

**REALIDAD VIRTUAL EN LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON LESIÓN DE  
MÉDULA ESPINAL. REVISIÓN DOCUMENTAL 2010-2020**

**DIEGO FERNANDO FERNÁNDEZ PAREJA  
STEVEN BRYAN SALAS VALENCIA  
JOAN SEBASTIÁN VILLOTA VALDES**



**UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI  
FACULTAD DE SALUD  
PROGRAMA DE FISIOTERAPIA  
SANTIAGO DE CALI  
2020**

**REALIDAD VIRTUAL EN LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON LESIÓN DE  
MÉDULA ESPINAL. REVISIÓN DOCUMENTAL 2010-2020**

**DIEGO FERNANDO FERNÁNDEZ PAREJA  
STEVEN BRYAN SALAS VALENCIA  
JOAN SEBASTIÁN VILLOTA VALDES**

**Monografía para optar al título de Fisioterapeutas**

**ASESORA: DIANA PATRICIA SÁNCHEZ**



**UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI  
FACULTAD DE SALUD  
PROGRAMA DE FISIOTERAPIA  
SANTIAGO DE CALI  
2020**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Santiago de Cali para optar al título de Fisioterapeutas.**

DIANA PATRICIA SÁNCHEZ

**Jurado**

PEDRO ANTONIO CALERO

**Jurado**

**Santiago de Cali, 13 de noviembre de 2020**

## **DEDICATORIA**

Esta monografía está dedicada primordialmente a Dios y a nuestros padres por el apoyo, el deseo de superación y el amor que nos brindan cada día, por otra parte también a todas las demás personas que nos han apoyado, nos han acompañado y guiado para que este estudio logre concluirse satisfactoriamente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece primeramente a Dios por permitir culminar este complejo proceso, a la tutora, FT. Mg. Diana Patricia Sanchez por haber guiado, acompañado, apoyado y asesorado este estudio, a los jurados que fueron parte de la evaluación y seguimiento de la presente monografía, a los compañeros y a nuestras familias que siempre apoyaron cada paso en el camino para llegar a ser profesionales; y a la Universidad Santiago de Cali por permitir enriquecer en sabiduría nuestro camino y brindar tan excelente formación.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN RAE</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>23</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>26</b>
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>26</b>
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>26</b>
<b>4. MARCOS DE REFERENCIA</b>	<b>27</b>
<b>4.1. PERSPECTIVAS TEÓRICAS</b>	<b>27</b>
<b>4.1.1. Modelo Biopsicosocial</b>	<b>27</b>
<b>4.1.2. Teoría de Bostrom</b>	<b>29</b>
<b>4.1.3. Teoría de autoeficacia</b>	<b>30</b>
<b>4.1.4. Neuronas en espejo y Teoría de la mente</b>	<b>32</b>
<b>4.1.5. Aprendizaje motor</b>	<b>34</b>
<b>4.2. MARCO CONTEXTUAL</b>	<b>35</b>
<b>4.3. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>40</b>
<b>4.4. MARCO ETICO</b>	<b>43</b>
<b>4.4.1. Marco ético internacional</b>	<b>43</b>
<b>4.4.2. Marco ético nacional</b>	<b>45</b>

<b>4.5.</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>45</b>
4.5.1.	Telesalud y telemedicina	45
4.5.2.	Ley Estatutaria 1618 de 2013	50
<b>4.6.</b>	<b>MARCO DISCIPLINAR</b>	<b>51</b>
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>53</b>
5.1.	MÉTODO	53
5.2.	DISEÑO Y ESTRATEGIA METODOLÓGICA	53
5.3.	PAPEL DEL INVESTIGADOR	54
5.4.	RECOGIDA DE DATOS	54
5.4.1.	Unidad de análisis o actores participantes	54
5.4.2.	Muestreo	54
5.4.3.	Técnicas e instrumentos	54
5.4.4.	Proceso de trabajo de campo	55
5.4.5.	Categorización de variables	56
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>58</b>
6.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 2010-2020	58
6.2.	IDENTIFICACIÓN DE PROTOCOLOS DE REALIDAD VIRTUAL APLICADOS A REHABILITACIÓN EN PACIENTES CON LESIÓN DE MÉDULA ESPINAL- LME	65
6.3.	EFFECTOS DE LA REALIDAD VIRTUAL EN ASPECTOS COMO FUERZA, MOVILIDAD, CONTROL POSTURAL, BALANCE E INDEPENDENCIA, EN EL PROCESO DE INTERVENCIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR	71
6.4.	IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS PROTOCOLOS USADOS EN REALIDAD VIRTUAL EN LESIÓN MEDULAR	78

<b>7.</b>	<b>DISCUSION</b>	<b>83</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>87</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>88</b>



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1 Criterios de búsqueda de información Revisión Bibliográfica 2010-2020</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 2 Categorización de variables Revision Bibliográfica 2010-2020</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 3 Resumen de estudios</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 4 Protocolos de RV aplicados revisión bibliográfica 2010-2020</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 5 Efectos de la RV para LME, revisión bibliográfica 2010-2020</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 6 Instrumentos de evaluación y seguimiento, revisión bibliográfica 2010-2020</b>	<b>78</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1 Diagrama de flujo metodología revisión bibliográfica 2010-2020</b>	<b>57</b>

## RESUMEN RAE

### Resumen Analítico Ejecutivo

**Título:** Realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal.  
revisión documental 2010-2020

**Autores:** Diego Fernando Fernández Pareja, Steven Bryan Salas Valencia, Joan Sebastián Villota Valdes.

**Fecha:** Noviembre de 2020

**Tipo de imprenta:** Procesador de palabras Word 2020, imprenta Arial 12, espacio  
2.0.

**Nivel de circulación:** General

**Acceso al documento:** Biblioteca de la Universidad Santiago de Cali

**Línea de investigación y sub línea:** Desarrollo del movimiento

**Modalidad de trabajo de grado:** Revisión documental

**Palabras claves:** Realidad virtual, Lesión Médula Espinal, Fisioterapia, Protocolo, Intervención.

**Descripción del estudio:** Se realizó una investigación de revisión documental, inicialmente con 83 artículos, que una vez depurados cumpliendo con los criterios de identificación y calidad, se determinaron 30 artículos seleccionados, con la finalidad de

identificar, analizar e interpretar datos que cumplan con los objetivos planteados, de manera exhaustiva se revisaron artículos publicados en bases de datos como Lilacs, PEDro, Pubmed, Scielo y ScienceDirect y se consultaron algunas páginas web como: Organización Mundial de la Salud, Ministerio de Salud y Protección Social, entre otras, que permitieron recolectar información sobre salud mundial y nacional. Se efectuó inicialmente la búsqueda mediante palabras claves como Realidad virtual, Terapia Ejercicio, Médula espinal, Protocolo, Balance, Función Motora, Dolor. Posteriormente se diseñó una base de datos que permitiera el análisis y compilación de la información necesaria para el desarrollo y sustentación de la misma.

**Contenido del documento:** Este documento contiene 4 capítulos, donde se desarrolló la siguiente temática; en el capítulo I se encuentra el planteamiento del problema, justificación junto con los objetivos, en donde se realiza la búsqueda de datos sobre los efectos de la Realidad Virtual(RV) en la Rehabilitación de pacientes con Lesión de Médula Espinal(LME), enfocado exclusivamente en estrategias de intervención destinados a este tipo de usuarios. En el capítulo II, se presentan los marcos referenciales, el capítulo III contiene la metodología utilizada, a través del diseño cualitativo-descriptivo, de muestreo documental sistemático, estableciendo las categorías de análisis, técnicas e instrumentos de recolección. Por último en el capítulo IV, se plantean los resultados, la discusión, las conclusiones y las recomendaciones de la investigación.

**Metodología:** El presente documento es un estudio de tipo descriptivo, presentando un enfoque cualitativo de investigación documental de tipo monografía. La muestra estuvo

conformada por 30 análisis de artículos relacionados con las intervenciones con protocolos de RV en LME publicados entre el 2010 y 2020. Su diseño fue no experimental y se elaboró una matriz de rastreo para el análisis que permitiera organizar y comprender los alcances de los artículos de forma sistematizada.

**Conclusiones:** Se encontraron diferentes protocolos de RV para LME, el protocolo de realidad virtual más utilizado es la Fisioterapia convencional (PT), con uso de estimulación visual guiada. Seguido de esto, se encuentran los Juegos diversos que hacen referencia a los relacionados con actividades deportivas simuladas como bolos, tenis, boxeo, fútbol y conducción; también se contemplan aquí actividades específicas como las de recoger o recolectar objetos. En 5 investigaciones se usan el Nintendo Wii, para simular las diferentes actividades que generan un entrenamiento, coordinación, equilibrio, movimiento del cuerpo, entre otros. Similares a estos, se usa el Play Station 2 y el Xbox. También resulta frecuentemente usado el protocolo Toyra, en 4 investigaciones, donde en 3 de estas se realiza como único procedimiento y en 1 ocasión junto a la aplicación de la fisioterapia convencional, por fases.

**Resumen:** El presente documento es un estudio de tipo descriptivo, presentando un enfoque cualitativo de investigación documental tipo monografía de revisión bibliográfica de forma sistemática. La búsqueda de artículos en las diferentes bases de datos arrojó un total de 83 documentos, una vez revisados se incluyeron 30 artículos que cumplen con los criterios de inclusión. Resultados: 30 estudios cumplieron con los criterios de inclusión. Cada uno de los estudios reportó al final del mismo una serie de beneficios o efectos en diversos componentes; las áreas en las cuales se reportaron la mayor

cantidad de beneficios corresponden al nivel de Control postural/balance (CP/B), seguido de la Movilidad (M), aspectos como Independencia(i) y Fuerza (F) no demuestran haber sido evaluados tan recurrente como la Movilidad y Control Postural. Por lo anterior se recomienda extender las investigaciones realizadas para enriquecer el campo, utilizar tecnología que involucre RV en pacientes con LME para mejorar su Movilidad, Control y Postura.

**Palabras clave:** Realidad virtual, Lesión Médula Espinal, Fisioterapia, Protocolo, Intervención.

**Abstract:**

This document is a descriptive study, presenting a qualitative approach to documentary research type monograph of bibliographic review in a systematic way. The search for articles in the different databases yielded a total of 83 documents; once reviewed, 30 articles were included that met the inclusion criteria. Results: 30 studies met the inclusion criteria. Each of the studies reported at the end of the study a series of benefits or effects in various components; The areas in which the greatest amount of benefits were reported correspond to the level of Postural Control / balance (CP / B), followed by Mobility (M), aspects such as Independence (i) and Strength (F) do not show to have been evaluated as recurrent as Mobility and Postural Control. Therefore, it is recommended to extend the research carried out to enrich the field, to use technology that involves VR in patients with SCI to improve their Mobility, Control and Posture.

**Keywords:** Virtual reality, Spinal Cord Injury, Physiotherapy, Protocol, Intervention.

## INTRODUCCIÓN

Debido a los cambios provocados por el avance de las tecnologías de la comunicación y la información en todas las esferas de la sociedad, se han implementado innovadoras formas de potenciar los procesos de rehabilitación física en el ámbito clínico para el tratamiento de condiciones como la lesión de la médula espinal LME. Siendo la implementación de realidad virtual una de esas revolucionarias formas, dado que es un mecanismo tecnológico que recrea o simula un entorno real a través de una interfaz hombre-ordenador.

La utilización de realidad virtual, no solo constituye un reto para los creadores de contenido digital, sino también para los usuarios, quienes deben adaptarse a las nuevas maneras en que la era digital se manifiesta. Así, la realidad virtual se establece como la construcción de una experiencia que simula la realidad en un ambiente creado para unos propósitos específicos, dependiendo de cuál sea su área de aplicación. Para el caso de la rehabilitación física, la realidad virtual ofrece varios beneficios que han sido explorados por la literatura especializada, entre éstos se encuentran el aprendizaje por imitación; entrenamiento repetitivo de una amplia variedad de movimientos; el fortalecimiento de funciones atencionales, amnésicas, ejecutivas y/o viso-espaciales; realización de ejercicios que suponen alto riesgo en un ambiente real, entre otras.

La capacidad que tiene la realidad virtual para adaptarse a una amplia gama de disciplinas y ámbitos, hace que, en fisioterapia, se abran muchas posibilidades para el tratamiento de enfermedades y condiciones, como en el caso de los procesos de rehabilitación con pacientes con lesión de médula espinal. De esta manera, el presente

estudio estará referido a responder a la pregunta ¿cuáles son los efectos del uso de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal LME?

Buscando dicho propósito, en un primer momento se plantea el estado del arte de la temática, relacionando algunas investigaciones que sirven de antecedente al presente estudio, lo que también permite la descripción de los hechos que se prestan para plantear y formular la dinámica del problema, al tiempo que se enuncian los objetivos la justificación que guiarán la indagación.

En un segundo momento, se señalan las consideraciones teórico-conceptuales, legales y disciplinares, para pasar a plantear los aspectos metodológicos y procedimentales de la investigación, para culminar proponiendo el cronograma y el presupuesto requeridos para el desarrollo del estudio.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La lesión de médula espinal LME, constituye una entidad neurológica relacionada con procesos de discapacidad (1), un estado médico complejo que impacta de forma significativa la vida de los pacientes, la “pérdida o alteración de la movilidad, de la sensibilidad o del sistema nervioso autónomo ocasionada por un trastorno de las estructuras nerviosas alojadas en el canal medular” (2). Su afectación responde a que puede causar pérdida del movimiento, parálisis por debajo del sitio de la lesión. A pesar de que los huesos duros de la columna vertebral, protegen los tejidos blandos de la médula espinal, las vértebras todavía pueden verse afectadas por rompimientos o dislocaciones, en una variedad de formas, causando lesiones traumáticas a la médula espinal.

Una lesión de la médula espinal puede tener consecuencias fisiológicas significativas, el resultado más probable de este tipo de daño, es la parálisis en la mayor parte del cuerpo, incluyendo los miembros superiores e inferiores, llamada tetraplejía. Dependiendo de la zona del daño, la lesión de la médula espinal, puede clasificarse en cervical, torácica, lumbar y sacra (3). La lesión de médula espinal cervical es aquella que se produce entre las C1 y C7, lo que puede generar hormigueo, adormecimiento, pérdida de sensibilidad, debilidad o parálisis en brazos y piernas, puede llegar a afectar la capacidad respiratoria del paciente y el correcto funcionamiento del intestino, la vejiga e incluso afectar la función sexual. Por su lado, la lesión a la altura del tórax, es aquella que se produce entre la T1 y la T12, exactamente entre el pecho y la espalda media. La lesión de médula espinal torácica puede generar cambios en la sensación por debajo del pecho, afectar el

movimiento por debajo de la cintura y la función del intestino, igualmente de la vejiga y de la función sexual.

Así pues, de los síntomas causados por la lesión de la médula espinal lumbar (espalda baja - L1 a L5), se pueden destacar: sensación por debajo de la cintura, afectar o causar cambios en los movimientos de las extremidades inferiores y al igual que las dos lesiones anteriores, puede causar dificultades en la función sexual, de intestinos y vejiga. Por último, la lesión sacra es aquella que se producen entre la S1 y la S5, sobre la zona del cóccix y es la que, con mayor regularidad de casos, causa problemas en la función de los intestinos, vejiga y función sexual.

Igualmente, dependiendo de la gravedad de la lesión de la médula espinal, ésta puede clasificarse en dos lesiones independientes: la primera, llamada tetraplejía, la cual corresponde a la lesión en segmentos cervicales (C1-C8) y compromete extremidades superiores, tronco, inferiores y órganos pélvicos. En el caso que la lesión se produzca arriba de la C4, el paciente dependerá de un ventilador mecánico para respirar. La segunda lesión, llamada paraplejía, es aquella que ocurre en los segmentos cervicales y afecta los segmentos dorsales, lumbares y sacros del cuerpo y en ocasiones afectará el tronco, las piernas y los órganos pélvicos (2).

También, la lesión de la médula espinal se clasifica de acuerdo a su extensión, en completa e incompleta, siendo la primera, cuando se produce pérdida de movilidad, sensibilidad e inervación autónoma debido a que la lesión interrumpe las conexiones medulares en su totalidad; y la lesión incompleta ocurre cuando “existe persistencia de la inervación total o parcial motora, sensitiva y autónoma” (2).

Según la American Spinal Injury Association ASIA, entidad que define las directrices para la investigación, diagnóstico y tratamiento de la lesión de la médula espinal a nivel mundial, otorga la siguiente clasificación a modo de estandarización. Inicialmente se valoran las funciones motoras y sensitivas por medio de la exploración sistematizada basada en la clasificación ASIA, que debe involucrar 10 músculos clave, 5 de los cuales se ubican en los miembros superiores y 5 en los inferiores, para puntuarlos en una escala de 1 a 5, esto adicional a la verificación de si el paciente realiza contracción anal voluntaria. Por otro lado, la valoración de sensibilidad se desarrolla con ayuda de un algodón y un alfiler. La vía de los cordones posteriores se verifica mediante tacto superficial con algodón; y las vías del espinotalámico lateral, se exploran con un borde afilado del alfiler. Esta valoración consiente una escala de puntuación de 0 a 2, e involucra puntos clave de 28 dermatomas de ambos lados del cuerpo, tomando como base normal para la correspondiente puntuación, la sensibilidad de la cara (2).

En correspondencia y de acuerdo con la clasificación ASIA, “El nivel de lesión lo constituye el segmento de función sensitiva y motora normal localizado por encima del segmento más rostral afectado” (2), así, ASIA establece 5 categorías de la lesión de médula espinal, dependiendo del nivel de gravedad.

Ahora bien, después de haber conceptualizado y abordado la clasificación y manifestaciones clínicas de la lesión medular, es necesario mencionar que aproximadamente 500.000 personas sufren cada año lesiones en la médula espinal (4), teniendo una incidencia mundial entre 40 y 80 casos por millón de habitantes, tanto en lesiones medulares traumáticas como no traumáticas. La Organización Mundial de la Salud, señala que los hombres entre 20 y 29 años y mayores de 70 años, son más

propensos a sufrir lesiones medulares; mientras que el rango de edad con mayor riesgo en las mujeres, es de 15 a 19 años y después de los 60 años.

Estudios demuestran que la mortalidad por lesión medular ha disminuido considerablemente (70%) después de la Primera Guerra Mundial; sin embargo, las lesiones medulares tienden a incrementarse “en los últimos años desde 15 hasta 40 casos por millón de personas-año en el mundo” (5). Siendo la mayor proporción de casos provenientes de Estado Unidos, país que reporta un promedio de 160.000 casos nuevos cada año (5). Por las implicaciones de la lesión de médula espinal, los pacientes tienen entre dos y cinco veces más probabilidades de morir prematuramente, siendo los países en vía de desarrollo, los que reportan las menores tasas de supervivencia (6).

Así, los tratamientos para intervenir la lesión de médula espinal pueden ser farmacológicos, quirúrgicos y fisioterapéuticos. Para el caso de este estudio, es oportuno indicar que los tratamientos fisioterapéuticos son muy variados, dado que van desde el tratamiento postural hasta la crioterapia, pasando por la cinesiterapia, los estiramientos de la musculatura, la electro estimulación, y la hidroterapia (7). La Fisioterapia encauza una intervención tendiente a mejorar las disfunciones posturales, mediante estrategias, que estimulan el control motor, plasticidad, aprendizaje motor y cambios físicos funcionales, basadas en la activación de grupos musculares de tronco y extremidades superiores e inferiores (8). De esta manera, la terapia física intensiva se considera el estándar de oro para el tratamiento de personas que han sufrido lesión medular.

Sin embargo, en las últimas dos décadas se ha venido experimentando con resultados significativos para la rehabilitación de pacientes con lesión medular, la realidad virtual. La realidad virtual constituye un escenario paralelo a lo real o una dimensión que

sustituye a la realidad (9), en el que el paciente o usuario de esta tecnología, vive una simulación interactiva, en la que no necesariamente debe estar frente al ordenador para experimentarse inmerso en un mundo en tres dimensiones recreado por el computador. En los procesos de rehabilitación de pacientes con lesión medular, mediante el uso de realidad virtual, se pueden mencionar tres elementos clave: la repetición, el feedback y la motivación del paciente (10). La repetición, como supone la palabra, la sucesión de una y otra vez de un mismo ejercicio, se logra el aprendizaje motor, que debe estar reforzado por el feedback, que supone una conclusión sobre el resultado de cada una de las realizaciones. Estos dos elementos necesariamente deben ir acompañados de la motivación del paciente para que sea efectivo el proceso, porque el tratamiento en la medida que se presente ameno y agradable para el paciente, va a lograr más y mejores resultados.

Estudios recientes demuestran que para los profesionales de la salud que utilizan la realidad virtual como mecanismo para potenciar la rehabilitación, ésta permite otros beneficios como lo es el poder repetir cuantas veces se requiera las sesiones, de tal manera que se adapten las interfaces a las limitaciones motoras del paciente y se logren adecuar actividades que en mundo real suponen un alto riesgo, a ambientes seguros donde el paciente va a poder seguir las pautas teniendo una evolución notable (11).

El estudio realizado por Maresca, Maggio, Buda, La Rosa, Manuli, Bramanti, De Luca, Salvatore, denominado *A novel use of virtual reality in the treatment of cognitive and motor deficit in spinal cord injury* (12), demuestra que las personas con lesión medular pueden ser intervenidas combinando la terapia intensiva tradicional con realidad virtual y lograr resultados significativos de progreso en diferentes dominios cognitivos del

paciente, una reducción notable de la ansiedad y los síntomas depresivos, así como el rendimiento motor y la mejora del equilibrio.

En esta misma línea, Correia, Santos, Quaresma y Fonseca, realizaron una investigación titulada *Uso de la realidad virtual en la rehabilitación de personas con lesión de la médula espinal: una revisión sistemática* (13), la cual deja en evidencia que la realidad virtual como terapia de rehabilitación resulta ser útil y provee grandes ventajas en los casos de lesión de la médula espinal, sin embargo aún queda mucho por explorar, dado que los estudios sobre cómo la realidad virtual incide en la recuperación de trastornos neurológicos, aun son escasos y deben explorarse, aún más en el contexto nacional colombiano, la producción intelectual sobre este tema está aún incipiente y requiere mayor profundización, por tanto, el presente estudio se pregunta por:

¿Cuáles son los efectos del uso de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal LME?

## 2. JUSTIFICACIÓN

La lesión de médula espinal además de tener manifestaciones clínicas o secuelas motoras y funcionales como la pérdida de la sensibilidad y movilidad voluntaria en el cuerpo del paciente, dependiendo del grado y nivel de la lesión, constituye un estado de afectación individual para las personas que la padecen, sino que también implica consecuencias costosas para la sociedad, al punto que puede considerarse un asunto de salud pública (4) e incluso de derechos humanos, dado que esto está relacionado con las garantías que la sociedad proporciona en materia de inclusión para las personas en condición de discapacidad o de movilidad reducida, puesto que los pacientes, tienen los mismos derechos de vivir sin obstáculos para su desarrollo personal y socioeconómico. Pese a esto, los Estados aún se encuentran lejos de proporcionar las políticas públicas que permitan mayor accesibilidad a los servicios de salud, educación, transporte y empleo (4).

La OMS al respecto indica que cada año en el mundo, son entre 250.000 y 500.000 las personas que sufren lesión de médula espinal, lo que corresponde a 40 a 80 casos por cada millón de habitantes, siendo un 90% las lesiones traumáticas, aunque en los últimos años se han venido incrementando los casos de lesión de médula espinal de origen no traumático. Según la OMS no existen datos sobre prevalencia de las lesiones de médula espinal a nivel internacional, ya que son insuficientes, dado que *“aun en países desarrollados, las cifras varían debido a diferencias en la identificación de los casos y a la metodología de modelización utilizada, así como a diferencias reales de epidemiología”* (4). Sin embargo, esta entidad afirma que, en Finlandia, la cifra de prevalencia de lesión traumática varía entre 280 por millón de habitantes; en Australia,

en 681 por millón de habitantes y no traumática en 367 por millón; y en Canadá, en 1.298 por millón de habitantes para las lesiones traumáticas y de 1.227 por millón de habitantes para las lesiones de médula espinal no traumáticas.

En cuanto a los datos en Colombia, se puede relacionar lo señalado por Ferrín y Loaiza (14), quienes establecen que el país, no cuenta con cifras exactas y que la mayoría de lesiones de médula espinal son provocadas por el conflicto armado y por accidentes de tránsito, siendo las lesiones cervicales y torácicas, las más comunes. Este estudio reconoce que en Colombia poco se sabe en cuanto a estimaciones actuales de datos epidemiológicos de lesión medular (14), pese a esto, vinculan al Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses para esclarecer que los accidentes de tránsito causaban anualmente cerca de unos 1.036 lesiones a la altura del cuello y de la región pélvica, correspondiente al 2,99% de las personas que tuvieron accidentes de tránsito en el país. Pese a la falta de información estadística sobre la lesión de la médula espinal, sí es posible definir que las personas que la sufren tienen consecuencias con las que deben coexistir toda su vida, no sólo físicas sino psicológicas, ante lo cual, es necesario definir algunas, tales como: el envejecer con lesión en la médula espinal, puesto que constituye una experiencia que puede tener grandes complicaciones para el paciente, que van desde deterioro en huesos, articulares, sensoriales e incluso enfermedades cardíacas y otros procesos patológicos crónicos (14).

Como se ha dicho, la lesión medular puede intervenir mediante tratamientos farmacológicos, quirúrgicos o fisioterapéuticos, para el caso de este último, la terapia física intensiva, resulta ser el tratamiento por excelencia para intervenir este tipo de lesiones, pero en las últimas dos décadas se ha venido experimentando el uso de la



realidad virtual como herramienta terapéutica que permite a los profesionales sumergir el paciente en un escenario interactivo en tres dimensiones sin ningún riesgo y estimular grupos musculares mediante actividades funcionales específicas.

Por tales razones, avanzar en la comprensión de la efectividad, incidencia y potencialidades de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal, supone una necesidad para el desarrollo y avance de la fisioterapia y la práctica clínica, ya que en el campo de exploración bibliográfico se haya un gran número de estudios referidos al uso de la realidad virtual en la rehabilitación de patologías como el ictus, pero en cuanto a la lesión medular, es escaso el material, sobre todo en países de habla hispana, lo que supone un campo poco explorado y susceptible de ser abarcado.

Es por eso que, un estudio bajo metodología cualitativa con técnica de revisión documental centrado en analizar los efectos del uso de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal, tiene relevancia en la medida que aborda un tema poco estudiado en el contexto nacional y local, y además constituye un objeto de estudio que contribuye significativamente a la producción intelectual del programa de Fisioterapia de la Universidad Santiago de Cali.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar los efectos del uso de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal LME revisión documental 2010-2020

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las características principales de la bibliografía consultada
- Identificar los protocolos de realidad virtual aplicados a rehabilitación en pacientes con lesión de médula espinal.
- Caracterizar los efectos de la realidad virtual en aspectos como fuerza, movilidad, control postural, balance e independencia, en el proceso de intervención para la rehabilitación de pacientes con lesión medular.
- Identificar las principales herramientas de evaluación y seguimiento de los protocolos usados en realidad virtual en lesión medular.

## 4. MARCOS DE REFERENCIA

### 4.1. PERSPECTIVAS TEÓRICAS

#### 4.1.1. Modelo Biopsicosocial

El modelo biopsicosocial fue formulado por el Doctor George Engel, internista y psiquiatra de la Universidad de Rochester (15). Algunos autores mencionan que por muchos años sobre todo durante el siglo XX, estuvo vigente el modelo biomédico, que permitió el avance y grandes desarrollos en el campo de la salud (15) (16).

Engel consideraba que, para responder adecuadamente al sufrimiento de un paciente, los profesionales de la salud deberían prestar atención a la dimensión biológica, psicológica y social de la enfermedad. Esto generó que, la formulación de modelo biopsicosocial se efectuara en un momento de la historia en el que se buscaba evolucionar desde las ciencias médicas de lo analítico, reduccionista y especializado a un esfuerzo más contextual e interdisciplinario, teniendo una gran acogida entre los profesionales de la salud que deseaban introducir la empatía y la compasión en sus prácticas (17).

Desde la perspectiva de Borrell-Carrió, Engel no elaboró solo un postulado científico, sino una ideología fundamental que buscaba revertir la deshumanización y la falta de poder de los pacientes (16).

Por otro lado, para Engel no existe una línea divisoria explícita entre salud y enfermedad, debido a que, “la salud no es un producto, ni un estado, sino un proceso multidimensional en el cual permanentemente interactúan sistemas biológicos, psicológicos, sociales, culturales, familiares y ambientales” (15), ocasionando que la intervención médica debe

estar enfocada en el abordaje terapéutico de cada una de estas esferas, pues solo considerando al individuo en toda su dimensión se puede garantizar el éxito de la recuperación o la recaída constante en la deficiencia, trastorno o enfermedad que lo aqueja.

Borrell-Carrió et al, exponen un análisis crítico que realiza Engel de la biomedicina, donde afirma que las alteraciones bioquímicas no constituyen directamente una enfermedad, pero las alteraciones psicológicas, bajo ciertas circunstancias si se pueden traducir en una (17). También, establece que adoptar un papel de enfermo no está necesariamente asociado a la presencia de un trastorno biológico. Por otro lado, “las variables psicosociales son los determinantes más importantes de susceptibilidad, gravedad y curso de la enfermedad” (17), por lo cual, el éxito de los tratamientos biológicos están influenciados por ellas.

En adición, Engel manifiesta que “la relación paciente-profesional de la salud tiene influencia en el resultado médico” (17). Finalmente, en la investigación científica, los pacientes y los científicos involucrados en los estudios son profundamente influenciados, ocasionando que por la manera que se gesten las relaciones se tengan resultados distintos.

Con base a lo anterior, la familia constituye el contexto social primario al que pertenece cualquier persona, generando que se convierta en una de las redes de apoyo fundamentales y determinantes del desarrollo físico, emocional e intelectual de ella, lo que conlleva a que, al ser el contexto social principal para tratar la enfermedad, también sea el contexto social principal para promover la salud (15). Concluyen diciendo que: “*En la actualidad se apoya cada vez con mayor fuerza la afirmación de que las condiciones*

*de vida y los estilos de vida, constituyen variables significativas que modifican el momento de aparición y el curso de las enfermedades” (15), lo que cambia por completo la función principal del profesional en salud, ya que su labor no es netamente “curativa”, sino también “preventiva”, cuidando la vida de las personas desde su contexto vital.*

#### **4.1.2. Teoría de Bostrom**

Nick Bostrom es un filósofo de origen sueco, docente de la Universidad de Oxford y director del Instituto del Futuro de la Humanidad, que ha centrado sus investigaciones en el principio antrópico, el riesgo existencial, la ética sobre el perfeccionamiento humano, los riesgos de la superinteligencia y el consecuencialismo.

Bostrom indica que la capacidad de un ser humano de alcanzar su máximo potencial sin ninguna mejora tecnológica, hace que sea un pos humano, entre estas mejoras se encuentran las pertenecientes a la salud, la cognición y la emotividad (18).

Los seres humanos poseen un deseo generalizado hacia la mejora. Esto se percibe más cuando se trata de cognición, pues las personas están más interesadas en mejorar su conocimiento e inteligencia, prueba de ello son los cursos o actividades extras que buscan mejorar la cualificación. Sin embargo, la mejora cognitiva tiene por sí misma un valor intrínseco, aunque también puede convertirse en un medio para la obtención de bienes externos como el honor, la fama o el dinero.

En relación con la salud, este interés en la mejora es más complejo de explicar, pues, Bostrom afirma que la cura de las psicopatologías, resultan ser más alcanzable cuando se tratan de corregir desequilibrios en la segregación de sustancias químicas en el cerebro. El nivel de capacidad poshumana es difícilmente detectable cuando se trata de tratar psicopatologías (19).

Bostrom enmarca que es parte de la vida forjar el carácter y moldearlo, generando una modificación o mejora en las capacidades emocionales, a fin de lograr la consecución de metas u objetivos. Sin embargo, resalta que la tecnología puede ser una herramienta eficaz que posibilite la orientación hacia la excelencia, provocando la aparición de un nuevo escenario en el afloraran nuevas emociones y estados psicológicos, aunque esto no está exento de dificultades a la hora de la comprensión (19). En otras palabras: *“las mejoras cognitivas y emocionales se presentan como un atractivo viable dentro de las opciones transhumanistas”* (19).

#### **4.1.3. Teoría de autoeficacia**

Bandura en 1997, citado por Shunk y DiBenedetto, en 2016, define la autoeficacia como una de las capacidades percibidas para aprender o desarrollar acciones en niveles determinados (20). Este término que fue introducido a la literatura psicológica por Bandura en 1997, ha sido explorado en diversas áreas del conocimiento, generando que varios investigadores demuestren la influencia de la autoeficacia en el aprendizaje, motivación, el logro y la autorregulación.

La teoría social cognitiva hace énfasis en el concepto de autogestión, o la creencia que uno puede ejecutar en gran medida control sobre la importancia que eventos externos pueden tener en la vida propia. La autogestión refleja la noción de empoderamiento, o el proceso de ganar poder a través de acciones hacia objetivos direccionados, y la autoeficacia es un medio integral para obtener más poder (20).

La naturaleza reciproca de la influencia en las funciones humanas sugiere que individuos como agentes contribuyen a su bienestar personal por el mejoramiento

de sus procesos emocionales, cognitivos o motivacionales, lo que incrementa sus competencias conductuales o que altera o modifica sus condiciones externas (20). En relación con el área de la salud, el concepto de autoeficacia es considerado como un importante predictor de las conductas de la salud (21), debido a que, a pesar de lo complicado que puede resultar motivar conductas que promuevan la salud, o detener actitudes nocivas para ella, la autoeficacia es un factor importante para que estas se puedan llevar a cabo.

Olivari y Urra, ilustran que este concepto ha sido aplicado a conductas tan diversas en distintos campos de la salud tales como: el manejo de enfermedades crónicas, uso de drogas, bajar de peso, entre otros, incluyendo la habilidad para recuperarse de los problemas de salud o para evitar potenciales riesgos para la misma, revelando que altos niveles de autoeficacia tienen consecuencias beneficiosas para el funcionamiento del individuo y su bienestar general (21). Adicionalmente, genera conductas preventivas en salud, pues personas con alta autoeficacia tienen más probabilidad de iniciar cuidados preventivos, buscar tratamientos tempranos y ser más optimistas sobre los resultados de ellos.

Espinoza y Barra, por su parte, expresan que la relación entre la autoeficacia y apoyo social percibido presentan relaciones significativas con el bienestar psicológico, satisfacción vital y calidad de vida (22).

La autoeficacia suele generar mayor resistencia al estrés, aumentando la capacidad para hacer frente a eventos desafiantes, y proporcionando una mayor capacidad de ajuste a ciertos cambios vitales. Algo similar ocurre con el apoyo social, volviéndose un factor protector en la salud mental de las personas, ya que las

capacita para reevaluar situaciones complejas como una enfermedad crónica y adaptarse de manera adecuada a ellas (22).

#### **4.1.4. Neuronas en espejo y Teoría de la mente**

García, González y Maestú, describen que en 1991 neurobiólogos italianos, encontraron que a través de un micro electrodo implantado en la corteza premotora del cerebro de unos simios, a quienes enseñaban a agarrar objetos concretos, se registraba actividad cuando uno de los monos veía a uno de sus congéneres realizar dicha acción, aunque el primate observador no moviera un músculo (23). Para ese momento, los investigadores denominaron este hallazgo como neuronas especulares o espejo.

Encontraron además que estas neuronas no reaccionaban por sí solas al intento de agarrar sin objetivo, ni a sólo el objeto. Este fenómeno solo se gestaba cuando se juntaban la acción y su objetivo (23). En otras palabras, cuando las acciones motoras se coordinan, las neuronas espejo se activan y se construye una experiencia subjetiva solo entendible para el expectador (24).

Gallese y Goldman en 1998 hallaron en el cerebro de unos macacos, un grupo de neuronas que se activan en la circunvolución temporal superior, cuando el chimpancé realiza un movimiento, observa la dirección de la mirada de otros monos o cuando observa al otro realizar un movimiento como si fuera el mismo sujeto quien hiciera el movimiento (24). Adicionalmente, Rizzolatti observó que las mismas neuronas se activan cuando la parte final de un movimiento se ha ocultado (p. 8), generando el supuesto de dichas neuronas no sólo se activan cuando se realiza el movimiento, o el mono ve el



movimiento del otro, sino también cuando el mono “infiere” o predice el resultado de una acción incompleta (24).

García, et al, afirma que las neuronas espejo forman parte de un sistema de redes neuronales que posibilita la percepción-ejecución-intención-emoción (23). Lo que desde la perspectiva Téllez, se puede entender en que este sistema integra un circuito que permite atribuir y entender las intenciones de los otros, dándole origen al sustrato biológico de lo que hoy se conoce como teoría de la mente (24).

La teoría de la mente o mentalización es definida como la habilidad psíquica que poseen los seres humanos para representar en su mente, los estados mentales de otros (pensamientos, deseos, creencias, intenciones, conocimientos) y mediante esta representación psíquica poder explicar y predecir su conducta (24). Bajo esta teoría, los individuos pueden interpretar de forma automática e inmediata el estado anímico de otros, en especial cuando se sostiene un diálogo, facilitando los encuentros sociales, las relaciones interpersonales, establecer relaciones afectivas necesarias para los procesos de reproducción.

La teoría de la mente es solo uno de los aspectos que se tienen en cuenta en la cognición social (24), ya que también hacen parte de ellas otras funciones cognoscitivas como la percepción de señales sociales, la motivación, el afecto, la atención, la memoria y la toma de decisiones. No obstante, cualquier variación de la mentalización puede generar dificultades en los procesos de interacción social, por lo que pacientes que padecen esquizofrenia, autismo, trastornos de la personalidad, fobia social y enfermedad bipolar, pueden presentar dificultades para percibir las emociones de los otros, razón por la cual su comportamiento por lo general, se presenta rudo y con poca empatía.

#### **4.1.5. Aprendizaje motor**

La capacidad de planificar, aprender y retener diversas habilidades sensorio motoras es posible gracias al encéfalo (25), a dicho proceso se le ha denominado aprendizaje motor, según el cual, se procesa la información sensorial producto de la experiencia del individuo por medio de cambios en el sistema nervioso central. La repetición de los movimientos hace que se cree una memoria corporal o muscular y que progresivamente ciertos movimientos se den de forma más natural.

Mientras tanto, Moreno y Ordoño, hacen una revisión de la literatura para definir los modelos de aprendizaje hasta llegar a las implicaciones del aprendizaje motor. En esa revisión, parten de la concepción de que el individuo como organismo se adapta al medio, por lo cual, inician por el enfoque conductista de Pavlov, quien estableció los principios del condicionamiento, la extinción y la generalización del estímulo (26).

Watson, quien basó sus investigaciones en Pavlov, pero es a quien se le atribuye la aparición del término conductismo, argumentó que los humanos ya tenían innatos algunos reflejos y reacciones de comportamiento, entre ellas las emocionales, y que todos los demás comportamientos se adquirirían mediante la simple asociación estímulo-respuesta (26).

Con el correr del tiempo, aparecieron las teorías cognitivas, que trataron de solventar vacíos explicativos de las teorías conductistas basados fundamentalmente en la interpretación del aprendizaje social (26). Sin embargo, con Schmidt que definió el Aprendizaje Motor como “los procesos internos asociados con la práctica que provocan cambios relativamente permanentes en la capacidad motriz” (26), de esta manera los mecanismos de aprendizaje motor se basan en la consolidación de procesos internos y

la creación de representaciones de los movimientos denominados programas motores o esquemas motores.

Finalmente, los autores sostienen que, en los últimos años la Teoría General de Sistemas Dinámicos, que posee una base en los principios de la termodinámica, ha ido tomando fuerza en relación al aprendizaje motor, ya que, a diferencia a las mencionadas con anterioridad, destaca la importancia de considerar el comportamiento motor en su integridad, reivindicando el estudio macroscópico de las relaciones individuo-entorno como un sistema complejo dinámico y abierto (26). Así las cosas, la memoria neuromuscular permite al sujeto, crear patrones estables de coordinación de acuerdo con las exigencias propias de los espacios y experiencias en las que se desenvuelve (26).

Moreno y Ordoño, realizan un símil entre la segunda ley de la termodinámica y el aprendizaje motor, debido a que cuando un ser vivo se expone a unas condiciones del entorno repetitivas, la respuesta tiende a ser cada vez más estable (26). No obstante, cuando las interacciones que puede sufrir el sistema son variables, emergerán fluctuaciones en la dinámica de las relaciones que lo llevarán a ajustarse nuevamente a las condiciones del entorno, creando un nuevo equilibrio.

## **4.2. MARCO CONTEXTUAL**

En el contexto actual, los avances en las tecnologías de la información y la comunicación, han abierto amplias perspectivas en todos los ámbitos de desenvolvimiento humano y técnico, al punto que resulta difícil imaginar el devenir cotidiano fuera de la interacción con ordenadores, teléfonos inteligentes y redes de internet. Sin duda, la realidad virtual

como sistema informático, también ha ido aplicándose con mayor desarrollo cada vez, en el ámbito médico, especialmente en lo relacionado con los procesos de rehabilitación motora y cognitiva. Sin embargo, para efectos de este trabajo, es relevante abordar en primer lugar, las implicaciones de la virtualidad, para, en segundo lugar, abarcar lo referente a sus usos en rehabilitación física y contemplar las aplicaciones de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal.

La virtualidad como noción sociohistórica se asocia a las comunidades que se forman exclusivamente gracias a las redes de desarrollo tecnológico. Son los instrumentos informáticos como el aprendizaje, la cultura, la realidad y la sociedad, los que han dado un nuevo sentido a la virtualidad, es así que, las articulaciones de tiempo y espacio evidenciadas en las tecnologías de comunicación son la base para comprender las implicaciones de la virtualidad (27). La virtualidad como constructo teórico se remonta a la filosofía cuando se le atribuía una posición intermedia entre el poder y la virtud o moral (28), se estaría direccionando su definición a una resolución de lo real o a una falsa aproximación a la realidad, que tiende ser “mejor” que ella.

Se puede decir, que lo virtual es un escenario paralelo a lo real o una dimensión que sustituye a la realidad (9). Se estaría desentrañando una especie de una no real realidad (18), que mediante los sistemas informativos se va sustituyendo la experiencia de los sentidos humanos para configurar escenarios de interacción completamente simulados, lo que se conoce como “ciberespacio” que inventa, crea y recrea nuevas interpretación y formas de estar en la realidad. Dicho de otro modo: “el vínculo entre virtualidad y realidad es impulsado por la representación de la realidad en la plataforma virtual y su relación dentro del ciberespacio donde los objetos son representados en un escenario

paralelo al de la realidad sin la necesaria desaparición física o manipulación humana” (9). Dicha representación de la realidad reemplazaría la apariencia del encuentro real, el vínculo cara a cara entre personas (27).

En consecuencia, la virtualidad resulta ser la simulación de un entorno real representada gracias a la intervención de un sistema tecnológico, que puede ser un ordenador, para permitir a la persona, interactuar con elementos, personas y situaciones al interior del mismo escenario simulado (29), la percepción del espacio tiempo cambia conforme a las condiciones determinadas por el ciberespacio, también llamado hiperespacio (9). La virtualidad, al simular el entorno real conforme a unos propósitos establecidos, hace que la persona, en este caso, el usuario, sienta, viva, experimente, un ambiente diseñado lo más cercano y familiar posible a la realidad (11), para realizar tareas previamente asignadas.

Ahora bien, la realidad virtual, en el sentido descrito, utiliza como tecnología avanzada, la interface, lo que implica que el usuario no necesariamente debe estar frente al ordenador para experimentarse inmerso en un mundo en tres dimensiones recreado por el computador, a esto se le conoce como simulación interactiva. Es posible entonces mencionar que para el estudio de la realidad virtual, existen tres fundamentos principales: la inmersión, la interacción y el involucramiento (28). Por su parte, la inmersión es posible mediante la utilización de dispositivos adicionales al ordenador, como cascos de visualización, gafas, guantes electrónicos y palancas de mando; por otro lado, la interacción consiste en el manejo o control que el usuario tiene dentro del ambiente simulado y, el involucramiento, se logra a través del estímulo de los sentidos biológicos como el tacto, la visión y la audición.

De esta manera, por medio de la simulación de un ambiente real, el usuario tiene acceso a contenidos digitales, de modo que obtiene en esta experiencia, una inmersión profunda, tal como si en realidad, se encontrara en el lugar que contempla y realizando efectivamente las actividades que le son presentadas.

Son muchos los aplicativos de la realidad virtual y el ámbito médico, no es la excepción. Aunque la realidad virtual tuvo su origen en simultánea a la aparición de las primeras computadoras, hace un poco más de 50 años, en el campo del conocimiento como herramienta terapéutica, su utilización se remonta a finales de la década de los noventa del siglo pasado, cuando se experimentó en el ámbito de la neuropsicología (28). En rehabilitación física y cognitiva, su uso se extendió para tratar padecimientos como parálisis cerebral, daño cerebral por traumatismo, trastorno de déficit de atención, entre otros, haciendo énfasis en fortalecer funciones atencionales, mnésicas, ejecutivas y/o viso-espaciales (11) de dichos pacientes.

Uno de los mayores beneficios que otorga este tipo de mecanismo terapéutico, es que los pacientes entran en contacto con tareas y actividades en el entorno virtual, que usualmente no pueden o se les dificulta mucho, desarrollar en la realidad, lo que permite la evaluación de las competencias de los pacientes en ciertas situaciones, el número de veces que sea necesario, *“La realidad virtual sería la resolución final de un mundo lleno de imperfecciones, y las tecnologías de lo virtual son las últimas de una larga serie de dispositivos diseñados para permitirle al individuo cumplir el sueño de actualizar en tiempo real un conjunto de posibilidades”* (9).

En los procesos de rehabilitación mediante el uso de realidad virtual, se pueden mencionar tres elementos clave: la repetición, el feedback y la motivación del paciente

(29). La repetición, como supone la palabra, con sucesión una y otra vez de un mismo ejercicio, se logra el aprendizaje motor, que debe estar reforzado por el feedback, que supone una conclusión sobre el resultado de cada una de las realizaciones. Estos dos elementos necesariamente deben ir acompañados de la motivación del paciente para que sea efectivo el proceso, porque el tratamiento en la medida que se presente ameno y agradable para el paciente, va a lograr más y mejores resultados.

Para los profesionales de la salud que utilizan la realidad virtual como mecanismo para potenciar la rehabilitación, ésta permite otros beneficios como el hecho de poder repetir cuantas veces se requiera las sesiones, de tal manera que se adapten las interfaces a las limitaciones motoras del paciente y se logren adecuar actividades que en mundo real suponen un alto riesgo, a ambientes seguros donde el paciente va a poder seguir las pautas teniendo una evolución notable (11).

Para el caso de la lesión medular, aunque algunos estudios señalan que la realidad virtual junto con la terapia convencional produce resultados similares en la función de las extremidades superiores que la terapia convencional sola en pacientes con lesión de médula espinal (30), muchos otros estudios reiteran sus múltiples beneficios como herramienta terapéutica en la intervención de la lesión medular, al respecto, Prasad, Aikat, Labani y Khanna encontraron en una investigación documental en bases de datos como PubMed, BVS, Web of Science, Cochrane Central y Scielo, que solo siete estudios (28%) tuvieron una excelente / buena calidad de evidencia y que a mayoría de estudios tuvieron efectos positivos significativos asociados con la terapia de realidad virtual (88%), sin que se informaran eventos adversos (88%) (31).

### 4.3. MARCO CONCEPTUAL

**Medula espinal:** La médula espinal es la estructura nerviosa que contiene los nervios espinales que son quienes transportan mensajes entre el cerebro y el cuerpo, es decir, es la prolongación del cerebro que termina en los primeros segmentos lumbares (4).

Así, entendiendo que la, médula espinal es un grupo de nervios dentro de la columna vertebral que envían y reciben señales entre el cerebro y el resto del cuerpo que permiten experimentar tacto, dolor, presión, temperatura y posición, permiten el movimiento de las extremidades y otras funciones corporales.

**Lesión medular:** se denomina “Lesión Medular a la pérdida o alteración de la movilidad, de la sensibilidad o del sistema nervioso autónomo ocasionada por un trastorno de las estructuras nerviosas alojadas en el canal medular” (2). Las lesiones de la médula, pueden ocurrir a cualquier nivel, las caídas, accidentes de tránsito o cualquier otra clase de trauma físico. “El segmento de la médula que es lesionado y la gravedad de la lesión, determinará qué funciones del cuerpo quedarán afectadas o se perderán. La paraplejia se da cuando la lesión ocurre por debajo de los segmentos cervicales (2); mientras que la tetraplejia, se produce en los segmentos cervicales de la médula espinal (C1-C8). Este daño compromete a extremidades superiores, tronco, extremidades inferiores y órganos pélvicos” (2).

La clasificación de la Lesión Medular según la American Spinal Injury Association (ASIA), es:

- Grado A (Lesión completa), en la que en cuanto a segmentos sacros no se evidencia preservación motora y sensitiva (2).



- Grado B (Lesión incompleta), en la que se percibe función sensitiva en los segmentos S4 y S5 pero no función motora (2).
- Grado C (Lesión incompleta), en la que la mitad de los músculos valorados tienen un puntaje de 3, se percibe preservación sensitiva y una preservación parcial a nivel de la función motora (2).
- Grado D (Lesión incompleta), en este grado también se encuentra que la mitad de los músculos intralesionales valorados tienen un puntaje de 3 y se presenta una sensibilidad normal (2).
- Grado E (Normalidad neurológica), en la que las funciones sensitiva y motora, son normales (2).

**Fisioterapia:** Es una disciplina de la salud que se orienta a tratar al individuo de forma integral, incluyendo la familia y la comunidad. Tiene por propósito la comprensión y el manejo del movimiento del cuerpo humano, como elemento esencial de la salud y el bienestar del hombre. Orienta sus acciones al mantenimiento, optimización o potencialización del movimiento así como a la prevención y recuperación de sus alteraciones y a la habilitación y rehabilitación integral de las personas, con el fin de optimizar su calidad de vida y contribuir al desarrollo social (32).

**Rehabilitación:** Son las medidas que contribuyen al logro y mantenimiento de la discapacidad con el fin de conseguir el funcionamiento óptimo del individuo. De este modo, la rehabilitación potencia la habilidad del individuo para desarrollar las actividades propias del medio donde se desenvuelve, desde trabajar hasta el logro de su máximo potencial. La evidencia también sugiere que la rehabilitación puede reducir las dificultades funcionales relacionadas con el envejecimiento y mejorar la calidad de vida (4).

**Neurorehabilitación:** La Organización Mundial de la Salud lo define como un proceso activo, por medio del cual los individuos con alguna lesión o enfermedad pueden alcanzar la más óptima recuperación integral posible que les permita su desarrollo físico, mental y social de la mejor forma, para integrarse a su medio ambiente de la manera más apropiada (33).

**Software:** Aquellos componentes de un sistema informático que no son tangibles, es decir, que físicamente no se pueden tocar (34).

**Realidad virtual:** La realidad virtual es la simulación de un ambiente tridimensional proporcionado por computadores, en donde el usuario debe ser capaz de ver y manipular los contenidos en ese ambiente (35).

## 4.4. MARCO ETICO

### 4.4.1. Marco ético internacional

La Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (36), afirma que en las investigaciones con seres humanos, siempre deben conservarse ciertos principios básicos para satisfacer conceptos morales, éticos y legales, en cumplimiento de principios bioéticos universales como, los siguientes:

- **Principio de autonomía:** Indica la norma que asume que el individuo a pesar de la condición en la que se encuentre, puede tomar decisiones sobre su propia vida. En caso que se encuentre disminuido o en estado vegetativo, los tutores deben justificar el por qué las personas no pueden ser autónomas. En el ámbito médico, el consentimiento informado es la máxima expresión de este principio de autonomía, considerándose un derecho del paciente y un deber del profesional en salud.
- **Principio de beneficencia:** hace referencia a la obligación de actuar en beneficio de otros, promover sus legítimos intereses y suprimir prejuicios. En medicina, se promueve el mejor interés del paciente sin tener en cuenta su opinión. En donde se supone que el médico posee la formación y los conocimientos de los que carece el usuario, y así decide lo más conveniente para éste. Es decir "todo para el paciente, pero sin contar con él".

Uno de los principales obstáculos al analizar este principio es que se desestima la opinión del usuario, quien es el principal involucrado y afectado por la situación, en

donde se prescinde de su opinión gracias a su falta de conocimientos médicos. Sin embargo, las preferencias individuales de médicos y de pacientes pueden discrepar respecto a qué es perjuicio y qué es beneficio.

- **Principio de no maleficencia:** Es una norma ética aplicable para todos los ámbitos de la vida, pues implica que las personas actúan sin la intención de causar daño, siendo un principio especialmente importante para ser aplicado al ámbito biomédico, entendiendo que todo o que se hace tiene el único propósito de maximizar el beneficio por sobre el daño.
- **Principio de justicia:** Este principio consiste en disminuir toda situación que conlleve a la desigualdad, bien sea ideológica, social, cultural, económica o de otra índole.

El principio de justicia se puede analizar desde dos puntos: un principio formal (tratar igual a los iguales y desigual a los desiguales) y un principio material (determinar las características relevantes para la distribución de los recursos sanitarios: necesidades personales, mérito, capacidad económica, esfuerzo personal, etc.).

La relación equipo de salud-usuario se fundamenta en los principios de beneficencia y autonomía, y cuando estos dos principios entran en conflicto, como consecuencia de la escasez de recursos, es el principio de justicia el que entra en juego para mediar entre ellos. En cambio, la política sanitaria se fundamenta en el principio de justicia,

y será tanto más justa en cuanto que consiga una mayor igualdad de oportunidades para compensar las desigualdades.

#### **4.4.2. Marco ético nacional**

Así también se puede citar la Resolución 8430 de 1993 (37), acerca de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos, entre los cuales están: la dignidad humana y el respeto por los derechos humanos ante cualquier intervención con y en humanos.

Esta resolución afirma en su artículo 6 que, para proceder a hacer algún estudio en y con humanos, es necesario contar con el consentimiento informado escrito del paciente y la autorización del representante legal de la institución para la cual se realiza la investigación.

Toda investigación debe proteger la privacidad del paciente, informándolo de todo lo que ocurra en el desarrollo de los procesos, así como de todo riesgo o riesgos que puedan acaecer. El consentimiento informado, en este caso, resulta ser el documento que da cuenta de toda la información que el paciente debe conocer para que de manera voluntaria decida someterse a los procedimientos objeto de estudio.

### **4.5. MARCO LEGAL**

#### **4.5.1. Telesalud y telemedicina**

La normatividad vigente relacionada con la telesalud, parte con la Ley 1122 de 2007 (38), al realizar algunas modificaciones al Sistema General de Seguridad Social en Salud, entre ellos el mejoramiento en la prestación del servicio de salud, fortalecimiento de

programas de salud pública y funcionamiento de redes para la prestación de servicios de salud.

Las anteriores modificaciones apoyadas en la Ley 1341 del 30 de julio de 2009 (39), que implementa las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, al interés general, promoviendo acceso eficiente y en igualdad de oportunidades, a todos los habitantes del territorio nacional, y con la posibilidad de las entidades públicas de adoptar todas las medidas necesarias para garantizar el máximo aprovechamiento de las TIC en el desarrollo de sus funciones, se acercan estos medios a la salud.

En este orden de ideas se desarrolla la telesalud en Colombia por medio de la Ley 1419 del 13 de diciembre de 2010 (40), bajo los principios de eficiencia, universalidad, integralidad, unidad y calidad.

En su artículo 2 hace dos definiciones, columna vertebral de este anteproyecto, las cuales se mantienen vigentes hasta el día de hoy. La primera es la telesalud como “el conjunto de actividades relacionadas con la salud, servicios y métodos, los cuales se llevan a cabo a distancia con la ayuda de las tecnologías de la información y telecomunicaciones”. Y la segunda la telemedicina como “la provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso y la oportunidad en la prestación de servicios a la población que presenta limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica”.

El artículo 64 de la ley 1438 del 19 de enero de 2011 (41) prevé las redes integrales de salud para que el servicio de salud se brinde de forma precisa oportuna y pertinente, precisando en el numeral 64.10 que la articulación de las redes debe tener como unos de sus objetivos y componentes “ la coordinación de esquemas de comunicación electrónica, servicios de telemedicina, asistencia y atención domiciliaria y las demás modalidades que convengan a las condiciones del país y a las buenas prácticas en la materia”.

La ley 1751 del 2015 (42) incluye como parte del derecho fundamental a la salud los elementos esenciales e interrelacionados como la disponibilidad, accesibilidad, calidad e idoneidad profesional y establece como parte de los derechos de las personas “el acceder a los servicios y tecnologías de salud, que le garantice una atención integral, oportuna y de alta calidad respectivamente” (42).

Los Planes Nacionales de Desarrollo, aprobados mediante las leyes 1151 de 2007 (43) y 1753 de 2015 (44) se han proyectado para la implementación de la telesalud.

El Plan Nacional de Desarrollo comprendido para el periodo 2018-2022, aprobado por la Ley 1955 de 2019 (45), “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” tiene como objetivo “Salud para todos con calidad y eficiencia, sostenible por todos” alcanzable por medio de estrategias como la modernización de la gestión de prestación de servicios, como son los avances en la interoperabilidad de los sistemas de información y mejoras en conectividad de los territorios apartados, impulsando programas de telesalud, en el marco de los Servicios Ciudadanos Digitales.

El Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud, mediante el Decreto 1011 de 2006 (46) consagra que los actores y agentes que intervienen en la prestación del servicio de atención en salud, deben cumplir condiciones básicas de capacidad tecnológica y científica, estándares de habilitación establecidos por el Ministerio de Protección Social.

El Ministerio de Salud y Protección Social, mediante la Resolución 0429 del 17 de febrero de 2016 (47), traza la Política de Atención Integral en Salud - PAIS, desarrollando un marco estratégico y un modelo operacional que van a permitir la acción coordinada de las normas, reglas, reglamentos, agentes y usuarios, a efectos de orientar la intervención de los diferentes integrantes hacia la generación de las mejores condiciones de la salud de la población y el goce efectivo del derecho fundamental de la salud, al interrelacionar los elementos esenciales que lo configuran.

La Resolución 1441 del 21 de abril de 2016 (48), reglamenta la habilitación de las Redes Integrales de Prestadores de Servicios de Salud-RIPSS en el marco de la Política de Atención Integral en Salud –PAIS; estableciendo los estándares, criterios y procedimientos, determinando su conformación, organización, gestión, seguimiento y evaluación, así como, adoptar el "Manual de Habilitación de Redes Integrales de Prestadores de Servicios de Salud" que hace parte integral del acto administrativo.

La Resolución número 5857 del 26 de diciembre de 2018 (49), tiene por objeto actualizar integralmente el Plan de Beneficios en Salud con cargo a la UPC, como mecanismo de protección colectiva, y establecer las coberturas de los servicios y tecnologías en salud que deberán ser garantizados por las Entidades Promotoras de Salud (EPS) o las entidades que hagan sus veces, a los afiliados al Sistema General de Seguridad Social



en Salud (SGSSS), en el territorio nacional, en las condiciones de calidad establecidas por la normatividad vigente.

Consecuentemente consagra en el artículo 13 puntualmente que el Plan de Beneficios en Salud con cargo a la UPC financia la modalidad de telemedicina cuando esta se encuentre disponible y permita la finalidad de la prestación del servicio o garantice mayor oportunidad en caso de que la atención presencial esté limitada por barreras de acceso geográfico o baja disponibilidad de oferta.

La Resolución 2654 de 2019 establece las disposiciones para el desarrollo de la telesalud, y los parámetros para la práctica de la telemedicina, en cuanto al campo de aplicación, categorías de la telemedicina, el uso de los medios tecnológicos, la calidad y seguridad de la atención, así como calidad de la información y de los datos para preservar la calidad y seguridad de la atención.

El artículo 8 precisa como objetivo de la telesalud mejorar el acceso, la resolutivez, la continuidad y la calidad de la atención clínica, impactar la salud pública y la educación para la salud mediante el uso de las TIC. Y el artículo 13 señala que el objetivo de la telemedicina es facilitar el acceso y mejorar la oportunidad y resolutivez en la prestación de los servicios de salud en cualquiera de sus fases: promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y paliación.

El Ministerio de Salud y Protección Social, mediante la Resolución número 3100 del 25 de noviembre de 2019 (50), define los procedimientos y las condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud, y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud;

norma en la cual se incluye los servicios de la modalidad de telemedicina y se deroga entre otras normas la Resolución 2003 de 20014.

Por otro lado, la normatividad específica sobre la lesión medular, se limita al Decreto 841 de 1946 (51) para efectos de indemnizaciones por riesgos profesionales.

#### **4.5.2. Ley Estatutaria 1618 de 2013**

La Ley Estatutaria número 1618 del 27 de febrero de 2013 (52) establece las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad.

Dicha ley en su título IV consagra las medidas para la garantía del ejercicio efectivo y en su artículo 9° menciona el derecho a la habilitación y rehabilitación integral, cuyo objetivo es que la persona logre mantener la máxima autonomía e independencia, en su capacidad física, mental y vocacional, así como la inclusión y participación plena en todos los aspectos de la vida, para dicha garantía, se implementarán acciones que involucren a los distintos Ministerios que ofrezcan alternativas y opciones terapéuticas, así mismos el Ministerio de Salud y Protección Social, asegurará que la prestación de los servicios se haga con altos estándares de calidad, coordinará y articulará el fortalecimiento de procesos de habilitación y rehabilitación funcional, implementación de servicios domiciliarios, establecerá mecanismos tendientes a garantizar la investigación y la prestación de la atención terapéutica requerida integrando ayudas técnicas y tecnológicas.

#### **4.6. MARCO DISCIPLINAR**

La Ley 528 del 14 de septiembre de 1999 (53) reglamenta el ejercicio de la fisioterapia, y dicta normas sobre la ética profesional y otras disposiciones; en su artículo 1. consagra:

Definición de la fisioterapia como “una profesión liberal, del área de la salud, con formación universitaria, cuyos sujetos de atención son el individuo, la familia y la comunidad, en el ambiente en donde se desenvuelven”.

El objetivo de esta profesión es “el estudio, comprensión y manejo del movimiento corporal humano, como elemento esencial de la salud y el bienestar del hombre”.

Orientación de sus acciones son el mantenimiento, optimización o potencialización del movimiento, así como a la prevención y recuperación de sus alteraciones y a la habilitación y rehabilitación integral de las personas, con el fin de optimizar su calidad de vida y contribuir al desarrollo social.

El Fundamento del ejercicio profesional esta en los conocimientos de las ciencias biológicas, sociales y humanísticas, así como en las propias teorías y tecnologías.

El artículo 2. señala principios universales y que además fundamentan la ética de esta materia, entre ellos: respeto por la dignidad de la persona humana, intervención fundamentada en principios científicos, el estudio de los usuarios de los servicios de fisioterapia, debe hacerse en un ámbito integral, toda investigación científica que involucre seres humanos, deberá ajustarse a los principios metodológicos y éticos que permiten el avance de la ciencia, sin sacrificar los derechos de la persona; no compromiso de garantizar resultados exitosos, una relación personalizada y

humanizada, actualización profesional, ejercicio autónomo, de impacto social y prestación del servicio de la más alta calidad con los recursos disponibles.

En el artículo 3 de la ley 528 de 1999, se indica que todo lo que tenga que ver con la habilitación y rehabilitación física de los individuos deberá estar enmarcado en programas de intervención fisioterapéutica con los objetivos de potenciar el bienestar y mantenimiento del movimiento del cuerpo humano, tratar las deficiencias y limitaciones, así como reducir el riesgo cinético.

El ejercicio de la profesión de fisioterapia debe ser guiado por conceptos, criterios y elevados fines que propendan por enaltecer esta profesión, por tanto, los profesionales en fisioterapia, están obligados a ajustar sus acciones profesionales a las disposiciones de la presente norma que constituyen su Código de Ética Profesional.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1. MÉTODO**

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio, se planteó una investigación cualitativa-descriptiva en la medida que se acercó a la realidad sin pretensión de modificarla, porque “exhibe el conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación de espacio y tiempo dado” (54); en tanto busca relacionar categorías sin establecer relaciones de causa-efecto sino que explica cómo se relacionan las categorías del estudio en el marco de situaciones específicas. El método cualitativo “se orienta hacia la comprensión de las situaciones únicas y particulares (...) sus planteamientos epistemológicos provienen del campo de la fenomenología y la hermenéutica” (55). Este método es de carácter inductivo, pues parte de un caso específico para avanzar a generalizaciones cada vez más abarcativas.

### **5.2. DISEÑO Y ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

Este estudio retomó la revisión documental, dado que se trató de una investigación bibliográfica, formal, teórica, debido a que recogió, registró, analizó e interpretó información contenida en documentos físicos o digitales referidos a la utilización de realidad virtual para la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal (56). La revisión documental constituye un método que implica la sistematización de sistemas de información relevante procedente de libros, revistas, periódicos, etc., que da cuenta de factores característicos de un tema específico (56).

### 5.3. PAPEL DEL INVESTIGADOR

Los investigadores de forma independiente efectuaron la respectiva aplicación de los filtros para evitar el riesgo de sesgo dentro del proceso de investigación y hacer la conducción de una forma sistemática y ordenada.

Posterior a esto el procesamiento de la información se efectuó a partir del consenso entre investigadores.

### 5.4. RECOGIDA DE DATOS

#### 5.4.1. Unidad de análisis o actores participantes

Las unidades de análisis se efectuaron a partir del procesamiento y sistematización de la información basados en los criterios de búsqueda descritos en el proceso metodológico de conducción y organización de la revisión.

#### 5.4.2. Muestreo

**Tabla 1 Criterios de búsqueda de información Revisión Bibliográfica 2010-2020**

	<b>TERMINO</b>	<b>INGLES</b>	<b>MESH</b>
1	Realidad virtual	Virtual reality	Virtua Reality
2	Terapia Ejercicio	Exercise Therapy	Exercise therapy
3	Médula espinal	Spinal cord injury	Spinal cord injury
4	Protocolo	Protocol	Protocol
5	Balance	Balance	Balance
6	Función Motora	Motor Function	Motor Function
7	Dolor	Pain	Pain

*Fuente: propia*

#### 5.4.3. Técnicas e instrumentos

Esta investigación, consideró pertinente, integrar como técnica la revisión documental, debido a que ésta se fundamenta en el método cualitativo. La técnica de revisión documental estuvo guiada por una revisión sistemática de literatura existente, publicada

en bases de datos académicas que compendían revistas especializadas, internacionales y nacionales. Las bases de datos de libre acceso que se revisaron fueron: Lilacs, PEDro, Pubmed, Scielo y ScienceDirect. Las anteriores son consideradas fuentes primarias de la presente investigación.

#### **5.4.4. Proceso de trabajo de campo**

Para identificar y definir el tópico se planteó una pregunta clínica clara y delimitada que respondiera al objetivo de la investigación. La pregunta especificó el tipo de población (los participantes), los tipos de intervenciones (y comparaciones), y los tipos de desenlaces que eran de interés, la sigla PICO (iniciales en inglés) ayudó a registrar estos conceptos, donde:

**P:** Lesión de médula espinal (LME)

**I:** Realidad virtual

**C:** Comparación-no aplica

**O:** Fuerza, movilidad, control postural, balance e independencia.

**T:** 12 meses y medio en el año 2020.

### 5.4.5. Categorización de variables

**Tabla 2 Categorización de variables Revision Bibliográfica 2010-2020**

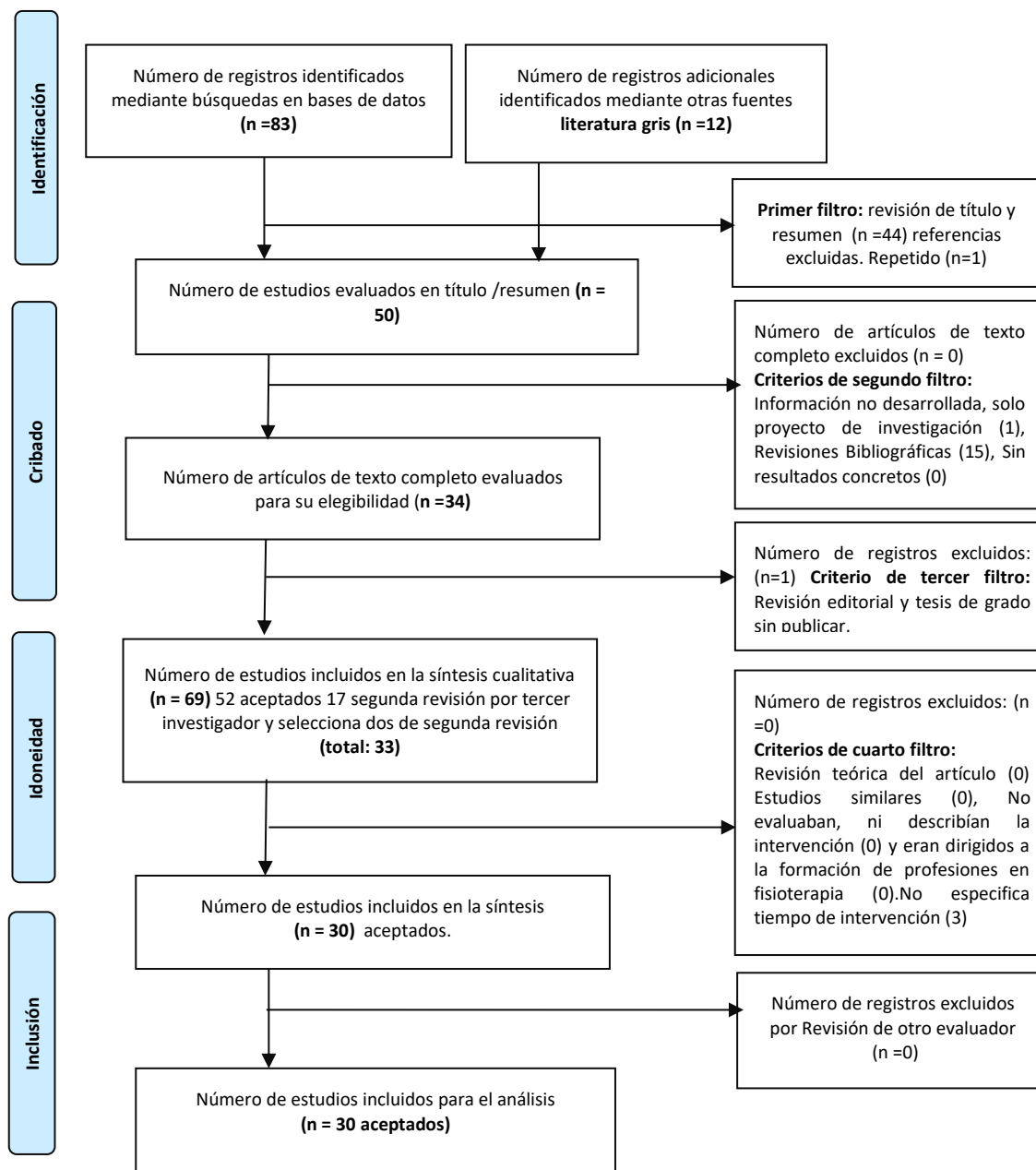
Objetivos específicos	Categorías de análisis	Definición
Describir las características principales de la bibliografía consultada.	Autor	Es la persona responsable de crear una obra, sea artística, literaria o científica.
	Año	Periodo de 365 días divididos en doce meses
	País	Ubicación geográfica en donde se realizó el estudio
	Tipo de artículo	Tipo de documento que son resultado de una investigación científica
	Población	Número de personas con las cuales se realiza la investigación
	Idioma de publicación	Lengua propia de una nación en el cual se realiza la publicación del artículo científico
	Perfil del autor	Nivel de Educación que tiene el investigador, asociación a la que pertenece o vinculación investigativa o laboral.
Identificar los protocolos de realidad virtual aplicados a rehabilitación en pacientes con lesión de médula espinal LME.	Protocolos de realidad virtual	Conjunto de procedimientos para generar un ambiente simulado por medio de herramientas de realidad virtual.
	Rehabilitación	Conjunto de medidas que ayudan a los individuos a lograr y mantener un funcionamiento óptimo en interacción con su entorno a la luz de una discapacidad.
	Tiempo de duración	Tiempo comprendido entre el inicio de la intervención y la finalización, no tiene en cuenta el tiempo de control y seguimiento, solo de intervención.
Caracterizar los efectos de la realidad virtual en aspectos como fuerza, movilidad, control postural, balance e independencia. en el proceso de intervención para la rehabilitación de pacientes con lesión medular	Efectos de la realidad virtual	Consecuencias evidenciables de la implementación de protocolos de realidad virtual.
	Intervención	Conjunto de acciones programadas con un objetivo claro definido de antemano en el marco de un proceso terapéutico.
	Fuerza	Capacidad de un músculo de generar tensión ante una resistencia o carga
	Movilidad	capacidad de una persona para moverse en su entorno, desplazarse, moverse, etc.
	Control postural	Capacidad del cuerpo de mantener una alineación correcta del centro de gravedad dentro del eje corporal
	Balance	Es uno de los componentes de aptitud física relacionados con las destrezas motoras.
	Independencia	Independencia funcional en sus desplazamientos
Identificar las principales herramientas de evaluación y seguimiento de los protocolos usados en realidad virtual en lesión medular.	Herramientas de evaluación	La valoración a través de herramientas permite establecer los objetivos de fisioterapia según los problemas de salud encontrados.

*Fuente: Propia*



Una vez determinadas las variables investigativas, se presentan a continuación la depuración de las investigaciones halladas que cumplen con los requisitos metodológicos para la realización de esta revisión bibliográfica.

**Figura 1 Diagrama de flujo metodología revisión bibliográfica 2010-2020**



Fuente: Propia

## 6. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la consulta bibliográfica.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo a la figura 1, después de depurar los artículos investigativos que cumplieron con las características de identificación, cribado, idoneidad e inclusión, se escogieron 30 artículos, estos se relacionan a continuación:

### 6.1. CARACTERÍSTICAS DE LA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 2010-2020

**Tabla 3 Resumen de estudios**

N°	Autor	Año	País	Tipo Estudio	Población	Idioma Publ.	Perfil autor
1	Meetika Khurana y otros (57)	2017	India	Ensayo Clínico	30	Inglés	Pursuing Ph.D (Physiotherapy), Masters of Physiotherapy, Ph.D.
2	Giuseppa Maresca y otros (58)	2018	Italia	Estudio de Caso	1	Inglés	while affiliated with Centro Neurolesi Bonino Pulejo, Messina.
3	Chang-Man An y otros (59)	2017	Korea	Ensayo Clínico	10	Inglés	Department of Physical therapy, Chonbuk National University Hospital, Department of Medical Sciences.
4	Carla Dourado Leão y otros (60)	2017	Brasil	Estudio Prospectivo	3	Portugués	Fisioterapia Pós-graduada em Fisioterapia Dermato Funcional, Professora de Fisioterapia.
5	Bayon - Calatayud y	2014	España	Ensayo Clínico	6	Inglés	PhD MD, Occupational Therapist, PhD in Electronics: Advanced Electronic Systems. Intelligent Systems, PhD in Biomedical Engineering, Sin información.

	otros (60)						
6	Gutiérrez, Alvaro y otros. (61)	2020	España	Estudi Cuasi-experimental	5	Inglés	E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación, Sin información, Sin información, PhD in Biomedical Engineering
7	Madhusree Sengupta y otros. (62)	2020	India	Estudio Prospectivo Comparativo	21	Inglés	Rehabilitation Medicine specialist working as a consultant in Neurorehabilitation, Professor of Computer Science, Sin información, Administrative Laws and Other Laws, DM in Neuroanaesthesia & Neurocritical Care.
8	Iris Dimbwadyo-Terrer y otros. (63)	2015	España	Ensayo Clínico	9	Inglés	PhD Occupational Therapist, Rehabilitation engineering, PhD in Biomedical Engineering, Nursing Assistant, Sin información, Fisioterapeuta/ PhD, Profesor Ayudante Doctor en Universidad Rey Juan Carlos, Terapeuta ocupacional/ Periodista/ Doctora en Psicología/ Profesora titular de universidad, Medical Specialisation in Physical Medicine and Rehabilitation.
9	Michael Villiger, y otros. (64)	2017	Suiza	Ensayo Clínico	11	Inglés	Jefe de Estudios de Fisioterapia de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia, , PostDoc of University of Zurich, Sin información, PhD graduated in Rehabilitation Sciences and Physiotherapy, Medical/ FRCPC. Professor/ Specialties Neurology, Physiology And Biophysics, Degrees in science and mechanical engineering/ PhD from Institute of Neuroinformatics, PhD in Sports and Movement Science.
10	Gil-Agudo y otros. (65)	2012	España	Prospectivo, controlado	4	Español	Medical Specialisation in Physical Medicine and Rehabilitation, D15, x, PhD in Biomedical Engineering,
11	Rosanne B. van Dijssel donk y otros. (66)	2018	Países Bajos	Ensayo Clínico	25	Inglés	PhD student at Sint Maartenskliniek & Radboudumc; Revalidatiearts/ Epidemioloog/ Subspecialisatie Dwarslaesie.
12	IWen-Hsung y otros (67)	2012	Taiwan	Ensayo longitudinal, prospectivo	12	Inglés	PHD. Department of Physical Therapy and Assistive Technology, National Yang-Ming University, Taipei, Taiwan, ROC

				antes-despues			
13	Michael Villiger y otros. (68)	2013	Suiza	Ensayo Clínico	14	Inglés	PhD. University Hospital Balgrist, Zurich, Switzerland
14	Tracy Wall y otros. (69)	2015	EE.UU	Diseño de series de tiempo interrumpido	5	Inglés	PHD.Department of Physical Therapy
15	Hoyos Gutiérrez, Juan Bernardo (70)	2013	Colombia	Estudio piloto descriptivo, tipo serie de casos clínicos	14	Español	Médico Fisiatra . Universidad de La Sabana, Especialización en Medicina Física y Rehabilitación
16	Somya Prasad y otros. (71)	2018	India	Ensayo controlado aleatorizado, piloto	22	Inglés	M.Sc/ Ph D/FSMS; Department of Occupational Therapy.
17	Meyke Roosink y otros. (72)	2016	EE.UU	Explorativo	9	Inglés	Ph.D. Center for Interdisciplinary Research in Rehabilitation and Social Integration (CIRRI), Québec, QC, Canada b. School of Psychology, Laval University, Québec, QC, Canada
18	Giuseppa Maresca y otros. (58)	2018	EE.UU	Estudio de Caso	1	Inglés	while affiliated with Centro Neurolesi Bonino Pulejo, Messina.
19	N. Hasnan y otros.	2013	Australia	Ensayo Clínico	1	Inglés	MBBS/ MRehabMed/ PhD; MRehabMed; Sin información;.
20	Polona Pozeg y otros. (73)	2017	EE.UU	Factorial aleatorio y repetitivo	20	Inglés	Clinical Researcher/ Neuroscientist (PhD)/ Neuropsychologist (MSc), post-doc. Laboratory of Cognitive Neuroscience Brain-Mind, , MD/ PhD, Sin información, Sin información, Sin información, Sin información.
21	Ana de los Reyes -	2013	España	Ensayo Clínico Piloto	9	Inglés y Español	PhD Occupational Therapist, PhD in Electronics: Advanced Electronic Systems, Nursing Assistant, Fisioterapeuta/ PhD, Fisioterapeuta/

	Guzman y otros. (74)						PhD, Profesor Ayudante Doctor en Universidad Rey Juan Carlos, Terapeuta ocupacional/ Periodista/ Doctora en Psicología/ Profesora titular de universidad, Medical Specialisation in Physical Medicine and Rehabilitation.
22	Jeffrey P Jaramillo y otros. (75)	2018	E.E.U.U	Ensayo Clínico	14	Inglés	Research Physical Therapists
23	Iris Dimbwadyo Terrer y otros. (76)	2015	España	Ensayo Clínico	15	Inglés	PhD Occupational Therapist, PhD in Electronics: Advanced Electronic Systems. Intelligent Systems, PhD in Biomedical Engineering, PhD.
24	Iris Dimbwadyo Terrer y otros. (77)	2013	España	Comparativo	18	Inglés	PhD Occupational Therapist, PhD in Electronics: Advanced Electronic Systems. Intelligent Systems, PhD in Biomedical Engineering.
25	P Gaffurini y otros. (78)	2013	Italia	Estudio de medidas repetidas.	10	Inglés	PhD, Rehabilitadora, Specialisations in Sport Medicine, Medicine Specialization in Physical Medicine and Rehabilitation, Medicine Specialization in Physical Medicine and Rehabilitation, Medicine Specialization in Physical Medicine and Rehabilitation.
26	D G Sayenko y otros. (79)	2010	Canadá	Estudio de Caso	1	Inglés	Methodist Hospital Houston, Sin información, biomedical engineering currently a Postdoctoral Fellow,
27	Borbor Bajaña y otros. (80)	2019	Ecuador	Explicativo, cuantitativo experimental	37	Español	Licenciados en Terapia Física , Universidad de Guayaquil, Ecuador
28	Fuertes González, Sergio. (81)	2016	España	Transversal descriptivo de una serie de casos	20	Español	Médico Rehabilitador (Hospital Universitario de Burgos)
29	Nildo Manoe	2015	Brasil	Ensayo clínico	30	Inglés	Fisioterapia mestrado em Distúrbios do Desenvolvimento e doutorado em

	Ida Silva Ribeiro y otros. (82)			aleatorizado, ciego y controlado.			Neurologia / Neurociências, Fisioterapeuta Mestre em Neuroreabilitação autor em Ciências da Saúde, Fisioterapeuta Dra em Medicina e Saúde Humana Sócia da sinapsefisioterapia, Sin información, Physical therapy in Sport, Doutorado em Neurologia / Neurociências, M.D., Ph.D. in Neurology.
30	Sánchez Pérez, Paula (83)	2017	España	Ensayo Clínico	4	Inglés y Español	Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

*Fuente: Propia*

Respecto de las investigaciones anteriormente mencionadas, se puede evidenciar que los autores fueron varios, entre 1 y 8 autores, en promedio de 5 autores por artículo científico. Pocos de estos artículos especifican la formación profesional de los autores, la Información encontrada se basa en los datos de afiliación o contribución, relación académica o laboral con alguna institución de salud o de educación superior, centros de investigaciones o participación en programas específicos de rehabilitación de pacientes. En los 3 artículos en los que se encontró información sobre la preparación académica de los autores, refiere que son estudiante de Especialización en Medicina Física y Rehabilitación, Estudiante de Licenciatura en Terapia Física y Médico Rehabilitador de un Hospital Universitario. Solo en 1 de los artículos no se encontró información sobre el autor.

De las investigaciones recopiladas para el presente estudio, se utilizan diferentes metodologías, en donde encontramos como la principal los ensayos clínicos en 16 artículos, 9 fueron estudios cuali-cuantitativos retrospectivos descriptivos, 3 fueron estudio de caso, 1 cuasiexperimental, 1 experimental.

La revisión bibliográfica se realizó de investigaciones publicadas durante los últimos 10 años, encontrando el número más alto de publicaciones en el 2013 y en el 2017, seguido de las investigaciones realizadas durante el 2018.

Las investigaciones se realizaron en su mayoría en España, seguido de EEUU. El idioma predominante de publicación fue el Inglés, 23 artículos, 4 fueron publicados en español, 2 fueron publicados en inglés y español, y 1 en portugués.

De las 9 publicaciones de España, 5 fueron publicadas en inglés y 2 en español y 2 en los dos idiomas mencionados.

Para la realización de las investigaciones, se manejan diferentes edades y género, podemos evidenciar que 5 estudios se realizaron en pacientes en edad promedio de 26 a 29 años, 12 estudios de 30 a 44 años, 10 estudios de 45 a 59 años en promedio y 3 estudios se realizaron en población mayor de 60 años.

Se realizaron un total de 4 estudios de caso, con población de 1 único sujeto de investigación, 10 se realizaron con 2 a 10 sujetos, 11 se realizaron con 11 a 20 sujetos y 5 investigaciones con más de 20 sujetos. En total los estudios involucraron un total de 377 pacientes, de los cuales 108 fueron mujeres y representan el 29%, los 269 restantes son hombres y representan el 71% de los sujetos.

En 18 investigaciones el género femenino ocupó menos del 40% de la población seleccionada para intervención, solo en 2 investigaciones se escogieron hombres y mujeres en igual proporción, en 1 investigación la participación de mujeres fue más alta, con un 89% y en 9 investigaciones las mujeres no tuvieron participación.

En 11 investigaciones resultaron personas con lesiones con etiología Traumática, en 4 investigaciones se involucraron pacientes con lesiones de etiología Médica, 9

investigaciones tomaron personas con lesiones Traumáticas y Médicas. De las 6 restantes, 3 no presenta discriminada esta información y 3 más son debidas a Hemiparecia Plastia LCA, Inestabilidad Articular SDRC, Esclerosis múltiple, ACV y Parálisis cerebral.

De acuerdo a la clasificación ASIA, las lesiones son de tipo A en 1 investigación, en 2 investigaciones la lesión es de tipo A+B, 6 investigaciones la lesión tipo A,B,CyD. Las 16 restantes incluyen lesiones C, D o ambas. De estas investigaciones, 5 no utilizan la clasificación ASIA.

Involucran lesiones Cervicales en 12 investigaciones, en 2 investigaciones solo se admiten pacientes con lesiones por debajo de C4 y C6, sin ninguna otra especificación, en 4 investigaciones Cervicales y Lumbares indiscriminadamente, Cervicales y Torácicas en 2 investigaciones y en 3 Torácicas y Lumbares. 7 investigaciones no cuentan con esta información.

En estas investigaciones como criterio de inclusión, se tuvo en cuenta el tiempo de la lesión presentada para intervenir con realidad virtual. En 4 investigaciones se tuvo en cuenta un tiempo menor a un año de lesión. En 9 investigaciones mayor a un año, 3 investigaciones tuvieron paciente con lesiones de más de 2 años y 2 mayor a 5 años. En las restantes 8 contemplan tiempo mayor a 2, 4 y 6 meses de lesión, en las otras no se obtuvo información.



## **6.2. IDENTIFICACIÓN DE PROTOCOLOS DE REALIDAD VIRTUAL APLICADOS A REHABILITACIÓN EN PACIENTES CON LESIÓN DE MÉDULA ESPINAL- LME**

A continuación se hace una breve descripción de los Protocolos encontrados en las 30 investigaciones que se encontraron como relevantes para la presente revisión bibliográfica sobre las intervenciones de RV en LME durante el 2010 a 2020, así como las siglas de identificación para presentarlas en el respectivo análisis.

- PS2: Play Satation 2
- VRRS: Sistema de rehabilitación de realidad virtual (VRRS, de Khymeia, Italia)
- Bobath: Sistema de rehabilitación del físico Bobath estándar terapia).
- SCT: Entrenamiento cognitivo estándar (SCT)
- PT: Fisioterapia
- IREX: Sistema de ejercicio de rehabilitación interactivo (IREX; Gesture Tek; Toronto, Canadá): (1) Fútbol: cambio de peso durante la flexión y abducción del hombro. (2) Transportador: rotación del tronco y el hombro D1 y Patrones D2. (3) Voleibol: coordinación mano-ojo y cambio de peso en múltiples direcciones. (4) corredor de fórmula: desplazando su peso hacia la izquierda y hacia la derecha mientras navega. (5) Aerotransportado: la flexión lateral del tronco en el mundo virtual parece inclinar la posición en el plano sagital. (6) Snowboard: desplazando su peso hacia la izquierda y hacia la derecha mientras navega.
- XBOX: Videojuego XBOX 360, y juegos de Kinect.
- TOYRA: Realidad Virtual del sistema Toyra.
- JUEGOS: "Recoger plátanos", "Recolectar estrellas" , "conducción", "bolos", "tenis", "boxeo", "fútbol".
- NF: Novint Falcon, dispositivo táctil 3D, que permite a los usuarios utilizar su sentido del tacto en la informática. Novint tiene dos áreas principales de enfoque, los videojuegos y los usos profesionales de su tecnología.

- FB: Footbag:
- PD: Planet Drive:
- SK: Star Kick:
- HS: Hamster Splash:
- GRAIL: Análisis de la marcha y el entrenamiento (Gait Real-time Analysis Interactive Lab, GRAIL), utiliza una cinta de correr de doble banda instrumentada, un sistema de captura de movimiento combinado con realidad virtual y cámaras de vídeo.
- NWII: Juegos de Nintendo <sup>TM</sup> Wii Fit.
- FES: Ejercicio Híbrido, que incorpora un triciclo reclinado (BerkelBike®), que se colocó en Tacx i-Magic VR Trainer®, en interiores frente a un piso monitor de panel que muestra la superficie exterior simulada ciclismo.
- CT: guante de datos, CyberTouch. El sistema CyberTouch es una opción de retroalimentación táctil para el guante instrumentado CyberGlove cableado de CyberGlove Systems. Cuenta con pequeños estimuladores vibrotáctiles en cada dedo y en la palma del sistema CyberGlove. Cada estimulador puede programarse individualmente para variar la intensidad de la sensación táctil.

Una vez comprendido la información acerca de los protocolos utilizados durante estas intervenciones, se realiza la siguiente tabla, que da cuenta de la frecuencia de uso y de la combinación de varias estrategias de intervención y del tiempo utilizado en la intervención por número de semanas.

**Tabla 4 Protocolos de RV aplicados revisión bibliográfica 2010-2020**

N°	Autor	Po bl.	PS2	XBOX	NWII	DIN AIR	NF	CT	Eye Toy	SCT	TOYRA	GRAIL	VRRS	Bobath estándar	FES-BERKEL BIKE	IREX	Juegos	PD	FB	SK	HS	Visuotáctil	PT-Convencional	Retórica	Caminata y fuerza	Duración Semanas
1	Meetika Khurana y otros (57)	30	X						X																	4
2	Giuseppa Maresca y otros (58)	1	X						X	X			X	X									X			25
3	Chang-Man An y otros (59)	10														X										6
4	Carla Dourado Leão y otros (60)	3		X																						8
5	Bayon-Calatayud y otros (60)	6									X															1
6	Gutiérrez, Alvaro y otros. (61)	5					X										X									< 1 (2 días)
7	Madhusree Sengupta y otros. (62)	21																					X	X		3
8	Iris Dimbwadyo-Terrer y otros. (63)	6															X						X			2
9	Michael Villiger, y otros. (64)	11															X	X	X	X	X		X			4





(PT), con uso de estimulación visual guiada. Seguido de esto, se encuentran los Juegos diversos que hacen referencia a los relacionados con actividades deportivas simuladas como bolos, tenis, boxeo, fútbol y conducción; también se contemplan aquí actividades específicas como las de recoger o recolectar objetos.

En 5 investigaciones se usan el Nintendo Wii, para simular las diferentes actividades que generan un entrenamiento, coordinación, equilibrio, movimiento del cuerpo, entre otros. Similares a estos, se usa el Play Station 2 y el Xbox. También resulta frecuentemente usado el protocolo Toyra, en 4 investigaciones, donde en 3 de estas se realiza como único procedimiento y en 1 ocasión junto a la aplicación de la fisioterapia convencional, por fases.

Este protocolo Toyra es un sistema de realidad virtual con un dispositivo que captura el movimiento basado en sensores inerciales que permite la reproducción de los movimientos del paciente por un avatar en un monitor. Similar ocurre con los protocolos que utilizan sensores de movimiento para piernas y tobillos, que se ven reflejados en la casilla de Caminata y Fuerza, igual ocurre con el dispositivo manos en el caso del CT-Cyber Toch, utilizando esta misma tecnología.

En cuanto al tiempo de intervención que se presenta en semanas, se puede evidenciar que 3 investigaciones (número 6,22 y 25) se realizan en un solo momento, o máximo dos días, no se realiza siquiera en el transcurso de 1 semana. Por otra parte, 10 investigaciones si realizan intervenciones en 1 a 4 semanas; 10 más realizan intervenciones de 5 a 8 semanas; 4 realizan intervenciones de más de 8 semanas, hasta 25, que suponen un tiempo de 6 meses de intervención. También es de resaltar la investigación de Somya Prasad y otros, que realiza intervenciones y seguimientos a las

2, 4 y 6 semanas de tratamiento. Solo 2 investigaciones no cuenta con el tiempo de intervencion.

### 6.3. EFECTOS DE LA REALIDAD VIRTUAL EN ASPECTOS COMO FUERZA, MOVILIDAD, CONTROL POSTURAL, BALANCE E INDEPENDENCIA, EN EL PROCESO DE INTERVENCIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR

Al referenciar los efectos, estos hacen referencia a los siguiente: Fuerza (F), Movilidad (M), Control postural/balance (CP/B), Independencia (I).

**Tabla 5 Efectos de la RV para LME, revisión bibliográfica 2010-2020**

Autor	Pobl.	Protocolos	Efectos	
Meetika Khurana	30	PS2-Eye Toy	F	
			M	
			CP/B	El entrenamiento basado en el juego de realidad virtual es mejor para mejorar el equilibrio y el rendimiento funcional en personas con paraplejia que el entrenamiento de equilibrio específico del mundo real.
			I	
Giuseppa, , Maria Grazia	1	PS2-Eye Toy SCT-VRRS-Bobath estándar y PT	F	Mejora la fuerza pacientes con lesión de la médula espinal (SCI).
			M	Mejora significativa en diferentes dominios rendimiento motor.
			CP/B	Mejora del equilibrio.
			I	Mejora el dominio cognitivo
Chang-Man	10	IREX	F	
			M	
			CP/B	En la prueba de equilibrio de pie computarizada, el puntaje One Legs Balance (OLB) aumentó significativamente después de la intervención (de 32.00 a 46.40; P<0.01). En la prueba de equilibrio clínico permanente, la puntuación Berg Balance Scale (BBS) aumentó significativamente después de la intervención (de 35.70 a 40.10, P<0.01)
			I	
Carla Dourado	3	XBOX	F	
			M	
			CP/B	Los valores promedio y el porcentaje de tiempo en segundos que los voluntarios permaneció en posición sedente y de pie, con los ojos abiertos y cerrados, antes y después del tratamiento.Los datos obtenidos se organizaron en el

				paquete de Microsoft Office Excel y luego, resultados. Hubo un aumento en los valores promedio de las posturas sedente y de pie con los ojos abiertos y después del tratamiento en comparación con el pretratamiento
			I	
Bayon-Calatayud, M.	6	TOYRA	F	
			M	Se encontraron correlaciones positivas en todas las evaluaciones: preevaluación : flexión del codo FIM ( r = 0.966, P = 0.034),
			CP/B	Se encontraron correlaciones positivas en flexión del codo del equilibrio muscular ( r = 0.971, P = 0.029), flexión del codo del índice motor FCIM ( r = 0,999, P = 0,001); evaluación posterior: extensión del codo del índice motor ( r = 0.995, P = 0.005); y Antes de la evaluación del alta: extensión del codo índice motor SCIM ( r = 0.998, P = 0.041), equilibrio muscular- supinación de la muñeca ( r = 0,999, P = 0,024).
			I	
Gutiérrez, Alvaro	5	NF - JUEGOS	F	Los pacientes con LME pasaron más tiempo para alcanzar los 16 objetivos (41,78 s) que los sujetos sanos (34,66 s). La duración del ejercicio podría afectar la suavidad del movimiento. Esto se debió a que llevar a cabo la tarea más lentamente produjo segmentación del movimiento y aparecieron más picos en el perfil de velocidad. Además, los pacientes con LME realizaron trayectorias más largas con un mayor número de picos que los sujetos sanos .
			M	Los sanos realizaron trayectorias más precisas tanto en el centro como en las posiciones de inicio. También se puede observar que solo se realizó una aproximación, o dos como máximo en algunos puntos, para llegar a cada estrella. Por el contrario, el participante SCI realizó múltiples pases a través del mismo punto. Además, la acumulación de líneas en el centro de la imagen es claramente más fuerte en la gráfica del paciente con LME.
			CP/B	
			I	
Madhusree Sengupta	21	PT-RETORICA	F	
			M	
			CP/B	Respectivamente. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre GI y GC para la edad (p = 0,985) y la distribución de las clases de AIS (p = 0,741), el nivel de lesión (p = 0,4) y el sexo (p> 0,99). Las puntuaciones iniciales de BBS, POMA-B y FRS también fueron comparables entre los grupos (p> 0.05)
			I	
Iris Dimbwadyo-Terrer	6	JUEGOS -PT	F	
			M	Se observo que en el momento de completar el NHPT fue menor en el IG cuando las evaluaciones previas y posteriores fueron comparado, mientras que el CG aumentó su tiempo en la final evaluación. Se observa que en la mayoría de los pacientes (4 de 6), el tercero la sesión se completó en menos tiempo que la primera en el alcance y liberar objetos I – II sesiones, por lo tanto, la tendencia del total grupo es disminuir el tiempo para completar la tarea



				virtual. Relacionado a la sesión de objetos de alcance, también obtuvieron cuatro de los seis pacientes tiempos más bajos después del entrenamiento y estos resultados concuerdan con la tendencia a disminución que mostró el grupo al comparar.
			CP/B	
			I	
Michael Villiger	11	JUEGOS -PD -FB -SK -HS -PT	F	En la evaluación posterior, se encontraron aumentos significativos ( $P \leq 0.017$ ) en comparación con el promedio inicial y el valor inicial en las medidas de resultado primarias, como la fuerza muscular (LEMS, $P = 0.008$ )
			M	Además, 7 de 11 sujetos mejoraron (es decir, un aumento de al menos un grado) en la dorsiflexión del tobillo (L4) y cuatro de ellos alcanzaron la diferencia mínima clínicamente importante (minimal clinically important difference MCID) de la electroestimulación muscular (LEMS) (en general) en la evaluación posterior. Las medidas de resultado secundarias mostraron que con respecto a la velocidad / distancia de caminata y la movilidad no hubo efectos significativos: 10MWT ( $P = 0.169$ ), 6minWT ( $P = 0.037$ ); SCIM III movilidad ( $P = 0.018$ ), y WISCI II ( $P = 0.180$ ). Con respecto a la velocidad / distancia de caminata, siete sujetos evaluados alcanzaron los límites para el MCID de 10MWT y un sujeto alcanzó el MCID de 6minWT en la evaluación posterior.
			CP/B	En la evaluación posterior, se encontraron aumentos significativos ( $P \leq 0.017$ ) en comparación con el promedio inicial y el valor inicial en las medidas de resultado primarias como el equilibrio (BBS, $P = 0.008$ ), y movilidad funcional (TUG, $P = 0.005$ ).
			I	
Gil-Agudo	4	TOYRA	F	
			M	Las variables medidas se encontraron sin diferencias significativas en GI y GC. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en los parámetros cinemáticos analizados aunque el valor de las variables ROM de flexo-extensión de hombro y ROM de pronación de codo es algo mejor en los sujetos del GI. Ni en las escalas funcionales globales ni en el IM se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos tras la aplicación de las distintas modalidades de tratamiento. Sin embargo, en el sub-test 5 del Jebsen-Taylor Hand Function Test que valora la destreza manipulativa, la coordinación y la pinza fina los resultados obtenidos en el GI fueron mejores que los del GC
			CP/B	
			I	
Rosanne B. van Dijsseldonk	25	GRAIL	F	
			M	Se generó un aumento de la velocidad al caminar, la longitud del paso, de la marcha AP. GRAIL mejora la capacidad de la marcha
			CP/B	Aumento de la estabilidad y la confianza en el equilibrio, el entrenamiento GRAIL mejora el equilibrio dinámico en pacientes con spinal cord injury incompleta (iSCI) crónica.
			I	
	12	JUEGOS	F	

IWen-HsuSung			M	Después de 5 sesiones de entrenamiento de conducción en simulador, hubo un aumento significativo en la velocidad promedio y / o el tiempo total de conducción. Los participantes podían detener sus autos con mayor precisión en la línea de parada en las pruebas de señales de tráfico, y hubo significativamente menos variación de velocidad y violación de la línea central en las pruebas de paso elevado.
			CP/B	
			I	
Michael Villiger	14	CAMINATA Y FUERZA	F	
			M	Además de los cambios positivos informados por los pacientes (Impresión global de cambio de los pacientes), las mediciones de la capacidad para caminar, el equilibrio y la fuerza revelaron mejoras en la función de las extremidades inferiores. La intensidad y lo desagradable del dolor neuropático en la mitad de los participantes afectados se redujeron en la prueba NPS. Los resultados generales se mantuvieron estables de 12 a 16 semanas después de la finalización del entrenamiento.
			CP/B	
Tracy Wall	5	NWII	F	
			M	Todos los sujetos demostraron mejoras estadísticamente significativas en la velocidad de la marcha y el alcance funcional . Dado el posible impacto positivo en el alcance funcional y la velocidad de la marcha en pacientes con spinal cord injury incompleta (iSCI), los fisioterapeutas pueden incorporar estas actividades como parte de un programa de rehabilitación
			CP/B	Todos los sujetos demostraron mejoras estadísticamente significativas en la velocidad de la marcha y el alcance funcional después de siete semanas de entrenamiento.
Hoyos Gutiérrez	14	NWII	F	
			M	
			CP/B	Desde el punto de vista terapéutico, existe todavía una gran necesidad de sistemas de rehabilitación virtual que puedan instalarse fácilmente en el entornoclínico y que cuenten con la suficiente flexibilidad y especificidad de contenidos para abarcar los diferentes estadios clínicos de las patologías como la lesiónmedular.
Somya Prasad	22	NWII - PT	F	Después de 2 y 4 semanas de intervención: no hubo diferencia significativa en la mejora de la función de la mano entre los grupos.
			M	Las puntuaciones medias fueron más altas para el grupo I que para el grupo II, con un porcentaje de variación más alto (31,5% en el cuestionario CUE Instrumento de la Capacidad de los Miembros Superiores mediante una escala de 32 ítems. y 51,7% en BBT destreza manual) en el grupo I.
			CP/B	Las puntuaciones medias fueron más altas para el grupo I que para el grupo II, con un porcentaje de variación más alto de 51,7% en BBT destreza manual en el grupo I.

			I	
Meyke Roosink	9	PT-CAMINATA Y FUERZA	F	Se descubrió que durante las pruebas en las que un avatar podía controlarse de forma interactiva, la intensidad y la velocidad de las imágenes motoras eran significativamente mayores y el esfuerzo era significativamente menor en comparación con las pruebas en las que solo se mostraba una escena estática.
			M	No se observaron cambios en la intensidad del dolor neuropático. Los efectos adversos fueron menores y se informó que la inmersión fue buena.
			CP/B	
			I	
Giuseppa Maresca	1	SCT-VRRS-Bobath estándar-PT	F	
			M	
			CP/B	
			I	Sólo al final del enfoque combinado usando VRRS, observamos una mejora significativa en diferentes dominios cognitivos como el proceso ejecutivo, la atención selectiva, las capacidades de memoria y la cognición espacial. Hemos visto una reducción sustancial en el nivel de ansiedad y los síntomas depresivos
N. Hasnan		FES (BERKEL BIKE)	F	Intensidad del entrenamiento. Los resultados de tolerancia se mantuvieron sin cambios después del entrenamiento, aunque se observa mejoras en algunos pacientes después de 6 semanas
			M	
			CP/B	
			I	
Polona Pozeg	20	VISUO-TACTIL	F	
			M	Los datos muestran que los pacientes con LME son menos sensibles a los estímulos multisensoriales que inducen la propiedad ilusoria de la pierna (en comparación con la HC) y que la propiedad de la pierna disminuyó con el tiempo desde la LME. Se encontró que la exposición a la realidad virtual mediante estimulación multisensorial afectó de manera diferente a la propiedad de la pierna frente al cuerpo, y se asocia con una analgesia leve con potencial para protocolos de neurorehabilitación de LME
			CP/B	
			I	
Ana Guzman	9	CT	F	Sin embargo, hubo mejores resultados en la mayoría de los ítems de las escalas en el GI grupo con CyberTouchTM. Sin embargo, observamos que el tiempo de completar 4 de las 7 pruebas del JTT y la prueba NHPT fue significativamente menor en el GI que en el GC después del tratamiento.
			M	También observamos que en la mayoría de los pacientes (4 de 6), la tercera sesión se completó en menos tiempo que la primera en sesiones de agarre y liberación de objetos I-II y sesiones de alcance de objetos
			CP/B	
			I	No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el independencia funcional y equilibrio muscular, medidos

				con la Medida de Independencia de la Médula Espinal (SCIM), Balance Muscular (MB) e Índice Motor (MI).
Jeffrey P Jaramillo	14	NWII	F	La magnitud de la EMG fue relativamente mayor para los ejercicios tradicionales de brazos con pesos ligeros en comparación con el juego.
			M	La activación muscular general en los juegos no fue diferente entre los que tenían paraplejía y tetraplejía. La frecuencia cardíaca durante el juego de videojuegos de tenis y boxeo fue en promedio de 10 a 20 latidos / minuto por encima de la frecuencia cardíaca en reposo.
			CP/B	
			I	
Iris Dimbwadyo Terror	15	TOYRA	F	
			M	Este estudio ha demostrado que la mayoría de las variables funcionales y cinemáticas medidos en un grupo de pacientes con LME motora completa han cambiado significativamente después de realizar un programa de rehabilitación con el módulo de AVD de Toyra® system, lo que podría significar que Toyra® es lo suficientemente sensible a las herramientas para detectar cambios funcionales.
			CP/B	
			I	Las correlaciones encontradas entre funcional y parámetros cinemáticos, también podría indicar que el sistema Toyra® podría ser un buen estimador de funcionalidad
Iris Dimbwadyo Terror	18	TOYRA-PT	F	
			M	Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos a partir de los resultados de una prueba que evaluó la habilidad de manipulación, la coordinación y el agarre fino. Es importante resaltar que el GI mantiene mejores resultados, en las escalas clínica y funcional, que el GC de los resultados obtenidos al restar el postratamiento del seguimiento. Esto significa que las personas en GI continúan mejorando incluso después del tratamiento, mientras que los pacientes con GC perdieron la mayoría de las mejoras.
			CP/B	Las tendencias positivas encontradas en las escalas que evalúan tanto la potencia como el rango de movimientos activos y actividades de la vida diaria (AVD), después del entrenamiento de las AVD con el sistema de realidad virtual, apoyan estas teorías.
			I	
P Gaffurini	10	JUEGOS	F	
			M	Se sugiere que el esfuerzo físico durante la práctica de APVG en sujetos con LME podría contribuir a la promoción de la salud así como al control del equilibrio calórico, especialmente cuando se considera el boxeo. Esto se puede lograr de forma segura en casa con una actividad regular.
			CP/B	
			I	
D G Sayenko	1	VISUO-TACTIL-CAMINATA Y FUERZA	F	Los resultados muestran que el entrenamiento resultó en una mejora significativa de la fuerza y la resistencia de los músculos paralizados de la parte inferior de la pierna y en un aumento del ROM de las articulaciones del tobillo. Motiva a la adherencia

			M	Los resultados muestran que el entrenamiento resultó en un aumento del ROM de las articulaciones del tobillo
			CP/B	
			I	
Borbor Bajaña, Verónica Azucena	37	PT	F	
			M	
			CP/B	El protocolo empleado, mediante tapiz rodante y periodos de tarea dual, produce mejoras en el equilibrio y en parámetros de la marcha
			I	
Fuertes González, Sergio	20	DIN AIR - PT	F	
			M	
			CP/B	Este estudio demuestra la efectividad en la recuperación funcional de patologías que impliquen una afectación del Sistema Propioceptivo (posición y el movimiento de las partes del cuerpo entre sí y en relación a su base de soporte), y pone de relevancia el valor diagnóstico de la WBB como herramienta para análisis y control evolutivo de dicho sistema.
			I	
Nildo Manoel da Silva Ribeiro.	30	JUEGOS- PT- CAMINATA Y FUERZA	F	
			M	Se encontró una mejora en las puntuaciones de dolor y movimiento pasivo, la función motora de la extremidad superior.
			CP/B	Se encontró una mejora el equilibrio, el funcionamiento físico,.
			I	Mejora la vitalidad y los aspectos físicos y emocionales del funcionamiento del papel del paciente
Sánchez Pérez, Paula	4	NWII	F	
			M	
			CP/B	Tras 10 semanas de intervención de 20 sesiones en total se obtuvieron mejoras en el equilibrio. Los tiempos de las ejecuciones del test Timed Up and Go (TUG) tras la intervención, disminuyeron alrededor de 3,48 segundos en la media de los tres usuarios con parálisis cerebral. La desviación de los datos se mantiene prácticamente igual entre la pre y post-intervención con la Wii Balance Board®
			I	

*Fuente: Propia*

De acuerdo a los resultados presentados, se puede constatar que la mayoría de las investigaciones refieren resultados positivos de la aplicación de las terapias de realidad virtual en los pacientes con LME. Así también, aunque en minoría, exactamente 7 de los artículos consultados, se manifiesta un número reducido de autores que aseguran no

haber evidenciado alguna diferencia significativa ante la implementación de los protocolos referidos.

De esta misma forma, los aspectos como Independencia y Fuerza no demuestran haber sido evaluados de forma tan recurrente como la Movilidad y Control Postural.

#### 6.4. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS PROTOCOLOS USADOS EN REALIDAD VIRTUAL EN LESIÓN MEDULAR

Escala de equilibrio de Berg (BBS)

Evaluación de movilidad orientada al rendimiento de Tinetti (POMA-B).

Puntuación de alcance funcional (FRS).

**Tabla 6 Instrumentos de evaluación y seguimiento, revisión bibliográfica 2010-2020**

Autor	Pobl.	Protocolo	Instrumentos de evaluación / seguimiento
Meetika Khurana	30	PS2 -Eye Toy	*Prueba de alcance funcional modificada (mFRT), la prueba de la camiseta y el componente de autocuidado de la Medida de independencia de la médula espinal – III (SCIM-III)
Giuseppa, , Maria Grazia	1	PS2 -Eye Toy SCT -VRRS -Bobath estándar -PT	*(MoCA) evaluación cognitiva de Montreal, para evaluar el estado cognitivo general, prueba de matrices atentas (CAM) *Prueba de creación de senderos (TMT) *Amplitud de dígitos y el aprendizaje verbal auditivo de Rey inmediato y recuerdo (RAVLI, RAVLR) *Prueba de clasificación de Weigl, matrices de colores de Raven; prueba de fluidez verbal (VFT) *Prueba de fluidez semántica (SFT) para evaluar las habilidades espontáneas de habla, comprensión y comunicación *Escala de calificación de Hamilton para la depresión (HRS-D) *Escala de calificación de Hamilton para la ansiedad (HRS-A) *La medida de independencia funcional (FIM) *La escala de equilibrio de Berg (BBS).
Chang-Man	10	IREX	*El límite de estabilidad (LOS) y la Escala de equilibrio de Berg (BBS) para función de equilibrio de pie. *Prueba Timed Up & Go (TUG), escala de confianza en el equilibrio (ABS) para actividades específicas e índice de caminata para la columna. *Cord Injury-II (WISCI-II) para medir función de movilidad vertical del sujeto.

Carla Dourado	3	XBOX	*Prueba de Romberg, adaptada al dispositivo Stand in table de Marca Vita Hábil®. *Evaluación del equilibrio del tronco en la sedestación. *Calidad de vida: Instrumento abreviado Calidad de la Organización Mundial de la Salud. WHOQOL-BREF
Bayon-Calatayud, M.	6	TOYRA	Se utilizó una batería de escalas para la evaluación clínica y funcional.
Gutiérrez, Alvaro	5	NF - JUEGOS	Se desarrolló un script de procesamiento, se aplicó la prueba estadística no paramétrica U de Mann-Whitney y los resultados se expresaron como media y desviación estándar para las siguientes variables: velocidad media y máxima (m / s), número de picos en la trayectoria y duración de la tarea.
Madhusree Sengupta	21	PT - RETORICA	Se anotaron las puntuaciones de las medidas de resultado previas y posteriores a la intervención de la Escala de equilibrio de Berg (BBS), la sección de equilibrio de la Evaluación de movilidad orientada al rendimiento de Tinetti (POMA-B) y la Puntuación de alcance funcional (FRS).
Iris Dimbwadyo-Terrer	9	JUEGOS -PT	Para evaluar el estado funcional de los pacientes, utilizamos el siguientes escalas: Balance muscular (MB) para calcular el fuerza muscular y las escalas de Barthel Index (BI) SCIM y su subescala de autocuidado, para obtener resultados sobre el paciente capacidad funcional. Finalmente, la destreza, coordinación y multa. los movimientos de los dedos se midieron con las escalas Clavija de nueve agujeros Prueba (NHPT) y Jebsen Taylor Hand Function (JHFT). La evaluación se realizó al inicio del estudio antes del inicio de la capacitación y al final del estudio. También evaluamos el tiempo para completar cada sesión para conocer la velocidad del paciente en alcance: liberación y alcance de tareas virtuales. Además, se implementaron dos parámetros para evaluar el desempeño de las sesiones por parte del paciente: normalizado longitudes de trayectoria y repetibilidad.
Michael Villiger		JUEGOS -PD -FB -SK -HS -PT	Puntaje motor de las extremidades inferiores (LEMS) para la fuerza muscular de las extremidades inferiores, Escala de equilibrio de Berg (BBS) ) para el equilibrio durante las actividades funcionales y el resultado Timed Up and Go (TUG), que cubre la movilidad funcional. Esta prueba se correlaciona con el rendimiento en otros resultados de movilidad / caminata, por ejemplo, la prueba de caminata de 10 m (10MWT) y el Índice de caminata para la lesión de la médula espinal (WISCI) II, en sujetos con iSCI ( 20 ). Todas las otras medidas de resultado se eligieron como medidas de resultado secundarias: 10MWT, prueba de caminata de 6 min (6minWT), movilidad de la Medida de Independencia de la Médula Espinal (SCIM) III y WISCI II. <u>Se realizaron evaluaciones posteriores y 2-3 meses después del tratamiento.programa, se realizaron evaluaciones de seguimiento</u>
Gil-Agudo	4	TOYRA	*Para la obtención de las variables cinemáticas y la generación de gráficas se empleó el programa Matlab (The Mathworks Inc., Natick, MA, EE.UU.). *Escalas de valoración funcional de las AVD como son el índice de Barthel (IB), y el índice de independencia funcional (FIM). *Escala específica para pacientes con lesión medular como el SCIM-II16. *Aspectos más concretos de funcionalidad de la extremidad superior

			fueron evaluados con los test Nine Hole Peg Test <sup>17</sup> y el Jebsen-Taylor Hand Function Test <sup>18</sup> . *La fuerza de la musculatura se registró mediante el índice motor (IM).
Rosanne B. van Dijsseldonk	25	GRAIL	Durante el entrenamiento GRAIL se realizaron múltiples aplicaciones y después de cada sesión de entrenamiento, el fisioterapeuta documentó el tipo y el nivel de las aplicaciones realizadas. Las aplicaciones se clasificaron en tres temas; "Adaptabilidad de la marcha", "caminar+ , "" Equilibrio en posición "
IWen-HsuSung	12	JUEGOS	En sus evaluaciones iniciales y posteriores, las habilidades de conducción de los participantes se midieron mientras conducían a lo largo de una carretera urbana simulada de dos y tres carriles de 6 km con señales de tráfico, paso elevado, paso subterráneo, obstáculos y una serie de tramos de carretera rectos y curvos. Las medidas de resultado primarias consistieron en el tiempo total de conducción, la velocidad promedio, la violación de la línea central, la violación de la línea de parada, las colisiones y la estabilidad de la dirección / frenado, con una frecuencia de muestreo de 16 Hz. Cada sesión de entrenamiento duró 30 minutos y se llevó a cabo dos veces por semana durante aproximadamente 1,5 meses.
Michael Villiger	14	CAMINATA Y FUERZA	Analizar el entrenamiento intensificado de realidad virtual (VR) y si hay avance o mejora de los movimientos observados y ejecutados de las piernas en la función de las extremidades y el dolor neuropático. <u>12 a 16 semanas despues de la finalizacion del entrenamiento se realizó un seguimiento a los participantes.</u>
Tracy Wall	5	NWII	Velocidad de marcha, cronometraje y avance (TUG), prueba de alcance funcional hacia adelante (FFRT) y prueba de alcance funcional lateral (LFRT), RAND SF-36
Hoyos Gutiérrez	14	NWII	Acelerómetro, Test de de la camiseta (T-shirt test), Test de equilibrio de segmento corporal superior (Upper Body Sway), Promedio de kilocalorias alcanzadas durante las sesiones terapéutica.
Somya Prasad	22	NWII - PT	Todos los pacientes fueron evaluados al inicio, 2 semanas y 4 semanas (post-intervención) y 6 semanas (seguimiento). La capacidad funcional de la mano objetivo se evaluó utilizando el cuestionario Capacidades de la Extremidad Superior (CUE). La destreza motora bruta se evaluó utilizando la prueba de caja y bloque (BBT). <u>Se realizaron 6 semanas (seguimiento).</u>
Meyke Roosink	9	PT-CAMINATA Y FUERZA	Durante las pruebas de retroalimentación interactiva, la intensidad y la velocidad de las imágenes motoras fueron significativamente mayores y el esfuerzo fue significativamente menor en comparación con las pruebas de retroalimentación estática. No se observaron cambios en el dolor neuropático. Los efectos adversos fueron menores y se informó que la inmersión fue buena.
Giuseppa Maresca	1	SCT -VRRS -Bobath estándar -PT	El paciente fue evaluado por un neuropsicólogo experto a través de la administración de baterías neuropsicológicas específicas, incluyendo la evaluación cognitiva de Montreal (MoCA) para evaluar el estado cognitivo general, prueba de matrices atentas (CAM); prueba de trail making (TMT), lapso de dígitos y el aprendizaje verbal auditivo Rey inmediato y recuerdo (RAVLI, RAVLR), la prueba de clasificación de Weigl, matrices de colores de Raven; prueba de fluidez verbal (VFT) y prueba de fluidez semántica (SFT) para evaluar el habla espontánea,



			comprensión y habilidades de comunicación, la escala de calificación de Hamilton para la depresión (HRS-D) y la escala de calificación de Hamilton para la ansiedad (HRS-A).
N. Hasnan		FES (BERKEL BIKE)	Los participantes fueron evaluados por su pico respuestas cardiorrespiratorias y producción de potencia antes y después de completar el entrenamiento de seis semanas programa.
Polona Pozeg	20	VISUO-TACTIL	Se utilizo cuestionarios,escala analógica visual.
Ana Guzman	9	CT	Se realizaron tres tareas virtuales para mejorar los movimientos de las extremidades superiores del paciente: 1,Agarrar y soltar 3 objetos objetos (bola, prisma y cilindro) 2.objetos de sujeción y liberación .3.objetos de alcance, se evaluo el desempeño del paciente en las sesiones,longitudes de trayectoria y repetibilidad.
Jeffrey P Jaramillo	14	NWII	La frecuencia cardíaca y el movimiento de las extremidades superiores se registraron simultáneamente con EMG. Las pruebas de rango con signo de Wilcoxon se utilizaron para analizar las diferencias en la activación muscular entre los participantes con paraplejía versus tetraplejía y comparar los juegos con los ejercicios tradicionales de brazos con pesos livianos.
Iris Dimbwadyo Terrer	15	TOYRA	Sistema Realidad Virtual Toyra®
Iris Dimbwadyo Terrer	18	TOYRA -PT	Sistema Toyra Medida de independencia del cordón en espiral II (SCLM II). Barthel lett (puntajes de evaluación de equilibrio muscular)
P Gaffurini	10	JUEGOS	Cosmed K4b 2 es un sistema portátil
D G Sayenko	1	VISUO-TACTIL-CAMINATA Y FUERZA	Dispositivo de entrenamiento dinámico de la articulación del tobillo Sensor de inclinación Estimulación eléctrica neuromuscular Palanca de mando Ejercicio basado en juegos.
Borbor Bajaña, Verónica Azucena	37	PT	Test Timed Up and Go, la escala de equilibrio de Berg, la escala de Tinetti y el software gratuito Kinovea.
Fuertes González, Sergio	20	DIN AIR - PT	Registro de la proyección del centro de gravedad sobre polígono de sustentación (CG), Test de equilibrio básico, Test de equilibrio básico, Test en apoyo onopodal o de la pata coja y WiiTM (mediante WBB)
Nildo Manoel da Silva Ribeiro.	30	JUEGOS -PT - CAMINATA Y FUERZA	Después de analizar la normalidad de los datos con Kolmogorov– Prueba de Smirnov, entre (intergrupo) y dentro del grupo (intragrupo) se realizaron comparaciones antes y después el tratamiento. Implementándose la prueba t de Student, Mann-Whitney Para los datos cuantitativos se utilizaron la prueba de Wilcoxon y la prueba de Chi-cuadrado o la prueba exacta de Fisher.
Sánchez Pérez, Paula	4	NWII	Test Timed Up and Go, Test de habilidad atlética, Índice Barthel, Wii Balance Board.

Fuente: Propia

Se evidencia un compendio amplio de herramientas implementadas en las distintas investigaciones consultadas, entre las cuales se pueden resaltar el Test Time Up and Go, el sistema de realidad virtual Toyra, la escala de equilibrio de Berg, y Test (SCIM) III y WISCI II, como las herramientas más recurrentemente consultadas, entre la selección de artículos consultada.

## 7. DISCUSION

Durante la investigación se analizaron 30 artículos que involucraron el efecto del uso de la realidad virtual para la rehabilitación en pacientes con lesión medular, usando varios protocolos de realidad virtual y diversos instrumentos, demostrando que el protocolo de realidad virtual con mejores resultados significativos fue el uso del sistema IREX (3) donde se utilizaron 10 participantes y contó con 6 tipos de ejercicios que involucraban varias áreas de movimiento motor además del dominio cognitivo, mostrando diferencias significativas en el equilibrio estático, postura y actividades de la vida diaria, comparándolo con el estudio donde se implementó el protocolo del sistema VRRS, (2) en el cual la población de estudio fue de 1 solo participante.

En esta oportunidad, se trató de ejercicios cognitivos y motores similares al IREX (3), el estudio mostró diferencias significativas al componente cognitivo, pero en el motor no muestra diferencias significativas, dando como resultado que el uso de del IREX fue mejor comparado con el VRRS, teniendo en cuenta los participantes que tuvo el estudio del IREX y los ejercicios ahí plasmados.

Por otra parte, los instrumentos de realidad más utilizados para los protocolos de realidad visual, registrados durante la investigación, fueron el sistema TOYRA (5, 10, 23, 24), PS2 (1, 2), NWii (14, 15, 16, 22, 30), Eve Toy (1, 2) y SCT (2, 18). Siendo el IREX el sistema que mostró mejores diferencias significativas comparado con el resto de los sistemas en el actual estudio.

De tomarse la mayor proporción de resultados expuestos en la investigación, los mismos concuerdan con lo anteriormente expuesto en "Uso de la realidad virtual en la rehabilitación de personas con lesión de la médula espinal: una revisión sistemática" (13) esta expresaba a la realidad virtual como terapia de rehabilitación útil y proveedora de grandes ventajas en los casos de lesión de la médula espinal, aunque a su vez, indique que aún queda mucho camino que recorrer en la exploración de esta alternativa.

Así también, al no reportarse ningún caso de efecto secundario ni de forma inmediata ni en los pacientes a los que se les hizo seguimiento en semanas anteriores, se puede presumir que lo expuesto por Fonseca (11) se evidencia en la investigación y claramente existe el beneficio de poder repetir cuantas veces se requiera las sesiones, de tal manera que se adapten las interfaces a las limitaciones motoras del paciente y se logren adecuar actividades que en mundo real suponen un alto riesgo, a ambientes seguros donde el paciente va a poder seguir las pautas teniendo una evolución notable.

## 8. CONCLUSIONES

El abordaje de la investigación en la realidad virtual ha ido logrando poco a poco demostrar que a través de tratamientos relacionados a ella, es posible generar grandes cambios con su implementación, por parte de los profesionales de la salud que abordan tratamientos o planes de intervención de los pacientes con LME.

En las diversas investigaciones se demuestra el avance y el interés que ha ido incrementando por abordar la temática de la realidad virtual, abriendo muchos enfoques en la cual brindan grandes beneficios, integrando diversas cualidades de la persona y los diferentes sistemas del cuerpo humano. Sin embargo hay estudios que indican que todavía falta más abordaje en la investigación.

Así, la realidad virtual se establece como una construcción de una experiencia que simula la realidad en un ambiente creado para unos propósitos específicos, dependiendo de cuál sea su área de aplicación. En las últimas dos décadas se ha venido experimentando el uso de la realidad virtual como herramienta terapéutica que permite a los profesionales sumergir el paciente en un escenario interactivo en tres dimensiones sin ningún riesgo y estimular grupos musculares mediante actividades funcionales específicas. Es por esto que, se necesita avanzar en la comprensión de la efectividad, incidencia y potencialidades de la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de médula espinal, supone una necesidad para el desarrollo y avance de la fisioterapia y la práctica clínica. Y a su vez conocer los protocolos con más eficiencia en el tratamiento de las diferentes aptitudes física, aprendizaje motor y control de su postura de los pacientes con lesión medular con esto viendo sus efectos sobre el tratamiento con realidad virtual.

Si bien la realidad virtual ha demostrado beneficios importantes en la mayoría de los casos estudiados de Lesión de Médula Espinal, es igualmente importante resaltar la cantidad de autores consultados durante el proceso investigativo, que entre sus conclusiones, refieren la necesidad de realizar un mayor número de estudios que permita construir un criterio realmente concluyente con respecto a este tema.

Es por esto que, se expone que la cantidad de bibliografía disponible y el número de estudios con lo que se cuenta en la actualidad, aún requiere de extensión científica, que permita solidificar argumentos para confirmar o negar a la realidad virtual y sus diversas implementaciones terapéuticas, como un beneficio absoluto a pacientes con Lesión de Médula Espinal.

## 9. RECOMENDACIONES

Hacia los investigadores continuar y extender la investigación iniciada, con el propósito de enriquecer el campo explorado e identificar las fuentes de beneficio de la realidad virtual, en aquellos estudios positivos para los pacientes.

En cuanto a la comunidad científica, fisioterapeuta y neurológica, iniciar investigaciones que involucren tecnología de realidad virtual en pacientes con Lesión de Médula Espinal, preferiblemente de carácter experimental y controlados, en los cuales se pueda registrar sistemáticamente los resultados obtenidos y el procesamiento de datos incluya procesos validados y monitoreados para asegurar la transparencia y efectividad de la investigación.

Esto constituiría un avance en el área de suma importancia para la simbiosis entre la ciencia y la tecnología, que en conjunto coopera para mejorar la salud y calidad de vida de quién así lo necesite.

Aporta a la Universidad Santiago de Cali, institución educativa superior caracterizada por su excelencia académica, aportando al conocimiento científico a profundidad en los campos de realidad virtual para la lesión medular, contribuye a disminuir el vacío de conocimiento que existe, debido a las pocas investigaciones en esta área que puedan documentar los constantes avances tecnológicos a nivel mundial. Este aspecto hace que se incremente su importancia dentro de los tratamientos de rehabilitación posibles para pacientes con LME y extenderse a otras afecciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Henao P, Perez E. Lesiones medulares y discapacidad: revision bibliografica. Aquichan. 2010; 10(2).
2. Aspaym. Lesion medular en España. Toledo: Hospital Nacional de paraplegicos de Toledo; 2018.
3. Northwestern Medicine. Folleto sobre la Lesion de la medula espinal (LME). ; 2017.
4. Organizacion Mundial de Salud. Lesiones de la medula espinal Pespectivas internacionales. Malta: Organizacion Mundial de la Salud; 2014.
5. Carvajal C, Pacheco C, Gómez C, Calderón J, Cadavid C, Jaimes F. Caracteristicas clínicas y demográficas de pacientes con trauma raquimedular. Acta Médica Colombiana. 2015 Enero-marzo; 40(1).
6. Organización Mundial de la Salud. who.int. [Online].; 2013 [cited 2020 abril 29. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>.
7. Murua I. Lesion medular tratamiento Revision de la literatura. Trabajo de grado. ; 2015.
8. Granados J. Efecto de la fisioterapia en un paciente con cuadriplejia por ependimoma medular. Revista Médica Hered. 2014;(25).
9. Giraldo A. Realidad virtual: analisis del marco teorico para explorar nuevos modelos de comunicacion. 2011.
10. Alashram A, Padua E, Lombardo M, Annino G. Effectiveness of virtual reality on balance hability in individuals with incomplete spinal cord injury: A sistematyc review. J Clin Neurosci. 2020.
11. Navarrete J. La realidad virtual como arma terapeutica en la rehabilitacion. Innovacion Tecnologica. .
12. Maresca G, Maggio M, Buda A, La Rosa G, Manuli A, Bramanti P, et al. A novel use of virtual reality in the treatment of cognitive and motor deficit in spinal cord injury. Medicine. 2018; 97(50).



13. Correira F, Santos C, Quaresma C, Fonseca M. Uso de la realidad virtual en la rehabilitación de personas con lesión de la médula espinal: una revisión sistemática. *Lusofona de Educación*. 2018;(40).
14. Ferrin D, Loaiza H. Interfaz cerebro-computador multimodal para procesos de neurorehabilitación de miembros superiores en pacientes con lesiones de médula espinal: una revisión. *Ingeniería Biomedica*. 2018 Julio; 12(24).
15. Vanegas J, Gil L. La discapacidad, una mirada desde la teoría de sistemas y el modelo biopsicosocial. *Hacia la promoción de la salud Madrid*; 2007.
16. Borrell-Carrió F, Suchman A, Epstein R. El modelo Biopsicosocial 25 años después: principios, práctica e investigación científica. *Revista Chilena de Medicina Familiar*. 2006; 7(2): p. 67-75.
17. Borrell F, Shuchman A, Epstein R. El modelo Biopsicosocial 25 años después: principios, práctica e investigación científica. *Revista Chilena de Medicina Familiar*. 2006; 7(2).
18. Terrones A. Una aproximación general al transhumanismo y su problematización.. *Análisis: Revista Colombiana de Humanidades*. 2009; 51(95).
19. Terrones A. Una aproximación general al transhumanismo y su problematización. *Análisis: Revista Colombiana de Humanidades*. 2019; 51(95): p. 319-345.
20. Shunk D, DiBenedetto M. Self-efficacy theory in education. In Wentzel K, Miele D. *Handbook of motivation at school*. New York: Routledge; 2016.
21. Olivari C, Urra E. Autoeficiencia y conductas de salud. *Ciencia y Enfermería*. 2007; 8(1).
22. Espinoza C, Barra E. Autoeficacia, apoyo social y bienestar psicológico en estudiantes universitarios asmáticos.. *Revista de Psicología*. 2018; 14(28).
23. García E, González J, Maestú F. Neuronas espejo y teoría de la mente en la explicación de la empatía. *Ansiedad y estrés*. 2011; 17(2).
24. Tellez J. Teoría de la mente: evolución, ontogenia, neurobiología y psicopatología. *Avances en psiquiatría biológica*. 2006; 7(1).

25. Ibacache A, Araya F, Aguilera R, Múñoz M. Aprendizaje motor y neuroplasticidad en el dolor crónico: narrativa. *Rehabilitación*. 2018; 52(4).
26. Moreno F, Ordoño E. Aprendizaje motor y síndrome general de adaptación. *European Journal of Human*. 2009;(22).
27. Siles I. internet, virtualidad y comunidad. *Ciencias sociales*. 2005.
28. Alvear A, Quintero G. Ambientes virtuales para rehabilitacion fisica y cognitiva. *Innovacion tecnologica*. 2012.
29. Peñasco B, De los Reyes A, Gil A, Bernal A, Perez B, De la Peña A. *Revista de Neurologia*. .
30. Prasad S, Aikat R, Labani S, Khanna N. Efficacy of virtual reality in upper limb rehabilitation in parents whith spinal cord injury: A pilot randomized controlled trial. *Asian Spine J*. 2018; 12(5).
31. Lacerda de Araujo A, Freitas de Oliveira Neiva J, Bandeira de Mello Monteiro C, Magalhaes F. Efficacy of virtual reality Rehabilitation after spinal cord injury:A systemativ Review. *Biomed Res int*. 2019.
32. Ministerio de Educación. *mineducacion.gov.co*. [Online].; 1999 [cited 2019 abril 22. Available from: [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105013\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105013_archivo_pdf.pdf).
33. Bayona J, Bayona E, León F. Neurorrehabilitación: de un pasado rígido a un futuro plástico. *Historia y Filosofía de la Medicina*. 2012; 148(91).
34. Prendes P, Amoros L. Accesibilidad en aplicaciones informáticas. *Santiago de Compostera*; 2001.
35. Escartín E. La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance *Cuba*; 2015.
36. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. *Asociación Médica Mundial*; 2013.
37. Ministerio de Salud y Protección Social. *minsalud.gov.co*. [Online].; 1993 [cited 2020 abril 22. Available from:

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>.

38. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2007 [cited 2020 abril 22. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/ley-1122-de-2007.pdf>.
39. Ministerio de la Información y las Telecomunicaciones. mintic.gov.co. [Online].; 2009 [cited 2020 abril 22. Available from: [https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3707\\_documento.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3707_documento.pdf).
40. Superintendencia Nacional de Salud. docs.supersalud.gov.co. [Online].; 2010 [cited 2020 abril 22. Available from: <https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/Leyes/L1419010.pdf>.
41. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2011 [cited 2020 abril 22. Available from: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf).
42. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2015 [cited 2020 abril 22. Available from: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Ley%201751%20de%202015.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Ley%201751%20de%202015.pdf).
43. Congreso de la República. funcionpublica.gov.co. [Online].; 2007 [cited 2020 abril 22. Available from: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=25932>.
44. Senado de la República de Colombia. secretariasenado.gov.co. [Online].; 2015 [cited 2020 abril 22. Available from: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1753\\_2015.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1753_2015.html).
45. Senado de la República de Colombia. secretariasenado.gov.co. [Online].; 2019 [cited 2020 abril 22. Available from: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1955\\_2019.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1955_2019.html).
46. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2006 [cited 2020 abril 22. Available from:

[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/DECRETO%201011%20DE%2002006.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%201011%20DE%2002006.pdf).

47. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2016 [cited 2020 abril 22. Available from: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%200429%20de%202016.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%200429%20de%202016.pdf).
48. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2016 [cited 2020 abril 22. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/Forms/DispForm.aspx?ID=11472>.
49. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2018 [cited 2020 abril 22. Available from: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%205857%20de%202018.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%205857%20de%202018.pdf).
50. Ministerio de Salud y Protección Social. minsalud.gov.co. [Online].; 2019 [cited 2020 abril 22. Available from: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%203100%20de%202019.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%203100%20de%202019.pdf).
51. Presidencia de la República de Colombia. suin-juriscol.gov.co. [Online].; 1946 [cited 2020 abril 22. Available from: <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1176322>.
52. Congreso de la República. discapacidadcolombia.com. [Online].; 2013 [cited 2020 abril 22. Available from: <https://discapacidadcolombia.com/phocadownloadpap/LEGISLACION/LEY%20ES TATUTARIA%201618%20DE%202013.pdf>.
53. Ministerio de Educación. mineducacion.gov.co. [Online].; 1999 [cited 2020 abril 22. Available from: [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105013\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105013_archivo_pdf.pdf).
54. Rojas M. Tipos de investigación científica: una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria. 2015; 16(23).

55. Rodríguez D, Valldeoriola J. Metodología de Investigación España: Jane Publicaciones; 2001.
56. Chávez N. Introducción a la investigación educativa. tercera edición ed. Maracaibo: La Columna; 2007.
57. Meetika Khurana SWyMMN. Study on the Effectiveness of Virtual Reality Game-Based Training on Balance and Functional Performance in Individuals with Paraplegia. 2017.
58. Giuseppa Maresca ,MGMABGLR,AMPBRDLaRSC. A novel use of virtual reality in the treatment of cognitive and motor deficit in spinal cord injury. 2018.
59. Chang-Man An YHP. The effects of semi-immersive virtual reality therapy on standing balance and upright mobility function in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: A preliminary study. 2017.
60. Bayon- Calatayud M, Dimbwadyo Terror I, Trincado-Alonso F, de los Reyes-Guzmán A, Gil AA. Objective upper limb assessment using virtual reality Toyra system in people with spinal cord injury. 2014.
61. Gutiérrez A, Sepúlveda-Muñoz D, Gil-Agudo Á, de los Reyes-Guzmán A. Serious Game Platform with Haptic Feedback and EMG Monitoring for Upper Limb Rehabilitation and Smoothness Quantification on Spinal Cord Injury Patients. 2020.
62. Madhusree Sengupta<sup>1</sup> AG, Khanna M, Krishnan UKR, Chakrabarti D. Role of virtual reality in balance training in patients with spinal cord injury: A prospective comparative pre-post study. 2020.
63. Dimbwadyo-Terror I, Trincado-Alonso F, Reyes-Guzmán AdL, Aznar MA, Alcubilla C, Pérez-Nombela S, et al. Upper Limb Rehabilitation After Spinal Cord Injury: A Data Glove Based Treatment and Immersive Virtual Reality Environment. 2015.
64. Villiger M, Liviero J, Awai L, Stoop R, Pyk P, Ron Clijsen AC, et al. Home-Based Virtual Reality-Augmented Training improves MMII muscle strength, balance, and functional mobility after incomplete chronic Spinal Cord Injury. 2017.
65. Gil-Agudo , Dimbwadyo-Terror I, Peñasco-artín B, Reyes-Guzmán Adl, Bernal-Sahún A, Berbel-García. Experiencia clínica de la aplicación del sistema de realidad TOyRA. 2012.

66. Rosanne B. vD, Lysanne A. FdJ, Brenda E. G, Marije Vos-van dH, Alexander C. G, Noel L. K. Gait stability training in a virtual environment improves gait ability and dynamic balance in patients with incomplete spinal cord injuries. 2018.
67. IWen-HsuSung(a) TYWW(J. The effect of the virtual reality enhanced driving protocol in patients after spinal cord injury. 2012.
68. Villiger M, Bohli D, Kiper D, Pyk P, Spillmann J, Bruno Meilick2 AC, et al. Virtual reality augmented neurorehabilitation improves motor function and reduces neuropathic pain in patients with incomplete spinal cord injury. 2013.
69. Tracy Wall RFKCMSC. The Effects of Nintendo <sup>TM</sup> Wii Fit on Gait, Balance, and Quality of Life in People with Incomplete Spinal Cord Injuries. 2015.
70. Hoyos Gutiérrez JB. Efecto de un programa de rehabilitacin virtual con Nintendo Wii balance board de un grupo de pacientes con lesion medular establecida en la Clinica Universidad de la sabana: un estudio PILOTO. 2013.
71. Somya P, Ruby A, Satyanarayana L, Neha K. Efficacy of virtual reality in upper limb rehabilitation in patients with spinal cord injury: a randomized controlled pilot trial. 2018.
72. Meyke Roosink aNRPLJLJBaCM. Interactive Virtual Feedback Improves Gait Motor Imaging After Spinal Cord Injury: An Exploratory Study. 2016.
73. Pozeg P, Palluel E, Ronchi R, Solca M, Al-Khodairy A, Jordan X, et al. Virtual reality improves embodiment and neuropathic pain caused by spinal cord injury. *Neurology*. 2017; 89(18).
74. Reyes-Guzman Adl, Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, Aznar MA, Icabilla C, Pérez-Nombela S, et al. Un entorno de realidad virtual inmersivo y de globo de datos para miembros superiores Rehabilitación después de una lesión de la médula espinal. 2013.
75. Jaramillo JP, Johanson ME, Kiratli BJ. Upper limb muscle activation during sports video gaming of persons with spinal cord injury. 2018.
76. Terrer ID, Trincado-Alonso F, Reyes-Guzmán Adl, López-Monteagudo P. Activities of Daily living Assessment in Spinal Cord Injury using the Virtual Reality System Toyra®: Functional and Kinematic correlations. 2015.

77. Terrer ID, Trincado-Alonso F, Reyes-Guzmán Adl, Bernal A. Clinical , Functional and Kinematic Correlations using the Virtual Reality System Toyra ® as Upper Limb Rehabilitation Tool in People with Spinal Cord Injury. 2013.
78. Gaffurini P, Bissolotti L, Calza S, Calabretto C, Orizio C, Gobbo M. Energy metabolism during activity-promoting video games practice in subjects with spinal cord injury: evidences for health promotion. 2013.
79. 1 DGS, K Masani MMMFRAHVKMVMMP. Video game-based neuromuscular electrical stimulation system for calf muscle training: A case study. 2010.
80. Borbor Bajaña VASFKW. Aplicación de la realidad virtual mediante el uso del Wii Balance Board en adultos mayores con alteración del. 2019.
81. Fuertes González S. Implementación de la Realidad Virtual en el ámbito de la recuperación funcional del Sistema Propioceptivo: Rehabilitación con Videojuegos comerciales. 2016.
82. Nildo Manoel dSR, Daniel DF, E´rika P, Igor M, Ana Claudia dSP, Mansueto GN. Virtual rehabilitation via Nintendo Wii® and conventional physical therapy effectively treat post-stroke hemiparetic patients. 2015.
83. Sánchez Pérez P. Programa de intervención con realidad virtual a través de la Nintendo Wii Fit® aplicado a usuarios con parálisis cerebra. 2017.