



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO DE MANABÍ”

**Sistemas inteligentes para la participación ocupacional de pacientes con lesiones
medulares**

Autora:

Angie Maholi Arteaga Palma

Tutora:

Lcda. Mercy Teresa Sancán Moreira

**Facultad Ciencias de la Salud
Carrera de Terapia Ocupacional**

2025 (1)

Manta – Manabí – Ecuador

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de la Ciencias de la Salud de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Arteaga Palma Angie Maholi**, legalmente matriculada en la carrera de **Terapia Ocupacional**, período académico 2025 (1), cumpliendo el total de **384 horas**, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **“Sistemas inteligentes para la participación ocupacional de pacientes con lesiones medulares”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 21 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Lcda. Mercy Teresa Sarcán Moreira.

Docente Tutor(a)

Área: Salud

Declaración de autoría

Yo, **Angie Maholi Arteaga Palma** portadora de la cédula de identidad N° **131555040-8** declaro que la presente revisión sistemática titulada **“Sistemas inteligentes para la participación ocupacional de pacientes con lesiones medulares”** es de mi autoría, misma que ha sido desarrollada con fines académicos como requisito para la obtención del título de Licenciada en Terapia Ocupacional.

El trabajo es presentado a los miembros del tribunal de la Facultad de Ciencias de la Salud, carrera de Terapia Ocupacional de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, y no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución para este mismo fin.

Asimismo, declaro que la información que se brinda en este trabajo es de mi esfuerzo intelectual junto a información de trabajos investigativos que ayudaron en el desarrollo del presente estudio. También declaro que los párrafos han sido citados y referenciados conforme a las normas académicas vigentes, y que no incurro en ninguna conducta deshonestas.

Asumo total responsabilidad por el contenido de esta tesis y por cualquier controversia que se derive de la misma.



Angie Maholi Arteaga Palma

131555040-8

Autora

Dedicatoria

Con profundo amor y cariño, dedico este trabajo a mi familia, por ser mi refugio e impulso diario en este camino.

A mis padres, por brindarme su compañía; apoyarme en mi crecimiento personal y profesional, además de enseñarme a ser perseverante en mis sueños. Son ustedes mi reflejo y mi guía constante.

A Dios, por ser mi fuente de vida y fortaleza. Estoy segura de que nunca dejas de bendecirme e iluminar mi sendero.

A la vida, por darme la oportunidad de vivir cada experiencia con intensidad, fortalecer mi fe y enriquecer mi corazón.

La realización de este trabajo es el reflejo de dedicación, constancia y amor infinito de todos ustedes.

Agradecimiento

Culminar hoy esta etapa universitaria, es sin duda alguna, finalizar un recorrido que no solo fue académico sino también profundamente personal. Un camino lleno de aprendizajes, descubrimientos, desafíos y transformaciones, los mismos que me permiten ahora contemplar el presente con gratitud, el pasado con orgullo y el futuro con esperanza.

A mi tutora de tesis, la Lcda. Mercy Sancán, gracias por su valioso acompañamiento, dedicación, responsabilidad y calidez que me impulsaron con firmeza a concluir este trabajo.

A mis docentes que me guiaron en cada uno de los centros de prácticas en los que tuve la oportunidad de formarme, les expreso mi más profundo reconocimiento. Gracias a su generosidad y la forma en que compartieron sus conocimientos, mi vocación de servicio y compromiso humano se fortalecieron, dejando una huella imborrable que perdurará en mi vida profesional.

A mi familia, mi apoyo incondicional, gracias por cada esfuerzo realizado, por acompañarme en cada paso para alcanzar esta meta. A mis padres, por ser mi fuerza y mi fuente de inspiración constante.

A mis amigos, quienes caminaron a mi lado durante estos años, los mismos que me alentaron a emprender este recorrido incierto.

A quienes comenzaron este desafío siendo compañeros de clases y ahora son grandes amistades, gracias por hacer de este viaje una experiencia llevadera.

Finalmente, a la vida, por brindarme la oportunidad de crecer a través de la adversidad. Hoy cierro este capítulo, con gratitud en el alma y motivación en el corazón.

Este logro no me pertenece únicamente a mí; lo comparto con cada una de las personas que, de una u otra forma, fueron esenciales para hacer esto posible.

Resumen

La lesión medular representa una de las principales causas de discapacidad, esta condición impacta profundamente la capacidad de las personas para participar en actividades diarias, en este contexto, la integración de dispositivos tecnológicos en los programas de rehabilitación ha surgido como una línea de investigación prometedora. Este estudio se propuso como objetivo analizar la evidencia científica disponible sobre el uso de sistemas inteligentes en la promoción de la participación ocupacional en personas con lesiones medulares, con el fin de identificar la efectividad y el aporte que brinda en la adquisición de habilidades funcionales. Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas como PubMed, Scopus, BVS y Scielo. La revisión bibliográfica se realizó utilizando una combinación de palabras claves, este proceso metodológico buscó recopilar, interpretar y clasificar la información más relevante y actualizada, con diseños variados (estudios experimentales, y observacionales) publicados en inglés o español. Como resultado, se identificaron 22 artículos que documentan el uso de sistemas inteligentes en la rehabilitación. La evidencia analizada demuestra que la aplicación de estas tecnologías contribuye a una mayor autonomía en las AVD además de una mejora considerable en la participación social y la calidad de vida de los pacientes. La integración de sistemas inteligentes representa un avance crucial en la rehabilitación de personas con lesiones medulares, sin embargo, se requieren estudios multicéntricos, con medidas estandarizadas y mayor cantidad de participantes que corroboren los resultados y orienten la implementación de estos servicios en las prácticas clínicas.

Palabras claves: Sistemas inteligentes, participación ocupacional, actividades de la vida diaria, lesión de la médula espinal.

Abstract

Spinal cord injury is one of the leading causes of disability. This condition profoundly impacts people's ability to participate in daily activities. In this context, the integration of technological devices into rehabilitation programs has emerged as a promising line of research. This study aimed to analyze the available scientific evidence on the use of intelligent systems to promote occupational participation in people with spinal cord injuries, in order to identify their effectiveness and contribution to the acquisition of functional skills. An exhaustive search was carried out in scientific databases such as PubMed, Scopus, BVS, and Scielo. The bibliographic review was conducted using a combination of keywords; this methodological process sought to collect, interpret, and classify the most relevant and up-to-date information, with varied designs (experimental and observational studies) published in english or spanish.

As a result, 22 articles documenting the use of intelligent systems in rehabilitation were identified. The evidence analyzed demonstrates that the application of these technologies contributes to greater autonomy in ADLs, as well as a considerable improvement in patients' social participation and quality of life. The integration of intelligent systems represents a crucial advance in the rehabilitation of people with spinal cord injuries; however, multicenter studies with standardized measures and a larger number of participants are needed to corroborate the results and guide the implementation of these services in clinical practice.

Keywords: Intelligent systems, occupational participation, activities of daily living, spinal cord injury.

Índice

CERTIFICACIÓN	ii
Declaración de autoría	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen.....	vi
Abstract	vii
Introducción	1
Fundamentación Teórica.....	5
Lesión Medular	5
Figura 1. Escala de Clasificación de Discapacidad por Tipo de Lesión de la Médula	6
Impacto de la Lesión Medular en la Calidad de Vida y la Autonomía	7
Participación Ocupacional.....	7
Concepto de Participación Ocupacional en Terapia Ocupacional.....	7
Actividades de la Vida Diaria (AVD) e Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD)	8
Desafíos en la Participación Ocupacional Post-LME.....	8
Sistemas Inteligentes en Neurorehabilitación	8
Definición y Evolución de los Sistemas Inteligentes en Salud	8
Clasificación de los Sistemas Inteligentes	9
Terapia Robótica y Exoesqueletos	9
Realidad Virtual y Realidad Aumentada	11
Interfaces Cerebro-Computadora e Interfaces Cuerpo-Máquina	12
Sistemas Domóticos	12
Terapia Ocupacional Aplicada a la Tecnología	13
Metodología	14

Definición del Modelo Sistemático	14
Criterios de Inclusión y Exclusión del Estudio	14
Criterios de Inclusión del Estudio	14
Criterios de Exclusión del Estudio	15
Evaluación de la Validez de los Estudios Primarios	15
Figura 2	16
Análisis de Contenidos de Artículos Seleccionados	17
Descripción de Resultados	18
Resultados del Objetivo Específico 1	18
Resultados del Objetivo Específico 2	20
Resultados del Objetivo Específico 3	22
Discusión.....	25
Conclusiones y Recomendaciones	29
Conclusiones	29
Recomendaciones.....	31
Bibliografía	33
Anexos	40
Matriz de Registro de Artículos	40

Introducción

La lesión de la médula espinal (LME) es una de las principales causas de disfunción que conlleva a una discapacidad, impactando drásticamente en la autonomía, afectando desde las actividades cotidianas hasta su interacción con el entorno y por consiguiente limitando su participación social. Desde esta perspectiva la rehabilitación es un proceso integral, y dentro de ella la Terapia Ocupacional se posiciona como una alternativa esencial para recuperar la funcionalidad, maximizar las capacidades y a su vez fomentar nuevas habilidades. “Abordar estos problemas requiere un enfoque holístico y multidisciplinario que considere tanto los aspectos físicos como psicosociales de la LME garantizando que los pacientes reciban el apoyo necesario para mejorar y mantener su calidad de vida” (Quinones et al., 2024).

A nivel mundial, las incidencias de lesión medular espinal son altas, según cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) “hay más de 15 millones de personas con lesiones medulares”, siguiendo esas estadísticas se considera que la incidencia anual oscila entre 11.5 y 53.4 casos por cada millón de habitantes, sin embargo, están relacionadas con factores demográficos entre ellos destacan la raza, el sexo y la edad. Específicamente, representan un (78%), es más común en hombres en etapa de la adolescencia y adultez y en poblaciones negras no hispanas (24%). (Hagan et al., 2022) .

Constantemente se busca mejorar y optimizar los servicios en salud, es por esto que la tecnología ha sido fundamental al incluir herramientas que brinden mayor efectividad y seguridad en los tratamientos; la implementación, alcance y evolución de los sistemas inteligentes ha destacado una gran oportunidad, ofreciendo equipos innovadores que prometen mayor eficacia en el tratamiento e incluso la continuidad desde el hogar.

La tecnología ha revolucionado el sector de la salud, estableciendo un estándar para el avance médico. En países como España y Estados Unidos, el uso de equipos de alta calidad ha demostrado ser eficaz, mejorando los resultados y promoviendo la innovación en la atención sanitaria. Aunque la trascendencia de la innovación médica beneficia positivamente a la humanidad y está se relaciona de manera universal, se debe de considerar que la investigación y el desarrollo de nuevos dispositivos tecnológicos se realizan de manera exclusiva en algunos países, es aquí donde influyen también la distribución equitativa de inversión con el fin de mitigar altos costos en los nuevos estudios. (Organización Mundial de la Salud; Organización Mundial de la Propiedad Intelectual y Organización Mundial del Comercio, 2013).

En estos últimos años, el ámbito de la neurorrehabilitación ha experimentado una significativa revolución tecnológica, estos avances no solo han mejorado la calidad de intervenciones directas con el paciente, sino también la forma de monitorización y evaluación del proceso de recuperación. (Barrios, 2020).

Con el paso del tiempo, la tecnología ha llegado a los países latinoamericanos, Chile, ha reconocido la utilización de estos dispositivos durante la fase de tratamiento, es por esto, que los avances se están aplicando cada vez más en los centros de rehabilitación de la región. Estas tecnologías, comúnmente llamados dispositivos terapéuticos, son definidos como “un instrumento, aparato o máquina que se usa para la prevención o el tratamiento de enfermedades, optimizando de esta manera las funciones motoras de los pacientes” (Carvajal Tello et al., 2019).

Diversos estudios a nivel global han demostrado un considerable incremento en el uso y aplicación de los sistemas inteligentes, sin embargo, en países como Ecuador, la información sobre la implementación de los sistemas inteligentes en rehabilitación es notoriamente limitada, lo que se considera un obstáculo significativo, debido que, a menor evidencia publicada resulta difícil confirmar la calidad del contenido, este trabajo busca llenar ese vacío de conocimiento, proporcionando una base para la formulación de estrategias nacionales que permitan la inclusión de tecnologías avanzadas en los programas de rehabilitación.

Las lesiones medulares representan una condición de salud pública; que son catalogadas como una de las afectaciones más graves a nivel neurológico, con alta incidencia anual que conlleva a secuelas duraderas, independientemente de su etiología; una afectación funcional en la vida de los pacientes reduce y limita la independencia en actividades cotidianas lo que normalmente se identifica como una disminución en la participación ocupacional, considerándose “una afección intrínsecamente grave que afecta la expectativa y la calidad de vida” (Wyndaele y Wyndaele, 2006).

Con el pasar de los años, se han realizado diversas investigaciones para explorar nuevas estrategias en neurorrehabilitación con el fin de reducir las afectaciones luego de una lesión medular, sin embargo, aún existen un gran porcentaje de pacientes que continúan experimentando desafíos persistentes en la reintegración de su vida cotidiana. “Gracias al desarrollo de la tecnología, actualmente el sector sanitario puede ofrecer servicios mucho más completos, individualizados e incluso preventivos, y llegar a todo tipo de pacientes, poniendo solución así a varios aspectos fundamentales” (Barrios, 2020).

Frente a esta problemática, la creciente disponibilidad en el mercado de dispositivos tecnológicos, surge como alternativa prometedora, no obstante, a pesar de la rápida evolución y de ser un tema en tendencia, la evidencia recopilada sobre su aplicación es escasa, así mismo se desconoce con exactitud la efectividad de los sistemas inteligentes en un tratamiento rehabilitador desde un enfoque ocupacional, en comparación con las terapias convencionales aunque son fundamentales, a menudo se enfrentan a poca eficacia.

Por lo cual, persiste la necesidad de consolidar la información para dar a conocer en qué medida la tecnología podría impactar significativamente en la autonomía e independencia de los pacientes, reconociendo que la accesibilidad de contenido es fragmentada.

Para lograr aquello, se formularon preguntas que necesitan ser contestadas:

1. ¿Cuáles son los dispositivos tecnológicos más estudiados desde terapia ocupacional y cómo contribuyen en la adquisición de habilidades funcionales?
2. ¿Cómo interactúan los sistemas inteligentes en conjunto con la rehabilitación tradicional en pacientes con lesiones medulares?

Las respuestas a estas interrogantes durante esta investigación son esenciales, debido a que se busca realizar una comparación con países desarrollados en recursos tecnológicos y cómo se espera implementarlas a futuro en Ecuador para obtener resultados más satisfactorios.

El desarrollo de esta revisión bibliográfica es fundamental para comprender y sistematizar información valiosa de cómo los sistemas inteligentes pueden emplearse como herramientas efectivas para optimizar la participación ocupacional en pacientes con lesiones medulares durante su rehabilitación. La literatura obtenida tiene el potencial de generar y proporcionar conocimientos valiosos que impacten y refuercen a su vez la práctica clínica.

La realización del estudio se justifica en la necesidad de analizar la evidencia internacional existente, con el fin de proporcionar una base sólida que sirva como inspiración para futuras investigaciones además de una posible implementación de estas tecnologías en Ecuador, en última instancia, el aporte de este trabajo buscará reconocer los beneficios obtenidos para impulsar un enfoque rehabilitador que sea innovador y a su vez centrado en el paciente, facilitando una reintegración efectiva en la sociedad. (Gob.ec, s.f.).

Por lo mencionado anteriormente el objetivo general se define en analizar la evidencia científica sobre el uso de sistemas inteligentes en la promoción de la participación ocupacional en personas con lesiones medulares, para cumplir con esto se formuló los siguientes objetivos específicos:

Identificar los tipos de sistemas inteligentes documentados en la literatura científica que han sido utilizados en intervenciones de terapia ocupacional para personas con lesiones medulares.

Describir los dispositivos tecnológicos con mayor aplicación y relevancia en los procesos de rehabilitación ocupacional de pacientes con lesiones medulares.

Examinar los aportes de los sistemas inteligentes en la adquisición de habilidades funcionales dentro del proceso de rehabilitación ocupacional.

Basándose de los objetivos propuestos de este estudio, se busca articular una narrativa final existente con las posibilidades de aplicación en Ecuador, promoviendo un enfoque centrado en el paciente que combine novedad y viabilidad, y que, al mismo tiempo, impulse una reintegración efectiva en la sociedad mediante la implementación de tecnologías y prácticas basadas en la evidencia.

Fundamentación Teórica

Lesión Medular

La médula espinal, constituye una parte fundamental del Sistema Nervioso Central, que opera como el conducto principal para la transmisión bidireccional de información. Esta delicada y elongada pieza, se extiende desde la base del cerebro hasta la región lumbar, donde emergen los nervios raquídeos.

Autores, como (Harvey, 2008) la describen como una estructura crucial alojada dentro del canal vertebral, compuesta por tractos espinales que rodean el área central; a través de ellos, se posibilita el transporte de información sensorial, motora y autonómica, entre el encéfalo y las diferentes estructuras corporales, esto se da, mediante vías aferentes (ascendentes) y eferentes (descendentes).

La lesión medular se conceptualiza como un proceso patológico a raíz de un daño en cualquier parte de la médula espinal que produce alteraciones temporales o permanentes de la función neurológica, por debajo del nivel de la lesión. Representa una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial, debido al déficit motor y sensorial, con consecuencias biopsicosociales que impactan drásticamente en la vida de la persona afectada, como también en su entorno familiar. (Henaó y Pérez, 2010).

La etiología de una lesión de la médula espinal puede derivar de eventos traumáticos o no traumáticos, según cifras a nivel mundial, el origen traumático es la causa con mayor incidencia, siendo los accidentes de tránsito una de las principales razones que conlleva a esta afectación. Otros factores incluyen hasta violencia, lesiones deportivas, complicaciones médicas o quirúrgicas que ponen en alto riesgo la salud del paciente, dependiendo en las medidas en qué se den; otro tipo de las causas comúnmente son las caídas o golpes directos, con un 30% se manifiesta con mayor probabilidad en adultos mayores. Sin embargo, las lesiones de origen no traumático se asocian a patologías subyacentes entre las que destacan tumores procesos infecciosos, e incluso lesiones que están comprimiendo o afectando el tejido de la médula. (Margetis et al., 2025).

Por otra parte, el tipo de lesión medular va a depender del nivel del traumatismo y de la extensión de la afectación. Puede ser completa si hay compromiso sensitivo y motor; incompleta sensitiva cuando solo se altera la función motora; o incompleta motora cuando la alteración afecta únicamente la sensibilidad. (Arriagada y Macchiavello, 2020).

Las consecuencias funcionales en la lesión medular va a depender según el nivel de afectación, la ubicación en la que se Origina la lesión determina el tipo de parálisis, cuando ocurre una afectación a nivel cervical el resultado de incapacidad se reduce a una cuadriplejia, afectando la movilidad y sensibilidad, esta afectación se la evidencia en los cuartos miembros, mientras que si esta lesión se localiza en las vértebras dorsales, lumbares o sacras produce un paraplejia, lo cual deja como consecuencia una pérdida de función en las extremidades inferiores. Más allá de la parálisis también se evidencian otras alteraciones entre ellas problemas para controlar los esfínteres, disminución en la actualidad sexual y en los casos más severos la afectación podría generar fallas respiratorias lo que ocasionaría un gran riesgo para su vida. (Cañar et al., 2023). “En la paraplejia, las funciones de los brazos se mantienen intactas, mientras que en la tetraplejia también quedan afectadas. Independientemente del nivel de la lesión, puede presentarse una disfunción del sistema nervioso autónomo que impacta varias funciones”, según datos extraídos por la (OMS, 2024).

Se debe de tener en cuenta que la Asociación Estadounidense de Lesiones Espinales con sus siglas en inglés (ASIA) con el paso del tiempo ha desarrollado un estándar internacional para una correcta clasificación neurológica de la lesión medular, lo cual se ha destacado por ser una herramienta de evaluación que mide la función motora y sensorial a través de una puntuación numérica y clasifica el grado con una enumeración alfabética. (ScienceDirect, 2022).

Figura 1. Escala de Clasificación de Discapacidad por Tipo de Lesión de la Médula

Grado	Tipo de lesión	Características
A	Completa	Ausencia de función motora y sensitiva que se extiende hasta los segmentos sacros S4-S5
B	Incompleta	Preservación de las funciones sensitivas por debajo del nivel neurológico
C	Incompleta	Preservación de las funciones motoras por debajo del nivel neurológico
D	Incompleta	Afectación motora incompleta con más del 50%
E	Ninguna	Las funciones sensitivas y motoras son normales

Suelen comportar un riesgo aumentado de presentar complicaciones graves y debilitantes, que pueden ser potencialmente mortales, entre las que se incluyen espasticidad; dolor crónico; infecciones urinarias; úlceras por decúbito; problemas respiratorios; hiperreflexia autónoma; trombosis venosa profunda; y osteoporosis. Además, las personas con lesiones medulares pueden mostrar signos de depresión, lo que puede dificultar las mejoras funcionales y afectar negativamente la salud general. (OMS, 2013).

“Las personas con LME a menudo enfrentan un amplio espectro de dificultades, desde diversos grados de discapacidad física hasta graves trastornos psicosociales” (Quinones et al., 2024)

Impacto de la Lesión Medular en la Calidad de Vida y la Autonomía

La disminución en las funciones luego de una lesión medular tiene un impacto profundo en la calidad de vida y la autonomía de los individuos. No obstante, un cambio como este viene acompañado de una dependencia que en muchos casos es absoluta, la realización de actividades de la vida diaria como vestirse, bañarse o comer, actividades que están relacionadas con el cuidado de uno mismo, puede generar sentimientos de frustración, desesperanza y pérdida de autoestima. (Whiteneck, et al., 2011). La dificultad para participar activamente en su vida cotidiana sobrelleva a un sentimiento de culpa, aislamiento e incluso cuadros depresivos. “Las personas tienen menos probabilidades de deprimirse si ven la lesión de la médula espinal como un desafío y no como una amenaza” (Heinemann, Parmet, & Bombardier, s.f.).

“Las complicaciones secundarias son frecuentes tras la lesión medular, aunque su número no aumenta con el tiempo desde la lesión. La calidad de vida sí está condicionada por la existencia de distintas complicaciones, como la existencia de dolor musculoesquelético” (Zarco, y otros, 2022).

Participación Ocupacional

Concepto de Participación Ocupacional en Terapia Ocupacional

Desde la perspectiva de terapia ocupacional, la participación ocupacional se define como la implicación en ocupaciones que son significativas y tienen propósito para el individuo. La participación ocupacional abarca todas las actividades que una persona realiza a lo largo del día, incluyendo el autocuidado, la productividad y el ocio. (AOTA, 2020).

Los patrones de desempeño, las habilidades y los factores del cliente son características claves que incluyen en la participación ocupacional, teniendo en cuenta que las ocupaciones son parte de la identidad del cliente e influyen en su salud y bienestar, desde terapia ocupacional la persona es analizada como un ser holístico, teniendo una visión general de la realidad, donde su entorno es parte fundamental para su participación.

Actividades de la Vida Diaria (AVD) e Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD)

Las actividades de la vida diaria (AVD) se refieren a las tareas básicas de autocuidado, como bañarse, vestirse, comer, ir al baño y moverse. Las actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD) son tareas más complejas que requieren habilidades cognitivas y sociales, como cocinar, limpiar, hacer compras, manejar finanzas, usar el teléfono y transporte. Tanto las AVD como las AIVD son indicadores importantes de independencia y participación. La capacidad de realizar estas actividades de forma autónoma permite a las personas mantener su salud, bienestar y calidad de vida. En el contexto de la lesión medular, las AVD y AIVD a menudo se ven comprometidas debido a la pérdida de función motora y sensitiva. (Edemekong et al., 2025)

Desafíos en la Participación Ocupacional Post-LME

Las personas con LME enfrentan numerosos desafíos para lograr una participación plena en sus ocupaciones deseadas. Las barreras físicas incluyen la pérdida de movilidad, fuerza y destreza manual. Las barreras ambientales incluyen la falta de accesibilidad en edificios, transporte y espacios públicos. Las barreras psicosociales incluyen la discriminación, el estigma y las actitudes negativas hacia la discapacidad. (OMS, 2023).

Sistemas Inteligentes en Neurorehabilitación

Definición y Evolución de los Sistemas Inteligentes en Salud

Los sistemas inteligentes en salud se definen como tecnologías que utilizan algoritmos, sensores y actuadores para apoyar, mejorar o automatizar los procesos de atención médica y rehabilitación (Patel et al., 2009). Los dispositivos inteligentes y los servicios de salud personalizados que utilizan big data para informar a las personas sobre el ejercicio, el estado

de salud, el diagnóstico y la información sanitaria se expandirán a importantes sectores. (Sun Son y Han Kwon, 2023).

Con el paso de los años, la evolución de los sistemas inteligentes en salud es impresionante, solo en neurorrehabilitación se ha evidenciado un numeroso campo, donde incluyen dispositivos robóticos, sensores portátiles, software de análisis hasta incluso plataformas de comunicación o de entornos inmersivos, estos avances se dan por medio de la robótica, la inteligencia artificial, la realidad virtual a través de los estudios contantes que realiza la medicina en neurociencia. (Rivera et al., 2025).

Inicialmente, los sistemas inteligentes comenzaron a ser utilizados en entornos clínicos como medida alternativa para proporcionar un entrenamiento eficaz que brinde intensidad y repetición constante, sin embargo, en la actualidad, se están diseñando sistemas más portátiles y accesibles que permiten utilizarse en el hogar para facilitar la rehabilitación a largo plazo, no obstante, el valor económico y su inversión dentro de un tratamiento rehabilitador puede ser una barrera para su adquisición. (D'Agostino et al., 2021).

Clasificación de los Sistemas Inteligentes

Terapia Robótica y Exoesqueletos

La terapia robótica utiliza dispositivos robóticos para ayudar a los pacientes a realizar movimientos repetitivos y específicos que promueven la recuperación motora. Los exoesqueletos son dispositivos robóticos portátiles que se usan sobre el cuerpo para proporcionar soporte y asistencia al movimiento. (Rivera et al., 2025).

- **Exoesqueletos de Extremidades Superiores:** Estos exoesqueletos están diseñados para asistir el movimiento de los brazos y las manos. El diseño varía según la función deseada, con algunos modelos enfocados en proporcionar soporte para el peso del brazo y otros en asistir el agarre y la manipulación. Los exoesqueletos pueden ser rígidos, utilizando motores y articulaciones para generar movimiento, o blandos, utilizando materiales flexibles y actuadores neumáticos o hidráulicos. (Thøgersen et al., 2022) desarrollaron el exoesqueleto EXOTIC, un dispositivo de 5 grados de libertad controlado a través de un sistema inteligente de control lingual semiautomatizado. (Randazzo et al., 2017) presentaron el exoesqueleto "Mano",

diseñado para mejorar el funcionamiento de la extremidad superior afectada en relación con las actividades de la vida diaria.

- **Exoesqueletos de Extremidades Inferiores:** Estos exoesqueletos están diseñados para asistir el movimiento de las piernas y permitir a las personas con afectación motora ponerse de pie y caminar. Estos dispositivos suelen ser más grandes y pesados que los exoesqueletos de extremidades superiores y requieren un mayor control y estabilidad (Esquenazi et al., 2012). De este modo, (Hua et al., 2024), investigaron los efectos de un exoesqueleto de marcha para miembros inferiores en pacientes con lesión medular completa, determinando ser una herramienta factible es estos usuarios, su ayuda resalta la recuperación progresiva de la marcha asistida, logrando en etapas tempranas la bipedestación, al devolver esas funciones al paciente se le permite a su vez contar con mayor conexión y participación con su entorno.

- **Guantes Robóticos:** En las últimas décadas, los médicos clínicos han utilizado guantes robóticos portátiles, gracias a sus características positivas, para mejorar la función motora de las extremidades superiores. (Fardipour y Hadadi, 2022).

Estos dispositivos están diseñados para asistir el agarre y la manipulación. Los guantes robóticos pueden ser rígidos, utilizando motores y articulaciones para controlar el movimiento de los dedos, o blandos, utilizando materiales flexibles y actuadores neumáticos o hidráulicos (Yap et al., 2015). Se ha explorado recientemente el uso de guantes robóticos blandos para asistir la función de la mano con el fin de alcanzar mayor destreza manual en los movimientos finos, (Correia et al., 2020) investigaron la mejora en la función de agarre, precisión y coordinación en actividades de la vida diaria, así mismo, (Osuagwu et al., 2020), encontraron mayor funcionalidad manual con el uso de un guante robótico blando en el hogar, fomentando de este modo, una participación activa e independiente en la vida diaria.

- **Robótica de Efecto Final:** Estos robots se enfocan en el movimiento del extremo distal de la extremidad, como la mano o el pie, permitiendo la práctica de tareas específicas (Krebs et al., 2008), este dispositivo o herramienta se encuentra conectado al extremo de un brazo robótico, que le permite interactuar con el entorno mientras el paciente adquiere autonomía cotidiana, la amplia gama de tareas que permite realizar es lo que lo destaca entre los demás, (Mackenzie et al., 2025),

evaluaron el dispositivo Diego™, para su uso en personas con lesión medular cervical. sus registros determinaron una considerable mejora de fuerza y rango de movimiento relacionados con parte afectada, teniendo en cuenta que su estudio fue corroborado en un entorno hospitalario.

Realidad Virtual y Realidad Aumentada

La realidad virtual (RV) es una tecnología que crea entornos simulados en los que los usuarios pueden interactuar. La RV puede ser inmersiva, utilizando gafas y auriculares para bloquear el mundo real, o semi-inmersiva, utilizando pantallas y proyectores para crear una experiencia virtual (Liu et al., 2023). La realidad aumentada (RA) es una tecnología que superpone información digital al mundo real, permitiendo a los usuarios interactuar con objetos virtuales en su entorno físico (Azuma, 1997).

Los primeros registros de la aparición de los sistemas de realidad virtual datan a la década de 1970, a pesar de ellos recién en la última década, se ha incrementado el interés de demostrar el potencial y el valor terapéutico que puede proporcionar esta herramienta multimedia en tratamientos rehabilitadores. Así mismo, es importante destacar cuales son los elementos básicos que constituyen a un sistema de RV, entre los que se incluyen la simulación, que hace referencia al entorno inmersivo o artificial que nos brinda, la interacción y la inmersión que es la sensación de percibir las señales o estímulos sensomotores desde el mundo virtual. (Cano de la Cuerda, 2018).

- **Dispositivos y Plataformas de RV/RA:** Existen numerosos dispositivos y plataformas de RV/RA, incluyendo sistemas con gafas de RV (Oculus Rift, HTC Vive), sistemas con pantallas y proyectores (CAVE), sistemas con guantes de datos (CyberGlove), sistemas con cámaras de seguimiento de movimiento (Leap Motion) y consolas de videojuegos (Nintendo Wii). (Al Nattah et al., 2024), utilizaron el Leap Motion Controller para la rehabilitación del miembro superior mientras que (Dimbwadyo T. et al., 2016), evaluaron el sistema Toyra® para la evaluación de actividades de la vida diaria, obteniendo resultados no esperados, ya que a más de conseguir los objetivos planteados, la adherencia del dispositivo en la salud mental del usuario, hace y facilita el alcance de las metas propuestas, la motivación para participar

en su propio tratamiento, el interés de continuar la rehabilitación fomenta considerablemente la autonomía.

- **Aplicaciones y Juegos Terapéuticos:** La RV/RA se utiliza en neurorrehabilitación para crear aplicaciones y juegos terapéuticos que motiven a los pacientes y les permitan practicar habilidades motoras y cognitivas en un entorno seguro y controlado. Estos juegos suelen incorporar elementos de gamificación, como recompensas, desafíos y retroalimentación, para aumentar la participación y la adherencia al tratamiento. (Levac et al., 2010). (Liu et al., 2023), exploraron modos de retroalimentación aumentada durante el entrenamiento funcional de agarre con un guante inteligente y realidad virtual donde complementan los dispositivos tecnológicos con el fin de alcanzar objetivos terapéuticos, el tiempo y límite de la sección pueden variar de acuerdo a las metas que se desean alcanzar, el grado de afectación medular también influye directamente. La disponibilidad de software, desde un enfoque terapéutico son escasos, aun así, la inteligencia del hombre ha permitido que estos dispositivos sean incluidos con este fin en un proceso de rehabilitación. (Cano de la Cuerda, 2018).

Interfaces Cerebro-Computadora e Interfaces Cuerpo-Máquina

Las interfaces cerebro-computadora (BCI) son sistemas que permiten la comunicación directa entre el cerebro y un dispositivo externo, como un ordenador o un robot. Las BCI pueden ser invasivas, utilizando electrodos implantados en el cerebro, o no invasivas, utilizando electrodos colocados en el cuero cabelludo (Wolpaw et al., 2002). Las interfaces cerebro-computadora adquieren señales cerebrales, las analizan y las traducen en comandos que se transmiten a dispositivos de salida que ejecutan las acciones deseadas. (Shih et al., 2012). Las interfaces cuerpo-máquina son sistemas que utilizan sensores para detectar los movimientos del cuerpo y efectuar una respuesta motora inmediata.

Sistemas Domóticos

La domótica se refiere a la automatización del hogar, utilizando sistemas electrónicos para controlar la iluminación, la temperatura, la seguridad y otros aspectos del entorno doméstico (Harper, 2003). Los sistemas domóticos pueden ser especialmente útiles para personas con discapacidad, ya que les permiten controlar su entorno y realizar tareas de forma

autónoma. Se ha analizados los efectos de la domótica en la autonomía en la realización de actividades de uso cotidiano en el hogar, (Vieira et al., 2018) desarrollaron un sistema domótico para el control de la temperatura e iluminación que es de fácil acceso, económico y que brinda una nueva perspectiva en la rehabilitación.

Terapia Ocupacional Aplicada a la Tecnología

La terapia ocupacional desempeña un papel fundamental en la aplicación de sistemas inteligentes en la rehabilitación de personas con LME. Los terapeutas ocupacionales evalúan las necesidades y objetivos de los pacientes, seleccionan la tecnología más adecuada, diseñan programas de intervención personalizados y supervisan el progreso de los pacientes (Spooner, 2011). Los terapeutas ocupacionales también trabajan en estrecha colaboración con ingenieros y otros profesionales para desarrollar y mejorar la tecnología. El enfoque de la terapia ocupacional se centra en la participación significativa del individuo en ocupaciones, por lo que la tecnología se utiliza como una herramienta para facilitar esta participación, promoviendo la independencia, la salud y el bienestar.

Metodología

Definición del Modelo Sistemático

Este estudio se enfoca en el análisis de la evidencia disponible sobre el uso de los sistemas inteligentes dentro del proceso de rehabilitación ocupacional de los pacientes con lesiones medulares, cuyo propósito principal es optimizar la independencia y mejorar la calidad de vida de estos usuarios a través de la integración estratégica de tecnologías avanzadas. Para cumplir con su proceso, esta investigación se configuró bajo un modelo de revisión sistemática, utilizando un enfoque descriptivo a través del estudio documental, que inició con una búsqueda e incluyó recopilación, interpretación y extracción de datos cualitativos y cuantitativos confiables, obtenidos exclusivamente en los artículos de investigación.

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, se ejecutó una búsqueda exhaustiva de literatura, en bases de datos científicos; se emplearon diversas palabras claves para optimizar la exploración de forma eficiente como: “Sistemas Inteligentes”, “Robótica”, “Realidad Virtual”, “Interfaces Cerebro-Computadora”, “Domótica”, “Participación Ocupacional”, “Actividades de la Vida Diaria” y “Lesión de la Médula Espinal”. Los principales buscadores de textos académicos y científicos utilizados fueron PubMed, Scopus, BVS y Scielo, lo que permitió ampliar la información, identificarla y clasificarla de manera efectiva para este estudio.

Los artículos se evaluaron críticamente, siguiendo las pautas de la metodología (PRISMA), con el empleo de esta estrategia de búsqueda se realizó un análisis eficaz, riguroso y explícito, donde se resalta la implementación de los sistemas tecnológicos en las lesiones medulares desde terapia ocupacional para fomentar la participación social.

Criterios de Inclusión y Exclusión del Estudio

Para asegurar la precisión y relevancia de la información recopilada, se establecieron características claras dentro de los criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de Inclusión del Estudio

- **Sujeto de estudio:** Artículos que aborden el uso de los sistemas inteligentes en la participación ocupacional de personas con lesión medular.
- **Diseño de investigación:** Publicaciones con diseños de estudios observacionales (transversales, cohorte, casos y controles con un tamaño muestral no mayor a 25 participantes), estudios piloto y experimentales (ensayos clínicos) que

asocien la relación de los sistemas inteligentes y la participación ocupacional de pacientes con lesión medular.

- **Población:** Pacientes adultos (≥ 18 años) con diagnóstico de lesión medular (traumática o no traumática), de cualquier nivel (cervical, torácico, lumbar, sacra) y de tipo (completa e incompleta).
- **Idioma:** Estudios publicados en español, inglés y portugués.
- **Cronología:** Artículos que se encuentren publicados desde el 2015 hasta el 2025 (no más de 10 años de antigüedad).
- **Rol profesional:** Estudios en los que el equipo rehabilitador (Terapeutas ocupacionales, fisioterapeutas y kinesiólogos) describan, analicen o resalten la importancia de los sistemas inteligentes dentro de la rehabilitación interdisciplinaria.

Criterios de Exclusión del Estudio

- **Tipo de publicación:** Estudios de opinión, editoriales, cartas al editor, resúmenes de congresos, revisiones narrativas, revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- **Población:** Estudios que incluyan una población pediátrica con diagnóstico de lesión medular o pacientes con otras condiciones neurológicas o comorbilidades que puedan afectar significativamente la participación ocupacional.
- **Enfoque de tecnología:** Investigaciones que evalúen tecnologías o dispositivos que no se consideren sistemas inteligentes o que no tengan como objetivo la participación ocupacional.
- **Duplicidad y Acceso:** Artículos duplicados en las diferentes bases de datos y aquellos de difícil acceso al texto completo.

Evaluación de la Validez de los Estudios Primarios

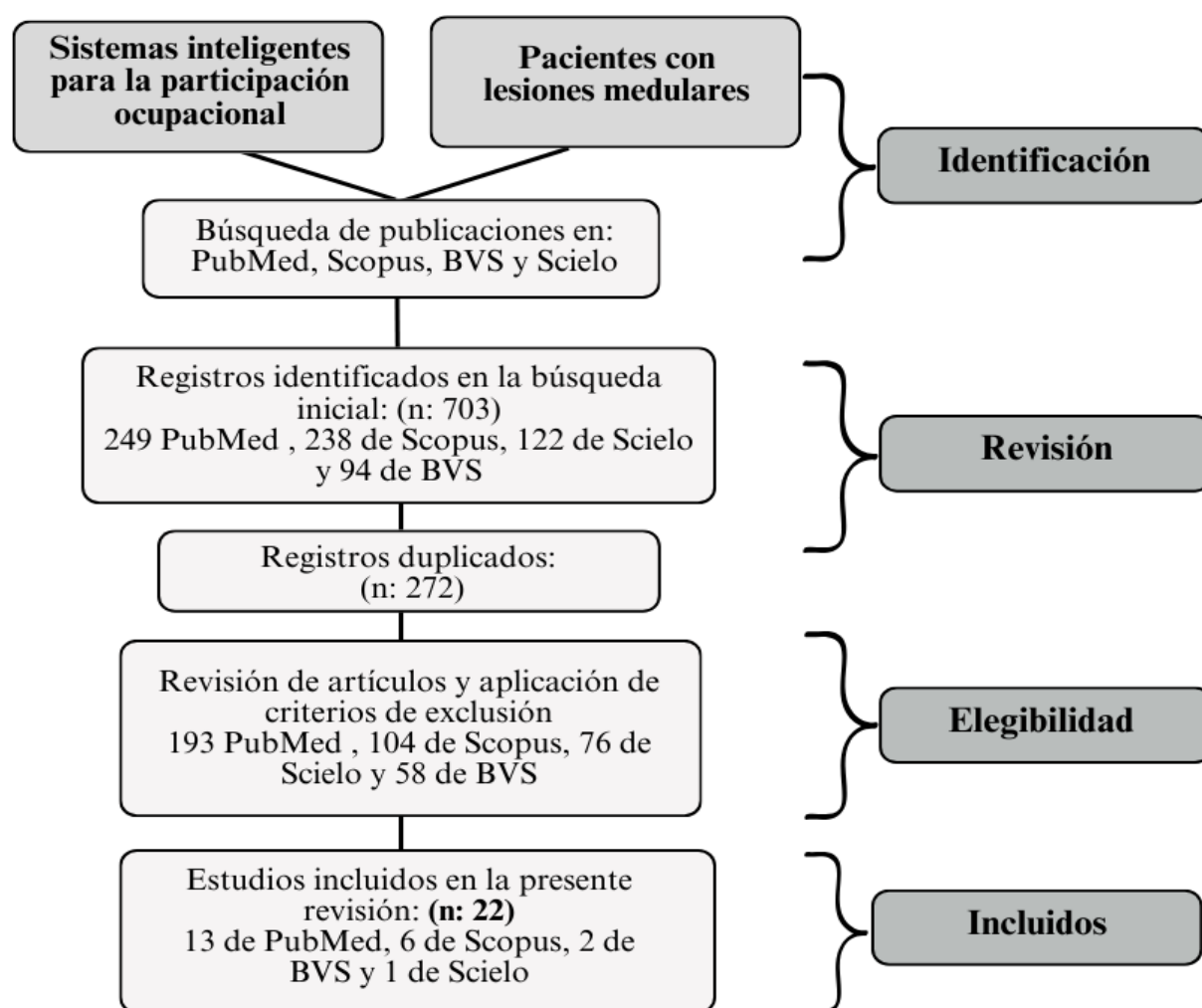
Se realizó una búsqueda minuciosa a través de las bases de datos electrónicas mencionadas, así como revistas web y repositorios digitales de información científica, académica y experimental. Se accedió a publicaciones que abordaban específicamente el uso de los sistemas inteligentes en la neurorrehabilitación y su impacto en la recuperación funcional de pacientes con lesión medular.

Durante la fase de adquisición de información se identificaron un total de 703 publicaciones relevantes que incluían los términos de búsqueda, donde se seleccionaron: 249 resultados de PubMed, 238 de Scopus, 122 de Scielo y 94 de BVS. Posteriormente, con la

aplicación de los criterios de inclusión y exclusión para filtrar la información pertinente y precisa sobre el tema, fueron seleccionados 22 publicaciones relevantes; la distribución por base de datos de los artículos seleccionados fue la siguiente: 13 artículos de PubMed, 6 de Scopus, 2 de BVS y 1 de Scielo. La validez de cada estudio se evaluó considerando la solidez de su diseño metodológico, la claridad en la descripción de las intervenciones y los resultados, además de la pertinencia de las mediciones de impacto en la participación ocupacional, como se detalla en la Figura 2.

Figura 2

Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios



Nota. La figura evidencia el proceso de selección de artículos para la obtención de resultados confiables acerca al tema. Elaborado por la autora.

Análisis de Contenidos de Artículos Seleccionados

La revisión sistemática de la literatura existente ha permitido identificar el uso y los beneficios de los sistemas inteligentes en intervenciones terapéuticas para pacientes con lesiones medulares. Este estudio se profundizó con 22 artículos científicos claves que ofrecieron una visión integral sobre la aplicación de los dispositivos tecnológicos como herramientas en neurorrehabilitación que permiten mejorar la funcionalidad, la participación ocupacional y la calidad de vida de los usuarios.

El respectivo análisis de cada uno de los estudios, evidenció el cumplimiento con los objetivos de investigación, centrando los resultados en la recuperación funcional, el entrenamiento de habilidades y la reeducación en actividades de la vida diaria, así mismo la ayuda emocional y psicosocial que ofrecen a las personas afectadas.

La distribución de los 22 artículos científicos seleccionados y utilizados para la elaboración de esta revisión sistemática, fueron organizados según la base de datos en la que se encontraron. PubMed se destaca como la biblioteca virtual más relevante en literatura médica, proporcionando el 59% de los estudios analizados, seguido de Scopus que permitió encontrar importante información contribuyendo con el 27% del contenido, aunque BVS, representó el 9% y SciELO el 5%, ambas con una participación menor, su aporte inclusión en este estudio es valioso, garantizando siempre la diversidad en las fuentes consultadas que complementan el tema abordado.

Descripción de Resultados

Durante el proceso de elaboración de esta revisión sistemática se logró reconocer en los hallazgos, los principales sistemas inteligentes utilizados en el proceso de rehabilitación ocupacional de los pacientes con lesiones medulares.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con cada uno de los objetivos específicos de este estudio, resaltando la relevancia, el impacto y contribución que han aportado los artículos científicos seleccionados en relación al objetivo general, que consiste en analizar el uso de sistemas inteligentes en la promoción de la participación ocupacional en personas con lesiones medulares.

Resultados del Objetivo Específico 1

Estudios para el cumplimiento del primer objetivo específico:

Identificar los tipos de sistemas inteligentes documentados en la literatura científica que han sido utilizados en intervenciones de terapia ocupacional para personas con lesiones medulares.

El análisis de los resultados obtenidos en relación al cumplimiento de este objetivo evidenció una variedad de dispositivos tecnológicos implementados como herramientas terapéuticas en la rehabilitación ocupacional de pacientes con lesión medular, esto como una alternativa moderna en el campo de la salud que está en constante evolución.

Uno de los sistemas inteligentes de mayor incidencia en la literatura encontrada fue los Interfaces Cerebro-Computadora por sus siglas en inglés (BCI). Diversos autores, han estudiado la utilidad y su aplicación desde un entorno rehabilitador, por su parte, la investigación de (Jovanovic et al., 2021) destaca la viabilidad de combinar BCI con estimulación eléctrica funcional (FES) para la rehabilitación del alcance y el agarre luego de una lesión medular. Aunque el estudio realizado fue de manera preliminar, se sugirió que esta combinación podría ser una valiosa alternativa en la recuperación de la motricidad fina desde un ámbito hospitalario.

Así mismo, en un estudio similar, (Bockbrader et al., 2019) confirmaron obtener ganancias significativas en la coordinación del agarre, esto administrado mediante el uso de un interfaz cuerpo-máquina implantada, la misma que controlaba la estimulación muscular transcutánea del antebrazo. Este enfoque invasivo, aunque con altos grados de riesgos inherentes, evidenció por medio de la muestra de un individuo con tetraplejia, el potencial de

restaurar la manipulación de objetos y los artículos del hogar obteniendo mayor grado de independencia, su aplicación es sugerible en personas con parálisis severa.

Por otra parte, (Soekadar et al., 2016) exploraron un enfoque no invasivo, utilizando un exoesqueleto híbrido de mano basado en señales de electroencefalografía (EEG) y electrooculografía (EOG) para restaurar la autonomía e independencia en las actividades de la vida diaria en personas con cuadriplejia, todo esto desde un entorno cotidiano. La combinación de las señales eléctricas cerebrales con los movimientos oculares, permitían tanto el cierre como la apertura del dispositivo robótico. Los resultados de este ensayo exploratorio demostraron la reeducación completa y una evidencia progresiva en la participación cotidiana, fomentando restaurar el sentido de pertenencia en la vida de estos usuarios.

Siguiendo esa misma línea, (Pierella et al., 2021) presentaron un estudio de prueba de concepto sobre la recuperación de los movimientos distales del brazo en pacientes con lesión medular cervical, todo esto a través del uso de (BoMI) un Interfaz Cuerpo-Máquina que era empleado en el cuerpo del paciente por medio de sensores colocados en el miembro superior, con énfasis en la articulación del codo. Se pudo observar una pronta recuperación de los movimientos distales que fue llevada a cabo bajo un protocolo de evaluación funcional llevado a cabo en el ámbito clínico, fácil de aplicar y tolerado en su totalidad por los pacientes.

Otro sistema inteligente identificado durante la investigación fue la realidad virtual (RV), la cual se define como un sistema informático con mayor proyección a futuro, esto lo corroboraron (Al Nattah et al., 2024) donde explican que al integrar Leap Motion, un sensor de interacción con dispositivos digitales permite capturar el movimiento de las manos. Al implementar el juego dentro de los ejercicios terapéuticos ofrece una visión completa y novedosa donde el enfoque de rehabilitación se vuelve más interactivo, lo que aumenta la adherencia en el tratamiento.

De igual modo, (Dimbwadyo T. I. et al., 2016) utilizaron la realidad virtual inmersiva combinada con un guante de datos CyberGlove, cuya función era capturar la información a través de sensores que detectan el movimiento, para luego practicarlos en entornos interactivos con tareas funcionales que se asemejan a las actividades de su vida cotidiana. Una experiencia que combina estrategias y a su vez ofrece la oportunidad de crear espacios controlados y repetibles incluso desde el propio hogar. De igual modo, (Liu et al., 2023) investigaron el uso del entrenamiento multimodal aumentado durante una fase de rehabilitación funcional de

agarre y destreza motora fina, está iniciativa buscaba optimizar la retroalimentación visual y auditiva aumentada desde un entrenamiento personalizado de acuerdo a las necesidades y objetivos que se desean alcanzar en el paciente con lesión medular.

Resultados del Objetivo Específico 2

Estudios para el cumplimiento del segundo objetivo específico:

Describir los dispositivos tecnológicos con mayor aplicación y relevancia en los procesos de rehabilitación ocupacional de pacientes con lesiones medulares.

Dentro de los artículos analizados se revela una amplia gama de sistemas inteligentes que han sido aplicados en enfoques de rehabilitación ocupacional y que cada vez están tomando mayor aplicación en tratamientos funcionales.

Entre ellos, (Randazzo et al., 2017) describieron el desarrollo de "Mano", un exoesqueleto portátil y ligero de mano, empleado para asistir y restaurar las funciones de la mano en personas con discapacidades motoras, en la neurorrehabilitación es utilizado para recuperar habilidades de motricidad fina, como el agarre y la presión, su novedad persiste para controlar activamente la flexión y extensión de los dedos, además de promover interacciones somatosensoriales a través de actividades cotidianas; al ser controlado por medio de un dispositivo de señales de control portátiles como lo son los interfaces (cuerpo/máquina) se traduce las intenciones de movimiento y se facilita la ejecución, sin embargo su adopción en el hogar aún es compleja y de altos costos.

Una solución viable y novedosa fue la propuesta de (Thøgersen et al., 2022) quienes propusieron la elaboración y el entrenamiento de EXOTIC, un exoesqueleto de brazo y mano, compacto y versátil diseñado para el uso específico en personas con tetraplejia severa. Su relevancia e impacto radica en que este dispositivo es controlado de manera automática por una interfaz lingual, es implementado a la silla de ruedas del paciente, brinda la facilidad de realizar múltiples actividades de la vida diaria, buscando así recuperar la independencia y mejorar la participación funcional.

Siguiendo esa línea de investigación, emerge la robótica blanda como una disciplina alternativa que combina los principios tradicionales con la robótica, a su vez emplea materiales blandos y flexibles para la elaboración de estos novedosos dispositivos de asistencia activa, así lo describen (Prasad et al., 2018) al implementar el uso de un guante blando de tela que ayuda

a las personas con paraplejia en las extremidades superiores tras una lesión de la médula espinal, evidenciando una alto grado de recuperación en actividades funcionales de la vida diaria logrando tener una manipulación de los objetos que se requieren para realizar esas acciones cotidianas.

A través de este estudio, los autores (Dimbwadyo T. et al., 2016) demostraron la mejora significativa en las habilidades funcionales y cinemáticas en pacientes con lesiones medulares motoras completas por medio de un programa de rehabilitación con el sistema Toyra® para las Actividades de la Vida Diaria (AVD), lo que determinan ser una herramienta eficaz para medir la funcionalidad. Los hallazgos también indican que, a mayor nivel de lesión, menor es el índice de agilidad. Siendo esto una iniciativa contundente al validar otros sistemas de captura motora en relación con las AVD, no solo desde una perspectiva cinemática, sino también funcional. Poder monitorizar la eficacia de la rehabilitación y su impacto en la funcionalidad real de los pacientes, es una oportunidad de continuar constantemente con el tratamiento, observando una nueva alternativa novedosa como lo es la telerrehabilitación.

Al momento de demostrar la efectividad de un dispositivo robótico en un entorno hospitalario, los investigadores (Mackenzie et al., 2025) proponen a Diego como una alternativa útil y de fácil acceso para incluirla como estrategia de rehabilitación en etapas tempranas, debido a los sorprendentes resultados obtenidos desde el área psicológica, el estudio tomó otro enfoque y promete seguir evaluando la motivación y el compromiso del usuario durante el tratamiento, por lo que sugieren que las diferencias encontradas no siempre pueden ser clínicamente significativas.

Otro sistema inteligente implementado en pacientes con lesiones medulares, es el uso de la domótica, esto surge como una alternativa de solución casera y ajustable económicamente que permite al usuario monitorear y controlar los dispositivos tecnológicos del hogar, (Vieira et al., 2018) propusieron una aplicación diseñada para dispositivos móviles que permite aumentar la autonomía y la participación colaborativa dentro del propio hogar de los usuarios, a través de la resolución de desafíos cotidianos, este tipo de sistemas busca mejorar la calidad de vida de personas con paraplejia además de aquellos que presentan cierto grado de movilidad en extremidades superiores, aumentando su autonomía y confort en sus propios hogares, a pesar de que el avance en este campo aún es limitado, se espera profundizar esta área para fomentar la participación diaria del usuario en actividades de uso cotidiano,

Resultados del Objetivo Específico 3

Estudios para el cumplimiento del tercer objetivo específico:

Examinar los aportes de los sistemas inteligentes en la adquisición de habilidades funcionales dentro del proceso de rehabilitación ocupacional.

Por medio de la información recopilada se observó cómo la utilización de los dispositivos tecnológicos está brindando grandes resultados en la adquisición de habilidades funcionales dentro de un tratamiento de rehabilitación ocupacional en pacientes con lesiones medulares.

Uno de ellos es la aplicación robótica MAHI EXO-II, la misma que brinda un entrenamiento asistido de carácter repetitivo y constante, es de fácil acceso y con su accesibilidad ha demostrado ser seguro y prometedor en un proceso rehabilitador, sus resultados destacan la mejora constante de la funcionalidad de los miembros superiores, demostrando alto grado de recuperación en la motricidad fina, actividades relacionadas con la fuerza, el agarre y la destreza manual evolucionaron durante su aplicación, lo consideraron (Francisco et al., 2017) cómo un método de rehabilitación complementario que requiere realizar mayor estudios controlados para evaluar la viabilidad y eficacia en intervalos de rehabilitación más largos.

Partiendo de las actividades de la vida diaria, la movilidad funcional es una de ella, y cuando existe una lesión medular dependiendo del nivel o grado de afectación esta capacidad puede verse limitada, es ahí donde (Hua et al., 2024) proponen un entrenamiento de marcha asistido por un exoesqueleto robótico de extremidades inferiores, aparece como una alternativa para el reentrenamiento de la bipedestación y la marcha, los resultados evidencian una progresión en las actividades cotidianas ofertando una mejor calidad de vida con evolución favorable en la participación positiva de la salud psicológica de los usuarios con lesión medular motora completa.

Los resultados obtenidos a través de este estudio, respaldaron los hallazgos de una investigación previa, realizada por (Lozano-Berrio et al., 2024) donde corroboraron la influencia de la terapia robótica en un tratamiento rehabilitador en las primeras etapas de recuperación, esto se llevó a cabo con el dispositivo Armeo Spring, un exoesqueleto pasivo que demostró mediante un progreso en la puntuación de los ítems de los ítems relacionados a las actividades de la vida diaria, acciones que eran llevadas a cabo incluso en tiempo real, donde

permitía compensar la fuerza y la gravedad del brazo y antebrazo al momento de ejecutar la acción.

Incluir la rehabilitación desde el hogar es la propuesta de (Osuagwu et al., 2020) quienes implementaron un programa que desafía la rehabilitación tradicional, para ello, se identificaron un grupo de personas para ser exactos 15 participantes con lesión medular motora cervical, quienes vivieron la experiencia de utilizar un guante robótico blando (SEM GLOVE,) como uso cotidiano, las características del dispositivo eran accesible y de fácil aplicación, a cada persona se le entregó la herramienta tecnología para que sea utilizado de uso domiciliario, con el fin de poner a prueba la realización de tareas específicas además de la ejecución de actividades de la vida cotidiana durante un determinado tiempo, a medida que avanzaba las terapias, se evidenciaba un progreso en la motricidad fina, además de una mejoría en las actividades de manipulación de objetos de utilización diaria.

Desde Terapia Ocupacional, el ocio y el tiempo es considerado como una área de desempeño que permite participar en actividades que son de gran interés para el paciente, le brinda significado y promueve mayor autoestima y bienestar emocional, un estudio experimental aplicando el Nintendo Wii como parte del tratamiento rehabilitador, acompañado de realidad virtual, con la ayuda de juegos que simulaban a entornos afectivos, demostró alcanzar mayor equilibrio para su sedestación, a más de entrenar y estimular la actividad física en el paciente se trabaja también con áreas socioafectivas, dónde la motivación y el entrenamiento serán claves para obtener mayor efectividad. (Tak et al., 2015).

Siguiendo esa misma línea de estudio, los autores (Osuagwu et al., 2020) incluyeron como complemento a la rehabilitación tradicional el uso de la realidad virtual, proporcionando un tratamiento que sea más atractivo para los pacientes, que por si ofrezca el desarrollo y evolución a través de algo divertido, mientras se plantean objetivos de fácil proyección en la recuperación de las habilidades funcionales de los miembros superiores.

Siguiendo esa misma línea de estudio, los autores (Prasad et al., 2018) incluyeron como complemento a la rehabilitación tradicional el uso de la realidad virtual, proporcionando un tratamiento que sea más atractivo para los pacientes, que por si ofrezca el desarrollo y evolución a través de algo divertido, mientras se plantean objetivos de fácil proyección en la recuperación de las habilidades funcionales de los miembros superiores. independiente de las actividades de la vida diaria, es aquí donde se evidenció aspectos claves de la motricidad, desde la prensión,

el agarre y la manipulación de objetos finos que son efectuados a diario. Algo que destaca bastante en la literatura es la participación y guía durante todo el proceso por un terapeuta ocupacional, información que en comparación con otras investigaciones no es tan fácil corroborarla. (Correia et al., 2020).

Partiendo a los entornos gamificados, bajo la observación de un equipo multidisciplinario, se incluye RehabHand como una alternativa divertida y con fines terapéuticos que propone realizar tareas funcionales que requieran movimientos de motricidad fina, (De los Reyes et al., 2021) lo describen como un prototipo de entrenamiento de habilidades manipulativas que se encuentran relacionadas con la funcionalidad en actividades de la vida diaria. A más de ser una alternativa accesible, se estima que está propuesta complementaria a la terapia convencional, con un enfoque más lúdico y motivador para el paciente, con las fuentes de feedback necesario para que éste sea consciente de su propia mejora en sesiones consecutivas.

La domótica figura como una de las principales herramientas por aplicar desde el campo de la telerrehabilitación, un estudio piloto elaborado por (Maresca et al., 2020) evidenciaron el efecto que esta tecnología puede contribuir en la autonomía personal y social de los pacientes, destacando que su utilidad es diversa, a través del material recopilado, las áreas donde hubo mejoría fueron algunas, partiendo desde las funciones cognitivas hasta abordar problemas de depresión o ansiedad por la sobrecarga que suelen considerarse para su familiar. Esta herramienta se caracteriza por ser fácil de aplicar, promueve la independencia además del bienestar psicosocial sin tener que salir del hogar.

Estos resultados, en conjunto evidencian un panorama positivo y prometedor en el campo de la rehabilitación, determinando que los sistemas inteligentes son una alternativa que tiene gran provecho y que necesita ser promocionada a través de investigaciones.

Discusión

Al sumergirse en la búsqueda de evidencia científica sobre el uso de los sistemas inteligentes en la participación ocupacional de pacientes con lesión medular, la investigación reveló un campo dinámico y en constante evolución; debido a que en las últimas décadas la gama de la tecnología aplicada en neurorrehabilitación está cobrando mayor interés y su aplicación se encuentra en un rápido crecimiento que impacta en la sociedad. Estos avances en la actualidad han generado interesantes investigaciones, las mismas que han permitido identificar una variedad de dispositivos tecnológicos aplicados desde terapia ocupacional, aportaciones que contribuyen significativamente en este estudio.

Un hallazgo consistente en la literatura fue la creciente demanda de los Interfaces Cerebro-Computadora como herramienta terapéutica en la restauración de la funcionalidad. (Jovanovic et al., 2021) y (Bockbrader et al., 2019) coinciden en el potencial de las BCI en la recuperación de habilidades motoras finas; permitiendo la manipulación de objetos de uso cotidiano. Sin embargo, este último artículo controlaba la estimulación muscular y lograba facilitar agarres finos y coordinados con mayor precisión en su extremidad dominante, progresión que fue recopilada en los resultados de las evaluaciones aplicadas a la muestra de participantes.

Así mismo, (Pierella et al., 2021) han demostrado que las interfaces cuerpo-máquina (BoMI) pueden aprovechar los movimientos articulares para el control de dispositivos virtuales, no obstante, su investigación busco promover la movilidad del brazo, especialmente en la articulación del codo, esto como un recurso complementario en la rehabilitación en entornos clínicos, sin embargo, a comparación de los autores anteriores existe divergencia al mencionar la necesidad de emplear un protocolo de evaluación que registre constantemente el deterioro motor y la recuperación funcional, todo esto a través de un entrenamiento intensivo supervisado por un terapeuta ocupacional.

En contraste, (Soekadar et al., 2016) se centraron en el control cerebral directo desde sistemas robóticos avanzados, es así como extendieron esta línea de investigación al implementar un exoesqueleto híbrido de mano, con el fin de restaurar el control intuitivo de los movimientos necesarios para realización de las actividades de la vida diaria, para determinar la efectividad del dispositivo los autores afirman que la aplicación de un sistema híbrido, es

decir la combinación de diferentes tipos de tecnologías en conjunto podrían aprovechar las fortalezas individuales y obtener como resultado no podían realizar estas tareas sin ayuda.

Por otra parte, un sistema inteligente identificado y con gran impacto dentro de la rehabilitación es la Realidad Virtual (RV), así lo confirmaron (Al Nattah et al., 2024) y (Dimbwadyo T. I. et al., 2016) con dos aplicaciones distintas, en el primer estudio implementaron al Lea Motion, un sensor de interacción, portátil y de fácil aplicación, que permite capturar el movimiento de las manos, todo esto a través de entornos gamificados, donde la estrategia de intervención es el juego, lo que permite que su interacción sea atractiva y motivadora para el paciente. Mientras que el segundo aplicaba la realidad virtual con un guante de datos CyberGlove, donde propone capturar la información a través de sensores que detectan el movimiento, esto desde un entorno simulado que resulte ser interactivo y que fomente la participación en tareas que se asemejan con las Actividades de la vida diaria, afirmando así resultados positivos en la motricidad fina, empezando desde la coordinación, el equilibrio y la destreza manual.

Siguiendo esa misma línea de investigación, (Lozano-Berrio et al., 2024), cuestionaron la rehabilitación tradicional y proponen a RehabHand como un complemento a la terapia convencional, donde combina ambas ideas y proponen una rehabilitación con un enfoque integral, donde la motivación y el progreso es parte fundamental de la recuperación; brinda la oportunidad de continuar con el tratamiento y demostrar que el logro identificado durante las secciones alienta y aumenta el autoestima de participación para el usuario.

Para continuar con esa variable identificada durante el estudio, (Mackenzie et al., 2025) proponen a Diego™ como un dispositivo de fácil acceso que puede ser incluido en las primeras etapas de tratamiento, los resultados obtenidos no evidencian un progreso significativo en cuanto a la mejora funcional de la extremidad afectada, no obstante, las estadísticas recopiladas sorprendieron al demostrar una alta respuesta positiva en el bienestar emocional, psicológico y social del paciente, evidenciando mayor motivación y compromiso por parte de los participantes. Clínicamente no siempre el progreso puede ser funcional, mientras mejore un área afectada en el usuario, su aplicación puede perdurar durante el tratamiento.

Si de aumentar la participación del paciente dentro su vida diaria, la domótica aparece como una alternativa ajustable a esto, permitiendo el control y manejo de los dispositivos tecnológicos del propio hogar, así lo afirman (Vieira et al., 2018), un estudio exploratorio, que demuestra el uso de una aplicación propia que fue diseñada para dispositivos móviles, la cual

permite resolver desafíos cotidianos del hogar, desde el control de la iluminación y la temperatura en un entorno adaptado. Evidenciando una participación activa en actividades de uso diario, lo que incrementa la autonomía, la comodidad y el bienestar del usuario.

Mientras la implementación de sistemas inteligentes se siguen demostrando en la rehabilitación moderna, estudios como el de (Alicea et al., 2021) y (Dimbwadyo T. et al., 2016) evidencian grandes resultados, por su parte los primeros autores implementaron y estudiaron el uso de un guante robótico blando de tela, el mismo que marco una tendencia novedosa y funcional al arrojar cifras alentadoras en la recuperación de actividades funcionales, se evidenció mayores habilidades relacionadas a la manipulación de objetos y su destreza motora fina en acciones de uso diario. Así mismo, el Sistema Toyra®, al ser implementado en un programa de rehabilitación, se posiciona como una herramienta eficaz para medir la funcionalidad, y a su vez permite monitorear constantemente la eficacia del progreso en la vida diaria del paciente más aún en actividades de uso cotidiano. Lo que destaca en este dispositivo, es la propuesta novedosa de prestar los servicios de rehabilitación a distancia simplemente haciendo uso de la tecnología.

Aunque los estudios requieren mayor validez científica y la muestra de pacientes tomada sea aún más grande, se evidencia que los dispositivos tecnológicos en la actualidad si están teniendo aplicación y gran impacto dentro de la rehabilitación ocupacional de pacientes con lesiones medulares, incrementando en el mercado una amplia gama de sistemas inteligentes con fines terapéuticos. Sin embargo, aún existen dificultades para que sean accesibles en todos los países y para todas las personas que requieran los servicios.

Así lo describen, (Randazzo et al., 2017) con el desarrollo de "Mano" un exoesqueleto portátil y ligero diseñado para restaurar las funciones motoras finas en pacientes con discapacidades motoras, su novedad persiste en la interacción somatosensoriales por medio de actividades de la vida diaria, sus señales de movimiento son recopiladas a través de un interfaz (cuerpo/máquina) que traduce esas intenciones y lo reduce a la ejecución, resulta ser novedoso y de gran interés en la recuperación, pese a lo cual resulta ser complejo y demanda de altos costos para adquirir este diseño y mantenerlo en el hogar.

Otro de los dispositivos tecnológicos que recién está incursionando en la rehabilitación es la domótica y que requiere mayor respaldo científico es la domótica, si bien es una nueva herramienta que evidencia la autonomía y mejora del bienestar psicosocial en el paciente, su aplicación en este tipo de tratamiento recién está dándose a conocer, su utilidad puede ser

diversa y el enfoque en el tratamiento va relacionado con la salud mental del usuario, su aplicación ayuda a aliviar la frustración y el aislamiento social la promover la independencia sin tener que salir o trasladarse de su propio domicilio. (Maresca et al., 2020).

Bajo esa misma línea de investigación y resultados, (Tak et al., 2015), respaldan la amplia perspectiva de bienestar emocional, al incluir un Nintendo Wii, como dispositivo tecnológico en rehabilitación, se promueve mayor autoestima y facilita la participación en el tratamiento, lo que resulta más fácil de alcanzar los objetivos funcionales si existe de por medio interés y motivación durante el entrenamiento, con el fin de alcanzar mayor efectividad en la recuperación de habilidades relacionadas con las actividades de la vida diaria, idea que confirman (Osuagwu et al., 2020), lo cuáles destacan como complemento a la realidad virtual dentro de un programa de rehabilitación tradicional, con fines más atractivos para el usuario, algo que aún falta corroborar con exactitud es la participación activa y liderada de un terapeuta ocupacional en el proceso de rehabilitación con dispositivos tecnológicos, no obstante, (Prasad et al., 2018), desafiaron e incursionaron esa ideología durante la proyección de un tratamiento, a más de conseguir grandes ganancias funcionales, el profesional a cargo del estudio se percató de varios aspectos que son fundamentales en el tratamiento, anexando un enfoque holístico además de divertido con el fin de alcanzar los objetivos terapéuticos que estén relacionados con el desarrollo de actividades de la vida diaria.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Tras una profunda inmersión en la literatura y la recopilación de los hallazgos obtenidos de otros artículos científicos, se logró analizar el rol de los sistemas inteligentes en la promoción de la participación ocupacional de pacientes con lesiones medulares a través del cumplimiento de los objetivos planteados en esta revisión.

Por medio de los estudios revisados se ha logrado identificar una diversidad prometedora y a su vez en constante evolución de los dispositivos tecnológicos utilizados en intervenciones rehabilitadoras; reflejando de este modo la innovación de herramientas digitales en neurorrehabilitación. Dentro de esta gama, se destacan desde la asistencia robótica avanzada, que incluyen los exoesqueletos robóticos y los guantes inteligentes, encargados de otorgar recuperación en los patrones de movimiento, reeducación de la motricidad y la estimulación neurosensorial. Además, a eso, se incorporan plataformas de entornos inmersivos basados en realidad virtual, una alternativa novedosa y segura, que transporta al paciente a un espacio simulado donde fomenta el entrenamiento de habilidades por medio de actividades cotidianas, demostrando transformar el concepto de rehabilitación fuera de un espacio hospitalario, como también lo hacen los sistemas domóticos, una alentadora estrategia que fomenta la autonomía y promueve la participación desde su propio hogar.

Las tecnologías avanzadas en neurorrehabilitación desempeñan un papel fundamental al promover independencia y participación ocupacional en los pacientes con lesiones medulares; por ello, se ha logrado describir el uso, funcionamiento, configuración y el impacto de cada uno de estos sistemas inteligentes dentro de los procesos de rehabilitación. Se constata su valiosa y multifacética aplicación durante diversas fases de recuperación, desde etapas agudas hasta el mantenimiento a largo plazo en el hogar. La innovación trasciende las terapias convencionales y las complementa oportunamente, al ofrecer un tratamiento a la vanguardia, con un enfoque personalizado, brindando una retroalimentación en tiempo real y, en otros casos, permitiendo la intervención sin supervisión constante del terapeuta.

Finalmente, al examinar los aportes de los sistemas inteligentes en la adquisición de habilidades funcionales, se demostró que estos ejercen un impacto positivo al realizar actividades básicas de la vida diaria. Esto se debe, a su capacidad, para desarrollar la neuroplasticidad, debido que, al repetir movimientos con asistencia tecnológica, el sistema

nervioso se entrena y facilita la recuperación de las funciones perdidas, lo que enriquece la calidad de vida y la participación social del paciente.

Cabe destacar que, si bien la efectividad y seguridad de la tecnología como elemento de un proceso de rehabilitación es respaldado por la evidencia científica existente, sin embargo, es importante reconocer que aún se requiere mayor investigación que certifiquen aquella información; esta necesidad, se presencié al momento de recopilar el contenido que respalda este trabajo, al observar, que en el contexto latinoamericano y con mayor énfasis en Ecuador, son limitados los estudios aplicados, predominando en su totalidad tesis de grados o revisiones narrativas frente a una escases de nuevas investigaciones. La disponibilidad en la literatura desencadena la importancia de fomentar indagaciones para consolidar la evidencia, estandarizar protocolos sobre el uso y optimizar la incorporación de los sistemas inteligentes en los programas de rehabilitación ocupacional.

Recomendaciones

En función de las conclusiones alcanzadas, que demuestran el cumplimiento de los objetivos propuestos en la presente investigación y con la intención de trazar una proyección a futuro, se formulan las siguientes recomendaciones:

Es fundamental incentivar la elaboración de mayor cantidad de artículos que validen la efectividad de los sistemas inteligentes en rehabilitación, haciendo énfasis en los dispositivos tecnológicos diseñados para su aplicación domiciliaria, esto, como consecuencia de la limitada literatura existente; particularmente en la región latinoamericana y en el territorio ecuatoriano; por ello, se sugiere la realización de investigaciones originales con diseño experimental o estudios de casos, a largo plazo, que evalúen la operatividad de estas tecnologías; con una diversa muestra de participantes con afecciones neurológicas, considerando la inversión socioeconómica que, en algunos espacios podría sobrevalorarse por la adquisición y el mantenimiento. Los resultados no sólo analizarían el progreso funcional, al igual que la satisfacción del usuario y el bienestar psicosocial del paciente en su vida cotidiana, sino que también tendría como propósito trascender las revisiones narrativas hasta lograr construir una evidencia sólida, eficaz y verificable.

Los hallazgos encontrados proponen establecer protocolos de intervención sobre la utilización de los sistemas inteligentes en neurorrehabilitación; a medida que se integran en la práctica clínica, es necesaria su implementación para configurar el uso y dosificación de estas herramientas en el plan de tratamiento, buscando optimizar la seguridad y eficiencia de acuerdo a las necesidades y capacidades del usuario. Lo que permite ajustar la duración, frecuencia y combinación de estrategias durante la intervención, de igual modo, monitorear constantemente el progreso y evolución del paciente de acuerdo a los objetivos que se desean alcanzar, así mismo de la identificación temprana de cualquier riesgo o contratiempo que puedan generar.

Se sugiere promover un enfoque integral, asegurando que las intervenciones terapéuticas se adapten a las necesidades del paciente, dónde la terapia convencional se potencie a través del uso de los dispositivos tecnológicos, buscando que los profesionales trabajen de manera interdisciplinaria. Esta iniciativa debe promover tanto la recuperación funcional como la reintegración ocupacional efectiva de los usuarios con lesión medular. Incluso, se debe considerar el apoyo continuo post-rehabilitación para facilitar la transición a

la vida cotidiana, asegurando que las ganancias obtenidas durante el tratamiento se mantengan y evolucionen.

Para aprovechar la efectividad y el potencial de los dispositivos tecnológicos, es recomendable fomentar la formación y capacitación constante de los profesionales, entre ellos terapeutas ocupacionales, fisioterapeutas, kinesiólogos y otros especialistas en el área de rehabilitación; con el fin de mantener un conocimiento actualizado acorde a las competencias necesarias para el manejo de los sistemas inteligentes, su integración en el tratamiento individualizado de los pacientes y una posible valoración del impacto. La creación de programas de formación continua y el intercambio de experiencias en los equipos multidisciplinarios podría acelerar la implementación de estas innovaciones dentro de la adquisición de equipos terapéuticos.

Bibliografía

- Al Nattah, A., Tiberti, S., y Segaletti, L. (2024). Semi-Immersive Virtual Reality Exercise Therapy for Upper Limb Rehabilitation in Patients With Spinal Cord Injury Using the Leap Motion Controller. *Cureus*, 1-24. <https://doi.org/10.7759/cureus.52261>
- Al Nattah, M., Tiberti, S., y Segaletti, L. (2024). Semi-Immersive Virtual Reality Exercise Therapy for Upper Limb Rehabilitation in Patients With Spinal Cord Injury Using the Leap Motion Controller. *Applied Sciences Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 16, 1-12. <https://doi.org/10.7759/cureus.52261>
- Alicea, R., Xiloyannis, M., Chiaradia, D., Barsotti, M., Frisoli, A., y Masia, L. (2021). A soft, synergy-based robotic glove for grasping assistance. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2. <https://doi.org/10.1017/wtc.2021.3>
- AOTA. (2020).
- Arriagada, G., y Macchiavello, N. (2020). Traumatismo Raquímedular (TRM): Revisión Sistemática. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 31(5-6), 423-429. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.11.001>
- Barrios, C. S. (2020). Neurorrehabilitación y nuevas tecnologías. *Revista Iberoamericana de Neuropsicología*, vol.3(No.2), 158-159.
- Bockbrader, M., Annetta, N., Friedenberg, D., Schwemmer, M., Skomrock, N., Colachis, S., . . . Mysiw, W. J. (2019). Clinically Significant Gains in Skillful Grasp Coordination by an Individual With Tetraplegia Using an Implanted Brain-Computer Interface With Forearm Transcutaneous Muscle Stimulation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation (ACRM)*(100), 1201-1216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.07.445>
- Cano de la Cuerda, R. (2018). *Nuevas Tecnologías en Neurorrehabilitación Aplicaciones diagnósticas y terapéuticas*. Editorial Médica Panamericana. <https://doi.org/9788491102397>
- Cañar, J., Ramírez, A., Romero, L., de los Ángeles, M., y Maxi, E. (2023). Factores de riesgo y prevalencia de la lesión medular en adultos: una revisión sistemática. *Revista*

- Carvajal Tello, N., González Marmolejo, W., y Alejandro, S. O. (2019). Diseño y desarrollo tecnológico de un dispositivo terapéutico para la rehabilitación física en el ámbito hospitalario. *Revista Salud Uninorte*, vol. 35(núm. 2), 250-263. <https://doi.org/https://doi.org/10.14482/sun.35.2.617.1>
- Correia, C., Nuckols, K., Wagner, D., Zhou, Y. M., Clarke, M., Dorothy, O., . . . Walsh, C. J. (2020). Improving Grasp Function after Spinal Cord Injury with a Soft Robotic Glove. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 1-9.
- D'Agostino, M., Marti, M., Medina, F., Malek, V., y García, S. (16 de diciembre de 2021). Salud pública y la interdependencia digital: evolución tecnológica, sostenibilidad tecnológica y la revolución del usuario. *Revista Panamerica de Salud Pública*. Revista Panamericana de Salud Pública: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8678096/>
- De los Reyes, A., Lozano, V., Alvarez, M., López, E., Ceruelo, S., Talavera, F., y Gil, A. (2021). RehabHand: Oriented-tasks serious games for upper limb rehabilitation by using Leap Motion Controller and target population in spinal cord injury. *Sage Journals*, 48, 365–373. <https://doi.org/10.3233/NRE-201598>
- Dimbwadyo, T. I., Trincado, A., Guzmán, A. d., Aznar, M. A., Alcubilla, C., Pérez, N. S., . . . Gil, A. Á. (2016). Upper limb rehabilitation after spinal cord injury: a treatment based on a data glove and an immersive virtual reality environment. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 11:6, 462-467. <https://doi.org/10.3109/17483107.2015.1027293>
- Dimbwadyo, T., Trincado, A. F., Guzmán, A. d., López, M. P., Polonio. López, B., y Gil, A. Á. (2016). Activities of daily living assessment in spinal cord injury using the virtual reality system Toyra®: functional and kinematic correlations. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-015-0276-2>
- Edemekong, P., Bomgaars, D., y Sukumaran, S. (2025). Actividades de la vida diaria.
- Fardipour, S., y Hadadi, M. (2022). Investigación de los efectos terapéuticos de los guantes robóticos portátiles para mejorar la función de la mano en pacientes con accidente

- cerebrovascular: una revisión sistemática. *Current Journal of Neurology*, 21(2), 125-132. <https://doi.org/10.18502/cjn.v21i2.10496>
- Francisco, G. E., Yozbatiran, N., Berliner, J., O'Malley, M. K., Pehlivan, A. U., Kadivar, Z., . . . Boake, C. (2017). Robot-Assisted Training of Arm and Hand Movement Shows Functional Improvements for Incomplete Cervical Spinal Cord Injury. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 96(10), 171-177.
- Gob.ec. (s.f.). IESS. IESS incorporó equipos robóticos para rehabilitación del paciente: https://www.iess.gob.ec/noticias/-/asset_publisher/4DHq/content/iess-incorporo-equipos-roboticos-para-rehabilitacion-del-paciente/10174?redirect=https%3A%2F%2Fwww.iess.gob.ec%2Fnoticias%3Fp_id%3D101_INSTANCE_4DHq%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal
- Hagan, M. J., Feler, J., Sun, F., Leary, O. P., Bajaj, A., Kanekar, S., . . . Fridley, J. S. (2022). Spinal cord injury in adult and pediatric populations. *Interdisciplinary Neurosurgery*, 29(101594), 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inat.2022.101594>
- Harvey, L. (2008). *Management of Spinal Cord Injuries: A Guide for Physiotherapists*. Churchill Livingstone/Elsevier. <https://doi.org/9780443068584>
- Heinemann, A., Parmet, S., y Bombardier, C. (s.f.). *Centro de Traducción de Conocimientos de Sistemas Modelo*. La depresión después de una lesión de la médula espinal: <https://msktc.org/sci/factsheets/la-depresion-y-las-lesiones-de-la-medula-espinal>
- Henao, C. P., y Pérez, J. E. (2010). Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. *Aquichan*, 10(2). <https://doi.org/10.5294/aqui.2010.10.2.5>
- Hua, X., Lub, J., Wanga, Y., Panga, R., Liua, J., Goua, X., . . . Wanga, W. (2024). Effects of a lower limb walking exoskeleton on quality of life and activities of daily living in patients with complete spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Technology and Health Care*, 243-255. <https://doi.org/10.3233/THC-220871>
- Jovanovic, L. I., Kapadia, N., Zivanovic, V., Rademeyer, H., Alavinia, M., McGillivray, C., . . . Marquez-Chin, C. (2021). Brain-computer interface-triggered functional electrical stimulation therapy for rehabilitation of reaching and grasping after spinal cord injury:

- a feasibility study. *Spinal Cord Series and Cases*, 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41394-020-00380-4>
- Liu, M., Wilder, S., Sanford, S., Glassen, M., Dewil, S., Saleh, S., y Nataraj, R. (2023). Augmented feedback modes during functional grasp training with an intelligent glove and virtual reality for persons with traumatic brain injury. *Frontiers In Robotics And AI*, 1-15. <https://doi.org/10.3389/frobt.2023.1230086>
- Lozano-Berrio, V., Alcobendas-Maestro, M., Perales-Gómez, R., Pérez-Borrego, Y., Gil-Agudo, A., Polonio-López, B., . . . de los Reyes-Guzmán, A. (2024). ¿Puede la terapia robótica mejorar el rendimiento en las actividades de la vida diaria? Un ensayo clínico aleatorizado y controlado en pacientes con lesión medular subaguda. *Applied Sciences Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app14188478>
- Mackenzie, L., Su Zan, E., Tan, S. Z., y Benad, L. (2025). An evaluation of the feasibility and clinical utility of the Diego™ computer-assisted robotics device for use with people with a cervical spinal cord injury in the acute setting: a mixed method pilot study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. <https://doi.org/10.1080/09638288.2025.2476028>
- Maresca, G., Latella, D., Formica, C., Veneziani, I., I. A., Quartarone, A., . . . Cola, M. C. (2020). The Effects of Home Automation on Personal and Social Autonomies in Spinal Cord Injury Patients: A Pilot Study. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/>
- Margetis, K., Das, J. M., y Emmady, P. D. (02 de junio de 2025). *Lesiones de la médula espinal*. National Center for Biotechnology: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560721/>
- OMS. (02 de diciembre de 2013). *Organización Mundial de la Salud*. Al menos 500 000 personas sufren lesiones medulares cada año: <https://www.who.int/es/news/item/02-12-2013-spinal-cord-injury-as-many-as-500-000-people-suffer-each-year>
- OMS. (7 de marzo de 2023). *Organización Mundial de la Salud*. Discapacidad: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

- OMS. (16 de abril de 2024). *Organización Mundial de la Salud*. Lesión de la médula espinal: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
- Organización Mundial de la Salud; Organización Mundial de la Propiedad Intelectual y Organización Mundial del Comercio. (2013). *Promover el acceso a las tecnologías médicas y la innovación*. Book Now Ltd., Londres.
- Osuagwu, B. A., Timms, S., Peachment, R., Dowie, S., Thrussell, H., Cross, S., . . . Taylor, J. T. (2020). Home-based rehabilitation using a soft robotic hand glove device leads to improvement in hand function in people with chronic spinal cord injury:a pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 3-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12984-020-00660-y>
- Pierella, C., Galofaro, E., De Luca, A., Losio, L., Gamba, S., Massone, A., . . . Casadio, M. (2021). Recovery of Distal Arm Movements in Spinal Cord Injured Patients with a Body-Machine Interface: A Proof-of-Concept Study. *Sensors Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 21(2243), 1-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s21062243>
- Prasad, S., Aikat, R., Labani, S., y Neha, K. (2018). Efficacy of Virtual Reality in Upper Limb Rehabilitation in Patients with Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Asian Spine Journal*, 927-934. <https://doi.org/https://doi.org/10.31616/asj.2018.12.5.927>
- Quinones, C., Wilson, J. P., Kumbhare, D., Guthikonda, B., y Stanley, H. (2024). Clinical Assessment and Management of Acute Spinal Cord Injury. *Journal of clinical medicine*, 13(19)(5719). <https://doi.org/10.3390/jcm13195719>
- Randazzo, L., Iturrate, I., Perdakis, S., y Millán, J. d. (2017). Mano: A Wearable Hand Exoskeleton for Activities of Daily Living and Neurorehabilitation. *IEEE Robotics and Automation Letters*. <https://doi.org/10.1109/LRA.2017.2771329>
- Rivera, J., Bory, J., Hernández, L., y Palacios, J. (14 de enero de 2025). *Scielo*. Revista mexicana de ingeniería biomédica: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322024000200007

- ScienceDirect. (2022). Escala de deterioro de la Asociación Estadounidense de Lesiones Medulares: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/american-spinal-injury-association-impairment-scale>
- Shih, J. J., Krusienski, D. J., y Wolpaw, J. R. (2012). Interfaces cerebro-computadora en medicina. *Mayo Clinic Proceedings*, 87(3), 268–279. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2011.12.008>
- Soekadar, S., Witkowski, M., Gómez, C., Opisso, E., Medina, J., Cortese, M., y Cempini, M. (2016). Hybrid EEG/EOG-based brain/neural hand exoskeleton restores fully independent daily living activities after quadriplegia. *Science Robotics*, 1(eaag3296).
- Sun Son, Y., y Han Kwon, K. (12 de diciembre de 2023). *Utilización de dispositivos inteligentes y evolución de servicios de salud personalizados centrados en big data: una revisión sistemática*. mHealth: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10839508/>
- Tak, S., Choi, W., y Lee, S. (2015). Game-Based Virtual Reality Training Improves. *Medical Science and Technology*, 56, 53-59. <https://doi.org/10.12659/MST.894514>
- Thøgersen, M., Mohammadi, M., Ahsan, M., Hein, S., Kobbelaar, F., Bo, B., . . . Andreasen Struijk, L. N. (2022). User Based Development and Test of the EXOTIC Exoskeleton: Empowering Individuals with Tetraplegia Using a Compact, Versatile, 5-DoF Upper Limb Exoskeleton Controlled through Intelligent Semi-Automated Shared Tongue Control. *Sensors*, 22, 1-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s22186919>
- Vieira, A., Blanco, X., y Quijadas, D. (2018). Sistema domótico para control de temperatura e iluminación de un apartamento para lesionados medulares (paraplégicos). *Tekhné*, 21(5), 023-045. <https://doi.org/1316-3930>
- Whiteneck, G., Dijkers, M., Heinemann, A., Bogner, J., Bushnik, T., Cicerone, K., . . . Malec, J. (2011). Desarrollo de la evaluación de la participación con herramientas recombinadas: objetivo para su uso después de una lesión cerebral traumática. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(4), 542-551.

- Wyndaele, M., y Wyndaele, J. (2006). Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? *Spinal cord*, 44(9), 523–529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101893>
- Zarco, M., Barrera, J., García, I., Méndez, B., A, F., y Echevarría, C. (2022). Calidad de vida en personas con lesión medular de más de 10 años de evolución. La implicación de las complicaciones secundarias. *ELSEVIER*, 56(1), 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2021.04.006>

Anexos

Matriz de Registro de Artículos

Nº	BASE DE DATOS	REVISTAS	TÍTULO DE ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN	AUTOR Y AÑO DE PUBLICACIÓN	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	LUGAR DE PROCEDENCIA	HALLAZGOS / APORTES / IMPACTO
1	Scopus	Medical Science and Technology	El entrenamiento de realidad virtual basado en juegos mejora el equilibrio al sentarse tras una lesión medular: un ensayo clínico controlado, aleatorizado y simple.	(Tak et al., 2015)	Estudio Experimental - Cuantitativo	Seúl, Corea del Sur	Una alternativa divertida y a la vez rehabilitadora, resulta ser el entrenamiento con realidad virtual basado en juegos, siendo un método útil para aumentar la motivación y participación dentro del tratamiento. Con la aplicación del Nintendo Wii los pacientes mostraron avances notables en el equilibrio tanto estático como dinámico al sentarse, resultando ser fundamental para muchas actividades diarias, a más de eso, la influencia de estos programas ayuda positivamente el bienestar psicosocial de las personas afectadas.

2	BVS	Science Robotics	Exoesqueleto de mano híbrido neuronal y cerebral basado en EEG/EOG restaura la autonomía total en las actividades de la vida diaria después de una cuadriplejia.	(Soekadar et al., 2016)	Estudio experimental-cuantitativo	Tubinga, Alemania	El desarrollo de un exoesqueleto de mano, ligero y no invasivo, controlado por señales cerebrales y movimientos oculares, se ha convertido en uno de los dispositivos más innovadores de estos últimos tiempos. Nos demostró como personas con cuadriplejia severa lograron volver a ser totalmente independiente en actividades cotidianas tan básicas, lo destacable es que todo esto se realizó en entornos propios, es decir fuera de espacios clínicos, siguiendo completamente su vida diaria, lo que nos muestra el gran potencial que tienen las tecnologías no invasivas al devolver autonomía y participación ocupacional de manera práctica y accesible.
3	Scopus	Virtual Reality	Evaluación de las actividades de la vida diaria en la lesión medular mediante el sistema de realidad virtual Toyra®:	(Dimbwadyo T. et al., 2016)	Estudio descriptivo con un enfoque cuantitativo	Toledo, España	Un grupo de pacientes con lesión medular completa obtuvo cambios significativos luego de realizar un programa de rehabilitación con el

			correlaciones funcionales y cinemáticas.				Sistema Toyra®, el mismo que permitía entrenar actividades cotidianas en un entorno virtual motivador, manteniendo una fuerte correlación entre la simulación y las ganancias funcionales; sin embargo, se observó que, a mayor nivel de lesión, el índice de agilidad presento valores más bajos.
4	PubMed	Disability and Rehabilitation: Assistive Technology Taylor & Francis Group	Rehabilitación de la extremidad superior después de una lesión medular: un tratamiento basado en un guante de datos y un entorno de realidad virtual inmersiva.	(Dimbwadyo T. I. et al., 2016)	Estudio piloto	Toledo, España	Por medio de un estudio piloto se exploró el uso de un guante de datos CyberTouch, en conjunto con la realidad virtual como una propuesta prometedora en la rehabilitación de las extremidades superiores en pacientes con lesión medular. Se observaron tendencias positivas en el equilibrio, la coordinación, la destreza y el agarre fino; además el sistema permitió realizar un seguimiento minucioso del progreso funcional de los usuarios.

5	Scopus	IEEE Robotics and Automation Letters	Mano: Un exoesqueleto de mano portátil para actividades de la vida diaria y neurorrehabilitación	(Randazzo et al., 2017)	Estudio cuantitativo-experimental	Sion, Suiza	"Mano", un exoesqueleto de mano portátil y ligero, diseñado para devolver la capacidad de realizar habilidades motoras finas, partiendo desde el agarre y la presión, además es novedoso por permitir presenciar la sensibilidad y la movilidad de los dedos; demostrando así un avance significativo para recuperar la autonomía a través de sensaciones cotidianas.
6	PubMed	American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation	El entrenamiento asistido por robot del movimiento de brazos y manos muestra mejoras funcionales en la lesión incompleta de la médula espinal cervical	(Francisco et al., 2017)	Estudio piloto pretest/posttest/seguimiento.	Texas, Estados Unidos	Un entrenamiento intensivo y repetitivo asistido por la aplicación robótica MAHI Exo-II, es seguro y puede considerarse una opción prometedora para mejorar la funcionalidad del miembro superior, a través de este piloto, los pacientes mostraron mejoras significativas en la fuerza, el agarre y la destreza manual, aunque el estudio fue pequeño sugiere que es un valioso complemento en la

							rehabilitación, que requiere mayor investigación para validar estos hallazgos.
7	Scielo	Tekhnê	Sistema domótico para control de temperatura e iluminación de un apartamento para lesionados medulares (paraplégicos)	(Vieira et al., 2018)	Estudio exploratorio con un muestreo cualitativo.	Caracas Venezuela	Se propone como una solución domótica casera y de bajo presupuesto, automatizado para controlar la iluminación y la temperatura del hogar desde una aplicación, buscando de este modo, mejorar la calidad de vida de personas con paraplejia mediante el uso de tecnología accesible; se estima ser una solución para aumentar la autonomía y el confort de sus propios hogares, resolviendo desafíos cotidianos; a pesar de ello, el avance de este campo aún es limitado.
8	PubMed	Asian Spine Journal	Eficacia de la realidad virtual en la rehabilitación de miembros superiores en pacientes con lesión de la médula espinal: un ensayo piloto	(Prasad et al., 2018)	Estudio Experimental y Exploratorio con un enfoque cuantitativo	Nueva Delhi, India	Incluir la realidad virtual como estrategia de rehabilitación de la extremidad superior mostró un cambio porcentual dentro de la motivación y el compromiso de los pacientes

			controlado aleatorizado.				durante la recuperación a largo plazo, integrar el Nintendo Wii, evidenció un cambio positivo en la función de la mano y la destreza manual, aunque estas diferencias no se consideran tan significativa a comparación del tratamiento convencional.
9	PubMed	Archives of Physical Medicine and Rehabilitation (ACRM)	Ganancias clínicamente significativas en la coordinación de agarre hábil por un individuo con tetraplejia utilizando una interfaz cerebro-computadora implantada con estimulación muscular transcutánea del antebrazo.	(Bockbrader et al., 2019)	Ensayo clínico de Fase I/ experimental	Ohio, Estados Unidos	Este estudio nos demuestra la evolución de un paciente, que a través de un pequeño implante cerebral controlaba la estimulación muscular, logrando realizar agarres finos, precisos y coordinados, permitiendo manipular desde objetos de entrenamiento hasta artículos del hogar y realizar actividades de ocio, evidenciando una mejora significativa en su independencia diaria, mostrando además que la neuro tecnología puede ser una herramienta valiosa y precisa en la rehabilitación.

10	PubMed	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation	La rehabilitación en el hogar utilizando un dispositivo de guante robótico blando para la mano conduce a la mejora de la función manual en personas con lesión medular crónica: un estudio piloto	(Osuagwu et al., 2020)	Estudio piloto longitudinal	Aylesbury, Reino Unido.	Continuar con un proceso de rehabilitación desde la comodidad del hogar, ahora es una oportunidad; esta nueva alternativa que ofrece el guante robótico blando SEM, que está diseñado para fomentar la participación activa de tareas motoras, el mismo que brindó resultados alentadores en la manipulación de objetos y la fuerza del agarre, siendo así, una estrategia de recuperación accesible y de fácil aplicación incluso sin supervisión de un profesional.
11	PubMed	IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering	Mejorar la función de agarre tras una lesión de la médula espinal con un guante robótico suave	(Maresca et al., 2020)	Estudio experimental	Cambridge, Estados Unidos	Con este estudio se muestra la funcionalidad que tiene un guante robótico blando hecho de tela, demostrando ser un dispositivo tecnológico prometedor por la seguridad, comodidad y el resultado que se pretende alcanzar con su utilidad. Ofrece cuatro estados de movimiento, con los cuales se registró mejoras significativas en la fuerza de

							agarre, mayor rango articular y desempeño en tareas cotidianas, sin embargo, la velocidad en estas actividades no tuvo una evolución considerable.
12	BVS	Journal of Clinical Medicine Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).	Los efectos de la domótica en la autonomía personal y social de pacientes con lesión medular: un estudio piloto.	(Correia et al., 2020)	Estudio experimental	Messina, Italia	En comparación con un entrenamiento tradicional, este artículo explora la eficacia de los sistemas de automatización del hogar como una nueva herramienta en la rehabilitación, que mejora la autonomía, el bienestar psicológico además del funcionamiento social y cognitivo. Por medio de un entorno automatizado se puede ayudar a aliviar la frustración y el aislamiento social, facilitando a los pacientes adquirir nuevas habilidades.
13	Scopus	Spinal Cord Series and Cases	Terapia de estimulación eléctrica funcional activada por interfaz cerebro-computadora para la rehabilitación del alcance y el agarre	(Jovanovic et al., 2021)	Estudio de viabilidad/ Exploratorio	Toronto, Canadá	Al implementar la intervención BCI-FEST, se reveló lo eficaz que puede ser el uso de la tecnología en la rehabilitación hospitalaria,

			después de una lesión de la médula espinal: un estudio de viabilidad				incluso superando los tratamientos convencionales. Demostró que es fácil de configurar, segura y que puede aplicarse con éxito en el reentrenamiento de las extremidades superiores en pacientes con lesión medular incompleta subaguda. En pocas palabras, es una alternativa prometedora para que estos usuarios mejoren considerable su alcance y agarre.
14	PubMed	Sensors Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)	Recuperación de los movimientos distales del brazo en pacientes con lesión de la médula espinal con una interfaz cuerpo-máquina: un estudio de prueba de concepto.	(Pierella et al., 2021)	Estudio de prueba de concepto/ Exploratorio - Experimental	Génova, Italia	Este estudio valida la factibilidad del uso de una Interfaz Cuerpo-Máquina (BoMI) con sensores colocados en el brazo y antebrazo para promover su movilidad, especialmente en la articulación del codo, para pacientes con lesión medular cervical a través de juegos virtuales. Cumpliendo ser una herramienta prometedora para que las personas recuperen movimientos distales, esenciales para la independencia.

15	PubMed	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation	Ayudar a mejorar la función de la mano después de una lesión de la médula espinal con un guante robótico suave hecho de tela.	(Alicea et al., 2021)	Estudio de caso en serie con un enfoque cuantitativo	Cambridge, Estados Unidos	La robótica blanda emerge como una alternativa moderna que combina los principios de la robótica tradicional, reemplazando la por materiales flexibles; un guante robótico hecho de tela, marcó la diferencia funcional en pacientes con lesión medular, este artículo demostró que los usuarios mejoraron sus habilidades al momento de manipular objetos, aumentaron su fuerza y su destreza motora, haciendo la vida más autosuficiente.
16	PubMed	Sage Journals	RehabHand: Juegos serios orientados a tareas para la rehabilitación de miembros superiores mediante el uso del controlador Leap Motion en la población	(De los Reyes et al., 2021)	Estudio experimental	Toledo, España	La tecnología tiene un creciente interés para la neurorrehabilitación, RehabHand, es un prototipo de juegos serios diseños para el entrenamiento de habilidades manipulativas, correlacionadas con la

			objetivo con lesión de la médula espinal.				funcionalidad y fuerza muscular; con la ayuda de este estudio se logró identificar qué los pacientes con lesión medular cervical con una puntuación motora de 4 o más en el brazo puede tener mayores beneficios al incluir este tipo de terapia en su tratamiento.
17	PubMed	Sensors Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)	Desarrollo y prueba del exoesqueleto EXOTIC basado en el usuario: empoderamiento de personas con tetraplejia mediante un exoesqueleto de extremidades superiores compacto y versátil de 5 grados de libertad controlado mediante un control lingual compartido semiautomatizado inteligente.	(Thøgersen et al., 2022)	Estudio experimental- Diseño cualitativo y cuantitativo	Aalborg, Dinamarca	"EXOTIC", un exoesqueleto de brazo y mano, es un dispositivo novedoso de asistencia, diseñado para personas con tetraplejia severa; su aplicación facilitó la realización de una serie de actividades diarias de forma independiente. Se encuentra automatizado por una interfaz de control lingual que permite el manejo voluntario y continuo de los movimientos.
18	Scopus	Frontiers In Robotics And AI	Retroalimentación aumentada multimodal para el entrenamiento de agarre funcional mediante un guante inteligente y realidad	(Liu et al., 2023)	Estudio experimental comparativo	Nueva Jersey, Estados Unidos	Al incorporar la robótica en conjunto con actividades de realidad virtual en la rehabilitación de usuarios con afectaciones medulares

			virtual para personas con lesión de la médula espinal.				crónicas desde casa, se le brinda la posibilidad de continuar su proceso de tratamiento intensivo, incluso fuera del hospital. Lo que resulta ser una alternativa moderna, que ofrece un entrenamiento adaptado a las necesidades del paciente, logrando obtener un resultado efectivo con grandes ganancias funcionales que mejoran su participación ocupacional en el día a día.
19	PubMed	Cureus	Terapia de ejercicios de realidad virtual semiinmersiva para la rehabilitación de miembros superiores en pacientes con lesión de la médula espinal utilizando el controlador Leap Motion.	(Al Nattah et al., 2024)	Estudio de caso/ Enfoque descriptivo-exploratorio	Roma, Italia	Prescrito por un fisiatra y supervisado por un terapeuta ocupacional es como surge la iniciativa de este estudio, donde la realidad virtual semiinmersiva usando el controlador Leap Motion se posiciona como una estrategia accesible, portátil y de fácil aplicación que fomenta la participación activa en los entrenamientos virtuales a través de espacios gamificados, lo que resulta ser atractivo y motivador durante el proceso de rehabilitación.

20	PubMed	Technology and Health Care	Efectos de un exoesqueleto para caminar en miembros inferiores sobre la calidad de vida y las actividades de la vida diaria en pacientes con lesión medular completa: un ensayo controlado aleatorizado	(Hua et al., 2024)	Estudio exploratorio	Sichuan, China	El entrenamiento de la marcha con un exoesqueleto, tiene un potencial que puede impactar la calidad de vida y la participación en las actividades cotidianas de pacientes con lesión medular completa, aunque con este estudio no se mostró mejoras ni diferencias significativas en comparación con el tratamiento convencional, no obstante, se evidenció una tendencia positiva en la salud psicológica y la relaciones sociales de los participantes, por lo que se recomienda investigaciones con poblaciones más numerosas.
21	Scopus	Applied Sciences Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).	¿Puede la terapia robótica mejorar el rendimiento en las actividades de la vida diaria? Un ensayo clínico aleatorizado y controlado en pacientes con lesión medular subaguda.	(Lozano-Berrio et al., 2024)	Estudio experimental-cuantitativo	Toledo, España	Los resultados obtenidos en este estudio respaldan los hallazgos preliminares realizados antes por este mismo grupo de autores, donde confirman que la terapia robótica puede complementar eficazmente la

							terapia convencional; los pacientes que se investigaron mejoraron su rendimiento; las escalas de valoración aumentaron en actividades de autocuidado y una mayor suavidad en el movimiento.
22	PubMed	Disability and Rehabilitation: Assistive Technology Taylor & Francis Group	Una evaluación de la viabilidad y utilidad clínica del dispositivo robótico asistido por computadora Diego™ para su uso con personas con lesión de la médula espinal cervical en el entorno agudo: un estudio piloto de método mixto	(Mackenzie et al., 2025)	Estudio piloto con métodos cualitativos y cuantitativos	Sydney, Australia	La evaluación del dispositivo robótico Diego™ en un entorno hospitalario agudo demostró ser una herramienta factible y útil dentro de la rehabilitación temprana para pacientes con lesiones medulares cervical; sus registros en la mejora de fuerza y rango de movimiento no fueron estadísticamente significativos, sin embargo, los resultados obtenidos sorprendieron al reportar grandes beneficios psicológicos, partiendo desde mayor motivación, compromiso e interés por parte de los participantes.