



Universidad de Valladolid



**Facultad
de Fisioterapia
de Soria**

FACULTAD DE FISIOTERAPIA DE SORIA

Grado en Fisioterapia.

Mención en fisioterapia pediátrica.

TRABAJO DE FIN DE GRADO.

USO DE LA ROBÓTICA Y LA TECNOLOGÍA EN LA REHABILITACIÓN DE LA MARCHA EN NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: REVISIÓN NARRATIVA

Presentado por: Alicia Rodríguez Fernández.

Tutor: Francisco J. Navas Cámara.

12 de junio de 2019.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL	2
2.1.1. HISTORIA.....	2
2.1.2 DEFINICIÓN.....	2
2.1.3. EPIDEMIOLOGÍA.....	3
2.1.4. ETIOLOGÍA.....	3
2.1.5. DIAGNÓSTICO	4
2.1.6. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS	5
2.2. LA MARCHA.....	8
2.2.1. MARCHA NORMAL	8
2.2.2. MARCHA PATOLÓGICA	11
2.3. ABORDAJE FISIOTERÁPICO EN PCI	12
2.3.1. GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE	13
2.3.2. DISPOSITIVOS ROBÓTICOS	15
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. OBJETIVOS	19
4.1 OBJETIVO PRINCIPAL	19
4.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	19
5. MATERIAL Y MÉTODOS.	19
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
6.1. SOPORTE DEL PESO CORPORAL.....	22
6.2. VELOCIDAD DE LA MARCHA Y DISTANCIA CAMINADA	22
6.3. GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE	24
6.4. SIMETRÍA DE LA MARCHA Y DE LA PELVIS.	25
6.5. CONTROL MOTOR Y POSTURAL Y MOVILIDAD.	25
6.6. OTROS PARÁMETROS.	26
6.7. LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS	27
7. CONCLUSIONES	28
7.1 CONSIDERACIÓN FINAL.	28
8. BIBLIOGRAFÍA.	29
9. ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Principales características de los diferentes tipos de PCI.

Tabla 2. Niveles de la escala GMFCS.

FIGURAS

Figura 1. Distribución topográfica de la PCI.

Figura 2. Fases del ciclo de la marcha.

Figura 3. Asistente robótico Lokomat®.

Figura 4. Asistente robótico CL1 Walker.

Figura 5. Sistema robótico CaLT.

Figura 6. Diagrama de flujo.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

- **GC.** Grupo Control
- **GE.** Grupo experimental.
- **GMFCS.** Gross Motor Function Classification System.
- **GMFM.** Gross Motor Function Measure.
- **PCI.** Parálisis cerebral infantil.
- **SNC.** Sistema Nervioso Central.

1. RESUMEN

Introducción. La parálisis cerebral infantil (PCI) se define como un grupo de trastornos del movimiento y de la postura debido a una lesión sobre un cerebro en desarrollo. Es la principal causa de discapacidad infantil, cuya prevalencia es de 2 niños por cada 1000 nacidos vivos, lo que supone que en España cada año aparezcan 1500 nuevos casos. El 75 % de los niños con PCI desarrollan el tipo espástico.

Justificación y objetivos. Realizar una búsqueda bibliográfica que permita analizar los últimos estudios e identificar los principales sistemas robóticos, pudiendo así determinar si aportan beneficios en la rehabilitación de la marcha de los niños con PCI.

Material y métodos. Se ha realizado una revisión narrativa en las bases de datos Medline, PEDro, Google Académico y Dialnet. Se ha desarrollado una búsqueda durante los meses de febrero a mayo de 2019, cuya estrategia de búsqueda incluía diferentes términos Mesh, como “cerebral palsy”, “robotics”, “gait”, “technology” y “therapy”. Tras cumplir una serie de criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 10 artículos para la realización de este trabajo.

Resultados y discusión. Durante las últimas décadas se han diseñado diferentes sistemas robóticos para la rehabilitación de los pacientes con enfermedades neurológicas. En pediatría está siendo una novedad y se está comenzando a estudiar en la actualidad. El principal beneficio que presentan estos sistemas es que promueven la neuroplasticidad a través de un aprendizaje mediante repeticiones continuadas. Pese a las limitaciones encontradas en los estudios se puede establecer que el tratamiento mediante órtesis robóticas mejora la velocidad de la marcha, la distancia caminada, el control motor y postural y la movilidad de los pacientes con PCI. Los estudios apenas comparan los resultados con fisioterapia convencional.

Conclusiones. Se necesita un mayor número de estudios, con muestras de población más grandes y una estandarización del protocolo respecto al número de sesiones con las órtesis activas, el tiempo de tratamiento y grupos más homogéneos.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

2.1.1. HISTORIA

En el año 1843, un médico ortopedista inglés William Little, agrupó una serie de alteraciones que se asociaban a padecimientos cerebrales¹.

Estudió a niños prematuros o que hubiesen sufrido asfixia perinatal, los cuales tenían dificultades para agarrar y sujetar objetos, gatear y caminar, observando que existía una relación entre una hemiplejía y alteraciones esqueléticas. En base a sus observaciones publicó un tratado titulado como "*Deformities of the human frame*", conociéndose la parálisis cerebral como la enfermedad de Little^{1,2}.

En el año 1900, Phelps introdujo un tratamiento para niños, que abarcaba la terapia física, el uso de órtesis y el bloqueo de los nervios³.

Describió cuatro objetivos principales a tratar: a) locomoción; b) independencia en las actividades de la vida diaria; c) lenguaje y d) apariencia general⁴.

A lo largo de los años se han ido modificando las definiciones, las clasificaciones y los tratamientos de la parálisis cerebral.

2.1.2 DEFINICIÓN

La PCI se define como "*grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y la postura, causantes de limitación de la actividad, que son atribuidos a una agresión no progresiva sobre un cerebro en desarrollo, en la época fetal o primeros años*"⁴.

La lesión en un cerebro en desarrollo provoca alteraciones en la maduración del sistema nervioso central (SNC), con una serie de características, según las cuales se pueden establecer diferentes tipos de PCI.

Es una patología que se define como **no progresiva**, es decir, es definitiva, aunque con el tiempo sí que varían las consecuencias y las manifestaciones clínicas en el niño⁵.

2.1.3. EPIDEMIOLOGÍA

La PCI se ha convertido en la causa más frecuente de discapacidad física, psíquica y motora en la población infantil^{2,5}.

La prevalencia global de la PCI se establece en torno a los 2 y 3.5 casos por cada 1000 recién nacidos vivos⁴.

La prevalencia en España es de 2 casos por cada 1000 recién nacidos vivos, por lo que se estima que cada año nacen o desarrollan PCI un total de unos 1500 niños².

En los últimos años se ha registrado un ligero aumento, debido a los avances en medicina y a la mayor supervivencia de los recién nacidos (RN) con bajo peso al nacer⁵.

2.1.4. ETIOLOGÍA

La etiología de la PCI ha ido variando por el desconocimiento que se tenía de la enfermedad, pero en los últimos años, debido al avance de las tecnologías y de la ciencia, se ha podido mejorar el diagnóstico de la PCI y se han fijado como sus causas principales la prematuridad y la hipoxia neonatal^{1,2,5}.

Dependiendo de cuándo ocurren los daños en el cerebro, se establecen diferentes categorías agrupadas en tres periodos: el prenatal, el perinatal - neonatal, y el postnatal.

2.1.4.1. Periodo prenatal

Se engloban en este grupo las alteraciones del desarrollo durante los 7 primeros meses de embarazo, especialmente las que se presentan en los 3 primeros meses³. También se incluyen las alteraciones genéticas que contribuyen a malformaciones cerebrales⁵.

Otro tipo de alteraciones son por efectos teratogénicos. Montañana⁵ explica que:

“El agente teratogénico es cualquier sustancia, organismo o agente físico que, durante la gestación, puede causar un defecto congénito en el feto. Estos defectos incluyen cualquier alteración estructural, funcional o metabólica identificable en el nacimiento”.

Pueden ser:

- Biológicos: virus o bacterias, como la rubeola, la varicela o la toxoplasmosis⁵.
- Físicos: radiaciones ionizantes o aumento de temperatura de la madre durante el embarazo (fiebre)⁵.

- Químicos: consumo de fármacos o drogas⁵.

Otras de las causas más comunes prenatales son: madre añosa, enfermedades autoinmunes, traumatismos, alteraciones de la placenta, gestación múltiple o hipertensión arterial^{2,4}.

2.1.4.2. Periodo perinatal - neonatal

El periodo perinatal engloba desde la semana 28 de gestación hasta el séptimo día fuera del útero de la madre, lo que incluye el proceso del parto; mientras que el periodo neonatal va desde el séptimo día hasta los 28 primeros días desde el nacimiento³.

Dentro de este grupo, se encuentra la principal causa que es la prematuridad, en el que los niños nacen con el sistema pulmonar y el SNC inmaduros, produciendo dificultades en los sistemas, respiratorio, renal, metabólico y hemodinámico del recién nacido. Todo esto produce una tendencia a la rotura de capilares, y por tanto se producen hemorragias⁵.

También se incluyen como posibles causas el desprendimiento de la bolsa, la hipoxia durante el parto, el prolapso del cordón umbilical, el bajo peso al nacer (el riesgo de PCI aumenta si el peso es menor de 2,5 Kg), los partos múltiples, las incompatibilidades del grupo sanguíneo y factor Rh entre madre y niño, las infecciones intrauterinas y neonatales, y los partos prolongados y/o instrumentales^{2,4,5}.

2.1.4.3. Periodo postnatal

Se desarrolla desde el día 28 después del nacimiento hasta los 3 años de vida³, aunque algunos autores lo amplían hasta los 5 años⁵.

Las causas son las menos comunes, e incluyen traumatismos craneoencefálicos, bien por accidentes, caídas o maltratos; infecciones cerebrales como la meningitis; problemas cardíacos; ahogamientos; deshidratación; trastornos metabólicos, etc.^{2,4,5}.

2.1.5. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico de la PCI se suele realizar antes de los 3 años de edad. Estos niños presentan disminución de los movimientos, posturas anormales, retraso en el desarrollo motor y tono muscular anormal, entre otros factores².

Para determinar si el niño presenta PCI se desarrolla un examen clínico, que consiste en:

- **HISORIA CLÍNICA:** se tendrán en cuenta todos los factores citados anteriormente en el punto 2.1.4.
- **EXAMEN NEUROLÓGICO:** se comprobará el desarrollo motor y la correcta presencia de reflejos, su intensidad, su calidad y el tiempo de latencia, así como la ausencia de signos patológicos.

Si se encuentran alteraciones cronológicas en el desarrollo motor, será un retraso motor simple. Si al primero se le suman alteraciones en el tono, en los reflejos y en la postura, el retraso será complejo⁶.

En cuanto a las alteraciones del tono, en los primeros meses se suele presentar hipotonía, que posteriormente puede evolucionar hacia formas espásticas, distónicas o atáxicas⁶.

Respecto a los reflejos, existen dos grupos. En el primero se engloban los reflejos primitivos, que existen desde el nacimiento y posteriormente van desapareciendo. Algunos ejemplos son el reflejo de Moro, el de prensión palmar, el de succión y el de búsqueda. La ausencia de estos reflejos después del nacimiento indica alteración neurológica. Según van desapareciendo, aparecen los denominados reflejos secundarios o de maduración, como el reflejo de Landau o reflejo de paracaídas^{4,6}.

- **RESONANCIA MAGNÉTICA (RM) Y TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA (TAC):** son pruebas que permiten obtener imágenes más detalladas del cerebro y de otras partes del cuerpo².
- **EVALUACIÓN DE PROBLEMAS SENSORIALES Y COGNITIVOS:** se deberán realizar de manera exhaustiva, mediante un equipo multidisciplinar. Se estima que aproximadamente el 50 % de los niños con PCI tienen problemas visuales, un 20 % déficit auditivo y entre un 50 y 70 % presentan retraso mental severo. Para el diagnóstico de los problemas visuales y auditivos se derivará al oftalmólogo y al otorrinolaringólogo, respectivamente. En cuanto a los problemas cognitivos se realizará una prueba de inteligencia, aunque los problemas de lenguaje pueden interferir en el resultado, puesto que hay varias pruebas que se basan en la medición de la capacidad verbal^{2,3}.

2.1.6. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

A lo largo de la historia, se han descrito varias clasificaciones, debido a que las causas de la PCI son múltiples. Las clasificaciones más actuales son las siguientes:

Fisiopatológicamente la PCI se puede clasificar en 4 tipos:

- **ESPÁSTICA.** Es la más frecuente, afectando a un 75 % de los casos⁵. Quienes la padecen tienen signos de neurona motora superior, lo que se determina por la respuesta plantar extensora, la hiperreflexia y la espasticidad. Realizan movimientos en masa, es decir, no son capaces de efectuar movimientos finos y precisos; además los desarrollan a poca velocidad y con mucho esfuerzo^{2,5}.

Según Madrigal² la PCI espástica se caracteriza por:

“Un aumento excesivo del tono muscular (hipertonía), acompañado de un elevado grado de rigidez muscular (espasticidad), que provoca movimientos exagerados y poco coordinados o armoniosos, especialmente en las piernas, los brazos y/o la espalda”.

- **DISCINÉTICA O ATETÓSICA.** Afecta en torno a un 10-15 % de los pacientes⁵. Se relaciona con la afectación de los núcleos basales del SNC. Su característica principal son las fluctuaciones del tono, pasando de hipertonía a hipotonía, además de la persistencia de los reflejos arcaicos. Cuando los afectados intentan realizar algún movimiento voluntario o con cambios de emociones, los miembros superiores se suelen poner rígidos pero, a diferencia de la espástica, estos niños no van a desarrollar contracturas^{2,4,5}.
- **ATÁXICA.** Afecta a menos de un 15 % de los enfermos⁵. Se relaciona con afectación en el cerebelo y/o vías cerebelosas. Se caracteriza por una hipotonía, que provoca alteración del equilibrio y de la coordinación, y por la descoordinación en la motricidad fina. Sus movimientos son espasmódicos e incontrolados, además de tener un control de la cabeza y del tronco deficiente, lo que les provoca dificultades motoras en la sedestación, la bipedestación y la marcha. Tienen disminuidos los reflejos osteotendinosos y de la sensibilidad. La ataxia suele mejorar con el tiempo^{2,5}.
- **MIXTA.** Se combinan algunas características de las anteriores, especialmente de la espástica y la atetósica².

En la tabla 1 se muestra el resumen de las características más importantes de los diferentes tipos de PCI.

Tabla 1. Características de los diferentes tipos de PCI. (Elaboración propia)

	PCI ESPÁSTICA	PCI ATETÓSICA	PCI ATÁXICA
% AFECTADOS	75 %	10-15 %	< 15 %
NIVEL DE LA LESIÓN	CORTEZA MOTORA, VIA PIRAMIDAL	NUCLEOS BASALES DEL SNC	CEREBELO Y/O VIAS CEREBELOSAS
TONO MUSCULAR	HIPERTONÍA	FLUCTUANTE	HIPOTONÍA
REFLEJOS	+	+	-

Además de lo descrito anteriormente, se pueden dar alteraciones asociadas como pueden ser discapacidad intelectual, epilepsia, trastornos tanto visuales como de audición, alteraciones en el habla, y por lo tanto en la comunicación, problemas para tragar y masticar, babeo incontrolado, incontinencia de esfínteres y alteraciones en el crecimiento^{2,4,5}.

Otras anomalías asociadas importantes que se intentan evitar con el tratamiento fisioterápico son las alteraciones ortopédicas. Wajid et al.⁷ indican que *“los problemas ortopédicos más comunes en niños con PCI incluyen subluxación, dislocación y displasia progresiva de la cadera, deformidades del pie y escoliosis”*.

Desde otro punto de vista, en función de la parte del cuerpo afectada se pueden establecer cuatro categorías^{1,2,4,5} (ver **figura 1**):

- **MONOPLEJIA O MONOPARESIA.** Solo se afecta un miembro. Existe mayor afectación en el miembro superior (más en el derecho), que en el inferior.
- **DIPLEJIA O DIPARESIA.** Se afecta la mitad inferior del cuerpo. Según Calzada et al.¹ *“el 80% de los pacientes prematuros que evolucionan hacia una PCI, presentarán este patrón”*.
- **HEMIPLEJIA O HEMIPARESIA.** Solo está afectado un lado del cuerpo.
- **TETRAPLEJIA O TETRAPARESIA.** Se encuentran afectados los cuatro miembros. Se aprecia una hipotonía a nivel del tronco, y no consiguen mantener control cefálico.

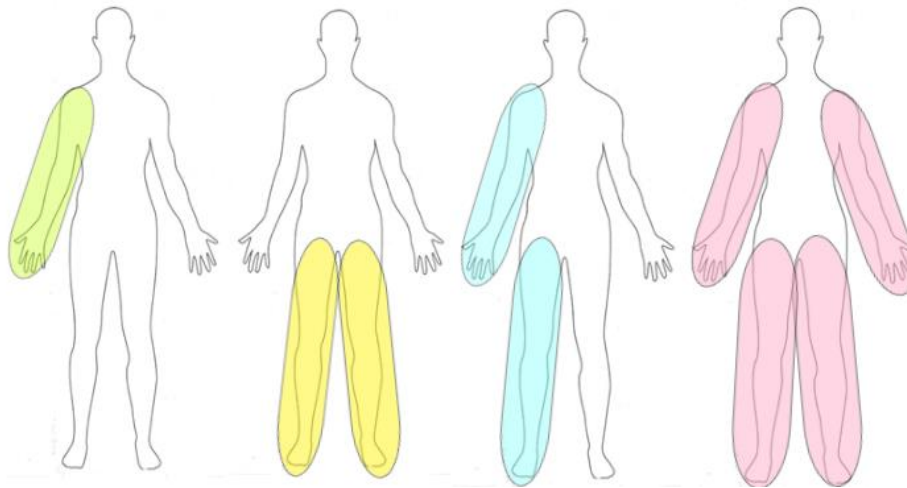


Figura 1. Clasificación topográfica de la PCI. Fuente: elaboración propia.

2.2. LA MARCHA

2.2.1. MARCHA NORMAL

Cifuentes et al.⁸ describen la marcha humana como:

“Conjunto de movimientos alternantes y rítmicos de las extremidades inferiores y del tronco, que permite el desplazamiento del cuerpo a través de la acción coordinada de cada uno de los componentes que conforman el sistema locomotor humano”.

Para entender bien la marcha se deben tener en cuenta varios conceptos^{9,10}.

- Ciclo de la marcha: también denominado zancada. Es el tiempo comprendido desde el contacto de un talón con el suelo, hasta el siguiente contacto del mismo talón con el suelo. Cada ciclo es dividido en dos secuencias:
 - Apoyo: se produce cuando el pie está en contacto con el suelo.
 - Oscilación: se produce cuando el pie se encuentra en el aire.
 Estas dos fases se van alterando de una extremidad a la otra durante la marcha.
- Longitud de paso: corresponde a la distancia que separa el apoyo inicial de un pie del apoyo inicial del pie contralateral.
- Cadencia: es el número de pasos o zancadas que da un sujeto en un tiempo determinado.
- Velocidad de marcha: tiempo que recorre una persona en un determinado tiempo.

2.2.1.1 Fases de la marcha

La marcha se distingue de la carrera en que durante la primera, siempre debe de haber un pie realizando apoyo, mientras que en la carrera, en un momento ambos pies están en oscilación.

El ciclo de la marcha se divide en dos fases, apoyo y oscilación; que a su vez se subdividen en varias acciones. Se encuentra esquematizado en la **Figura 2**.

Fase de apoyo. Es aproximadamente el 60 % del ciclo de la marcha y se subdivide en otras 5 fases⁹:

- **Contacto del talón:** también denominada impacto del talón. Se produce cuando el talón toca el suelo, con la rodilla en extensión y el tobillo en posición neutra. La articulación coxofemoral se encuentra en ligera flexión y el tronco está rotado^{11,12}.
- **Apoyo plantar:** se añade el contacto con el suelo de la parte anterior del pie. En esta fase el tobillo comienza a realizar flexión plantar hasta llegar a la siguiente fase y la rodilla gana flexión a la vez que la articulación va ganando extensión^{11,12}.
- **Apoyo medio:** también se designa como pie plano sobre el suelo. En esta fase el miembro inferior está alineado, con la articulación coxofemoral y el tobillo en posición neutra. La rodilla se encuentra en ligera flexión¹³.
- **Elevación o despegue del talón:** el contacto se queda reducido al antepié. Se comienza a realizar una flexión plantar o una flexión dorsal inversa del tobillo. La rodilla pierde flexión y se encuentra prácticamente en posición neutra y la coxofemoral comienza a realizar una extensión^{11,12}.
- **Despegue del pie:** en esta fase se produce un despegue del pie completo, finalizando por los dedos. El tobillo sigue en flexión plantar, la rodilla se flexiona hasta unos 40 ° aproximadamente y la articulación coxofemoral comienza a realizar flexión^{11,12}.

Fase de oscilación. Es aproximadamente el otro 40 % restante del ciclo de la marcha, y se subdivide en tres fases⁹:

- **Aceleración:** es la fase inicial y comprende aproximadamente el primer tercio del periodo de oscilación. Se produce inmediatamente después de que los dedos se despeguen del suelo. En esta fase el miembro inferior realiza un avance mientras el

pie se encuentra en el aire, con el tobillo en posición neutra, la rodilla en flexión, y la coxofemoral pasa de posición neutra a ligera flexión¹¹.

- Balanceo medio: la extremidad que se encuentra en el aire rebasa o adelanta a la pierna que se encuentra realizando el apoyo. El pie se encuentra en posición neutra y la rodilla y la articulación coxofemoral en flexión¹¹.
- Apoyo talón: se produce una desaceleración hasta que el talón toca el suelo, y se comienza de nuevo el ciclo de la marcha¹².

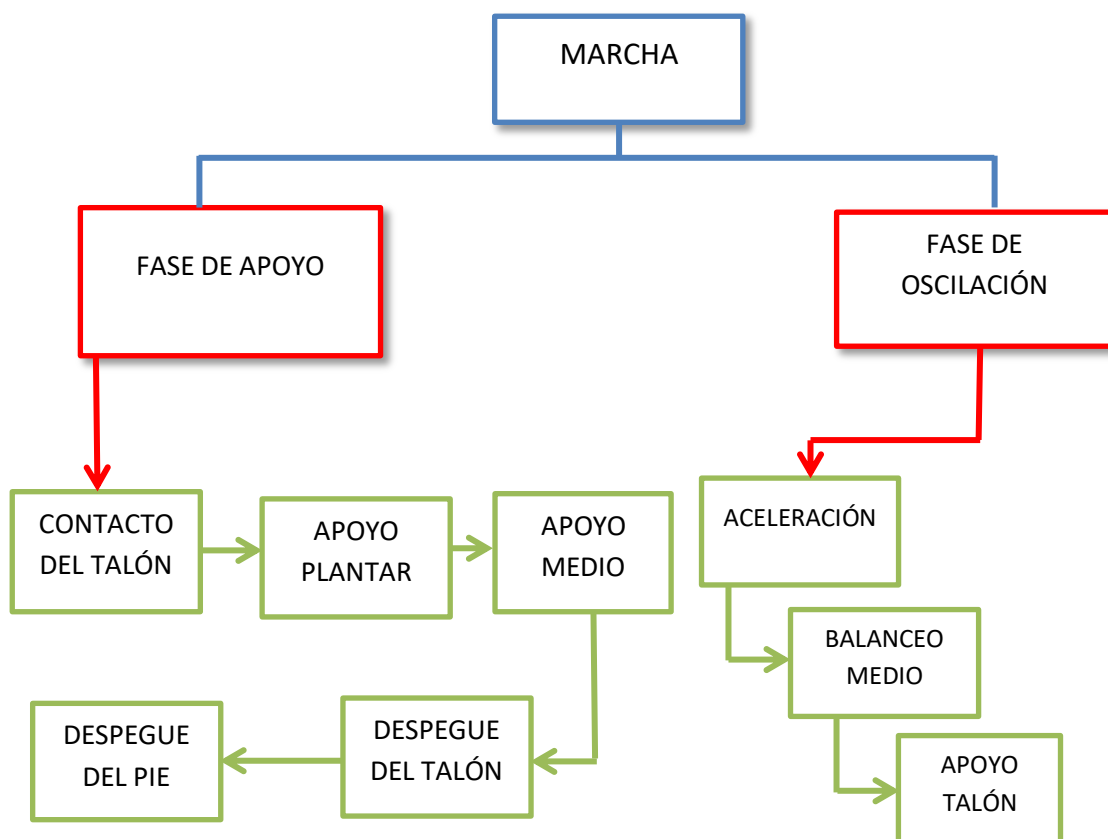


Figura 2. Fases de la marcha. Fuente: elaboración propia.

2.2.1.2. Desarrollo motor respecto a la marcha

En el desarrollo motor del niño es muy importante el ítem de la marcha.

A los 8 meses el niño comienza a reptar o arrastrarse sobre su abdomen buscando así la manera de desplazarse. A los 9 meses consigue el gateo de manera coordinada y sobre los 10 meses comienzan a realizar la marcha lateral con sujeción⁵.

Alrededor de los 12 meses el niño ya comienza a dar los primeros pasos de manera independiente y sobre los 18 meses realiza un desplazamiento totalmente independiente⁵.

A los 2-3 años se comienza a observar una marcha más controlada y madura, con un aumento en su velocidad⁵.

Entre los 5 y 7 años, el patrón de marcha es completamente normal, asemejándose a un adulto. Según Montañana⁵:

“A esta edad, sobre el talón carga un 61 % de su peso corporal, sobre el borde lateral un 4 % y sobre el antepié un 35 % aproximadamente. La longitud de paso se duplica en la primera infancia, se triplica a los 8 años y es cuatro veces mayor cuando el niño tiene 10 años. Esto se debe al crecimiento de las extremidades inferiores, mayor angulación de las articulaciones y aumento de la duración de la fase de oscilación”.

2.2.2. MARCHA PATOLÓGICA

La marcha patológica es aquella marcha que se ve alterada por algún tipo de trastorno musculoesquelético o neuromuscular⁸.

Los niños que presentan PCI tienen muchas dificultades en la capacidad de deambulación debido al déficit cognitivo, a las alteraciones visuales y a las deformaciones ortopédicas^{5,8}.

Para el desarrollo de la marcha, son muy importantes los ítems motores del desarrollo, la capacidad de bipedestación, las transferencias de peso y las reacciones de equilibrio y enderezamiento. Cuando esto no se consigue, no es posible la marcha⁵.

Montañana⁵ en su investigación explica que:

“En la PCI de carácter espástico, los niños que han alcanzado a los tres años la sedestación independiente y los patrones de locomoción que requieren de un buen control de tronco alcanzan la marcha independiente en la mayoría de los casos. En los síndromes disquinéticos algunos niños aprenden a caminar de forma independiente aunque su marcha es muy inestable y a menudo no les proporciona una independencia real”.

En numerosos casos de PCI, el crecimiento dificulta la marcha. Los niños que son capaces de caminar de manera autónoma, según van creciendo van perdiendo movilidad, debido a las deformaciones que se van originando, al aumento del peso y de la estatura y al crecimiento óseo y muscular, por lo que el niño va buscando nuevas estrategias de adaptación, que son cada vez más costosas⁵.

2.3. ABORDAJE FISIOTERÁPICO EN PCI

La fisioterapia neurológica es un campo complejo de intervención, más dificultoso si cabe en el ámbito de la pediatría.

En el niño se enseña o educa un movimiento, mientras que en el caso del adulto, el movimiento ya lo tiene aprendido, por lo que hay que reeducarlo^{14,15}.

La PCI es irreversible, pero el cuadro clínico de cada niño se puede modificar a lo largo del tiempo. El tratamiento que reciben tiene como objetivo optimizar su desarrollo motor a través de la terapia física y alcanzar la máxima independencia posible, tanto en habilidades motoras, como en el juego o en actividades de ocio⁵.

Los principales métodos de intervención fisioterápica en la PCI son los siguientes:

TERAPIA BOBATH: se basa en que los niños con PCI conservan los reflejos primitivos, por lo que tienen dificultades para controlar el movimiento voluntario². Compara detalladamente el tono postural anormal con el normal, teniendo en cuenta la jerarquización del neurodesarrollo¹⁴. Para ello, a través de la manipulación de los puntos clave se inhibe la actividad refleja patológica y se modula el tono y la postura anormal hasta llegar a la sensación de movimiento correcto^{2,14,15}.

LE MÉTAYER: se basa en un programa de educación terapéutica de la motricidad de los niños, a través de la evaluación clínica factorial de las funciones cerebromotrices. El examen permite distinguir las anomalías patológicas de las transitorias, o confirmar la motricidad normal¹⁶.

VOJTA: consiste en una técnica tanto de diagnóstico como de tratamiento global a través de la estimulación de respuestas reflejas de los músculos al presionar los puntos del cuerpo donde se encuentran las terminaciones nerviosas^{2,16}.

CINESITERAPIA Y ESTIRAMIENTOS: se basa en el movimiento tanto activo, como pasivo, como activo-asistido de palanca corta, para adaptar la intensidad a la respuesta de cada paciente^{2,17}. Muy importante para intentar prevenir tanto rigideces articulares como

deformidades ortopédicas, además de que disminuyen la espasticidad. Los estiramientos se realizarán de una manera suave y progresiva para evitar que se produzca clonus¹⁷.

TERAPIA FÍSICA INTENSIVA: Consiste en un programa de fortalecimiento intensivo y personalizado a través del traje TheraSuit®, que es una órtesis blanda, dinámica y propioceptiva. Este traje mejora y cambia la propiocepción del niño, además de reducir los reflejos patológicos y favorecer el alineamiento del cuerpo. Proporciona estimulación táctil y sensorial y mejora el patrón de marcha^{18,19}. Aunque actualmente no tiene evidencia científica, es un método en auge que se está investigando.

Todos estos métodos tienen como objetivos a través de tratamientos individualizados para cada paciente, mejorar o mantener los rangos articulares, desarrollar las reacciones de equilibrio y enderezamiento, conseguir una sedestación, bipedestación y marcha estable, mejorar el control postural, evitar deformidades, además de potenciar los músculos hipotónicos y elongar los músculos que se encuentran acortados²⁰.

Además, fuera de la fisioterapia, estos niños también reciben otros tratamientos como el farmacológico, la administración de toxina botulínica, el tratamiento ortopédico para las deformidades, la atención de logopeda, el tratamiento quirúrgico, y el apoyo psicosocial². Es muy importante un adecuado trabajo multidisciplinar.

2.3.1. GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE

Según Cobo et al.²¹ la *Gross Motor Function Measure* (GMFM) es una escala que *“fue diseñada para medir aspectos cuantitativos de la función motora gruesa y sus transformaciones, con posterioridad a un proceso de intervención, en especial en niños con PCI”*.

Por lo tanto, esta escala se usa como herramienta tanto para la valoración inicial, como para la valoración final. Además, aunque fue diseñada para niños con PCI, se ha empleado en otros con diferentes patologías^{21,22}.

Para poder realizar una clasificación general se utiliza la escala “Gross Motor Function Classification System” (GMFCS), que está dividida en 5 niveles:

Tabla 2. Niveles del GMFCS. Fuente: Elaboración propia según datos de Cobo et al. ²¹

NIVELES DEL GMFCS.	
NIVEL 1	Camina sin restricciones
NIVEL 2	Camina con limitaciones
NIVEL 3	Camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha, el cual puede autopropulsar.
NIVEL 4	Puede caminar distancias cortas con asistencia física, pero para desplazarse necesita dispositivos de ayuda.
NIVEL 5	Necesita ser transportado en una silla de ruedas.

Posteriormente a la GMFCS, se aplica la GMFM, diseñada inicialmente con 88 ítems, que mide la función motora gruesa en niños desde los 5 a los 16 años. La escala de 88 ítems se agrupa en 5 dimensiones (A. Decúbito y volteo; B. Sentado; C. Gateo y posición de rodillas; D. Bipedestación y E. Caminar, correr y saltar), puntuando cada ítem de 0 a 3, donde 0 significa “no inicia la tarea”, 1 “inicia la tarea”, 2 “completa parcialmente la tarea” y 3 “completa la tarea”²¹.

También se puede puntuar como “No evaluado” referido a que no se aplica, bien por la imposibilidad de ser realizado, o por el rechazo por parte del niño aunque muestre capacidades para realizarlo^{21,22}.

El tiempo estimado para aplicar la GMFM 88 es de 45 a 61 minutos, dependiendo del evaluador y del evaluado²². (La escala se encuentra explicada en el Anexo I)

Más adelante, se modificó la escala de 88 ítems y se diseñó una nueva versión con 66. Esta nueva versión comprime los aspectos que se evalúan en la GMFM-88 y requiere de un software para su ejecución^{21,22}.

Para obtener la puntuación final, se suman los puntos de los diferentes ítems de cada dimensión, se divide entre la puntuación máxima que se puede obtener (en cada dimensión) y se multiplica por 100. Posteriormente, se obtiene un resultado para cada dimensión, o bien se puede hacer de forma global²².

2.3.2. DISPOSITIVOS ROBÓTICOS

Según Loeza²³, la robótica se define como *“la aplicación de dispositivos con sistemas electrónicos o computarizados diseñados para realizar funciones humanas”*. Cuando estos robots se usan en el campo de la sanidad, para ayudar en la mejora de los pacientes de diversas maneras, se denominan robótica o **robots terapéuticos**²³.

En los años 60, la Universidad de Waseda (Japón), diseñó y presentó el primer robot capaz de caminar²⁴.

Desde entonces, han sido numerosos los estudios en los que se utilizan este tipo de robots para la rehabilitación de la marcha, en especial para pacientes con enfermedades neurológicas, como lesiones espinales, accidentes cerebrovasculares y enfermedades degenerativas de médula espinal^{24,25}.

A finales de los años 90, se desarrolló un sistema de locomoción robótico denominado exoesqueleto. La novedad que incluyó fue la utilización de una cinta rodante. Los países líderes en el estudio de este tratamiento lo encabezan Japón y España²⁴.

En los últimos años, se ha comenzado a utilizar estos sistemas de locomoción en niños con diferentes patologías neurológicas, como por ejemplo en PCI para el trabajo de la bipedestación y de la marcha.

Los exoesqueletos son “trajes” en los que se introduce al niño y que sostienen su cuerpo de forma externa. A través de motores hidráulicos imitan el movimiento correcto de la marcha sobre una cinta rodante. Estos robots cuentan con una serie de sensores, que detectan las señales nerviosas que el cerebro manda al músculo para realizar una acción²⁵.

Como explica Rodríguez²⁴ en su estudio:

“El concepto de aprendizaje basado en tareas específicas, como la neuroplasticidad, sugiere que las actividades de la vida cotidiana pueden entrenarse y mejorarse en pacientes neuromusculoesqueléticos mediante repeticiones continuas”.

Los exoesqueletos promueven la plasticidad cerebral en pacientes con daño neurológico, debido a que su función es codificar y realizar las acciones enviadas por los impulsos nerviosos que recibe²⁵.

Estos sistemas de locomoción tienen unas cualidades físicas como son la fuerza, la resistencia, la potencia y la flexibilidad, que son beneficiosas para la rehabilitación, además de proporcionar retroalimentación cuantitativa²⁵.

Hay diversos tipos de exoesqueletos, tanto para miembros superiores como para los inferiores. Respecto a los segundos, el más utilizado es el sistema Lokomat®.

2.3.2.1. Lokomat®.

Lokomat® es un exoesqueleto que permite un **entrenamiento intensivo de la marcha**. Está formado por un arnés de suspensión de peso, unas órtesis robotizadas para los miembros inferiores y un tapiz rodante²⁴. (Ver figura 3).

Su objetivo es educar o reeducar la marcha de estos pacientes, promoviendo la **neuroplasticidad cerebral** por el **aprendizaje mediante repeticiones continuadas**²⁶. La suspensión del peso o bipedestación desgravada facilita la mejora del movimiento, ya que muchos de estos niños aún no están preparados para soportar su propio peso corporal. Según avanzan las sesiones, la suspensión del peso va disminuyendo hasta el momento en que, si es posible, estos niños puedan soportar todo el peso de su cuerpo a la hora de caminar⁵.

En este tipo de dispositivos se pueden programar tanto la velocidad deseada durante la sesión, como la trayectoria articular de los brazos^{24,25,27}.

Además, Rodríguez²⁴ explicó que: *“el patrón de la marcha y la fuerza guía pueden ajustarse de forma individual a las necesidades de cada paciente lo que optimiza el entrenamiento funcional”*

En definitiva, con este tipo de robots, los fisioterapeutas pueden modificar los parámetros que consideren oportunos a través del ordenador, elementos que en tratamiento convencional son imposibles de controlar.

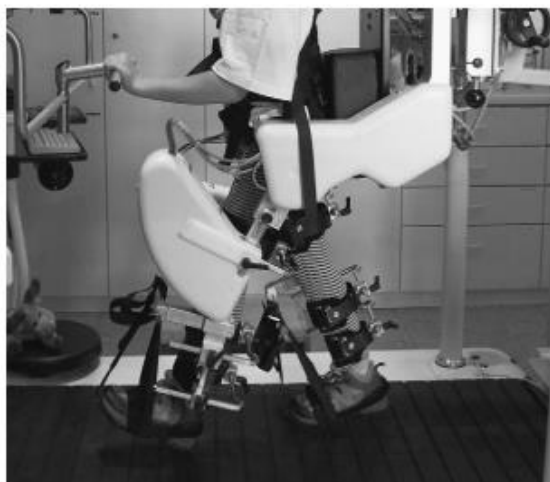


Figura 3. Asistente Lokomat®. Fuente: Borggraefe et al.²⁸

2.3.2.2. CL1 Walker

En el año 2016, Montañana⁵ diseñó un sistema robótico al que denominó CL1 WALKER. Este simulador de la marcha cuenta con un rango de velocidad que oscila entre 0 y 5 km/h

Consta de tres partes⁵:

- Software de interfaz en el monitor de control. Se trata de una pantalla táctil, a través de la cual el fisioterapeuta accede a la programación, lo pone en funcionamiento y controla los parámetros deseados.
- Unidad de elevación. Formado por la grúa y el arnés. Controla la descarga del peso del niño.
- Unidad de caminador. Se trata de dos patines paralelos, donde el niño coloca los pies. Son los encargados de simular la marcha, una vez que el niño está colgado en el arnés. Son articulados, de manera que cuando se inicia la base de balanceo de la marcha, se eleva la parte posterior del patín y facilita la realización de la flexión plantar. (Ver **figura 4**).



Figura 4. Sistema CL1 WALKER. Fuente: Montañana⁵

Como explica Montañana⁵:

“Los patines se deslizan de forma recíproca, uno va hacia delante y hacia abajo y el otro hacia arriba y atrás. El patín que va hacia delante y abajo permite que el miembro inferior que está en flexión de rodilla y cadera vaya hacia la extensión”.

2.3.2.3. CP Walker.

Bayón et al.²⁹ llevaron a cabo en el año 2016 un estudio diseñando una nueva plataforma robótica denominada “CP WALKER”. Este sistema está construido a partir del NFWalker (un andador pediátrico), al cual se le ha dotado de un control para el soporte del peso del paciente. Además, se ha añadido al sistema principal, actuadores para guiar el recorrido articular del paciente^{29,30}. Por lo tanto, este dispositivo integra tanto el andador como el exoesqueleto. Así mismo se incorpora la opción de movimiento libre, sin restringirse al tapiz rodante.

2.3.2.4. CaLT y CaLT 3D.

Wu et al.³¹ publicaron un estudio con una órtesis robótica denominada CaLT. Este sistema robótico se utiliza para el entrenamiento de la marcha impulsado por cable, cuya peculiaridad es que aplica resistencia controlada durante la fase de balanceo o bien asistencia en ambas piernas durante la marcha en tapiz rodante. Consta de cuatro motores y bobinas de cable. Dos de los motores se sitúan en la parte delantera de la cinta y son los encargados de ofrecer resistencia en los tobillos, mientras que los otros dos motores se sitúan en la parte trasera, y se encargan de ofrecer resistencia en las piernas. Además, consta de varios sensores repartidos por el miembro inferior, en especial por el tobillo, para controlar la posición del tobillo y la trayectoria del miembro inferior. (Ver **figura 5**).

El 3D CaLT, es similar al anterior, pero las fuerzas controladas se aplican en la pelvis y en las piernas³².

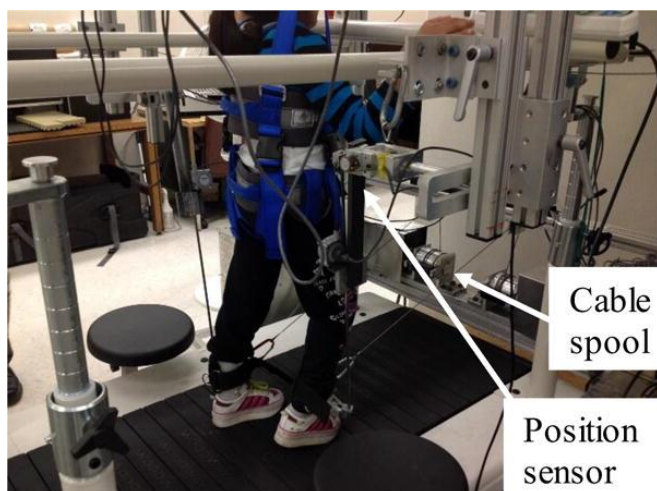


Figura 5. Sistema CaLT. Fuente: Wu et al.³¹

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente se vive en la era de las nuevas tecnologías, de la robótica, de la realidad virtual, de la investigación, y ello implica su aplicación en todos los campos, también en el de la salud.

En los últimos años se ha incrementado considerablemente el empleo de nuevas tecnologías para el tratamiento de diferentes tipos de patología incluyendo la PCI, aunque en casos muy concretos, debido al alto coste y a la poca disponibilidad de equipos.

Es preciso investigar si las nuevas tecnologías aplicadas en el tratamiento de este tipo de pacientes son beneficiosas.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es analizar los últimos estudios realizados sobre la utilización de nuevas tecnologías en niños con PCI y los resultados de la intervención en la marcha.

4.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

Los objetivos secundarios son los siguientes:

- Identificar los principales sistemas robóticos que se utilizan en el tratamiento de la marcha en niños con PCI.
- Discendir si los sistemas robóticos tienen mayores beneficios sobre la marcha en niños con PCI comparados con la fisioterapia convencional.
- Establecer si alguno de los sistemas robóticos empleados presenta ventajas frente al resto.

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

Siguiendo la estrategia PICO (Paciente; Intervención; Comparación, Resultados) se planteó la siguiente pregunta de investigación:

P= paciente con PCI.

I= robótica.

C= comparación de los diferentes sistemas robóticos con la fisioterapia convencional.

O= el resultado esperado será la efectividad de la robótica en la rehabilitación de la marcha de pacientes con PCI.

Por lo tanto, la pregunta redactada sería la siguiente:

¿Es efectivo el uso de la robótica en la rehabilitación de la marcha en pacientes que presentan PCI?

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.

Durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo se ha realizado una búsqueda de artículos en diferentes bases de datos, como Medline (Pubmed), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Dialnet y Google Académico.

Para la realización de la búsqueda, en la base de datos de Medline, se utilizaron diferentes términos libres: “cerebral palsy”, “robotics”, “gait”, “technology”, “therapy”, “efficacy”, unidos por los operadores booleanos “AND” y “OR”.

Para ello, se ha aplicado, a modo de cribaje, los siguientes criterios de exclusión.

Criterios de exclusión.

- Estudios de más de 10 años de antigüedad.
- Artículos de otro tema que no sea PCI.
- Estudios que se realicen en especies animales.
- Artículos repetidos en otra base de datos.

Criterios de inclusión.

- Independencia del idioma.
- Estudios que sean sobre PCI.
- Artículos que hablen sobre la robótica como tratamiento.

Tras la búsqueda, se realizó una lectura, primero del título y del resumen, para un primer cribado, y, posteriormente un análisis más crítico y exhaustivo con el fin de seleccionar las publicaciones más adecuadas para el desarrollo del trabajo.

Un total de 10 artículos fueron seleccionados obtenidos a partir de las diferentes bases de datos. En la **Figura 6** se muestra el diagrama de flujo de la búsqueda.

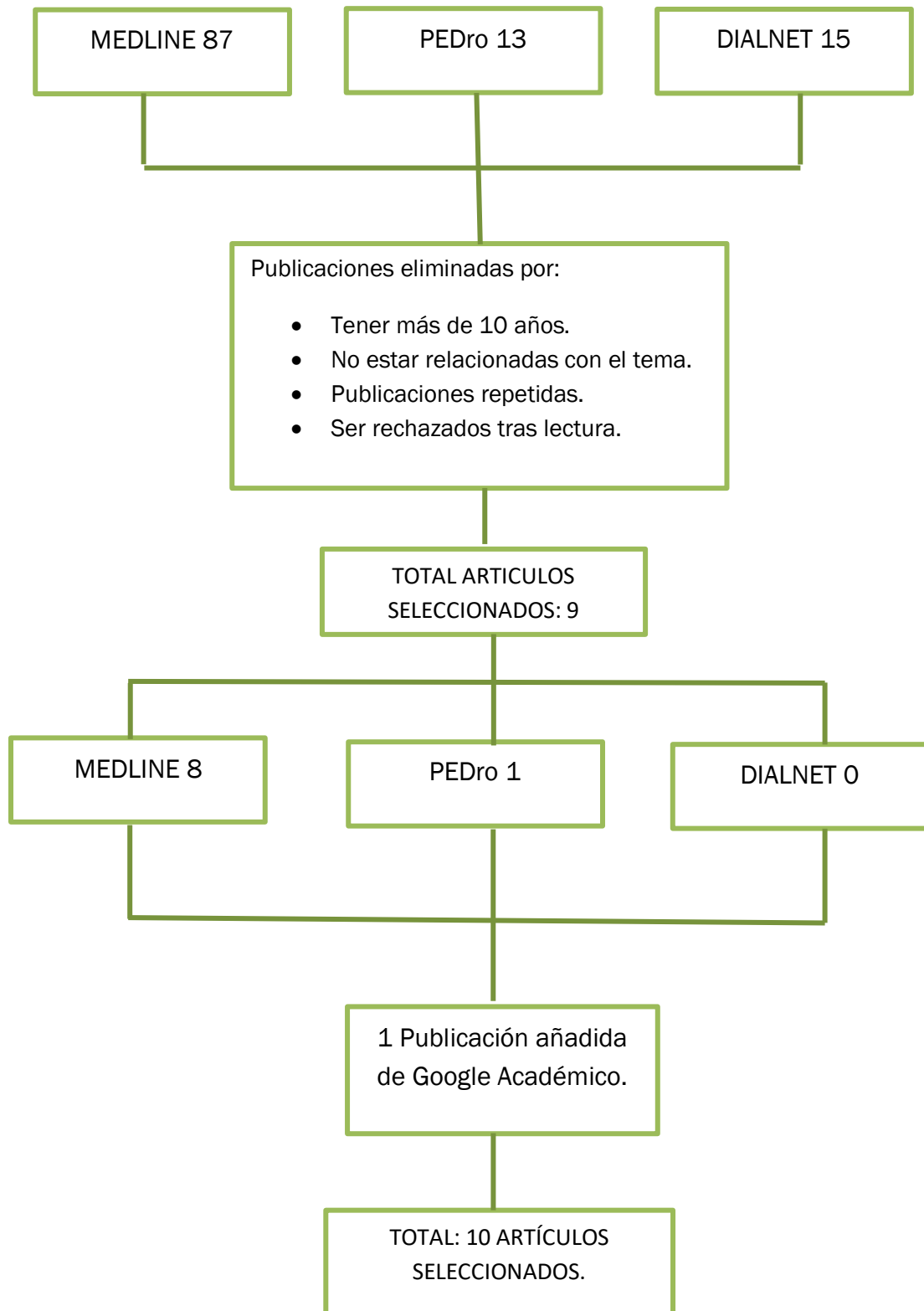


Figura 6. Diagrama de flujo. Fuente: elaboración propia.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los datos de mayor relevancia de los artículos incluidos en esta revisión bibliográfica. El análisis de los artículos está resumido en las tablas del Anexo II.

6.1. SOPORTE DEL PESO CORPORAL

Según Montañana⁵:

“El uso de soporte parcial del peso durante el entrenamiento de la marcha puede ser beneficioso para los pacientes con PCI, debido a que la reducción de la carga exige menos demanda a los músculos que intervienen en la propulsión y el equilibrio”.

El **soporte del peso corporal** se lleva a cabo en todos los artículos de la revisión^{5,28,29,31-37}.

Los autores difieren en el porcentaje inicial del peso soportado para la bipedestación con descarga de peso, ya que alguno de ellos comienzan por el 100 %, como Bayón et al.²⁹ en su estudio, otros como Verazaluce et al.³⁴ optaron por aplicar una descarga del 50 %, mientras que otros como Smania et al.³⁷ comienzan con una descarga del 30 %, lo que indica que el paciente sostiene un 70 % de su peso. Otros autores³¹⁻³³ no se pronuncian respecto al soporte inicial, y solo hacen referencia a que es individualizado a cada participante.

Los autores que comienzan con una descarga de peso predeterminada no individualizan el tratamiento a cada paciente. Además, aunque los niños puedan soportar su peso corporal tras la descarga, no siempre se consigue un patrón corporal correcto y por lo tanto, tampoco de la marcha. Por otro lado, el arnés provoca una mayor seguridad en el niño y por tanto, facilita la realización del trabajo.

Desde otro punto de vista, la suspensión en descarga es una situación que se aleja de la realidad, por lo que no debería prolongarse durante mucho tiempo.

6.2. VELOCIDAD DE LA MARCHA Y DISTANCIA CAMINADA

El análisis en la **velocidad de la marcha** lo llevan a cabo varios autores^{5,29,31-34,36,37}.

Diferentes resultados se muestran respecto a este parámetro. Por un lado, varios autores^{5,29,32,35,37} muestran aumento significativo en la velocidad de la marcha en aquellos grupos tratados con asistente robótico.

Por otro lado, Verzaluce et al.³⁴ indican que no existe mejoría en la velocidad de la marcha, y Druzicki et al.³³ exponen un aumento de la velocidad en ambos grupos, el tratado con fisioterapia convencional y el que utiliza la robótica, pero no de manera significativa.

Wu et al.³¹ exponen una mejora significativa de la velocidad pero únicamente en el grupo tratado con resistencia, e indican que utilizando solo el sistema robótico con asistencia no mejora la velocidad. Esto se puede deber a que al realizar el entrenamiento con resistencia el paciente participa de una manera más activa. Además, en los entrenamientos que son asistidos, el SNC puede adaptarse a la fuerza aplicada, fomentando el entrenamiento pasivo en lugar de activo.

La **distancia caminada** se analizó en la mitad de los estudios^{5,31,32,35,37}. En todos ellos hubo una mejora en cuanto a este parámetro.

Montañana⁵ indicó mejora en las distancias de 5, 50 y 500 metros, desarrolladas en el domicilio, más significativa en el grupo de realidad virtual.

Wu et al.^{31,32} en sus dos estudios y Smania et al.³⁷ indicaron una mejora significativa en la prueba de 6 minutos marcha. Esta prueba consiste en medir la máxima distancia recorrida por el paciente en 6 minutos y se utiliza para determinar la respuesta a diferentes tratamientos. Aunque su principal objetivo es usarla en pacientes respiratorios, también se puede utilizar en otros campos³⁸.

Esta prueba está correlacionada con el parámetro anterior de velocidad, ya que en todos los estudios que se ha mejorado la velocidad, se ha mejorado también la distancia caminada durante los 6 minutos marcha.

Wu et al.³¹ indican que únicamente el grupo que se sometió a resistencia obtuvo mejora significativa en esta prueba y Smania et al.³⁷ indican mejoría solo en el grupo experimental, ya que en el grupo control que recibió únicamente fisioterapia no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a este parámetro.

La mejora tanto en el grupo de realidad virtual⁵ como en el grupo que se sometió a resistencia³¹ se puede deber a una mayor implicación y una mayor concentración por parte del paciente, además de que los tratamientos resultan más entretenidos. Todo esto produce una mayor retroalimentación respecto al tratamiento. Por otro lado, la motivación que proporciona la realidad virtual estimula en mayor medida el fenómeno de neuroplasticidad.

El tratamiento en cinta rodante permite seleccionar e incrementar la velocidad y la resistencia, ejercitando la musculatura necesaria para la marcha y aumentando el número de pasos, lo que provoca un entrenamiento aeróbico.

En base a los estudios analizados, Wu et al.^{31,32} en sus dos trabajos con la órtesis robótica 3D CaLT y CaLT, mejoran tanto la velocidad de la marcha, como la distancia caminada, por lo que serían las órtesis de elección para trabajar estos parámetros.

6.3. GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE

En cuanto a **las dimensiones de la función motora gruesa**, se analizaron la B, la D y la E (Ver punto 2.3.1. y Anexo I).

La **dimensión B** mide la habilidad de sedestación. Solo se ha llevado a cabo en un estudio. Montañana⁵ con la órtesis activa CL1 Walker indica que ambos grupos (tanto el que utilizó la órtesis activa, como el que empleó la órtesis y realidad virtual) presentaron una mejora estadísticamente significativa en cuanto a la sedestación, antes y después de la intervención, pero no existieron diferencias significativas entre ambos grupos.

La **dimensión D** mide las habilidades en bipedestación. Varios autores^{5,28,35,36} indican que tras el tratamiento con una órtesis robótica, existe una mejora significativa relacionada con la bipedestación.

Wu et al.³¹ indican una mejora significativa únicamente en el grupo al que se le aplicó resistencia en la órtesis CaLT. Sin embargo, en su otro estudio, Wu et al.³² no refieren mejoría en los pacientes sometidos a la órtesis robótica 3D CaLT, pero si los que recibieron asistencia en la cinta rodante, por lo que en este punto existe controversia entre estos dos artículos.

Montañana⁵ también refiere que el grupo que realizó el entrenamiento con realidad virtual tuvo mejores resultados. Se puede deber a que los participantes que se sometieron a realidad virtual debían estar más alerta y no tan pasivos como en el otro grupo. Se ha demostrado que la participación activa es más beneficiosa en la producción de un patrón motor que el movimiento pasivo³³.

La **dimensión E** mide las habilidades de caminar, correr y saltar. En este apartado existe más variabilidad de resultados.

Varios autores^{5,31,35,36} muestran una mejora significativa en esta dimensión, mientras que otros^{28,32} exponen que en sus estudios no se muestra una mejora

significativa en la habilidad de la marcha. Esto se puede deber a la heterogeneidad de los grupos y a que los mejores resultados son aquellos cuyos participantes tienen niveles de GMFCS más bajos, lo que conlleva que antes de comenzar el estudio esta dimensión ya la tenían adquirida aunque con dificultades.

Respecto a los diferentes tipos de órtesis que se analizan en este apartado, la que mejor resultados ha presentado en las tres dimensiones de la GMFM ha sido la CL1 Walker.

6.4. SIMETRÍA DE LA MARCHA Y DE LA PELVIS.

Únicamente dos autores^{5,36} hicieron referencia a **la simetría de la marcha y de la pelvis**.

Montañana⁵ indica que hubo una mejora en la simetría tanto de la marcha como de la pelvis tras finalizar el tratamiento con asistencia robótica, pero que estos cambios no fueron estadísticamente significativos.

Por otro lado, Wallard et al.³⁶ con la órtesis robótica Lokomat®, manifiestan una mejora estadísticamente significativa únicamente en la simetría de la marcha.

Esta simetría se puede deber a que en ambos estudios los participantes disminuyeron la fase de balanceo durante el ciclo de la marcha y mejoraron las transferencias de peso, disminuyendo así las compensaciones que se realizan.

6.5. CONTROL MOTOR Y POSTURAL Y MOVILIDAD.

Varios autores^{28,35,36} hacen referencia a los cambios establecidos en **el control motor y postural** tras el tratamiento.

Wallard et al.³⁵ exponen que en el grupo tratado con la órtesis robótica presenta al finalizar el tratamiento una mejora en el control motor de la parte superior del cuerpo, disminuyendo así la flexión del brazo y la elevación del hombro. Además, presentan una mejora en el control cefálico y de la mirada, lo que conlleva una mejora del control del equilibrio.

En su otro estudio Wallard et al.³⁶ y Borggraefe et al.²⁸ ambos con la utilización de la órtesis robótica Lokomat® hacen referencia a una mejora de la estabilidad postural y del control de la marcha.

Respecto a la **mejora de la movilidad**, varios autores^{5,29,33,35,37} indicaron un aumento significativo en la movilidad y el rango articular del miembro inferior. En especial, se hace referencia al movimiento pélvico, ganando extensión.

Por su parte, Montañana⁵ indica que el grupo con realidad virtual presenta mejores resultados que el grupo con órtesis robótica.

Wallard et al.³⁵ expone que en su estudio se ha mejorado particularmente la cinemática del tobillo y de la rodilla.

Además, distintos autores^{28,35,36} indican que, como consecuencia de la mejora en el control motor y postural y en la movilidad, estos pacientes han adquirido nuevas estrategias y patrones de marcha, que se asemejan más a la marcha correcta.

De igual manera, las transferencias de peso se han mejorado, proporcionando menor peso en el lado no afecto, lo que puede explicar la mejora de la estabilización postural, los nuevos patrones de marcha y las nuevas estrategias adquiridas.

Una de las características que presentan las órtesis robóticas es el movimiento repetitivo, por lo que siempre se da el mismo estímulo. Además, las órtesis cuentan como un estímulo propioceptivo, favoreciendo la mejora de la movilidad, de la postura y de la marcha.

6.6. OTROS PARÁMETROS.

Verazaluce et al.³⁴ indican que 8 de sus 33 pacientes consiguieron la **marcha independiente**, y la mayoría de la muestra mejoraron su patrón de marcha.

Además, Montañana⁵ indica una mejora significativa en la **disminución del gasto energético** tras el tratamiento. Por otro lado, indica mejores resultados generales tras finalizar su estudio en los pacientes más gravemente afectados, con un GMFCS de III y IV. En contraposición, Borggraefe et al.²⁸ expone mejores resultados en los pacientes menos afectados.

La disminución del gasto energético puede estar determinada entre otras cosas, por la descarga del peso. Esto se debe a que los niños no soportan todo su peso corporal, lo que conlleva un menor trabajo durante la marcha.

En cuanto a la fisioterapia convencional, tres de los autores³⁵⁻³⁷ muestran mejores resultados a nivel general, más en concreto en el control postural y en la movilidad, en el

grupo tratado con robótica. En contraposición, Druzbicki et al.³³ expone mejores resultados en el grupo de fisioterapia.

El tratamiento convencional no fue el mismo en todos los estudios y esto puede condicionar los resultados. Los autores que obtuvieron mejorías en el grupo de fisioterapia se centraron más en ejercicios de control postural, en mejora de la estabilidad y en habilidades para el desarrollo de la marcha. Por otro lado, los autores que obtuvieron mejoras en el grupo de robótica, la fisioterapia se centró más en estiramientos y tratamiento de la espasticidad, además de intentar desarrollar la marcha, o bien no viene determinado en el trabajo.

6.7. LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS.

- Todos los estudios se realizan con muestras de pequeño tamaño, desde 3 participantes²⁹ hasta 35, como es el caso del estudio de Druzbicki et al.³³.
- En todos los estudios un requisito era que los pacientes estuvieran diagnosticados con PCI. La mayoría de los autores^{28,29,31-34,36,37} hacían referencia a que los participantes presentaban PCI espástica y únicamente Montañana⁵ en su estudio hizo referencia a diferentes clasificaciones de la PCI. Además los grupos de edad son muy heterogéneos.
- Los niveles de GMFCS han sido muy dispares, variando de I a V en todos los estudios, por lo que los resultados no se pueden extrapolar a toda la población.
- Únicamente 4 de los estudios^{33,35-37} comparan el tratamiento de órtesis robótica con la fisioterapia convencional.
- En cuanto al protocolo de intervención, no ha existido uno determinado. El número de sesiones ha variado de 10, como en el caso de los estudios de Bayón et al.²⁹ y Smania et al.³⁷, a 40 como ha sido el caso de Verazaluce et al.³⁴.
El tiempo de intervención en la órtesis robótica también ha variado de 20 minutos³⁴ hasta un total de 50 minutos²⁹.
Por otro lado, el número de sesiones a la semana ha sido dispar, algunos autores^{5,34} optaron únicamente por dos sesiones a la semana, mientras que otros^{35,37} optaron por un máximo de 5 sesiones por semana.
- No existe ningún estudio que muestre resultados a largo plazo.

7. CONCLUSIONES.

Tras la lectura y el análisis de los diferentes artículos con los que he realizado esta revisión, obtengo como conclusiones que:

- El tratamiento mediante órtesis robótica tiene mejores resultados que la fisioterapia convencional, en los estudios en los que ambos son comparados.
- El tratamiento mediante órtesis robótica tiene mejoras significativas en la velocidad de la marcha, en la distancia caminada, en el control motor y postural y en la mejora de la movilidad de los pacientes.
- El uso la órtesis activa en el tratamiento de la rehabilitación de la marcha muestra mayor discrepancia respecto a los resultados en cuanto a los parámetros de función motora gruesa y de la simetría en la pelvis y en la marcha.
- El estudio con realidad virtual y el estudio con resistencia, que como consecuencia tiene una participación más activa por parte del paciente, presentan mejores resultado que el tratamiento con asistencia.
- No existe un protocolo estandarizado para el número de sesiones, el tiempo en cada sesión, y la duración del tratamiento.
- Los beneficios de las órtesis robóticas son que permiten un entrenamiento repetitivo de un determinado patrón, además de que dan mayor seguridad y disminuyen el trabajo físico del fisioterapeuta.
- Las órtesis robóticas más completas son Lokomat®, por la mejora tanto del GMFM, como en el control motor y postural, en la movilidad del tobillo, y en la simetría de la marcha; y CL1 Walker, que presenta mejoras en casi todos los parámetros.

7.1 CONSIDERACIÓN FINAL.

Se necesitan más estudios que arrojen mayor evidencia científica, con una muestra de población más grande y mejor calidad metodológica para poder determinar con más precisión si la terapia robótica produce beneficios sobre los pacientes con PCI.

8. BIBLIOGRAFÍA.

1. Calzada Vázquez C, Vidal Ruiz A. Díaz Lombardo G. Revista Mexicana de ORTOPEDIA PEDIÁTRICA Parálisis cerebral infantil: definición y clasificación a través de la historia. 2014;16:6–10. Disponible en:
<http://www.medigraphic.com/opediatria>
2. Madrigal Muñoz A. La parálisis cerebral. Observatorio de la Discapacidad Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). 2004;80. Disponible en:
http://sid.usal.es/docs/F8/FD08993/paralisis_cerebral.pdf
3. Ministerio de sanidad y consumo, secretaria general de asistencia sanitaria, subdirección general de programas. Codificación clínica. 1996. Disponible en:
https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/normalizacion/clasifEnferm/boletines/Codificacion_clinica_n06_97.pdf
4. Poo Arguelles P. Parálisis cerebral infantil. Servicio de Neurología. Hospital Sant Joan de Dèu, Barcelona [Internet]. Disponible en:
<https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/36-pci.pdf>
5. Montañana Pérez T, Martínez Gramage D, Gil Gómez D, Segura Ortí D. Estudio del efecto del entrenamiento sobre la marcha mediante ayuda robótica en combinación con realidad virtual, en niños con parálisis cerebral infantil. [Doctorado]. Universidad CEU Cardenal Herrera; 2016. Disponible en:
http://dspace.ceu.es/bitstream/10637/8566/1/Estudio%20del%20efecto%20del%20entrenamiento%20sobre%20la%20marcha%20mediante%20ayuda%20rob%C3%B3tica%20en%20combinaci%C3%B3n%20con%20realidad%20virtual%20en%20ni%C3%B1os%20con%20par%C3%A1lisis%20cerebral%20infantil_Tesis_Mar%C3%ADa%20Teresa%20Monta%C3%B1ana%20P%C3%A9rez.pdf
6. Yelin B. Diagnóstico temprano de la parálisis cerebral infantil. Revista de neurología. 1997;(25):725-727. Disponible en:
http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-temprana/diagnostico_temprano_de_la_pc_1_2.pdf

7. Ali W, Iqba J, Ahmed P, Ahmed S. Cerebral Palsy: An overview [Internet]. 2006. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/216225831_Cerebral_Palsy_An_overview
8. Cifuentes C, Martinez F, Romero E. Análisis teórico y computacional de la marcha normal y patológica: una revisión. Revista médica [Internet]. 2015;18(2):182-193. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n2/v18n2a05.pdf>
9. Marco Sanz C. Cinesiología de la marcha humana normal. [Internet]. Wzar.unizar.es. 2006. Disponible en: <http://wzar.unizar.es/acad/cinesio/Documentos/Marcha%20humana.pdf>
10. Cámara J. Gait analysis: phases and spatio-temporal variables. Entramado. 2011;7(1):160–73. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032011000100011
11. Collado Vázquez S. Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas: influencia del transporte de carga. [Tesis doctoral.]. Universidad Complutense de Madrid.; 2004. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/4401/>
12. Saucedo Romero. M, Ayala Ruiz A (Dir). Valoración de la marcha humana. [Tesis doctoral.]. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO; 2009. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1511/1/Tesis.pdf>
13. Acosta P. Biomecánica de la marcha. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. [Internet]. Fisiointegracion.files.wordpress.com. Disponible en: <https://fisiointegracion.files.wordpress.com/2010/05/biomecanica-marcha.pdf>
14. González Arévalo, MP, Fisioterapia en neurología: estrategias de intervención en parálisis cerebral. Umbral Científico [Internet] 2005, (diciembre). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400704>

15. Valverde E., Serrano M. Plasticidad y Restauración Neurológica. Past Rest Neurol [Internet]. 2003;2(2):139-42. Disponible en:
<http://www.medigraphic.com/pdfs/plasticidad/prn-2003/prn032i.pdf>
16. Marcos De Pedro. A, Pérez Gallardo. L (Dir). Tratamiento de la parálisis cerebral infantil. Método Le Métayer. Revisión bibliográfica. [Graduado.]. Universidad de Valladolid.; 2017. Disponible en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/28036/1/TFG-0%201067.pdf>
17. García Díez E. Fisioterapia de la espasticidad: técnicas y métodos. [Internet]. Sld.cu. 2013. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/fisioterapia_y_espasticidad.pdf
18. Bailes AF, Greve K, Schmitt LC. Changes in two children with cerebral palsy after intensive suit therapy: A case report. Pediatr Phys Ther. 2010;22(1):76-85. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20142709>
19. Serrano Gómez M, Forero-Umbarila J, Méndez-Sánchez L. Efectos de la terapia física intensiva sobre la función motora de un niño con hemiparesia espástica. Revista de la facultad de medicina. 2016;(64):157-163. Disponible en:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/58941/58860>
20. Tabacchi S. Análisis de la mejora de la funcionalidad en niños con parálisis cerebral de tipo diparesia espástica, mediante el concepto Bobath versus, el concepto Bobath más hipoterapia. 2017; Disponible en:
<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/27043>
21. Cobo E, Díaz D, Quino A, Chacón M. Escala Gross Motor Function Measure. Una revisión de la literatura. Cienc Salud [Internet]. 2014;2(8):11-21. Disponible en:
<http://revistas.usc.edu.co/index.php/CienciaySalud/article/view/403>
22. Mejía Valencia N. Validación de la escala: Gross Motor Function Measure (GMFM 66) en niños con PCI para Colombia [Internet]. Medellín.; 2010. p. 210. Disponible en:
<http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/1399/2/Gross.pdf>

23. Loeza Magaña P. Introducción a la rehabilitación robótica para el tratamiento de la enfermedad vascular cerebral: revisión [Internet]. 2015. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2015/mf152c.pdf>
24. Rodríguez Claudio I. Entrenamiento robótico como medio de rehabilitación para la marcha. Evid Médica e Investig en salud [Internet]. 2012;5:46–54. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/evidencia/eo-2012/eo122b.pdf>
25. Alfonso Mantilla J, Martínez Santa J. Tecnología de asistencia: exoesqueletos robóticos en rehabilitación. Movimiento científico. 2017;10 (2):83-90. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6123516>
26. Vargas Curi E, Morales Martinez M. Tratamiento fisioterapéutico en parálisis cerebral de tipo diplejia espástica [Licenciatura]. Universidad Inca Garcilaso De La Vega; 2018. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/9472/cea1ef14594e926fa5b0e083fc975241fd1.pdf>
27. Jezernik S, Colombo G, Keller T, Frueh H, Morari M. Robotic Orthosis Lokomat: A Rehabilitation and Research Tool. Neuromodulation. 2003;6(2):108–15. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22150969>
28. Borggraefe I, Schaefer JS, Klaiber M, Dabrowski E, Ammann-Reiffer C, Knecht B, et al. Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. Eur J Paediatr Neurol [Internet]. Elsevier Ltd; 2010;14(6):496–502. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpn.2010.01.002>
29. Bayón C, Lerma S, Ramírez O, Serrano JI, Del Castillo MD, Raya R, et al. Locomotor training through a novel robotic platform for gait rehabilitation in pediatric population: short report. J Neuroeng Rehabil [Internet]. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation; 2016;13(1):1–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-016-0206-x>
30. Raya R, Ramírez O, Del Castillo MD, Serrano JI, Iglesias A, Ceres R, et al. CPWalker - Plataforma robótica para la rehabilitación y el entrenamiento de la marcha en pacientes con Parálisis Cerebral Resumen. Actas las XXXV Jornadas Automática

- [Internet]. 2014;3-5. Disponible en: http://www.ja2014.upv.es/wp-content/uploads/papers/paper_87.pdf
31. Wu M, Kim J, Gaebler-Spira DJ, Schmit BD, Arora P, Program MP. Robotic resistance treadmill training improves locomotor function in children with cerebral palsy: a randomized controlled pilot study. 2018;98(11):2126-33. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28576629>
 32. Wu M, Kim J, Gaebler-Spira D, Schmit B, Arora P. Locomotor training through a 3D cable-driven robotic system for walking function in children with cerebral palsy: a pilot study. - PubMed - NCBI [Internet]. 2017. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25570752>
 33. Druzbicki M, Rusek W, Snela S, Dudek J, Szczepanik M, Zak E, et al. Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. - PubMed - NCBI [Internet]. 2013. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23450428>
 34. Verazaluce-Rodríguez PR, Rodríguez-Martínez P, Neri-Gómez S, Hernández-Aquino RM. Evolución de la marcha en pacientes con parálisis cerebral y desplazamiento asistido, mediante su entrenamiento con equipo de asistencia robótica. Rehabilitacion. 2014; Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-articulo-evolucion-marcha-pacientes-con-paralisis-S0048712013000558>
 35. Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, Bredin J. Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. Eur J Paediatr Neurol [Internet]. Elsevier Ltd; 2017;21(3):557-564. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpn.2017.01.012>
 36. Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, Bredin J. Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy. Gait Posture [Internet]. Elsevier; 2018;60(June 2016):55-60. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.11.007>
 37. Smania N, Bonetti P, Gandolfi M, Cosentino A, Waldner A, Hesse S, et al. Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. Am J Phys

Med Rehabil. 2011; Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21217461>

38. Mangado N, Rodríguez JM. Prueba de la marcha de los 6 minutos. Med Respir

[Internet]. 2016;9(1):15–22.Disponible en::

<http://www.neumologiaysalud.es/descargas/R9/R91-3.pdf>

39. Russell D, Rosenbaum P. GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE (GMFM-SP) HOJA DE PUNTUACIÓN (GMFM-88 y GMFM-66) [Internet] 2013.Disponible en:

[https://www.canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/002/584/original/GROSS_MOTOR_FUNCTION_MEASURE_HOJA_PUNTUACION_\(Versi%C3%B3n_espa%C3%B1ola\).pdf](https://www.canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/002/584/original/GROSS_MOTOR_FUNCTION_MEASURE_HOJA_PUNTUACION_(Versi%C3%B3n_espa%C3%B1ola).pdf)

9. ANEXOS.

Anexo I. Hoja de puntuación Gross Motor Function Measure-88. (Varias páginas). Fuente: Rusell et al.³⁹

Marque con (X) la puntuación correspondiente: si un ítem no es evaluado (NE), rodee el número del ítem en la columna derecha

Ítem	A: DECÚBITOS Y VOLTEO	PUNTUACIÓN				NE
1.	SUP, CABEZA EN LA LÍNEA MEDIA: GIRA LA CABEZA HACIA AMBOS LADOS CON LAS EXTREMIDADES SIMÉTRICAS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1.
* 2.	SUP: LLEVA LAS MANOS A LA LÍNEA MEDIA, JUNTANDO LOS DEDOS DE AMBAS MANOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2.
3.	SUP: LEVANTA LA CABEZA 45°.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	3.
4.	SUP: FLEXIONA CADERA Y RODILLA DERECHA COMPLETAMENTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4.
5.	SUP: FLEXIONA CADERA Y RODILLA IZQUIERDA COMPLETAMENTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	5.
* 6.	SUP: ESTIRA EL BRAZO DERECHO, LA MANO CRUZA LA LÍNEA MEDIA PARA TOCAR UN JUGUETE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	6.
* 7.	SUP: ESTIRA EL BRAZO IZQUIERDO, LA MANO CRUZA LA LÍNEA MEDIA PARA TOCAR UN JUGUETE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	7.
8.	SUP: SE VOLTEA HASTA PRONO SOBRE EL LADO DERECHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	8.
9.	SUP: SE VOLTEA HASTA PRONO SOBRE EL LADO IZQUIERDO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	9.
* 10.	PR: LEVANTA LA CABEZA ERGUIDA.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	10.
11.	PR SOBRE ANTEBRAZOS: LEVANTA LA CABEZA ERGUIDA, CODO EXTENDIDO, PECHO ELEVADO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	11.
12.	PR SOBRE ANTEBRAZOS: CARGA EL PESO SOBRE EL ANTEBRAZO DERECHO, EXTIENDE COMPLETAMENTE EL BRAZO OPUESTO HACIA DELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	12.
13.	PR SOBRE ANTEBRAZOS: CARGA EL PESO SOBRE EL ANTEBRAZO IZQUIERDO, EXTIENDE COMPLETAMENTE EL BRAZO OPUESTO HACIA DELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	13.
14.	PR: SE VOLTEA HASTA SUPINO SOBRE EL LADO DERECHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	14.
15.	PR: SE VOLTEA HASTA SUPINO SOBRE EL LADO IZQUIERDO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	15.
16.	PR: PIVOTA 90° HACIA LA DERECHA USANDO LAS EXTREMIDADES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	16.
17.	PR: PIVOTA 90° HACIA LA IZQUIERDA USANDO LAS EXTREMIDADES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	17.
TOTAL DIMENSIÓN A						

Anexo I. Hoja de puntuación Gross Motor Function Measure-88. (Continuación). Fuente: Rusell et al.³⁹

Ítem	B: SENTADO	PUNTUACIÓN				NE
* 18.	SUP, MANOS SUJETAS POR EL EXAMINADOR: TIRA DE SÍ MISMO PARA SENTARSE CONTROLANDO LA CABEZA.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	18.
19.	SUP: SE VOLTEA HACIA EL LADO DERECHO Y CONSIGUE SENTARSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	19.
20.	SUP: SE VOLTEA HACIA EL LADO IZQUIERDO Y CONSIGUE SENTARSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	20.
* 21.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA, EL TERAPEUTA LE SUJETA POR EL TÓRAX: LEVANTA LA CABEZA ERGUIDA, LA MANTIENE 3 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	21.
* 22.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA, EL TERAPEUTA LE SUJETA POR EL TÓRAX: LEVANTA LA CABEZA EN LA LINEA MEDIA, LA MANTIENE 10 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	22.
* 23.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA, CON BRAZOS/APOYADOS: SE MANTIENE 5 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	23.
* 24.	SENTADO EN LA COLCHONETA: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS 3 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	24.
* 25.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA CON UN JUGUETE PEQUEÑO EN FRENTE: SE INCLINA HACIA DELANTE, TOCA EL JUGUETE Y SE REINCORPORA SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	25.
* 26.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: TOCA UN JUGUETE COLOCADO A 45° A LA DERECHA Y DETRÁS DEL NIÑO, VUELVE A LA POSICION INICIAL.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	26.
* 27.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: TOCA UN JUGUETE COLOCADO A 45° A LA IZQUIERDA Y DETRÁS DEL NIÑO, VUELVE A LA POSICION INICIAL.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	27.
28.	SENTADO SOBRE EL LADO DERECHO: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS 5 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	28.
29.	SENTADO SOBRE EL LADO IZQUIERDO: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS 5 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	29.
* 30.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: DESCENDE HASTA PR CON CONTROL.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	30.
* 31.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA CON LOS PIES AL FRENTE: LOGRA LA POSICION DE APOYO SOBRE 4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO) SOBRE EL LADO DERECHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	31.
* 32.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA CON LOS PIES AL FRENTE: LOGRA LA POSICION DE APOYO SOBRE 4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO) SOBRE EL LADO IZQUIERDO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	32.
33.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: PIVOTA 90° SIN AYUDA DE LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	33.
* 34.	SENTADO EN UN BANCO: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS Y LOS PIES, 10 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	34.
* 35.	DE PIE: CONSIGUE SENTARSE EN UN BANCO BAJO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	35.
* 36.	SOBRE EL SUELO: CONSIGUE SENTARSE EN UN BANCO BAJO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	36.
* 37.	SOBRE EL SUELO: CONSIGUE SENTARSE EN UN BANCO ALTO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	37.
TOTAL DIMENSIÓN B						

Anexo I. Hoja de puntuación Gross Motor Function Measure-88. (Continuación). Fuente: Rusell et al.³⁹

Ítem	C: GATEO Y DE RODILLAS	PUNTUACIÓN				NE
38.	PR: RASTREA HACIA DELANTE 1,8m.....	0	1	2	3	38.
* 39.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): SE MANTIENE CON EL PESO SOBRE MANOS Y RODILLAS, 10 SEGUNDOS.....	0	1	2	3	39.
* 40.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): CONSIGUE SENTARSE SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	40.
* 41.	PR: CONSIGUE EL APOYO SOBRE 4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO) CON EL PESO SOBRE MANOS Y RODILLAS.....	0	1	2	3	41.
* 42.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): EXTIENDE HACIA DELANTE EL BRAZO DERECHO, MANO POR ENCIMA DEL NIVEL DEL HOMBRO.....	0	1	2	3	42.
* 43.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): EXTIENDE HACIA DELANTE EL BRAZO IZQUIERDO, MANO POR ENCIMA DEL NIVEL DEL HOMBRO.....	0	1	2	3	43.
* 44.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): GATEA O SE DESPLAZA SENTADO HACIA ADELANTE 1,8m.....	0	1	2	3	44.
* 45.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): GATEA DISOCIADAMENTE HACIA ADELANTE 1,8m.....	0	1	2	3	45.
* 46.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): SUBE 4 ESCALONES GATEANDO SOBRE MANOS Y RODILLAS/PIES.....	0	1	2	3	46.
47.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): BAJA 4 ESCALONES GATEANDO HACIA ATRÁS SOBRE MANOS Y RODILLAS/PIES.....	0	1	2	3	47.
* 48.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: CONSIGUE PONERSE DE RODILLAS USANDO LOS BRAZOS, SE MANTIENE 10 SEGUNDOS SIN APOYARLOS.....	0	1	2	3	48.
49.	DE RODILLAS: CONSIGUE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA DERECHA USANDO LOS BRAZOS, SE MANTIENE 10 SEGUNDOS SIN APOYARLOS.....	0	1	2	3	49.
50.	DE RODILLAS: CONSIGUE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA IZQUIERDA USANDO LOS BRAZOS, SE MANTIENE 10 SEGUNDOS SIN APOYARLOS.....	0	1	2	3	50.
* 51.	DE RODILLAS: CAMINA DE RODILLAS HACIA ADELANTE 10 PASOS, SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	51.

TOTAL DIMENSIÓN C

Ítem	D: DE PIE	PUNTUACIÓN				NE
* 52.	SOBRE EL SUELO: SE PONE DE PIE AGARRÁNDOSE DE UN BANCO ALTO.....	0	1	2	3	52.
* 53.	DE PIE: SE MANTIENE, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 3 SEGUNDOS.....	0	1	2	3	53.
* 54.	DE PIE: AGARRÁNDOSE A UN BANCO ALTO CON UNA MANO, LEVANTA EL PIE DERECHO, 3 SEGUNDOS.....	0	1	2	3	54.
* 55.	DE PIE: AGARRÁNDOSE A UN BANCO ALTO CON UNA MANO, LEVANTA EL PIE IZQUIERDO, 3 SEGUNDOS.....	0	1	2	3	55.
* 56.	DE PIE: SE MANTIENE, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 20 SEGUNDOS.....	0	1	2	3	56.
* 57.	DE PIE: LEVANTA EL PIE IZQUIERDO, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 10 SEGUNDOS.....	0	1	2	3	57.
* 58.	DE PIE: LEVANTA EL PIE DERECHO, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 10 SEGUNDOS.....	0	1	2	3	58.
* 59.	SENTADO EN UN BANCO BAJO: CONSIGUE PONERSE DE PIE SIN USAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	59.
* 60.	DE RODILLAS: CONSIGUE PONERSE DE PIE MEDIANTE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA DERECHA SIN USAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	60.
* 61.	DE RODILLAS: CONSIGUE PONERSE DE PIE MEDIANTE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA IZQUIERDA SIN USAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	61.
* 62.	DE PIE: DESCENDE CON CONTROL PARA SENTARSE EN EL SUELO, SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	62.
* 63.	DE PIE: CONSIGUE PONERSE EN CUCILLAS SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	63.
* 64.	DE PIE: RECOGE UN OBJETO DEL SUELO, VUELVE A PONERSE DE PIE SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0	1	2	3	64.

TOTAL DIMENSIÓN D

Anexo I. Hoja de puntuación Gross Motor Function Measure-88. (Continuación). Fuente: Rusell et al.³⁹

Ítem	E: CAMINAR, CORRER Y SALTAR	PUNTUACIÓN				NE
* 65.	DE PIE, CON LAS 2 MANOS SOBRE UN BANCO ALTO: DA 5 PASOS A LA DERECHA, APOYÁNDOSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	65.
* 66.	DE PIE, CON LAS 2 MANOS SOBRE UN BANCO ALTO: DA 5 PASOS A LA IZQUIERDA, APOYÁNDOSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	66.
* 67.	DE PIE, SUJETO POR LAS 2 MANOS: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	67.
* 68.	DE PIE, SUJETO POR 1 MANO: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	68.
* 69.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	69.
* 70.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE, SE DETIENE, GIRA 180° Y REGRESA.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	70.
* 71.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ATRÁS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	71.
* 72.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE, LLEVANDO UN OBJETO GRANDE CON LAS 2 MANOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	72.
* 73.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS CONSECUTIVOS HACIA ADELANTE ENTRE LINEAS PARALELAS SEPARADAS 20CM.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	73.
* 74.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS CONSECUTIVOS HACIA ADELANTE SOBRE UNA LINEA RECTA DE 2CM DE ANCHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	74.

Anexo I. Hoja de puntuación Gross Motor Function Measure-88 (continuación). Fuente: Rusell et al.³⁹

DIMENSIÓN	CÁLCULO DE LAS PUNTUACIONES EN % DE LA DIMENSIÓN	ÁREA OBJETIVO
		(Indicar con X)
A. Decúbito y Volteo	Total Dimensión A = $\frac{51}{51} \times 100 =$ _____ %	A. <input type="checkbox"/>
B. Sentado	Total Dimensión B = $\frac{60}{60} \times 100 =$ _____ %	B. <input type="checkbox"/>
C. Gateo y De rodillas	Total Dimensión C = $\frac{42}{42} \times 100 =$ _____ %	C. <input type="checkbox"/>
D. De pie	Total Dimensión D = $\frac{39}{39} \times 100 =$ _____ %	D. <input type="checkbox"/>
E. Andar, Correr y Saltar	Total Dimensión E = $\frac{72}{72} \times 100 =$ _____ %	E. <input type="checkbox"/>
<p>PUNTUACIÓN TOTAL = $\frac{\%A+\%B+\%C+\%D+\%E}{\text{Número total de dimensiones}}$</p> <p>= $\frac{\quad}{5}$ = _____ = _____ %</p>		
<p>PUNTUACIÓN TOTAL DE OBJETIVO/S = $\frac{\text{Suma de las puntuaciones en \% de cada dimensión identificada como área objetivo}}{\text{Número de áreas objetivo}}$</p> <p>= _____ = _____ %</p>		

GMFM-66 Gross Motor Ability Estimator Score ¹

Puntuación del GMFM-66 = _____ a _____
Intervales de confianza del 95%

Puntuación anterior de GMFM-66 = _____ a _____
Intervalo de confianza del 95%

Cambios en el GMFM-66 = _____

¹ Del software Gross Motor Ability Estimator (GMAE-2)

Anexo II. Resumen de los artículos utilizados en la discusión. (Varias páginas). Elaboración propia.

LOKOMAT Y GAIT TRAINER GT1.	PARTICIPANTES	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Borggraefe et al.²⁸ (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • 20 participantes con PCI espástica bilateral. • Edad: 4 a 20 años. • GMFCS: I-IV • Sin intervención quirúrgica (IQ), ni toxina botulínica en los últimos 6 meses. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un único grupo de intervención, recibiendo todos el mismo tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 minutos en la órtesis robótica Lokomat. • 4 sesiones/semana, durante 3 semanas. • 12 sesiones en total. • Descarga del peso: 100 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora significativa en dimensión D de la escala GMFM. • Dimensión E similar. • Mejora en el control motor y postural. • Mejores resultados en pacientes menos afectados.
Druzicki et al.³³ (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • 35 participantes con PCI espástica (diplejía). • Edad: 6 a 13 años • GMFCS: II-III. • Sin intervención quirúrgica (IQ), ni toxina botulínica en los 6 últimos meses, ni deformidades óseas. 	División aleatoria en dos grupos: <ul style="list-style-type: none"> • Grupo control (GC): programa de fisioterapia convencional. • Grupo experimental (GE): marcha con ayuda robótica. 	<ul style="list-style-type: none"> • 45 minutos en la órtesis robótica Lokomat. • 20 sesiones. • Descarga del peso: Sí, pero no indica porcentaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la velocidad en la marcha en ambos grupos, más en el GC. • Mejora en el movimiento pélvico en el GC.

Anexo II. Resumen de los artículos utilizados en la discusión. (Continuación). Elaboración propia.

LOKOMAT Y GAIT TRAINER GT1.	PARTICIPANTES	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
<p>Verazaluce et al.³⁴ (2013)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 33 pacientes con PCI espástica (tetraparesia). • Edad: 7 años de media. • GMFCS: II-III. • Sin contracturas estructuradas, ni déficit intelectual severo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un único grupo de intervención, recibiendo todos el mismo tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 minutos en la órtesis robótica Lokomat. • 2 sesiones/semana durante 20 semanas. • 40 sesiones en total. • Descarga del peso: 50 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Independencia de la marcha en 8 sujetos.
<p>Wallard et al.³⁵ (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 30 niños con PCI espástica. • EDAD: 8 a 10 años. • GMFCS:II • Sin toxina botulínica, ni intervención quirúrgica en el último año. 	<p>División aleatoria en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GC: programa de fisioterapia convencional. • GE: marcha con ayuda robótica. 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 minutos en la órtesis robótica Lokomat. • 5 sesiones/semana durante 4 semanas. • 20 sesiones en total. • Descarga del peso: 70 % 	<ul style="list-style-type: none"> • GE respecto a GC: Mejora del control de la parte superior del cuerpo, del control dinámico de la marcha, de los niveles E y D del GMFM, del control cefálico y de la mirada

GC: Grupo control; GE: Grupo experimental

Anexo II. Resumen de los artículos utilizados en la discusión. (Continuación). Elaboración propia.

LOKOMAT Y GAIT TRAINER GT1.	PARTICIPANTES	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
<p>Wallard et al.³⁶ (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 30 niños con PCI espástica. • EDAD: 8 a 10 años. • GMFCS:II • Sin toxina botulínica, ni intervención quirúrgica en el último año. 	<p>División aleatoria en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GC: programa de fisioterapia convencional. • GE: marcha con ayuda robótica 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 minutos en la órtesis robótica. • 5 sesiones/semana durante 4 semanas. • 20 sesiones en total. • Descarga del peso: 70 % 	<ul style="list-style-type: none"> • GE respecto a GC: mejora en las funciones posturales y locomotoras y en las dimensiones D y E del GMFM.
<p>Smania et al.³⁷ (2011)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 18 participantes con PCI (diplejía y tetraplejía). • Edad:10 a 18 años. • GMFCS: II a IV. • Sin contracturas severas, ni toxina botulínica en los últimos 6 meses. 	<p>División aleatoria en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GC: programa de fisioterapia convencional. • GE: marcha con ayuda robótica + 10 minutos de fisioterapia. 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 minutos en la órtesis activa “Gait Trainer GT1” • 5 sesiones/semana durante 2 semanas. • 10 sesiones en total. • Descarga del peso: 30 % 	<ul style="list-style-type: none"> • GE: mejora en la movilidad, en la postura, en la velocidad de la marcha y en la longitud de paso.

GC: Grupo control; GE: Grupo experimental

Anexo II. Resumen de los artículos utilizados en la discusión. (Continuación). Elaboración propia.

CL1 WALKER	PARTICIPANTES	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Montañana ⁵ (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • 24 participantes diagnosticados con PCI, de diferentes tipos. • Edad: 5 a 15 años. • GMFCS: II-V. • Sin deformidades óseas, ni intervención quirúrgica, ni toxina botulínica en los últimos 6 meses. 	División aleatoria en dos grupos: <ul style="list-style-type: none"> • Grupo 1: marcha robótica con CL1 Walker. • Grupo 2: marcha robótica con CL1 Walker + realidad virtual. 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 minutos en la órtesis robótica CL1 Walker. • 2 sesiones/semana, durante 5 semanas. • 10 sesiones en total • Descarga del peso: 40 %. 	En ambos grupos, disminución del gasto energético, mayor simetría en la marcha y pelvis, mejora de la sedestación, de la bipedestación y de la marcha. El grupo 2 presenta mejores resultados generales respecto al grupo 1. Mejores resultados en pacientes más afectados.
CP Walker				
Bayón et al. ²⁹ (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • 3 participantes diagnosticados con PCI espástica. • Edad: 12 a 14 años. • GMFCS: II-III. • Sin deformidades óseas, ni deterioro cognitivo severo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un único grupo de intervención, recibiendo todos el mismo tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 minutos en la órtesis robótica CP Walker. • 2 sesiones/semana, durante 5 semanas. • 10 sesiones en total • Descarga del peso: 100% 	Todos los participantes mejoraron la velocidad de marcha, la cadencia y la longitud de paso.

Anexo II. Resumen de los artículos utilizados en la discusión. (Continuación). Elaboración propia

CaLT y CaLT 3D	PARTICIPANTES	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
<p>Wu et al.³² (2014)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 5 participantes diagnosticados con PCI espástica. • Edad: 4 a 16 años. • GMFCS: II a IV. • Sin toxina botulínica, ni cirugía ortopédica en los últimos 6 meses. 	<p>División aleatoria en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grupo 1: marcha robótica con asistencia. • Grupo 2: marcha robótica con resistencia en pelvis y piernas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 minutos con la órtesis 3D CaLT. • 3 sesiones/semana, durante 6 semanas. • 18 sesiones en total. • Descarga del peso: Sí, pero no indica porcentaje. 	<p>El grupo 2 mejoró la velocidad de la marcha y la distancia en la prueba 6 minutos marcha. En cuanto a las dimensiones D y E del GMFM en el grupo 2 no se obtuvieron cambios, pero en el grupo 1 se obtuvo mejoras en la dimensión D.</p>
<p>Wu et al.³¹ (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 23 participantes diagnosticados de PCI espástica. • Edad: 6 a 14 años. • GMFCS: I al IV. • Sin toxina botulínica, ni cirugía ortopédica en los últimos 6 meses. 	<p>División aleatoria en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grupo 1: marcha robótica con asistencia. • Grupo 2: marcha robótica con resistencia en piernas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 minutos con la órtesis CaLT. • 3 sesiones/semana, durante 6 semanas. • 18 sesiones en total. • Descarga del peso: Sí, pero no indica porcentaje. 	<p>El grupo 2 mejoró la velocidad de marcha, la distancia en la prueba 6 minutos marcha. En contraste, el grupo 1 no tuvo mejoría.</p>