 hombres / 2 mujeres. <b>GC:</b> 8 participantes 5 hombres / 3 mujeres.	ECA
The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study(18)	18 -50 años	<b>n = 21</b> <b>GE:</b> 12 participantes 10 hombres / 2 mujeres. <b>GC:</b> 9 participantes 7 hombres / 2 mujeres	ECA
Virtual reality-based therapy for the treatment of balance deficits in patients receiving inpatient rehabilitation for traumatic brain injury(19)	> 18 años	<b>n = 20</b> <b>GE:</b> 10 participantes <b>GC:</b> 10 participantes	ECA
Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury(20)	Edad media de 33 años	<b>n = 63</b> <b>GE:</b> 31 participantes 23 hombres / 8 mujeres. <b>GC:</b> 32 participantes 16 hombres / 16 mujeres	ECA

Does use of a virtual environment change reaching while standing in patients with traumatic brain injury?(21)	Edad media de 35 años	<b>n = 30</b> <b>GE:</b> 15 participantes 6 hombres / 9 mujeres. <b>GC:</b> 15 participantes 7 hombres / 8 mujeres	ECA
Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury(22)	18 – 50 años	<b>n = 17</b> <b>GE:</b> 9 participantes 6 hombres / 3 mujeres. <b>GC:</b> 8 participantes 6 hombres / 3 mujeres	ECA
Assessing subacute mild traumatic brain injury with a portable virtual reality balance device(23)	> 18 años	<b>n = 56</b> <b>GE:</b> 11 participantes <b>GC:</b> 56 participantes	ECA
Improvements in Gait Speed and Weight Shift of Persons With Traumatic Brain Injury and Vestibular Dysfunction Using a Virtual Reality Computer-Assisted Rehabilitation Environment(24)	20 -42 años	<b>n = 26</b> <b>GE:</b> 12 participantes <b>GC:</b> 12 participantes 2 participantes no terminaron la intervención	ECA
Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report(25)	29 años	N / A	Estudio de Caso
Upper-limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: A preliminary within-group evaluation of the elements system(26)	18 - 48 años	N / A	Estudio Cuasi-Experimental
Driving Rehabilitation for Military Personnel Recovering from Traumatic Brain Injury 'sing Virtual Reality Driving	> 18 años	<b>n = 11</b> <b>GE:</b> 6 participantes <b>GC:</b> 5 participantes	ECA

Simulation: A Feasibility Study(27)			
Virtual reality game-based therapy for treatment of postural and co-ordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study(28)	18 - 45 años	N / A	Estudio Cuasi-Experimental
Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI(29)	18 – 45 años	<b>n = 29</b> <b>GE:</b> 14 participante 7 hombres / 7 mujeres. <b>GC:</b> 15 participantes 7 hombres / 8 mujeres	ECA
Improving Cognitive Function after Traumatic Brain Injury: A Clinical Trial on the Potential Use of the Semi-Immersive Virtual Reality(30)	> 19 años	<b>n = 100</b> <b>GE:</b> 50 participantes 29 hombres / 21 mujeres. <b>GC:</b> 50 participantes 26 hombres / 24 mujeres	ECA

Fuente: recopilación autora

## 2.3 MEDICIÓN DE RESULTADOS

Se mencionan de cada uno de los artículos las categorías encontradas en los mismo y que resaltan la aplicabilidad desde la profesión de fisioterapia. Además, los diferentes test o escalas medición que se utilizaron en cada paciente pre y post de la intervención; identificando las más utilizadas en los estudios, las cuales permiten identificar las condiciones y riesgos de los participantes para tener en cuenta en durante el tratamiento y la medición de los resultados. Donde podemos encontrar la escala de equilibrio, el test de coordinación postural, escala de movilidad y equilibrio comunitario (CB&M), Escala de Balance Unificada (UBS), la evaluación funcional de la marcha (FGA), la postura y por último marcha.

Cuadro 3. Extracción de categorías de análisis

Estudio	Categorías	Categorías	Categorías	Categorías	Resultados
Effect of Mechanical Horse Practice as New Postural Training in Patients With Neurological Disorders: A Pilot Study (17)	Equilibrio (Movimientos bidimensionales caballo mecánico ejercicios de pie)	Marcha	Movilidad (cabeza – tronco)		A pesar del efecto de interacción no significativo entre estas dos variables, todos los resultados parecen indicar un mayor cambio postural del tronco hacia antifase a bajas frecuencias contrariamente a las altas frecuencias, principalmente para el grupo de caballos
The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study (18)	Equilibrio (desplazar el peso lateralmente)	Marcha	Balance postural	Movilidad (La prueba TUG)	Ambos grupos mejoraron en los puntajes CB&M, pero solo el grupo VGT aumentó en el UBS y TUG con una significancia entre grupos
Virtual reality-based therapy for the treatment of balance deficits in patients receiving	Equilibrio (barras de equilibrio, tablas de inclinación,	Movilidad (alcanzar la maleta)	Marcha Evaluación funcional de la marcha (FGA)		Ambos grupos demostraron un mejor equilibrio estático y dinámico durante el transcurso

inpatient rehabilitation for traumatic brain injury (19)	tablas de balancín, superficies alteradas bases de apoyo alteradas)				del estudio, sin diferencias significativas entre los grupos.
Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury (20)	Equilibrio (Juegos de Xbox Kinect se centran principalmente en actividades dinámicas de pie, como la postura de una sola extremidad)	Marcha (prueba de BEST)			No se observaron diferencias significativas entre los grupos en el CB&M durante la duración del estudio para las personas que recibieron VR en comparación con las que recibieron un HEP para abordar los déficits de equilibrio después de una TCE crónica ni en ninguno de los resultados secundarios.
Does use of a virtual environment change reaching while standing in patients with traumatic brain injury? (21)	La prueba de ataxia califica la ataxia de la marcha	Postura	Función motora	Marcha	Los participantes con TBI mejoraron sus alcances en 7 cm en entorno virtual y en 4 cm en el entorno físico equivalente después de realizar una serie de pruebas virtuales.
Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury (22)	Equilibrio estático y dinámico (transferencias de peso en sedente y bipedestación)	Capacidad aeróbica y resistencia (la prueba de caminata de 1 minuto)	Marcha Prueba de marcha de 10 m (10MT)		Los pacientes que utilizaron eBaViR tuvieron una mejora significativa en el equilibrio estático. En cuanto al equilibrio dinámico, los resultados mostraron una mejora significativa a lo largo del tiempo en todas estas medidas.

Assessing subacute mild traumatic brain injury with a portable virtual reality balance device (23)	Equilibrio (posición de pie ojos cerrados ojos abiertos con o sin superficies estables)	Postura			La cohorte de TCEI tuvo un desempeño significativamente bajo que la cohorte sana en el nuevo dispositivo. El nuevo dispositivo tiene una precisión del 91,0%
Improvements in Gait Speed and Weight Shift of Persons With Traumatic Brain Injury and Vestibular Dysfunction Using a Virtual Reality Computer-Assisted Rehabilitation Environment (24)	Marcha (caminar en una cinta)	Equilibrio (mantener posición mientras plataforma giraba, se inclinaba o se movía lateralmente)	Coordinación (golpear objetos mientras subía y bajaba colinas)		Los resultados de las pruebas clínicas vestibulares actuales de los grupos puede ayudar a determinar qué beneficios puede ofrecer CAREN sobre la terapia tradicional o qué combinación de terapias puede beneficiar mejor al guerrero herido.
Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report (25)	Equilibrio (caminar en todas las direcciones)	Coordinación (óculo manual, óculo pedal)	Control postural (escala de ataxia )		Los resultados mostraron que la consola de juegos Xbox Kinect se puede utilizar con relativa facilidad para la recuperación de déficits funcionales, motores y posturales graves incluso en un paciente en una etapa crónica después de una lesión cerebral traumática
Upper-limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: A preliminary within-group evaluation of the elements system (26)	Coordinación (óculo manual)	problemas neuroconductuales (Inventario de funcionamiento neuroconductual (NFI)).			Los resultados no mostraron cambios significativos antes de la intervención, pero menos síntomas de disfunción después del tratamiento. Este patrón de resultados indica beneficios del entrenamiento Elementos que se extienden más allá de la función de las extremidades superiores.
Driving Rehabilitation for Military Personnel	Coordinación (ojo mano)	Postura			El rendimiento de conducción mejoró significativamente solo

Recovering from Traumatic Brain Injury 'sing Virtual Reality Driving Simulation: A Feasibility Study (27)					en el grupo entrenamiento de rehabilitación con simulación de conducción de realidad virtual. También demostraron una reducción en la furia al volante y conducción riesgosa
Virtual reality game-based therapy for treatment of postural and co-ordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study (28)	Equilibrio (equilibrio estático y bipedestación equilibrio dinámico de brazo y obstáculos)	Coordinación (ojo-mano y ojo-cabeza)	Postura	Marcha	Después de la terapia, la mayoría de los participantes mejoraron su estabilidad postural estática y dinámica, la marcha y los movimientos de los brazos.
Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI (29)	Equilibrio (posición en un solo pie)	Coordinación (óculo manual)	Marcha (prueba de evaluación funcional (de la marcha (FGA)		En general, los participantes con TCE mostraron un rendimiento reducido y una tasa de aprendizaje más lenta en el juego de realidad virtual en comparación con los individuos sanos.
Improving Cognitive Function after Traumatic Brain Injury: A Clinical Trial on the Potential Use of the Semi-Immersive Virtual Reality (30)	Coordinación (óculo manual, óculo pedal)	Funciones cognitivas (aprender, organizar )	Funciones mentales (comportamiento)		Los resultados del análisis mostraron que VRTG y TCRG tuvieron una mejora significativa en diversas funciones cognitivas y estado de ánimo. Sin embargo, observamos un aumento significativo en la flexibilidad.

Fuente: Análisis realizado por la autora de la investigación

## 2.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA

De los ECA que se incluyeron en la revisión narrativa, se puntuaron mediante las escalas de CARE con pautas de verificación de estudios de casos (31) y la herramienta de evaluación de calidad de los Institutos Nacionales de Salud NIH para estudios no aleatorizados (32), estas dos últimas usadas para categorizar la investigación respecto a la calidad de cada publicación; y por último la escala de criterios PEDro (Physiotherapy Evidence Database) para ECA (33).

**2.4.1 Lista de verificación CARE.** Esta lista contiene 13 ítems, sin dominios declarados y que es de uso general para todos los ámbitos de la medicina; los cuales evalúan el título, palabras claves, resumen, introducción, información del paciente, hallazgos clínicos, calendario, evaluación diagnóstica, intervención terapéutica, resultados discusión consentimiento informado (31).

En el cuadro que se presenta a continuación, según los estudios seleccionados solo uno se evaluó con la lista de verificación CARE, el cual obtuvo cumplió con todos los ítems.

Cuadro 4. Estudio de caso “CARE”

TÍTULO	AUTORES	PUNTUACIÓN
Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report(25)	Jessica M Paavola, Kory E Oliver y Ksenia I Ustinova	13 / 13

Fuente: análisis realizado por la autora de la investigación

**2.4.2 Lista de verificación NIH.** Se utiliza para estudio antes-después (Pre-Post) sin grupo de control; está organizado por número de pregunta de la herramienta para la evaluación de la calidad de los estudios de intervención controlados. Entre estas podemos encontrar: ¿Los autores describieron su objetivo al realizar esta investigación?, ¿Los autores describieron los criterios de elegibilidad aplicados a las personas de las que se seleccionaron o reclutaron los participantes del estudio?, ¿Los autores presentaron sus razones para seleccionar o reclutar el número de personas incluidas o analizadas?, ¿Se definieron los resultados en detalle?, ¿Se

midieron las medidas de resultado para cada persona más de una vez durante el transcurso de los períodos de estudio antes y después?(33).

Cuadro 5. Lista de chequeo NIH

TÍTULO	AUTORES	PUNTUACIÓN
Upper-limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: A preliminary within-group evaluation of the elements system(26)	Nick Mumford, Jonathan Duckworth, Patrick R. Thomas, David Shum, Gavin Williams Y Peter H. Wilson	9 / 3
Virtual reality game-based therapy for treatment of postural and coordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study(28)	KI Ustinova, J. Perkins, WA Leonard Y CJ Hausbeck	10 / 3

Fuente: análisis realizado por la autora de la investigación

**2.4.3 Escala PEDro.** Esta escala puntúa a partir de 11 criterios obteniendo una puntuación máxima de 10, considerándose excelente de 9-10, buena 6-8, aceptable 4-5 y una puntuación  $\leq 3$  representa falta de calidad metodológica confiabilidad de las calificaciones de los ítems de la escala PEDro se calculó usando kappas de múltiples calificaciones, y la confiabilidad de la puntuación total (sumada) se calculó usando coeficientes de correlación intraclase. El ítem 1 corresponde a la validez externa del estudio, por tanto, no está incluida en la puntuación total, los ítems del 2 al 11 refieren la validez interna y los ítems 10 y 11 interpretan los resultados estadísticamente para confiabilidad.

Continuando, se analiza la validez interna, externa e información estadística en los estudios que permitan la interpretación de resultados para la comprensión de calidad metodológica por medio de PEDro (34).

Cuadro 6. Calidad PEDro

Artículo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	Total
Héloïse et al.,(17)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Straudi. et al.,(18)	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5/10
Jeffrey P et at.,(19)	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7/10
Candace et at.,(20)	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	8/10
Schafer A et at.,(21)	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Gil-Gómez et at.,(22)	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	5/10
W. Geoffrey et at.,(23)	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5/10
Pinata H et at.,(24)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3/10
Daniel J. Cox , PhD et at.,(27)	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	6/10
Rochelle L. et at.,(29)	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5/10
Rosaria De Luca, et at.,(30)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Porcentaje de cumplimiento	100%	73 %	9,09 %	81,8 %	0 %	9,09 %	18,18 %	81,8 %	81,8 %	100 %		

Fuente: la autora

En el cuadro 1 se evidencia la calidad metodológica, evaluada por medio de la escala PEDro la cual nos permite realizar una evaluación interna de los 14 artículos seleccionados, como se evidencia en los siguientes ítems (+Si, - NO)(33): **P1**: Los criterios de elección fueron especificados; **P2**: Los sujetos fueron asignados al azar

a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos); **P3**: La asignación fue oculta **P4**: Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes; **P5**: Todos los sujetos fueron cegados; **P6**: Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados; **P7**: Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados; **P8**: Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos; **P9**: 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” **P10**: Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave; **P11**: El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

**NOTA:** los criterios de elección fueron especificados, este criterio influye en la validación externa, pero no en la validez interna del ensayo. Ha sido incluido en la escala PEDro para que todos los ítems de la escala Delphi estén representados en la misma, este ítem no se utilizará debido a su poca validez interna en el ensayo.

La evaluación de la calidad metodológica se realizó a un total de 12 artículos de los cuales 1 artículo presentó puntuaciones de 3(24), 5 artículos obtuvieron puntuación de 5(18,22,23,29), 3 artículos obtuvieron puntuación de 6(17,21,27,30), 1 artículos obtuvo puntuación de 7(19) y 1 artículos obtuvieron puntuación de 8(20) en la escala propuesta por PEDro. De los anteriores datos P1, P10 y P11 demuestra que todos los textos realizaron criterios de elección especificados, y variabilidad reportada. Además, P4, P8 y P9 se cumplió en un 83,3% en ítem de abandonos menor del 16%, por análisis por intención a tratar; P2 demuestra que los textos en el 75% realizaron asignación aleatoria; P7 25% solo 5 de estos textos aplicaba este ítem el cegamiento de los terapeutas; P6 8,3% solo uno de estos textos aplicaba este ítem el cegamiento de los terapeutas; en la variable P5 el cegamiento de los participantes no se cumplió en ninguno de los textos y P3 un 16 % de estos artículos cumplieron con el ocultamiento de la asignación. Por último, podemos concluir que la variable que no se cumplió fue P5 reportando un 0% y los que más cumplieron fueron P1, P10.

**Lista de abreviaturas.** GE: Grupo experimental, GC: Grupo control, VGT: Terapia de videojuego, BPT: Terapia de plataforma de equilibrio, ESC: Terapia específica para el equilibrio, VRT: Actividades de equilibrio utilizando los juegos interactivos Wii Fit y Wii Sport, HEP: Programa de ejercicios en el hogar, RV: Realidad virtual, GP: Grupo prueba, VEST: Pantalla de TBI de entorno virtual, SOT: Prueba de organización sensorial, VRDSRT: Investigar la viabilidad del entrenamiento de rehabilitación con simulación de conducción de realidad virtual, TCRG: Grupo de rehabilitación cognitiva tradicional, VRTG: Grupo de formación en realidad virtual.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS ABORDAJES FISIOTERPÉUTICOS CONVECIONALES

En el siguiente cuadro, se encuentran los aspectos relevantes de los estudios seleccionados para la investigación en cuanto a la terapia convencional la cual fue realizada en los centros de rehabilitación y en la casa de los participantes, utilizando diferentes elementos como barras de equilibrio, balancines y superficies estables e inestables con las cuales se desarrollaron ejercicios en cuanto al equilibrio estático y dinámico, postura y marcha. Y además el número de sesiones y el tiempo utilizado en cada sesión del grupo control.

Cuadro 7. Abordaje fisioterapéutico convencional

ESTUDIO	INTERVENCIÓN GRUPO CONTROL
Effect of Mechanical Horse Practice as New Postural Training in Patients With Neurological Disorders: A Pilot Study(17)	24 sesiones de fisioterapia convencional la cual consistió en habilidades de transferencia general, (Transferencia entre la cama y la silla de ruedas) Equilibrio en sedente Verticalización Equilibrio de pie La marcha
Virtual reality-based therapy for the treatment of balance deficits in patients receiving inpatient rehabilitation for traumatic brain injury(19)	Recibieron 15 minutos de terapia específica para el equilibrio, 4 veces por semana, utilizando las actividades y el equipo disponible en el gimnasio. Los tipos de actividades de equilibrio se individualizan para las necesidades de equilibrio específicas del paciente e incluyeron: Barras de equilibrio Tablas de inclinación Tablas de balancín Superficies alteradas (por ejemplo, espuma)
Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury(20)	Recibieron un programa 3-4 veces por semana durante 12 semanas, con cada sesión de 30 minutos Ejercicios de balance postural Equilibrio dinámico

<p>Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury(22)</p>	<p>Cada paciente participó en un total de 20 sesiones de rehabilitación de una hora y logró un mínimo de 3 sesiones y un máximo de 5 sesiones por semana. Durante las sesiones de control, se practicaron ejercicios de rehabilitación tradicionales que se centraron en el entrenamiento del equilibrio, ya sea de forma individual o en grupo.</p>
<p>Improvements in Gait Speed and Weight Shift of Persons With Traumatic Brain Injury and Vestibular Dysfunction Using a Virtual Reality Computer-Assisted Rehabilitation Environment(24)</p>	<p>Participaron en un programa de terapia de 6 semanas y 12 sesiones con un fisioterapeuta vestibular calificado. Las sesiones duraron entre 20 y 30 minutos.</p>
<p>Driving Rehabilitation for Military Personnel Recovering From Traumatic Brain Injury Using Virtual Reality Driving Simulation: A Feasibility Study(27)</p>	<p>Los participantes del grupo control recibieron rehabilitación residencial únicamente referente al equilibrio.</p>
<p>Improving Cognitive Function after Traumatic Brain Injury: A Clinical Trial on the Potential Use of the Semi-Immersive Virtual Reality(30)</p>	<p>Participaron en rehabilitación tradicional, administrado en sesiones individuales. Cada sesión de tratamiento duró 60 minutos y se repitió tres veces por semana durante 8 semanas.</p>

Fuente: análisis realizado por la autora de la investigación

#### 4. VIDEOJUEGOS DE REALIDAD VIRTUAL UTILIZADOS EN JÓVENES CON SECUELAS MOTORAS DE TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO

El siguiente cuadro menciona los diferentes videojuegos que se utilizaron en los estudios, en algunos de ellos se realizaron juegos de Nintendo Wii, juegos en 3D. además, otros permitían graduar la intensidad y el nivel de dificultad del juego a medida que el participante avanzaba en la intervención, con los cuales se comprueban los efectos de la realidad virtual en la rehabilitación función motora; tal cómo, en el equilibrio estático y dinámico, la coordinación postura y la marcha en pacientes con secuelas de trauma craneoencefálico.

Cuadro 8. Videojuegos de realidad virtual utilizadas en jóvenes con secuelas de trauma craneoencefálico

ESTUDIO	INTERVENCIÓN
The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study (18)	La terapia de videojuegos se entregó con una consola de Los juegos preseleccionados fueron elegidos de " Aventuras de Kinect " y " Deportes Kinect " que abarcó una amplia gama de actividades motoras en una posición de pie. Durante 3 sesiones por semana durante 6 semanas. Específicamente, se entrenaron las tareas motoras relacionadas con el equilibrio y la movilidad, como dar pasos de lado, desplazar el peso lateralmente, saltar, caminar (lateralmente, hacia adelante y hacia atrás) y alcanzar la meta del brazo
Virtual reality-based therapy for the treatment of balance deficits in patients receiving inpatient rehabilitation for traumatic brain injury (19)	Recibieron 15 minutos de actividades de equilibrio utilizando los juegos interactivos Wii Fit y Wii Sport La intervención consistió en: 8 minutos de juegos de mesa de equilibrio de Wii Fit 7 minutos de juegos de Wii Sport, 4 veces por semana
Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury (20)	Recibieron un programa 3-4 veces por semana durante 12 semanas, con cada sesión de 30 minutos Se utilizó un sistema de juego de realidad virtual para mejorar el equilibrio en personas con lesión cerebral traumáticas.

	El nivel de los juegos iba aumentando con el tiempo transcurrido de la intervención
Does use of a virtual environment change reaching while standing in patients with traumatic brain injury? (21)	La tarea experimental consistió en estirar la mano hacia adelante estando de pie en un entorno virtual (La tarea de educación física fue diseñada para imitar el alcance de las flores dentro de un jardín). En lugar de flores, el participante buscó pequeños pompones de colores, que se colocaron a intervalos regulares a lo largo de una regla de un metro para representar una hilera de flores. Ambos grupos realizaron la misma intervención
Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury (22)	Cada paciente participó en un total de 20 sesiones de rehabilitación de una hora y logró un mínimo de 3 sesiones y un máximo de 5 sesiones por semana. El sistema eBaViR permite al paciente jugar de pie o sentado para mejorar el control del equilibrio en ambas condiciones. En cada sesión, el paciente juega los tres juegos del sistema (Simon, rompe globos y Hockey).
Assessing subacute mild traumatic brain injury with a portable virtual reality balance device (23)	30 minutos de ejercicio al menos tres veces por semana Es un dispositivo de equilibrio basado en tecnología para simular el movimiento dentro de un entorno visual, consta seis condiciones, las cuales se indica a los participantes que miren hacia adelante y mantengan una postura erguida lo más estable posible.
Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report (25)	Cada sesión consistió en jugar tres pruebas seguidas de cada uno de los 5 juegos de la serie Kinect Adventure. 20.000 fugas: El jugador coloca sus extremidades y la cabeza para tapar las grietas, lo que requiere que use todo su cuerpo. Curvy Creek: El jugador se para en una balsa y debe intentar recolectar la mayor cantidad posible de alfileres de aventura a lo largo del recorrido cambiando de peso. Pelota de Rally: El jugador usa sus extremidades y cabeza para golpear pelotas en objetivos y bloques. Reflex Ridge: El jugador se para en una plataforma móvil que viaja a través de una pista de madera.

	<p>Pop espacial: El jugador debe dar un paso lateral en todas las direcciones.</p>
<p>Upper-limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: A preliminary within-group evaluation of the elements system (26)</p>	<p>Los participantes recibieron 12 sesiones de entrenamiento de 1 hora durante 4 semanas</p> <p>La Tarea 1 (Mezclador) consta de nueve círculos en un patrón de 3-3, cada uno con un borde blanco. El participante coloca el objeto en un círculo para activar su sonido y comenzar a girar la animación del borde.</p> <p>La Tarea 2 (Garabatos): anima a los participantes a dibujar líneas y formas en la pantalla usando una combinación de cuatro objetos (cilindro original, pentágono, triángulo y rectángulo)</p> <p>La tarea 3 (Swarm): fomenta el control bimanual para explorar las relaciones audiovisuales entre los cuatro objetos. Cuando se colocan en la pantalla, varias formas de colores gravitan lentamente y pululan alrededor de la base de cada objeto. A medida que se mueve cada objeto, sigue su enjambre.</p> <p>La Tarea 4 (Ir-No-Ir): usa las mismas posiciones de destino que la Tarea 3, sin embargo, aparecen blancos distractores adicionales (es decir, un pentágono, un triángulo y un rectángulo).</p>
<p>Driving Rehabilitation for Military Personnel Recovering From Traumatic Brain Injury Using Virtual Reality Driving Simulation: A Feasibility Study (27)</p>	<p>Recibieron 4-6 sesiones de entrenamiento de rehabilitación de 60 a 90 minutos</p> <p>El procedimiento de formación se basó principalmente en el ensayo / práctica de los pacientes de habilidades progresivamente más exigentes. Se trataba de alternar entre conducir durante 15 minutos en el autódromo y durante 15 minutos en un popular juego de carreras de autos.</p>
<p>Improving Cognitive Function after Traumatic Brain Injury: A Clinical Trial on the Potential Use of the Semi-Immersive Virtual Reality (30)</p>	<p>Se utilizó BTs-Nirvana creado para la rehabilitación con realidad virtual que permite una simulación multisensorial e interactiva de escenarios que afectan la vida real con la ayuda de una computadora.</p> <p>En particular, BTs-N es un programa de terapia semi-inmersiva, para rehabilitación motora y cognitiva, que ofrece escenarios virtuales interactivos en los que el paciente realiza el entrenamiento con la ayuda de un terapeuta.</p>

Fuente: análisis realizado por la autora de la investigación

## 5. PLATAFORMAS CON SENSOR DE MOVIMIENTO DE REALIDAD VIRTUAL UTILIZADOS EN JÓVENES CON SECUELAS MOTORAS DE TRAUMA CRANEOENCÉFALICO

El siguiente cuadro contiene, las diferentes plataformas con sensor de movimiento las cuales fueron utilizadas en los estudios seleccionados para la investigación las cuales captaron hasta la más mínima actividad de los participantes durante la realización de los ejercicios planteados para mejorar el equilibrio, balance, control del tronco, estabilidad postural y marcha.

Cuadro 9. Plataformas con sensor de movimiento utilizadas en jóvenes con secuelas de trauma craneoencefálico

<b>ESTUDIO</b>	<b>INTERVENCIÓN</b>
Effect of Mechanical Horse Practice as New Postural Training in Patients With Neurological Disorders: A Pilot Study (17)	Realizaron 30 minutos, 2 veces por semana, durante 12 semanas Se utilizó un simulador a caballo el cual proporcionó movimientos bidimensionales, realizaron varios ejercicios de equilibrio y movilización del tronco que consistían en movimientos sobre el caballo los cuales eran captados por plataforma y cámaras infrarrojas.
The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study (18)	Se administraron ejercicios de equilibrio / reequilibrio, estabilidad postural y levantamiento de pesas con y sin retroalimentación visual utilizando una plataforma de equilibrio (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY) durante 3 sesiones por semana durante 6 semanas.

<p>Assessing subacute mild traumatic brain injury with a portable virtual reality balance device (23)</p>	<p>Recibieron 30 minutos de ejercicio al menos tres veces por semana.          Los participantes debían estar de pie lo más estable posible durante 20 seg bajo seis condiciones de prueba diferentes, cada una repetida tres veces para un total de 18 pruebas:          ojos abiertos con una superficie de apoyo estable y un entorno visual - ojos cerrados con superficie de apoyo estable - ojos abiertos con entrada visual referenciada al balanceo con superficie de apoyo estable - ojos abiertos con superficie de apoyo referenciada al balanceo inestable - ojos cerrados con superficie de apoyo referenciada al balanceo inestable - ojos abiertos con una superficie de apoyo con referencia a la oscilación y un entorno visual con referencia a la oscilación.</p>
<p>Improvements in Gait Speed and Weight Shift of Persons With Traumatic Brain Injury and Vestibular Dysfunction Using a Virtual Reality Computer-Assisted Rehabilitation Environment (24)</p>	<p>Realizó las 12 sesiones de terapia, 2 veces por semana durante un período de 6 semanas.          Las tareas incluían mantener el equilibrio mientras la plataforma giraba, se inclinaba o se movía lateralmente, subir y bajar colinas mientras golpeaba objetos en movimiento, caminar sobre terreno irregular mientras sostiene y dispara un arma simulada, o cambia de peso para conducir un bote a través de una carrera de obstáculos. A medida que mejoraba el rendimiento, aumentaba el movimiento de la plataforma, la dificultad de las tareas o el tiempo dedicado a las tareas.</p>
<p>Virtual reality game-based therapy for treatment of postural and co-ordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study (28)</p>	<p>Recibieron 15 sesiones, cada una de 50 a 55 minutos de duración, programadas de 2 a 3 veces por semana durante 5 a 6 semanas consecutivas.          La terapia de realidad virtual consistió en una serie de juegos y escenarios de realidad virtual inmersivos para volver a entrenar la coordinación de todo el cuerpo, incluida la coordinación de brazos, la postura y la marcha. Los juegos se entregaron con el sensor de movimiento Kinect.</p>

<p>Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI (29)</p>	<p>Todos los participantes practicaron diez pruebas de juego de 90 segundos para evaluar varios aspectos del aprendizaje motor.</p> <p>El sistema de juegos consistía en una computadora portátil con un acelerador de gráficos integrado con un sistema de 6 cámaras para captura de movimiento de cada participante. El objetivo del juego era hacer estallar tantas burbujas como fuera posible extendiendo la mano con la mano izquierda o derecha; cada burbuja que explotaba les valía a los participantes un punto. Para evitar la fatiga, se permitió un período de descanso de 1 a 2 minutos (de pie o sentado) entre las pruebas.</p> <p>Ambos grupos realizaron los mismos ejercicios.</p>
--	---

Fuente: análisis realizado por la autora de la investigación

## 6. CONCLUSIÓN

Con la presente revisión se logró identificar los efectos de la realidad virtual en la rehabilitación en pacientes con secuelas de un traumatismo craneal como lo es el control postural encontrando que utilizando estas nuevas estrategias tecnológica que se han implementado durante los últimos tiempos tales como las plataformas los videojuegos mejoran la coordinación el equilibrio y la marcha según la gravedad del trauma; a su vez también se evidencio que es un método que los usuarios ven llamativos e interesantes, los cuales hacen que ellos realicen las diferentes actividades, ejercicios programados con mayor motivación.

Considerando los textos revisados anteriormente la aplicación de la realidad virtual como método de rehabilitación tras secuelas del control motor en traumatismo craneoencefálico es fundamental debido a que se manejan diferentes sistemas como lo son los videojuegos, plataformas; esta última permite que los usuarios tengan una retroalimentación de lo que realizaron durante el tiempo de intervención y junto al fisioterapeuta resolver las dudas si existieron y a su vez trabajar su memoria y aprendizaje.

Por otra parte, la realidad virtual ofrece que el fisioterapeuta individualice la intervención acorde a la necesidad del usuario debido a su compromiso motor; además, son llamativas, divertidas y generan motivación con las diferentes temáticas utilizadas para intervención; de igual manera ayuda a que el usuario este concentrado en la tarea que está realizando ignorando todo aquello que lo puede distraer. Lo cual es de vital importancia debido a que la mayoría de los usuarios empiezan a cursar con episodios de ansiedad y depresión los cuales suele alejarlos de la rehabilitación. Por lo que se considera un importante complemento en cuanto a la fisioterapia convencional, trabajando estos dos métodos el objetivo propuesto se lograría eficazmente.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el desarrollo de investigaciones enfocadas en los efectos o beneficios de la realidad virtual en pacientes con secuelas por trauma craneoencefálico. A su vez se considera importante que en estos próximos estudios se especifique la intervención en los grupos controles para tener mayor claridad de la intervención utilizada en el caso de los estudios de ECA. Además se recomienda que la presentación de los resultados se realice de manera gráfica para mayor comprensión de los lectores.

Por otra parte, dado que la realidad virtual son elementos novedosos que se está utilizando para la intervención; no solo para las secuelas que deja un trauma craneoencefálico, si no de diferentes patologías neurológicas y musculoesqueléticas, se recomienda realizar más investigaciones en cuanto a diferentes patologías ya que la realidad virtual ayudara a los usuarios a no caer en una terapia monótona o repetitiva, sino por el contrario involucra la motivación elemento importante en la rehabilitación. Esto con el fin de motivar a los usuarios a darle continuidad al tratamiento que venía realizando mejorando la calidad de vida y generando dependencia en los usuarios y en sus familiares.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Paredes Zambrano KA, Cedeño Veintimilla MS, De Los Ríos Tomalá PG, Vaca Morla FA. Factores de riesgo y complicaciones del traumatismo craneoencefálico en adulto joven. *Recimundo* [Internet]. 2019 [citado 10 Ago 2021];4(1):142–51. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/736>
2. Herrera Martínez MP, Ariza Hernández AG, Rodríguez Cantillo JJ, Pacheco Hernández A. Epidemiología del trauma craneoencefálico / Epidemiology of cranioencephalic trauma | Universidad de Cartagena. *Rev Cuba Med Intensiva y Emergencias* [Internet]. 2018 [citado 10 Ago 2021];17:1–5. Disponible en: <http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/540g>
3. Vales L. Neuropsychological Rehabilitation in patients with traumatic brain injury. Goal planning example of a Neuropsychological Rehabilitation. *Redalyc* [Internet]. 2019 [citado 10 Ago 2021];13(3):63–79. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4396/439667306006/439667306006.pdf>
4. Soto A, Salinas T, Hidalgo G. Aspectos Fundamentales en la rehabilitación post tec en el paciente adulto y pediátrico. *Rev Med Clin Condes* [Internet]. 2014 [citado 10 Ago 2021];25(2):306–13. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864014700422>
5. Martín Roldan IL. Actualización en el diagnóstico y tratamiento del traumatismo craneoencefálico. *NPunto* [Internet]. 2020 [citado 10 Ago 2021];3:43–54. Disponible en: <https://www.npunto.es/content/src/pdf-articulo/5e9d86fd6fef9NPvolumen25-43-54.pdf>
6. Hernando A, Useros A. Physical Therapy Intervention During the Rehabilitation Process in Patients With Acquired Brain Damage. *Rev. Accion Psicol* [Internet] 2007 [citado 11 Ago 2021];4:35–48. Disponible en: <https://revistas.uned.es/index.php/accionpsicologica/article/view/472/411>
7. Moecillo Del Pozo JP. Facilitación neuromuscular propioceptiva con el concepto Bobath aplicada a niños con alteraciones neurológicas de la Unidad Educativa especializada Manuela Espejo en el periodo de Mayo a Agosto del 2019 [Tesis]. [Internet]. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2019 [citado 11 Ago 2021] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13728>
8. González Arias EK. Tratamiento fisioterapéutico de hernia discal lumbar en fase resolutive con el método feldenkrais en pacientes de 35 a 60 años de

edad atendidos en el área de fisioterapia del hospital del día de la universidad central del ecuador en el periodo de septiembre 2015 - enero del 2016 [Tesis]. [Internet]. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador; 2020 [citado 11 Ago 2021]; Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11614/1/T-UCE-0020-014-2016.pdf>

9. Bertinchamp U. Concepto FNP: facilitación neuromuscular propioceptiva (método Kabat-Knott-Voss). EMC - Kinesiterapia - Med Física [Internet]. 2017 [citado 16 Ago 2021];38(4):1–13. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1293296517872236?via%3Dihub>
10. Sanz EI, Calvo lobo C, Rios Lago M, Alvarez Linera J, Muños Garcia D, Rodriguez Saenz D. Mapping the human brain during a specific Vojta's tactile input: the ipsilateral putamen's role. *Medicine (Baltimore)*. 2018 [citado 16 Ago 2021];97(13). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29595683/>
11. Sanz EI, Roderiguez Sanz D, Lobo Calvo C, Patricia Andrades J. Revisión del abordaje terapéutico mediante el principio vojta sobre las alteraciones de la marcha en pacientes neurológicos. *Eur J Pod* [Internet]. 2017 [citado 16 Ago 2021];3(2). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6069460>
12. Peñasco-Martín B, De Los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, De La Peña-González AI. Application of virtual reality in the motor aspects of neurorehabilitation. *Rev Neurol*. [Internet] 2010 [citado 08 Sep 2021];51(8):481–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20925030/>
13. Prange GB, Jannink MJ, Groothuis Oudshoorn CG, Hermens HJ, Ijzerman MJ. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev*. [Internet] 2006 [citado 08 Sep 2021];43(2):171-84. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16847784/>
14. León Ruiz M, Pérez Nieves MT, Arce Arce S, Benito León J, Ezpeleta Echávarri D. Current evidence on virtual reality and its potential usefulness in post-stroke neurorehabilitation. *Rev Neurol*. [Internet] 2019 [citado 08 Sep 2021];69(12):497–506. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31820819/>
15. Rodriguez L, Sierra JE, Medina B. Sistema de rehabilitación mediante técnicas de realidad virtual y video juegos para mejoramiento del control

postural en personas con daño cerebral adquirido. Rev Espac. [Internet] 2020 [citado 08 Sep 2021];41(32):186–92. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n32/20413217.html>

16. Urrutia G, Bonfill X. Prisma declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. Med Clin (Barc). [Internet] 2010 [citado 16 Sep 2021];135(11):507-11. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20206945/>
17. Baillet H, Leroy D, Vérin E, Delpouve C, Benguigui N, Komar J, et al. Effect of mechanical horse practice as new postural training in patients with neurological disorders: A pilot study. Front Psychol. [Internet] 2019 [citado 16 Sep 2021]; 10(15):223-13 Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.01035/full>
18. Straudi S, Severini G, Sabbagh Charabati A, Pavarelli C, Gamberini G, Scotti A, et al. The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: An exploratory study. BMC Neurol. [Internet] 2017 [citado 16 Sep 2021];17(1):1–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28490322/>
19. Cuthbert JP, Staniszewski K, Hays K, Gerber D, Natale A, O'Dell D. Virtual reality-based therapy for the treatment of balance deficits in patients receiving inpatient rehabilitation for traumatic brain injury. Brain Inj. 2014;28(2):181–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24456057/>
20. Tefertiller C, Hays K, Natale A, O'Dell D, Ketchum J, Sevigny M, et al. Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2019 [citado 16 Sep 2021];100(8):1409–16. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31009598/>
21. Schafer AY, Ustinova KI. Does use of a virtual environment change reaching while standing in patients with traumatic brain injury? J Neuroeng Rehabil. [Internet]. 2013 [citado 16 Sep 2021];10:76. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23866962/>
22. Gil-Gómez JA, Lloréns R, Alcñiz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: A pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. J. Neuroeng. Rehabilitation [Internet]. 2011 [citado 16 Sep 2021];8(1):30. Disponible en: <http://www.jneuroengrehab.com/content/8/1/30>
23. Wright WG, McDevitt J, Tierney R, Haran FJ, Appiah-Kubi KO, Dumont A. Assessing subacute mild traumatic brain injury with a portable virtual reality

- balance device. *Disabil Rehabil* [Internet]. 2017 [citado 16 Sep 2021];39(15):1564–72. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27718642/>
24. Sessoms PH, Gottshall KR, Collins JD, Markham AE, Service KA, Reini SA. Improvements in gait speed and weight shift of persons with traumatic brain injury and vestibular dysfunction using a virtual reality computer-assisted rehabilitation environment. *Mil Med.* [Internet]. 2015 [citado 20 Sep 2021];180(3):143–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25747645/>
  25. Paavola JM, Oliver KE, Ustinova KI. Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report. *J Nov Physiother.* [Internet] 2013 [citado 20 Sep 2021];03(01):1–6. Disponible en: <https://www.omicsonline.org/peer-reviewed/use-of-xbox-kinect-gaming-console-for-rehabilitation-of-an-individualwith-traumatic-brain-injury-a-case-report-12192.html>
  26. Mumford N, Duckworth J, Thomas PR, Shum D, Williams G, Wilson PH. Upper-limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: A preliminary within-group evaluation of the elements system. *Brain Inj.* [Internet]. 2012 [citado 20 Sep 2021];26(2):166–76. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22360522/>
  27. Cox DJ, Davis M, Singh H, Barbour B, Nidiffer FD, Trudel T, et al. Driving rehabilitation for military personnel recovering from traumatic brain injury using virtual reality driving simulation: A feasibility study. *Mil Med.* [Internet] 2010 [citado 20 Sep 2021];175(6):411–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20572473/>
  28. Ustinova KI, Perkins J, Leonard WA, Hausbeck CJ. Virtual reality game-based therapy for treatment of postural and co-ordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study. *Brain Inj.* [Internet] 2014 [citado 20 Sep 2021];28(4):486–95. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24702281/>
  29. O’Neil RL, Skeel RL, Ustinova KI. Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI. *NeuroRehabilitation.* [Internet] 2013 [citado 20 Sep 2021];33(4):667–80. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24018367/>
  30. De Luca R, Maggio MG, Maresca G, Latella D, Cannavo A, Sciarrone F, et al. Improving Cognitive Function after Traumatic Brain Injury: A Clinical Trial on the Potential Use of the Semi-Immersive Virtual Reality. *Behav Neurol.* [Internet] 2019 [citado 20 Sep 2021];2019. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bn/2019/9268179/>

31. Care Case Report Guidelines. Lista de verificación de CARE — Directrices para informes de casos de CARE [Internet]. Estados Unidos 2019 [citado 28 Sep 2021] Disponible en: <https://www.care-statement.org/checklist>
32. National Heart, Lung And Bli. Study Quality Assessment Tools \_ NHLBI, NIH [Internet]. Estados Unidos 2021. [citado 28 Sep 2021] Disponible en: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>
33. Universidad de Sydney Centre for Evidence-Based. Physiotherapy EvidenceBased. Physiotherapy [Internet]. Australia 2012 [citado 28 Sep 2021] Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>
34. Gomez Conesa A. Escala PEDro-Español [Internet]. 2012. [citado 28 Sep 2021]. Disponible en: [https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro\\_scale\\_spanish.pdf](https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_spanish.pdf)