

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

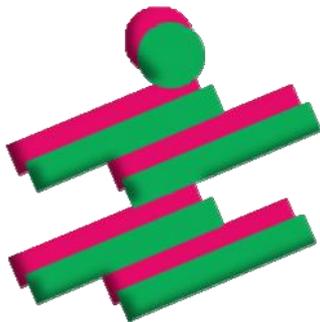
TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

“Estudio de los efectos de la intervención fisioterapéutica mediante un sistema robotizado en combinación con realidad virtual sobre la marcha de niños/as y adolescentes con diversidad funcional”.

“Study of the effects of a physical therapy intervention using a robotic system with virtual reality on gait in children and teenagers with disabilities.”

“Estudo dos efectos da intervención fisioterapéutica mediante un sistema robotizado en combinación con realidade virtual sobre a marcha de nenos/as e adolescentes con diversidade funcional.”



Facultad de Fisioterapia

Alumna: Noemy Dios Santamaría

DNI: 53797283-F

Tutora: Verónica Robles García

Convocatoria: Xuño, 2018

Agradecimientos

Después de este período de esfuerzo para elaborar el presente proyecto, escribo estas palabras de agradecimiento para poner fin a mi trabajo de fin de grado.

Fue una etapa de muchas horas de trabajo y esfuerzo, durante la cual siempre conté con el apoyo de diversas personas. Entre ellas algunos/as de mis compañeros/as de esta etapa universitaria, a los que puedo considerar amigos/as. Así mismo a mis amigos/as de toda la vida, que siempre estuvieron en los momentos que necesité y, una vez más, me lo demostraron en este periodo. Como no, el de mi familia, de la cual no puedo estar más orgullosa, enseñándome desde que era pequeña lo que es esforzarse en la vida para conseguir cada una de las metas que me proponga. El de mi tutora, Verónica Robles García, siempre dispuesta a ayudarme además de motivarme continuamente para seguir adelante.

Finalmente, dar las gracias a cada una de las personas que formaron parte del proyecto de Aprendizaje y Servicio promovido desde la Facultad en un Colegio de Educación Especial de A Coruña, sin las cuales no sería posible el desarrollo del trabajo aquí presentado.

A todos ellos, gracias, sin vosotros la elaboración de este documento sería difícil y mucho menos ameno.

Índice

1.	Resumen	6
1.1.	Resumen	6
1.2.	Abstract	7
1.3.	Resumo	8
2.	Introducción	9
2.1.	Tipo de trabajo	9
2.2.	Motivación personal	9
3.	Contextualización	10
3.1.	Antecedentes	10
3.1.1.	Concepto de diversidad funcional y periodo de escolarización.	10
3.1.2.	Adaptación curricular, Colegios de Educación Especial y Fisioterapia escolar.....	10
3.1.3.	Características de la marcha y de sus alteraciones. Importancia en la participación.....	11
3.1.4.	Intervención de fisioterapia en niños con diversidad funcional orientada a la marcha.....	14
3.1.5.	Empleo de nuevas tecnologías para el entrenamiento de la marcha.....	15
3.2.	Justificación del trabajo	22
4.	Hipótesis y objetivos	23
4.1.	Hipótesis: nula y alternativa.....	23
4.2.	Pregunta de investigación	23
4.3.	Objetivos:	23
4.3.1.	General.....	23
4.3.2.	Específicos	23
5.	Metodología.....	24
5.1.	Estrategia de búsqueda bibliográfica	24
5.2.	Ámbito de estudio	24
5.3.	Periodo de estudio	24
5.4.	Tipo de estudio	24
5.5.	Criterios de selección.....	24
5.6.	Justificación del tamaño muestral	25

5.7.	Selección de la muestra	25
5.8.	Descripción de las variables a estudiar	26
5.9.	Mediciones e intervención	29
5.9.1.	Descripción del CL1Walker.....	29
5.9.2.	Descripción del sistema de realidad virtual	31
5.9.3.	Protocolo de intervención	33
5.10.	Análisis estadístico de los datos (opcional)	35
5.11.	Limitaciones del estudio.....	35
6.	Cronograma y plan de trabajo	36
7.	Aspectos ético-legales	39
8.	Aplicabilidad del estudio.....	39
9.	Plan de difusión de los resultados	40
10.	Memoria económica	41
10.1.	Recursos necesarios.....	41
10.2.	Distribución del presupuesto.....	41
10.3.	Posibles fuentes de financiación.....	43
11.	Bibliografía.....	44
12.	Anexos.....	49
12.1.	Anexo 1. Carta a los centros.....	49
12.2.	Anexo 2. Hoja informativa del estudio	50
12.3.	Anexo 3. Circuito de la SWOC.....	53
12.4.	Anexo 4. PBS	54
12.5.	Anexo 5. GMFM	57
12.6.	Anexo 6. Ítems de la WeeFIM.....	62
12.7.	Anexo 7. PEM-CY	63
12.8.	Anexo 8. Consentimiento informado.....	73
12.9.	Anexo 9. Hoja de registro de los datos.....	74
12.10.	Anexo 10. Escala de fatiga	75

Índice de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. Características de los estudios.....	17
Tabla 2. Cronograma del plan de trabajo.....	38
Tabla 3. Presupuesto aproximado del proyecto.....	42

Figuras

Figura 1. Ciclo de la marcha.....	12
Figura 2. CL1Walker.....	29
Figura 3. Prototipo de arnés.....	31

Abreviaturas

AVDS: Actividades de la Vida Diaria

ApS: Aprendizaje y Servicio

CEE: Colegio de Educación Especial

CIF: Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud

GMFCS: Gross Motor Function Classification System

GMFM: Gross Motor Function Measure

PBS: Pediatric Balance Scale

PC: Parálisis Cerebral

RV: Realidad Virtual

SR: Sistema Robotizado

SR+RV: combinación Sistema Robotizado con Realidad Virtual

1. Resumen

1.1. Resumen

Introducción: los niños/as y adolescentes que presentan diversidad funcional (DF) suelen tener alteraciones de la marcha. A pesar de ello, ésta puede ser funcional, favoreciendo su autonomía y participación en la comunidad. Para lograr dicho objetivo desde el ámbito de la fisioterapia se han ido incluyendo distintas técnicas e instrumentos, como la reciente incorporación de los sistemas robotizados (SR) y la realidad virtual (RV). Ésta va teniendo evidencia en la terapia con adultos, sin embargo, aunque se han visto ciertos efectos positivos, en niños es necesario seguir investigando para establecer una dosificación óptima y concluir en cuanto a los beneficios que aporta, además de estudiar otras patologías diferentes a la parálisis cerebral (PC), población seleccionada en la mayoría de estudios. Uno de los inconvenientes que presenta, es el elevado coste de los sistemas, dificultando su inclusión en la práctica diaria, como puede ser en el ámbito escolar. Así, se ha considerado la realización del siguiente proyecto, que incluye el empleo de un prototipo de SR en combinación con RV, ambos de bajo coste. El objetivo es comprobar la eficacia del prototipo y ver lo efectos que tiene sobre la marcha de niños/as y adolescentes con DF. **Metodología:** para ello se plantea este proyecto de investigación en el que se proyecta la realización de un estudio piloto. Se reclutará un total de 36 participantes de entre 7 y 16 años con patología de origen neurológica, que serán distribuidos de forma aleatoria en dos grupos de igual tamaño. El primero, recibirá la intervención con el SR+RV, complementada con las sesiones de fisioterapia que reciba habitualmente. El segundo, sólo recibirá éste última. Se llevará a cabo durante dos meses, en los cuales el grupo de SR+RV tendrá sesiones de 30 minutos tres veces por semana. Previamente, se realizará una evaluación ciega de los siguientes aspectos: la funcionalidad de la marcha (variable principal), el gasto energético, la activación muscular, el equilibrio, parámetros espacio-temporales de la marcha, la función motora gruesa, las actividades de la vida diaria y dependencia y, finalmente, la participación. Tras el período de intervención, se volverá a repetir, al igual que al cabo de dos meses para ver los efectos a medio plazo. **Aplicabilidad:** se pretende ver la eficacia del SR y de la metodología propuesta para luego realizar un ensayo clínico aleatorizado, así como aportar nuevos datos sobre este tipo de intervención. De ser buenos los resultados, se difundirían para fomentar su empleo.

Palabras clave: sistema robotizado, realidad virtual, marcha, infancia, juventud, diversidad funcional.

1.2. Abstract

Introduction: children and adolescents with disabilities usually have gait disturbances. Despite this, gait can be functional, favoring their autonomy and participation in the community. To achieve this goal from the field of physiotherapy, different techniques and instruments have been included, such as the recent incorporation of robotic systems (SR) and virtual reality (VR). This combination is having evidence in the therapy with adults, however, although there have been certain positive effects, in children it is necessary to continue researching to establish an optimal dosage and conclude in terms of the benefits. Also it is important to study other pathologies different from cerebral palsy, the population selected in most studies. One of the disadvantage SR presents is the high cost of the systems, which makes difficult to include them in daily practice, such as in the school environment. So, the following project has been considered, which includes the use of a SR prototype in combination with RV, both low cost systems. The objective is to verify the effectiveness of the prototype and see its effects on the progress of children and adolescents with DF. **Methodology:** in order to check the feasibility of the use of SR, we propose this research project for conducting a pilot study. A total of 36 participants between 7 and 16 years old with a pathology of neurological origin will be recruited, who will be randomly distributed in two groups of equal size. The first one will receive the intervention with the SR + RV, which will be complemented with the physiotherapy sessions that it receives on a regular basis. The second one will only receive this last type of intervention. It will take place during two months, in which the intervention group will have 30 minutes sessions, three times a week. Previously, a blind evaluation of the following aspects will be carried out gait functionality (main variable), energy expenditure, muscle activation, balance, spatiotemporal parameters of gait, gross motor function, daily life activities and dependence and, finally, participation. After the intervention period, it will be repeated, as then two months after to really see the effects in the medium term. **Applicability:** the objective of this study is to see the effectiveness of the SR and the methodology proposed to carry out a randomized clinical trial, as well as contribute with new data on this type of intervention. If good results are obtained, they would be disseminated to the community in order to divulge its use.

Key words: Robotic, virtual reality, gait, children, youth, disability.

1.3. Resumo

Introdución: os nenos/as e adolescentes que presentan diversidade funcional (DF) soen ter alteracións da marcha. A pesar disto, esta pode ser funcional, favorecendo a súa autonomía e participación na comunidade. Para lograr dito obxectivo dende o ámbito da fisioterapia fóronse incluíndo distintas técnicas e instrumentos, como pode ser a recente incorporación de novas tecnoloxías a través de sistemas robotizados (SR) e realidade virtual (RV). Esta vai tendo evidencia na terapia con adultos, pola contra, aínda que se viron certos efectos positivos, en nenos é necesario seguir investigando para establecer una dosificación óptima e concluír en canto aos beneficios que aporta, ademais de estudar outras patoloxías diferentes á parálise cerebral (PC), poboación seleccionada na maioría de estudos. Un dos inconvenientes que presenta, é o elevado custo dos sistemas, o que dificulta a súa inclusión na práctica diaria, como poder ser no ámbito escolar. Así, considerouse a realización do seguinte proxecto, que inclúe o emprego dun prototipo de SR en combinación con RV, ambos de baixo custo. O obxectivo é comprobar a eficacia do prototipo e ver os efectos que ten sobre a marcha de nenos/as e adolescentes con DF. **Metodoloxía:** para isto plantéxase este proxecto de investigación no que se proxecta a realización dun estudo piloto. Reclutarase un total de 36 participantes de entre 7 e 16 anos con patoloxía de orixe neurolóxica, que serán distribuídos de forma aleatoria en dous grupos de igual tamaño. O primeiro, recibirá a intervención co SR+RV, complementada coas sesións de fisioterapia que reciba de forma habitual. O segundo, só recibirá esta última. Levarase a cabo durante dous meses, nos cales o grupo de SR+RV terá sesións de 30 minutos tres veces por semana. Previamente, realizarase una avaliación cega dos seguintes aspectos: a funcionalidade da marcha (variable principal), o gasto enerxético, a activación muscular, o equilibrio, parámetros espacio-temporais da marcha, a función motora grossa, as actividades da vida diaria e dependencia e, finalmente, a participación. Tras o período de intervención, volverase a repetir, ao igual que ao cabo de dous meses para ver os efectos a medio prazo. **Aplicabilidade:** preténdese ver a eficacia do SR e da metodoloxía plantexada para logo realizar un ensaio clínico aleatorizado, así como aportar novos datos sobre este tipo de intervención. De ser bos os resultados, difundiranse para fomentar o seu emprego.

Palabras chave: sistema robotizado, realidade virtual, marcha, infancia, xuventude, diversidade funcional.

2. Introducción

2.1. Tipo de trabajo

El tipo de trabajo escogido es el de un **proyecto de investigación** para la realización de un estudio piloto con el objetivo de determinar la efectividad y viabilidad del empleo de un prototipo de un sistema robotizado (SR) de bajo coste para el entrenamiento de la marcha en niños/as y adolescentes con diversidad funcional (DF). Con él se pretenden ver los efectos que se pueden obtener sobre la marcha y si la dosificación empleada es suficiente para ello, así como comprobar que los procedimientos elegidos son los óptimos, para luego poder hacer un ensayo clínico controlado y aleatorizado.

2.2. Motivación personal

La idea de este proyecto surgió a raíz de la creación del aprendizaje y servicio (ApS) de la Facultad de Fisioterapia en un colegio de Educación Especial (CEE) de A Coruña, del cual formo parte desde el curso académico 2016/2017.

Una de las madres de la AMPA del centro se informó sobre el desarrollo de un prototipo de robot de bajo coste en Valencia del que se estaba diseñando su aplicación para la intervención sobre la marcha y se encontró interesada en poder emplearlo con su hija a través del CEE. Cuando obtuve esta información, pensé que sería interesante hacer una investigación sobre ello, pues al formar parte del ApS pude observar como muchos de los niños tienen dificultad para andar e, incluso algunos de ellos, no tienen esa capacidad, siendo interesante la posibilidad de poder emplear un SR. Muchas veces, por la falta de recursos y las características que presente el/la niño/a, es difícil trabajar la marcha de una forma segura y eficaz, aspectos que el uso de un SR nos puede ofrecer. Por otra parte, la idea de emplear la realidad virtual, surge un poco motivada de ver los buenos resultados en cuanto a adherencia y aumento de la participación en la sesión que tiene el empleo de los videojuegos como herramienta terapéutica tras la incorporación de la Wii a nuestras intervenciones de fisioterapia en el colegio. En el caso de que los resultados del uso del SR fuesen positivos, podría usarse en distintos centros, clínicas u hospitales, no siendo necesario recurrir a los sistemas de alto coste. Pues estos, limitan su empleo a aquellos que tienen cierta disposición económica.

3. Contextualización

3.1. Antecedentes

3.1.1. Concepto de diversidad funcional y periodo de escolarización.

La discapacidad, según la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (CIF), es un término genérico que incluye déficits, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación. Indica los **aspectos negativos** de la interacción entre un individuo que presenta una determinada condición de salud y sus factores contextuales, tanto ambientales como personales.

En los últimos años se ha planteado el cambio del término discapacidad por uno que no tuviese connotaciones negativas, apareciendo así la palabra “**diversidad funcional**”. Fue propuesta por el Foro de Vida Independiente y Diversidad (F.I.V. 2005), quien la define como “la diferencia de funcionamiento de una persona al realizar las tareas habituales, como desplazarse o relacionarse, de manera diferente a la mayoría de la población”.

Esta diferencia en el funcionamiento ya puede estar presente a partir del nacimiento, afectando así al período de escolarización, comprendido desde los 3 a los 16 años de edad, pudiendo prolongarse hasta los 18 y los 21 años (este último, en el caso de la educación especial). La diferencia de funcionamiento influye, como veremos, en el aprendizaje a lo largo de la etapa educativa.

3.1.2. Adaptación curricular, Colegios de Educación Especial y Fisioterapia escolar

En la escolarización de estos niños/as y adolescentes con DF, se introdujo lo que se conoce como la adaptación curricular, definida como la modificación del currículo para hacerlo más accesible a un alumno adaptando los objetivos, contenidos o sistemas de evaluación con la finalidad de que no limiten su desarrollo educativo (1). Como consecuencia surgen los Colegios de Educación Especial (CEE), centros donde se ponen a disposición del sistema educativo un conjunto de recursos personales y materiales para poder responder de forma adecuada a las necesidades, tanto transitorias como permanentes, que pueda presentar el estudiante (2).

Los estudiantes con DF deben ser abordados de manera integral y, por lo tanto, multidisciplinar para la optimización y maximización de sus capacidades (1). Por ello, la figura

del fisioterapeuta se ha ido integrando en este ámbito, de manera que se incluya la intervención terapéutica en las actividades y rutinas del estudiante contribuyendo al desarrollo de las diferentes capacidades psicomotoras y aumentando su autonomía para lograr objetivos curriculares, además de promover la participación e integración de los alumnos entre sí y en la comunidad (1,3).

Las áreas de abordaje principales de la fisioterapia en este entorno son: **la inclusión y discapacidad**, promocionando entornos educativos inclusivos; **y la ergonomía, infraestructuras y accesibilidad**, donde el fisioterapeuta se centra en las estrategias de posicionamiento y movilidad (como puede ser la intervención sobre las alteraciones de la marcha) además de participar en la eliminación de barreras que puedan afectar al desarrollo de los alumnos (3).

3.1.3. Características de la marcha y de sus alteraciones. Importancia en la participación.

-Características de la marcha normal

La marcha humana se define como la capacidad para desplazarse de un lugar a otro de forma bípeda con bajo esfuerzo y un mínimo consumo energético. Durante este avance una de las extremidades inferiores servirá de apoyo móvil y soporte de peso (fase de apoyo) mientras, la otra, se adelantará en busca de un nuevo contacto (fase de balanceo u oscilación) y se irán alternando las funciones (4). Ambos movimientos constituyen el llamado ciclo de la marcha (figura 1), cuyo comienzo suele ser el instante en el que uno de los pies inicia el contacto con el suelo, normalmente con el talón, y finaliza con el siguiente apoyo del mismo pie. La fase de apoyo correspondería al momento entre ese contacto inicial, hasta el momento del despegue con el antepié y constituye el 60 % del total del ciclo. La fase de balanceo se iniciaría en ese despegue y acabaría con el siguiente contacto en el suelo, representando el otro 40% (5).

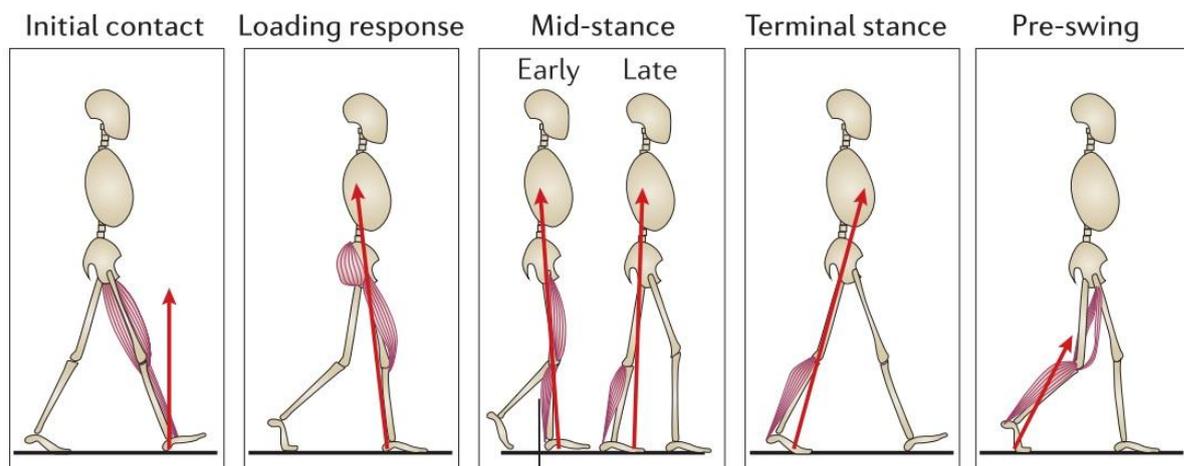


Figura 1. Ciclo de la marcha

Para poder llevar a cabo todas estas acciones es necesario que haya un buen control muscular, para que cada músculo se active en el momento preciso y a una intensidad adecuada (4).

Además, los niños deben aprender a moverse en una postura contra gravedad y de forma que coordinen su cuerpo para poder desarrollar una marcha libre y eficaz. Para ello, deben ir alcanzando las diferentes etapas de la evolución motriz. La marcha inmadura de los niños, después de adquirirla alrededor de los 12 meses, irá variando, de forma que con la edad se vayan adquiriendo paulatinamente los parámetros de la marcha adulta como son el contacto inicial con el talón, disminución de la base de apoyo, aparición de la disociación de cinturas, aumento del tiempo de apoyo unipodal, incremento de la velocidad de la marcha y de la longitud de paso con la edad y con el crecimiento de los miembros inferiores, ocurriendo lo contrario con la cadencia. Sobre los 7 años, se adquiere un patrón de marcha semejante al adulto (4,5).

-Características de la marcha patológica por afectaciones del sistema nervioso.

Las afectaciones del sistema nervioso pueden dar lugar a alteraciones del control motor, tanto a nivel sensitivo como motor, teniendo como consecuencia la aparición de trastornos en la marcha que provocarán modificaciones de sus características normales (4,6).

La parálisis cerebral (PC) es una de las patologías neurológicas más frecuentes en la población infantil, presentando tasas de prevalencia de entre 2 y 3 por cada 1000 nacidos vivos (7). Estos niños pueden presentar variedad en cuanto a la capacidad para caminar, definiendo así los cinco niveles de la Gross Motor Function Classification System (GMFCS).

Aquellos que presentan habilidad ambulante (niveles I, II y III), la suelen adquirir más tarde que el resto, la realizan a menor velocidad, con mayor gasto energético y con presencia de debilidad muscular. Según el tipo de PC, las características de la marcha serán diferentes. Así, cuando hay espasticidad, es frecuente encontrarla a nivel de aductores y flexores de miembros inferiores que, combinada con debilidad en los antagonistas, da lugar a la presencia de alteraciones posturales (rotación interna y aducción de cadera, flexo de rodilla, flexión plantar de tobillo) (4). Cuando hay ataxia, se produce un aumento de la base de sustentación debido a las alteraciones de equilibrio y coordinación presentes y, en la atetosis, es típica la existencia de movimientos anormales e incontrolados (4) (7).

En cuanto a los niños que poseen discapacidad a nivel intelectual o cognitivo suelen presentar retraso psicomotor, pudiendo presentar alteraciones en la planificación, coordinación y habilidades motoras, así como lentitud en la adquisición de la motricidad gruesa, del control postural y del equilibrio. Todos ellos factores que están involucrados en la marcha (8).

Por otra parte, las patologías de origen periférico pueden afectar predominantemente a la musculatura proximal o distal de miembros inferiores. En el caso de ser proximal, habrá una marcha balanceante con presencia de trendelemburg, contrarrestando dicha acción con la inclinación de tronco al lado contrario. Por lo contrario, si es distal, habrá déficit de flexión plantar, compensando con un aumento de la flexión de cadera para evitar el arrastre de los pies (6). Así, en ambas condiciones se producen alteraciones de la marcha características.

-Marcha funcional y su importancia en la participación y autonomía.

A pesar de los trastornos que puedan ocasionar las patologías neurológicas en la marcha, ésta puede ser **funcional**, definiéndose como la capacidad de caminar a la velocidad escogida y de superar los retos ambientales de forma apropiada y segura. Esto permitirá que el niño/a sea capaz de adaptarse a las distintas características físicas del ambiente, como puede ser el hecho de andar sobre superficies irregulares (p.ej. el campo, la arena...) o esquivar un obstáculo, facilitando su autonomía e inclusión social (9). Por lo tanto, se puede relacionar la marcha con el grado de participación, aspecto que se ha demostrado que tiene efectos positivos sobre el bienestar físico y emocional de los niños y jóvenes con discapacidades físicas (10). Hay una variedad de elementos que influyen en dicho grado como pueden ser el medio ambiente y los factores personales y familiares, así como las habilidades físicas que presente el niño (11). En relación con esta última variable, se encuentra la

capacidad para caminar, base de muchas actividades de la vida diaria y cuya alteración está asociada con una reducción de la actividad y de la participación (12).

3.1.4. Intervención de fisioterapia en niños con diversidad funcional orientada a la marcha.

Uno de los principales objetivos fisioterápicos en el ámbito de la pediatría es la adquisición de la capacidad de locomoción. Algunos de las herramientas terapéuticas empleadas para ello son:

-El **entrenamiento de la marcha en suelo o cinta rodante**. Durante el entrenamiento de la marcha es posible emplear un sistema de soporte corporal para facilitar la tarea reduciendo la carga sobre las extremidades inferiores y permitiendo mantener una postura más erguida (13). Dicha modalidad terapéutica, permite mayor repetición de pasos en un entorno seguro y controlado, pudiendo aumentar la intensidad de la intervención.

La cinta rodante, al igual que el empleo de circuitos de marcha, se han empleado también para el entrenamiento de la resistencia, enfocándolo al aumento de la capacidad aeróbica de niños con parálisis cerebral en edad escolar (14).

-El **entrenamiento de fuerza**. Para ello se usan distintas estrategias terapéuticas como pueden ser el trabajo con isocinéticos o ejercicios de pesas, que también pueden incluirse dentro de circuitos o entrenamiento de fuerza con resistencia progresiva. En la revisión donde se recogen dichos datos, los artículos de mayor evidencia muestran mejoras en la función motora gruesa, en pruebas con dinamómetro y en las variables espacio-temporales de la marcha. Además, hay datos sobre la disminución de la espasticidad, lo que es destacable ya que en inicio se creía que el trabajo de la fuerza tenía el efecto contrario (14).

-Finalmente, mencionar la **hipoterapia**, una de las modalidades que ha surgido recientemente y que tiene buenos resultados en cuanto a la mejora del equilibrio, postura, movilidad y a la disminución del gasto energético. Además, se vieron beneficios a nivel cardiovascular y en determinados componentes de la marcha, como la velocidad, longitud de zancada o la cadencia. La base de esta terapia es que los movimientos del caballo reproducen de forma muy similar los de la marcha humana (15,16).

3.1.5. Empleo de nuevas tecnologías para el entrenamiento de la marcha.

En los últimos años ha aumentado el empleo de las nuevas tecnologías en el ámbito de la neurorrehabilitación, suponiendo un complemento válido y eficaz a los tratamientos convencionales (17). Con ellas se facilita el trabajo realizado por los profesionales intentando mejorar o compensar los déficits existentes con la finalidad de disminuir las limitaciones funcionales e incrementar la capacidad del sujeto para desarrollar actividades de la vida diaria.

Empleo de sistemas robotizados (SR)

Una de las aportaciones del desarrollo de las nuevas tecnologías son los SR, máquinas que se pueden emplear para la recuperación de disfunciones tanto a nivel de miembros superiores, como inferiores, enfocada esta última sobre todo a la marcha.

-Eficacia de su aplicación

El uso de SR en el campo de la neurorrehabilitación para la intervención sobre la marcha ayuda a crear una terapia intensiva, controlada y segura, repetitiva, provista de tareas orientadas a objetivos, interactiva y motivadora tanto en pacientes no ambulatorios como con dificultades para caminar (18). Además, se suele acompañar de soporte de peso corporal, facilitando que pacientes con alto grado de discapacidad ambulatoria puedan mejorar la condición física y cardiorrespiratoria (19).

Aunque hay una creciente muestra de evidencia sobre la efectividad del empleo de este tipo de terapias en adultos, en el ámbito de la pediatría no es tan clara. La mayoría de los estudios se centran en la PC, habiendo pocos estudios en otro tipo de patologías. Además, no se han establecido todavía las directrices adecuadas para cada tipo de paciente, no habiendo una dosificación óptima ni estando claro cómo se ve afectada la capacidad para caminar cuando se usan unos u otros parámetros (velocidad, porcentaje de suspensión corporal, etc.). La evidencia que apoya su efectividad, así mismo, sigue siendo insuficiente debido a que los estudios solo demuestran tener pequeños efectos.

Una guía de recomendaciones prácticas realizada por expertos, recogió los distintos objetivos que tiene la terapia con el sistema Lokomat en cada uno de los niveles de la GMFCS según los dominios de la CIF, presentando utilidad en cada uno de ellos. Se muestra así que hay la posibilidad de intervenir sobre aspectos como la estabilidad y calidad de la marcha, la velocidad, el control de tronco, la regulación del tono muscular, la resistencia, la conciencia corporal o la amplitud de movimiento. Incluso en el nivel V, donde no hay capacidad

ambulante, se puede obtener resultados positivos sobre algunos de los aspectos citados anteriormente (20).

Tras realizar una revisión bibliográfica sobre los efectos del empleo de los SR en niños con patología neurológica, se vieron resultados positivos sobre los parámetros espacio-temporales de la marcha (como el aumento de la velocidad) y cinemáticos en alguno de los estudios incluidos (21–23). También se recogen investigaciones donde se apreciaron mejoras importantes en las subescalas D (bipedestación) y E (marcha) de la Gross Motor Function Measure (GMFM); así como en la resistencia, evaluada a través del test de 6 minutos marcha, o en la habilidad para caminar (22–25). En uno de los estudios se evaluó su efecto sobre el control dinámico del equilibrio, obteniendo resultados favorables en cuanto a la adquisición de estrategias para ello, en comparación al grupo que no recibió la intervención con el SR (26). En la tabla 1 se muestran los distintos estudios consultados con la dosificación empleada y las variables medidas.

Tabla 1. Características de los estudios.

Autor	Tipo de estudio	Población de estudio	Intervención	Variables evaluadas	Resultados
Druzbeck (2013) (20)	Ensayo controlado aleatorio	-55 niños con PC (diplejía espástica). -Entre 6-13 años. -Niveles II-III de la GMFCS.	Grupo de intervención: Lokomat+programa de ejercicios individuales. -45 minutos/sesión. -20 sesiones. Grupo control: programa de ejercicios individuales. -20 sesiones.	-Parámetros espacio-temporales y cinemáticos de la marcha.	-No gran diferencia entre grupos en cuanto a parámetros espacio-temporales. -Aumento de la velocidad de la marcha, más notable en el grupo control. -Aumento significativo del movimiento pélvico en el plano frontal en el grupo de intervención en comparación al control.
Schroeder (2014) (23)	Estudio observacional	-83 participantes con PC. -Entre los 4 y 18 años. -Niveles I-V GMFCS.	Grupo de intervención: RAGT (Lokomat). -30-60 min/sesión (según paciente). -12 sesiones. -3 semanas.	-Función motora gruesa (GMFM-66). -GMFM-D. -GMFM-E.	-Gran variabilidad inter-sujeto tras el abordaje. -A nivel grupal, mejora significativa en las variables evaluadas.
Beretta (2015) (21)	Ensayo clínico aleatorizado	-23 participantes con daño cerebral adquirido -Diagnosticados entre 2-20 años.	Grupo Intervención: RAGT+fisioterapia convencional -1 vez/día. Grupo control: fisioterapia convencional. -2 veces/día. En ambas intervenciones: -5 días/semana. -45 min/sesión. -4 semanas.	-Función motora gruesa (GMFM). -Habilidad para caminar (FAQ). -Resistencia (6MWT). -Parámetros espacio-temporales y cinemáticos (análisis 3D).	-Mejora significativa en las dimensiones D y E de la GMFM en el grupo de intervención respecto al control, al igual que en el FAQ -Diferencias significativas en el 6MWT tras las sesiones en el grupo de intervención. -Mejoras en la cadencia, velocidad y longitud de paso y en los parámetros cinemáticos en relación con los rangos articulares de los MMII en el grupo de intervención con respecto al control.
Wallard (2017) (22)	Ensayo clínico aleatorizado	-30 niños con PC (diplejía espástica). -Entre 8-10 años.	Grupo intervención: Lokomat. -40 min/sesión. -5 sesiones/semana. -20 sesiones. Grupo control: fisioterapia convencional. -Diaria. -40 min/sesión.	-Análisis cinemático de la marcha (Vicon) en relación a las estrategias de equilibrio dinámico y coordinación. -Función motora gruesa (GMFM).	-Diferencias significativas en los parámetros cinemáticos de tronco superior y de miembros inferiores (rodilla y tobillo) entre el grupo de intervención y el control. No en los de tórax, pelvis y ángulos articulares. -Diferencias significativas en las dimensiones D y E de la GMFM entre el grupo de intervención y el control.

GMFCS: Gross Motor Function Classification System; RAGT: Robotic assisted gait training; GMFM: Gross Motor Function Measure; FAQ: Functional Activities Questionnaire; 6MWT: 6 Minutes Walking Test.

Tabla 1. Características de los estudios.

Autor	Tipo de estudio	Población de estudio	Intervención	Variables evaluadas	Resultados
Wu (2017)	Estudio controlado aleatorizado	-23 niños con PC. -Entre 4 y 16 años. -Niveles I-IV GMFCS.	Grupo de intervención: robot+cinta rodante. Grupo control: cinta rodante+asistencia manual. En ambas intervenciones: -30/40 min/sesión (según tolerancia). -3 veces/semana. -6 semanas.	-Velocidad de marcha. -Resistencia (6MWT). -Función motora gruesa (GMFM). -Tono muscular (Ashworth).	-Velocidad de la marcha aumentada significativamente en el grupo de intervención, no cambios significantes en el control. -Mayor mejora en el 6MWT en el grupo de intervención. -No cambios significativos en la GMFM. -No cambios significativos en cuanto al tono en ninguno de los grupos.
Wallard (2018)	Ensayo controlado aleatorizado	-30 niños con PC (espástica bilateral). -Entre 8 y 10 años.	Grupo intervención: RAGT (Lokomat). Grupo control: fisioterapia convencional o terapia ocupacional. En ambas intervenciones: -40 min/sesión. -20 sesiones. -4 semanas.	-Parámetros espacio-temporales (Vicon). -Parámetros cinemáticos (correlación entre el centro de masas y el de presiones en el eje anteroposterior y mediolateral). -Estabilidad postural (dimensiones D y E de la GMFM, tiempo de doble y simple apoyo).	-Mejora de los parámetros espacio-temporales en el grupo de intervención con respecto al control, excepto en la longitud de paso izquierdo. -En el grupo control solo se encontraron diferencias en el eje anteroposterior, mientras en el de intervención se obtuvieron en ambos ejes. Concluyendo que adquirieron mejores estrategias de equilibrio dinámico estos últimos. -En la estabilidad postural solo se encontraron diferencias significativas en el grupo de intervención. En el grupo control el único valor significativo fue en la GMFM.
Cinta rodante con realidad virtual					
Cho (2016)	Ensayo clínico aleatorizado	-18 niños con PC (espástica). -Entre 4 y 16 años. -Niveles I-III GMFCS.	Grupo intervención: cinta rodante+RV. Grupo control: cinta rodante En ambas intervenciones: -30 min por día -3 sesiones/semana -Combinada con fisioterapia convencional 30 min/sesión, 3 veces/semana - 8 semanas	-Fuerza muscular (Manual Muscle Test). -Función motora gruesa (dimensiones D y E de la GMFM). -Equilibrio (PBS). -Velocidad de marcha (10MWT). -Resistencia (2MWT).	-Aumento significativo de la fuerza muscular en el grupo de intervención con respecto al control, excepto para los isquiotibiales. -Mejores puntuaciones en la dimensión D de la GMFM y de la PBS en el grupo de intervención. Además de obtener mejores resultados en el 10MWT y en el 2MWT.

GMFCS: Gross Motor Function Classification System; RAGT: Robotic assisted gait training; GMFM: Gross Motor Function Measure; FAQ: Functional Activities Questionnaire; 6MWT: 6 Minutes Walking Test; PBS: Pediatric Balance Scale; 10MWT: 10 Metre Walk Test; 2MWT: 2 Minute Walking Test; RV: Realidad Virtual

Tras la revisión de estos artículos se puede concluir que es necesario seguir investigando para poder establecer cuáles son las dosis óptimas y los beneficios obtenidos con su empleo, pues sigue habiendo controversias en cuanto a ellos (27).

-Tipos de sistemas robóticos de marcha

En la rehabilitación de la marcha, los SR se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Exoesqueleto:** es un dispositivo cuyos segmentos y articulaciones se corresponden en cierta medida a los del cuerpo humano y se acoplan externamente a la persona. El modelo más conocido y empleado en rehabilitación es el Lokomat (Hocoma AG; Zurich, Suiza), sistema altamente complejo y con un coste muy elevado (28).
- **“End-effector robots”:** aplican fuerzas mecánicas sobre segmentos distales de las extremidades, simulando simétricamente la postura y las fases de oscilación de la marcha (29). Permiten extender la rodilla con más libertad y pueden ser más exigentes por el hecho de tener que mantener más el equilibrio (19). Tienen una fácil configuración comparándolos con los exoesqueletos y su coste es menor. El inconveniente que plantean es el control limitado sobre las articulaciones proximales, lo que podría dar lugar a patrones de movimiento anormales en pacientes que no son capaces de gestionarlos (29). Algunos de los empleados son el “Gait Trainer” (Reha-Stim; Berlín, Alemania) o el “Loko-Help” (LokoHelp group; Weil am Rhein, Alemania).

Uso de la realidad virtual (RV) en la intervención terapéutica de la marcha

-Características y efectos de su empleo.

La RV se define como aquella tecnología capaz de recrear entornos virtuales ofreciendo estímulos (outputs) e interacciones (inputs) en tiempo real entre el escenario y el usuario, haciendo que éste se encuentre inmerso en él. Cuantos más estímulos de distintas modalidades sensoriales ofrezca, más número de vías sensoriales se activarán y, por lo tanto, más se aproximará la experiencia a la realidad. Proporciona así, un buen sustrato para facilitar el aprendizaje motor y presenta un alto grado de “validez ecológica”, ya que posibilita que haya una mayor transferencia de las habilidades aprendidas a la vida real (30–32). Otro

aspecto importante es que ofrecen la posibilidad de recrear de manera controlada y segura situaciones de la vida real que pueden suponer un riesgo en la práctica convencional.

Estos sistemas deben presentar 3 características fundamentales: la **integración sensorial** (combinación apropiada de las diferentes modalidades sensoriales que ofrece), la **interacción** (posibilidad de que el sujeto perciba su movimiento en el entorno virtual y participe en él) e **inmersión** (capacidad del sistema para hacer sentir al usuario encontrarse físicamente en el mundo virtual) (32,33).

Se ha considerado que esta tecnología tiene influencia sobre el aprendizaje motor, pudiéndose aplicar a la intervención sobre la marcha, por el hecho de presentar características como la **repeticón**, conocido factor que induce neuroplasticidad (capacidad de las neuronas para adaptarse estructural y funcionalmente con el objetivo de reorganizar los circuitos neuronales dañados) e importante para el aprendizaje de habilidades motoras y funcionales. En determinados estudios se ha visto que el entrenamiento de una tarea específica aumenta el área de representación cortical del movimiento y de los músculos involucrados en él, generando cambios a este nivel (33–35). El **feedback sensorial**, obtenido a través de diferentes canales, destacando el visual. Y, finalmente, la **motivación**, ya que permite realizar terapias amenas y divertidas, hecho que hay que tener muy en cuenta en las intervenciones con niños/as y que va a favorecer tanto su adherencia al tratamiento como su participación activa. Todo ello supondrá un mayor éxito en el aprendizaje (32,36).

-Sistemas de RV

Dentro de los sistemas de RV hay una amplia variedad, englobando desde los más inmersivos, donde se simula un ambiente tridimensional aislando al paciente del entorno físico durante la terapia (salas especialmente diseñadas, gafas oclusiva, etc.) a los menos inmersivos (contando con una pantalla donde se muestra el escenario virtual) (37).

Los sistemas que simulan menos modalidades sensoriales pueden ofrecer un alto grado de realismo siempre y cuando los estímulos ofrecidos y los que se reciban del exterior sean congruentes entre sí (32), hecho que hay que tener en cuenta en los sistemas de bajo coste. Los usados en neurorrehabilitación son:

- **Wii (NINTENDO)**: en el Wiimote el control es a través de un mando que se sostiene en la mano y mide los movimientos del jugador para ser trasladados a la pantalla.

También dispone de la Wii Balance Board, una tabla con cuatro sensores que permiten localizar el centro de presión, siendo útil en la reeducación del equilibrio.

- PlayStation (SONY): con la aplicación EyeToy y el mando Move se permite al usuario entrar en contacto con distintas experiencias virtuales.
- Xbox (MICROSOFT): el sistema Kinect permite jugar sin mando dejando libertad para mover libremente el cuerpo gracias al empleo de un sensor de movimiento (36).

-Combinación con robot

Aunque se han visto ciertos beneficios de la aplicación de los SR, la naturaleza repetitiva de la intervención puede obstaculizar la motivación y adherencia al programa, sobre todo en la población pediátrica (38). Por ello, cada vez es más frecuente que se acompañe de retroalimentación y motivación extrínseca, como puede ser el empleo de la RV, pues está demostrado que facilita la participación activa del sujeto durante la intervención (27), así como la concentración. Cuando la RV está presente, se hace el gesto de la marcha de forma más dinámica, al igual que en la vida diaria, y se proporcionan actividades más intensivas orientadas a tareas específicas (39).

Para comprobar su beneficio, se investigaron los efectos de la terapia con SR combinada con RV en la reorganización cortical y la función motora en niños de 8 años con PC hemiparética. Después de la intervención se registró mayor activación de la corteza sensitivomotora primaria contralateral. Este cambio se asoció a la mejora de las habilidades motoras (28).

En otro estudio, en niños con PC, donde se combinaba el uso de una cinta rodante con RV, se obtuvieron mejores resultados en cuanto a fuerza en los extensores de tobillo, a la función motora gruesa, a el equilibrio y velocidad de la marcha, así como en la resistencia que en el grupo donde no se empleó RV, debido a la motivación proporcionada por competir con los personajes virtuales. Un hecho importante observado, fue que las habilidades aprendidas durante la intervención fueron transferidas a entornos reales (39). La dosificación empleada se muestra en la tabla 1.

Aunque los resultados obtenidos hasta ahora en la combinación de la RV con los SR en el entrenamiento de la marcha han sido favorables, es necesaria mayor evidencia en este ámbito.

El inconveniente del empleo de terapias con nuevas tecnologías es el alto coste que suponen los sistemas y la adaptación del espacio que es necesaria para ellos, pues muchos requieren salas especiales para su desarrollo. Además, es necesario que los fisioterapeutas estén bien cualificados para el empleo de este tipo de herramientas terapéuticas. Todo ello limita su uso en la investigación y, sobre todo, en un entorno clínico normal.

3.2. Justificación del trabajo

Las alteraciones de la marcha están presentes en la mayoría de niños/as y jóvenes con DF, pero esto no significa que no puedan llegar a presentar una marcha funcional que les permita una máxima autonomía y participación social, ambos aspectos importantes para la calidad de vida e integración. Desde la fisioterapia se han ido empleando distintas herramientas para su consecución y, en los últimos años, con el desarrollo de las nuevas tecnologías, se han ido incluyendo los SR y la RV para ello. Estos sistemas permiten una terapia segura, repetitiva y motivante para los usuarios, facilitando el aprendizaje motor. Sin embargo, las investigaciones actuales en la población pediátrica están realizadas con equipos que suponen un gasto elevado, además de haber controversia sobre sus efectos y no estar establecidas las dosis óptimas de aplicación. Además, los efectos están comprobados sobre todo en niños/as con PC. Por lo tanto, es necesario seguir estudiando su aplicación para ver si su empleo tiene una buena relación entre el coste y la efectividad, para poder integrarlo en la práctica clínica.

En este proyecto se propone el empleo de un prototipo de SR combinado con uno de RV de bajo coste en un ámbito escolar, donde hay presencia de gran variedad de patologías neurológicas que afectan a la capacidad ambulante. El propósito es estudiar su efecto sobre la funcionalidad de la marcha, así como en otras variables como son el equilibrio o la función motora gruesa. En el caso de que los resultados fuesen favorables, el hecho de ser de bajo coste, facilitaría su inclusión en distintos ámbitos, como son el presentado en el estudio, clínicas u hospitales, reduciendo el gasto que les puede ocasionar los sistemas actuales que mayor evidencia presentan. Así mismo, aportaría información sobre la dosificación y sobre

sus efectos en distintos tipos de patología y permitiría tener referencias en cuanto a la metodología empleada para poder realizar un estudio a gran escala.

4. Hipótesis y objetivos

4.1. Hipótesis: nula y alternativa

- **Hipótesis nula:** el programa de intervención de fisioterapia mediante el empleo de un SR de bajo coste en combinación con RV no producirá mejoras significativas en la funcionalidad de la marcha en niños/as y adolescentes con DF en comparación al grupo control.
- **Hipótesis alternativa:** el programa de intervención de fisioterapia mediante el empleo de un SR de bajo coste en combinación con RV producirá mejoras significativas en la funcionalidad de la marcha en niños/as y adolescentes con DF en comparación al grupo control.

4.2. Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la intervención de fisioterapia mediante el uso de un SR+RV sobre la funcionalidad de la marcha en niños/as y adolescentes con diversidad funcional?

4.3. Objetivos:

4.3.1. General

Conocer los efectos a corto y medio plazo de un programa de intervención fisioterapéutica mediante el empleo de un SR de bajo coste en combinación con RV sobre la funcionalidad de la marcha en niños con diversidad funcional.

4.3.2. Específicos

- Estudiar el efecto del programa de intervención de la marcha sobre el gasto energético.
- Comprobar si el programa de intervención tiene efectos sobre la actividad muscular durante la marcha.
- Comprobar los efectos del programa sobre el equilibrio.
- Estudiar los efectos de la intervención sobre la motricidad gruesa.

- Comprobar si los resultados conseguidos con la intervención se transfieren a la mejora de las actividades de la vida diaria y a la participación del niño/a en su vida cotidiana.

5. Metodología

5.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica

Para la obtención de información para la realización de este proyecto, se hizo una búsqueda bibliográfica simple en distintas bases de datos (Pubmed, PEDro, Scopus) y en distintos buscadores específicos (Google Académico, Dialnet). Las palabras clave empleadas para ello fueron “robotic”, “gait”, “virtual reality”, “children”, “disability”. Con el objetivo de que la información fuera lo más actual posible se seleccionaron artículos de los 5 últimos años.

5.2. Ámbito de estudio

La población de estudio seleccionada para el proyecto son niños/as o adolescentes en periodo escolar con diversidad funcional del área metropolitana de A Coruña.

5.3. Periodo de estudio

El período de estudio abarca desde el mes de marzo de 2018 hasta el mes de agosto de 2019.

5.4. Tipo de estudio

En el proyecto se plantea un estudio piloto de tipo experimental analítico longitudinal y aleatorio estratificado por bloques.

5.5. Criterios de selección

Para el estudio se incluirán todos aquellos niños/as o adolescentes cuyos padres o tutores legales hayan aceptado su participación en él tras recibir toda la información oportuna y firmar el consentimiento informado, cumpliendo con los siguientes requisitos:

- **Criterios de inclusión:**

-Niños/as o adolescentes en etapa escolar con diversidad funcional que presenten patologías de origen neurológico que cursen con alteraciones de la marcha.

-Niños/as o adolescentes con edades comprendidas entre los 7 y los 16 años.

-Niños/as o adolescentes con capacidad ambulante con/sin ayudas técnicas con gasto energético elevado.

-Niños/as o adolescentes con capacidad de comprensión suficiente para entender las instrucciones verbales básicas.

- **Criterios de exclusión:**

-Niños/as o adolescente que hayan sido intervenidos quirúrgicamente o hayan recibido tratamiento con toxina botulínica en MMII en los últimos 6 meses.

-Niños/as o adolescentes con riesgo de sufrir luxación de cadera.

-Niños/as o adolescentes que presenten deformidades o contracturas a nivel de los miembros inferiores que produzcan dolor durante la marcha.

-Niños/as o adolescentes con patología no controlada (epilepsia, diabetes...).

-Niños/as o adolescentes con patología cardíaca o respiratoria no controlada o grave.

-Niños/as o adolescentes con problemas visuales/auditivos no corregibles.

5.6. Justificación del tamaño muestral

Debido a la falta de investigaciones que empleen el tipo de SR+RV y el diseño experimental que se proponen en el proyecto, se plantea este estudio piloto, que nos permitirá tener datos preliminares para así después poder realizar un ensayo clínico aleatorizado con un cálculo de tamaño muestral realizado mediante el programa G*Power. Teniendo en cuenta las posibles bajas en este estudio piloto, que se consideran aproximadamente de un 15% de la muestra total, y basándonos en el teorema central del límite en el que a partir de una n suficiente ($n=30$) se considera que los datos se aproximan a una distribución normal, establecemos un tamaño muestral de $n= 36$; de los cuales se asignarán 18 a cada grupo de estudio.

5.7. Selección de la muestra

La metodología empleada para el reclutamiento de pacientes para el estudio será vía carta a los/as directores/as de los centros de Educación Especial y Asociaciones de la ciudad de A Coruña (anexo 1). En ella se comentará toda la información acerca del proyecto y, en el

caso de estar interesados, se realizará una reunión con los padres/tutores de los niños/as o adolescentes que podrían participar, para explicarle en detalle en qué consistiría el proyecto, cuales son los objetivos y los participantes que se requieren. Además, se dará opción a resolver todas las posibles dudas que pudiesen surgir y se les entregará una hoja de información sobre el estudio donde también aparecerá cómo ponerse en contacto con los investigadores (anexo 2).

5.8. Descripción de las variables a estudiar

Funcionalidad de la marcha

El objetivo general del estudio será evaluado a través de la *Standardized Walking Obstacle Course (SWOC)*. Su propósito es determinar la capacidad de marcha en niños de 6 a 21 años midiendo la estabilidad y velocidad en distintas circunstancias de una forma segura, reproducible y eficiente. Presenta alta confiabilidad entre e intra-evaluadores. Para su valoración se deberá realizar un circuito con unas dimensiones de 12,2 m de largo y 0,9 m de ancho y que incluye en la trayectoria un total de 3 giros (uno que presente 30 grados a la derecha, otro de 90 grados a la izquierda y otro de 70 grados a la derecha). El sujeto debe partir de una silla con respaldo y reposabrazos y deberá sobrepasar una muleta axilar, pasar por una zona donde haya material de estimulación visual, hacer un giro alrededor de un cubo y pasar por encima de una alfombra de pelo para terminar sentándose en una silla con respaldo, pero sin reposabrazos. Las medidas tenidas en cuenta serán el tiempo, el número de pasos y la estabilidad durante el recorrido (9,40) (anexo 3).

Gasto energético

Se realizará el test de 6 minutos marcha para el posterior cálculo del gasto energético a través del *Physiological Cost Index*. Este índice se usa como medida indirecta del gasto energético por la relación lineal que existe entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno, expresándolo en pulsaciones/metro (41). Para ello se registrará la FC en reposo durante un minuto. Tras la realización del *6 Minutes Walking Test (6MWT)* se vuelve a registrar inmediatamente la FC para así aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{FC marcha (ppm)-FC en reposo (ppm)} / \text{Velocidad (m/min)}$$

Activación muscular

Para su medición se empleará electromiografía dinámica a nivel de recto anterior del cuádriceps, isquiotibiales, tibial anterior y gastrocnemios (lateral y medial) en ambos miembros inferiores, al igual que el en estudio de Botega et al (42). La actividad muscular se registrará durante la marcha por una línea recta de 3 metros de distancia y se repetirá tres veces. En el caso de que el individuo necesite ayudas técnicas para ello, se le permitirá emplearlas siempre y cuando le sean imprescindibles para realizarlo.

Los electrodos serán de superficie y se colocarán en dichos músculos siguiendo las recomendaciones sugeridas por Surface Electromyography for Non-invasive Assessment of the muscles (SENIAM). Se utilizará el programa de Biometric Data Log (Biometrics Ltd, Gwent, UK) para el registro electromiográfico con una frecuencia de muestreo de 1kHz.

Equilibrio

Valoración a través de la *Pediatric Balance Scale (PBS)*. Es una modificación de la Escala de Berg creada como una medida de equilibrio para niños en edad escolar con discapacidades motoras de leves a moderadas. Se ha demostrado que tiene buena fiabilidad test-retest e inter-evaluador. Cuenta con 14 ítems para valorar el equilibrio funcional en las actividades de la vida diaria en el hogar, escuela o comunidad. Cada ítem se puntúa de 0 (más bajo) a 4 (más alto), pudiendo conseguir una puntuación máxima de 56. Pasarla y puntuarla no lleva más de 20 min y no requiere el empleo de material específico (43) (anexo 4).

Marcha

Se hará un análisis cuantitativo con la nueva versión de Kinect (v2), ya que es de bajo coste y es el sistema que se empleará para la realidad virtual. Este nos proporciona información fiable sobre los parámetros espaciotemporales. Se registrarán los parámetros colocando el sensor en un plano frontal a 0,75 m de altura con respecto al individuo a evaluar, al igual que en el estudio de Mentiplay et al (44). Empezará a caminar a una distancia de unos 8 m con respecto al Kinect, después de haberlo calibrado. Caminará el recorrido pautado en una trayectoria rectilínea de forma natural.

Los parámetros que se evaluarán serán la velocidad de la marcha (m/s), el tiempo (s), la longitud (m) y la anchura de paso (cm) y el tiempo de contacto (s) con el suelo de ambas piernas.

Función motora gruesa

Se evaluará con la *Gross Motor Function Measure-88 (GMFM-88)*. Es una escala válida para la evaluación en niños con PC, síndrome de Down y lesión cerebral adquirida. Los estudios muestran una excelente confiabilidad inter-evaluador y test-retest en dicha población. En cuanto a ítems, presenta un total de 88, puntuados de 0 (no inicia la tarea) a 3 (completa la tarea) y se agrupan en cinco dimensiones (tumbado y volteos; sentado; gateando y de rodillas; bipedestación; andando, corriendo y saltando)(45). En el presente estudio, aunque la escala se pasará de forma completa, se tendrán en cuenta las subescalas correspondientes a la bipedestación (D) y marcha (E) (anexo 5).

AVDs y dependencia

A través de la *Functional Independence Measure for Children (WeeFIM)*, adaptación del Functional Independence Measure (FIM), que se emplea para la medición de la actividad, participación y desempeño. Tiene un total de 18 puntos, cada uno de los cuales se valora del 1 (ayuda total) al 7 (independencia completa) y, que se engloban en tres subcategorías: autocuidado (8 ítems), movilidad (5 ítems) y social cognitivo (5 ítems) (anexo 6). El tiempo aproximado de administración es de 20 minutos (46). Para el estudio, aunque se realizará la escala de forma completa, se tendrán en cuenta los siguientes ítems, evaluados por los padres o cuidadores:

-*Transferencia* (silla o silla de ruedas, inodoro, bañera).

-*Locomoción* (camina).

-*Locomoción* (escalera).

Participación

Para su medición se empleará la validación al español del cuestionario *Participation and Environment Measure for Children and Youth (PEM-CY)* (47). Sirve para describir la participación de niños y jóvenes entre los 5 y 17 años en la escuela (5 ítems), en el hogar (10 ítems) y en la sociedad (10 ítems) tanto en actividades formales (actividades físicas estructuradas, clases extraescolares...) como informales (pasear por el vecindario, quedar con amigos/as para salir a jugar...). Para cada tipo de actividad se realizan tres preguntas en relación a la frecuencia de realización (puntuada de 0 -nunca- a 7-diariamente), la involucración del individuo en ella (1 –muy poco involucrado- a 5 –muy involucrado) y si al padre le gustaría ver cambios en la participación en dicha actividad y cuáles serían (0 -no- 1

–sí). También incluye preguntas sobre las facilitaciones o barreras que pueden estar presentes en el entorno y que dificulten el desarrollo de esta variable en los tres entornos (7 ítems para el hogar, 9 para la escuela y comunidad) (anexo 7). Para la evaluación se contará con la colaboración de los padres o cuidadores (47).

5.9. Mediciones e intervención

La intervención de fisioterapia con el SR se realizará con un prototipo del sistema robótico de bajo coste CL1Walker. Para combinarlo con el empleo de la RV se escogió el sistema de bajo coste Kinect para Xbox 360, pues permite el control del escenario virtual mediante el movimiento del cuerpo, sin necesidad de emplear ningún tipo de mando o dispositivo.

5.9.1. Descripción del CL1Walker

El CL1Walker (figura 2) fue creado por un equipo formado por un ingeniero informático, un grupo de ingenieros mecánicos y un grupo de fisioterapeutas del CEU de Valencia con la finalidad de obtener una versión “low cost” para el entrenamiento de la marcha.



Figura 2. CL1 Walker

(extraída del vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=Rw-UWpLmbz0>)

Consta de tres partes:

1) **Software de interfaz:** al lado derecho de donde se posicionará el fisioterapeuta hay una pantalla táctil que permite controlar la mayor parte de las funciones del sistema. Además, facilita el registro y almacenamiento en una base de datos de cada una de las sesiones de forma individualizada para cada usuario.

2) **Sistema de suspensión:** sirve tanto de grúa para la transferencia del paciente como para soportar el porcentaje de carga de peso seleccionado durante el entrenamiento. Cuenta con un arnés que está anclado mediante cuatro cinchas a los pilares de soporte del robot y cuya función será la corrección postural a nivel del tronco.

3) **Sistema de marcha:** consiste en dos patines situados de forma paralela y cuyo movimiento simula la fase de balanceo de la marcha. Tiene un sistema de ajuste al pie según su tamaño acompañado de cinchas para darle estabilidad durante el funcionamiento del robot. El soporte del pie está articulado de forma que al realizar el inicio de la fase de balanceo, la parte posterior del patín se eleva en función del parámetro de flexión plantar seleccionado. Las velocidades que alcanza oscilan entre 0.1 y 5 km/h. El rango de movimiento de los patines en sentido anteroposterior representa la longitud de paso y es un parámetro no modificable.

El robot también cuenta con un asiento en la parte delantera, que estará destinado al fisioterapeuta responsable de la sesión y que se encargará de hacer las correcciones oportunas según las necesidades de cada usuario.

Para este estudio se le realizarán las siguientes modificaciones:

Amplitud de movimiento de los patines variable. Es lo que representa la longitud de paso y se considera oportuno que este parámetro se pueda adaptar según el sujeto, pues será diferente en función de aspectos como la estatura, edad o patología y alteraciones de la marcha que presente.

Arnés. Se harán ajustes incorporando cinchas acolchadas a nivel de pelvis con el objetivo de limitar el patrón de rotación interna y aducción de los MMII presente en diversas alteraciones de la marcha. Además, se modificarán las cinchas a nivel de tronco, añadiendo otras que ofrezcan una mayor sujeción, dando más estabilidad para favorecer una marcha menos demandante energéticamente y con menos compensaciones. En el caso de que el individuo presente un bajo control de tronco o movimientos incontrolados (como los de tipo

atetósico), se pensó en tener la posibilidad de fijar el soporte de la grúa para limitar el balanceo a nivel superior. En la figura 3 aparece un tipo de arnés similar al que se describe.



Figura 3. Prototipo de arnés

Marcha en función de la capacidad que presente el niño/a. Se propone de esta forma que, en el caso de que el usuario sea incapaz de iniciar/realizar la marcha de forma independiente, el robot le proporcione asistencia. Si, por lo contrario, tiene la capacidad de hacerlo de forma autónoma, la máquina no intervendrá. El objetivo de dicha modificación es intentar lograr que la acción sea lo más activa y participativa posible, aspectos importantes para el aprendizaje motor.

5.9.2. Descripción del sistema de realidad virtual

En la intervención con robot se empleará la realidad virtual por medio del sensor Microsoft Kinect v2 para Xbox o Windows. Presenta cámara RGB con una resolución de 1920x1080 píxeles, infrarrojos para capturar los gestos corporales sin necesidad de emplear ningún dispositivo a mayores, y micrófonos. Las características del sensor son las siguientes:

- Rango de visión horizontal: 70 grados
- Rango de visión vertical: 60 grados
- Rango de profundidad: 0,5-4,5 m

En este caso se usará para Windows, por lo que se contará también con un ordenador con sistema operativo Windows 8 y, como sistema de visualización, un proyector. Todo estará colocado en una mesa en frente al robot, de forma que no se interfiera con la imagen y que el sensor detecte los movimientos del participante.

Se consideró la creación de dos escenarios virtuales diferentes para ser empleados durante las sesiones:

Escenario 1: estará ambientado en un bosque imaginario y el/la protagonista tendrá que ir explorando por el mismo con el objetivo de encontrar su casa. Para que se vaya avanzando en el juego se debe realizar el gesto de la marcha y, en el caso de que se pare el/la niño/a, la imagen se detendrá hasta que se retome la actividad. En el camino habrá una serie de obstáculos que deberá sortear:

-Árboles caídos: para poder avanzar, se deberá levantar la pierna correspondiente a la parte en la que se sitúe el obstáculo (derecha o izquierda).

-Río con piedras: el objetivo será ir de piedra en piedra despacio para no despertar a las pirañas y poder llegar al final.

-Puente colgante: en el momento en el que se sitúe encima del, empezarán a desprenderse las tablas, para no caer, se deberá acelerar el paso.

En el caso de que no se hagan los gestos anteriormente mencionados para evitar los obstáculos, se retrocederá al último circuito completado.

Escenario 2: el protagonista será un/a superhéroe al cual un villano le ha robado el amuleto que le da los súper poderes. El objetivo, por lo tanto, será ir detrás del mismo para recuperarlo. Habrá distintos niveles según los de la GMFCS, que condicionarán la velocidad del villano para que sea alcanzable. El juego poseerá diferentes escenarios (ciudad, jungla, catacumbas y ruinas de las pirámides) y cada uno tendrá unos obstáculos que se interpondrán en el camino para que no se alcance al villano. Para sortearlos el superhéroe dispondrá de un láser a nivel de las rodillas, si se sitúa en el lado derecho deberá subir la de ese mismo lado, si no empleará la izquierda. En el recorrido, también habrá monedas en el suelo a distintas distancias y para poder cogerlas se deberá modificar la longitud de paso. Las monedas irán aumentando una barra de energía que, al estar llena, acortará la distancia con el villano. Para avanzar, al igual que en el anterior, el/la niño/a debe andar. En el caso de pararse, aumentará la distancia con el enemigo.

Ambos tienen como finalidad que se haga la marcha de forma intencional, ya que el avance del avatar y del escenario será posible sólo si se realiza el gesto de caminar por parte del/a niño/a o adolescente. Tendrán tanto el estímulo visual proporcionado por las imágenes proyectadas, como auditivo, en relación al escenario.

5.9.3. Protocolo de intervención

Tras el reclutamiento de participantes para el estudio a través de una carta informativa a los directores de los distintos colegios de Educación Especial de A Coruña y a distintas asociaciones y posterior reunión con los interesados, se hará una entrevista con los padres/tutores legales que estén de acuerdo y hayan firmado el consentimiento informado (anexo 8), para llevar a cabo el reclutamiento de los datos (nombre, edad, tipo de patología...) (anexo 9) y comprobar que el niño/a o adolescente cumple con los criterios del estudio.

Una vez se tenga la muestra establecida, cada participante será distribuido para la formación de dos grupos:

- El grupo de intervención es el grupo al que se le aplicará la terapia con el sistema robotizado y realidad virtual (SR+RV). Además, recibirá las sesiones habituales de fisioterapia que reciban en el colegio, centro privado o de forma domiciliaria.
- El grupo control sólo recibirá las sesiones de fisioterapia que realice de forma habitual (en el colegio, centro privado...).

Como el estudio se realizará combinándolo con la fisioterapia que reciban externamente, se deberá homogenizar la muestra de forma que el cómputo de horas totales de esta intervención en ambos grupos sea similar. Para ello, se aplicará una aleatorización estratificada a través del programa Microsoft Excel 2016, empleando la función de muestreo aleatorio estratificado, en función de la variable "horas de fisioterapia".

Cuando estén asignados se procederá a realizar las valoraciones iniciales de forma individualizada. Se empezarán un mes antes de la intervención y siempre estarán hechas por el mismo fisioterapeuta, que no sabrá a que grupo pertenece cada participante. En ella se realizará la valoración de cada una de las variables (gasto energético, activación muscular, equilibrio, marcha, función motora gruesa, AVDs y dependencia, participación) con los instrumentos descritos anteriormente.

El programa de intervención se llevará a cabo durante 2 meses en el Colegio de Educación Especial [REDACTED]. Las sesiones del grupo de intervención serán 3 días por

semana con una duración 30 min cada una y se harán en una sala reservada para ello. Las primeras sesiones podrán adaptarse según la condición del niño/a, pudiendo introducir períodos de descanso para poder completar los 30 min propuestos para la sesión. Durante esta se empleará una escala para saber el nivel de fatiga y ajustar los períodos de descanso (anexo 10).

En cuanto a los parámetros de marcha usados durante el entrenamiento, se ajustarán de forma individual para cada uno de los participantes en el estudio. Esto es debido a que el rango de edad seleccionado en el estudio, así como las patologías que pueden estar presentes, engloban mucha variedad tanto física (altura, longitud de las extremidades...) como en las características de la marcha (longitud de paso, velocidad, patrón...) no pudiendo escoger unos valores específicos. Dentro de dichos parámetros estarían la velocidad, la longitud de paso, el rango de flexión plantar aportado por los patines y el porcentaje de suspensión corporal. Para determinarlos, se realizará una sesión de prueba a cada uno de los participantes. En el caso del porcentaje de suspensión aportado por el robot se seleccionará aquel que permita mantener el contacto del pie en el suelo y que el/la niño/a sea capaz de llegar a la extensión de los MMII durante la fase de apoyo. Se intentará ir reduciendo el porcentaje de carga en suspensión con el paso de las sesiones. Los parámetros se irán modificando en función de la evolución que se consiga a medida que pasen las sesiones.

Durante la sesión con el robot y la realidad virtual, el fisioterapeuta responsable, se encargará de calibrar el Kinect y de corregir verbal y manualmente los parámetros de la marcha que sean necesarios (valgo dinámico de rodilla, excesiva rotación interna/externa de cadera...) y dará las instrucciones oportunas para que el individuo puede seguir los escenarios virtuales, además de motivarlo para que la participación sea la mayor posible.

Como se ha mencionado, esta intervención se acompañará con las sesiones de fisioterapia que reciban habitualmente, siendo estas las únicas que recibirá el grupo control.

Finalizado el período de intervención, el mismo fisioterapeuta que realizó las valoraciones iniciales, se encargará de la reevaluación de las variables del estudio. En el caso de que se vea que el programa tuvo efectos sobre las mismas, se volverá a hacer tras dos meses sin efectuar el entrenamiento de la marcha en el robot, asistiendo solo a las sesiones habituales de fisioterapia llevadas a cabo en el colegio para conocer el mantenimiento de los resultados a medio plazo.

5.10. Análisis estadístico de los datos (opcional)

El análisis estadístico de los resultados que se obtengan tras la realización del estudio, se llevará a cabo empleando el programa SPSS (IBM SPSS Statistics version 24.0) Inicialmente, se procederá a realizar un análisis descriptivo de la muestra en relación a las variables sexo, edad, tipo de patología e intervenciones terapéuticas. El análisis estadístico descrito a continuación se hará para todas las variables registradas en el estudio, siendo continuas el gasto energético, la activación muscular, las variables espacio-temporales de la marcha y los parámetros tenidos en cuenta en la SWOC y, discretas, el equilibrio, las AVDs y dependencia, así como la participación.

En un primer lugar, se estudiará la distribución verificando que todas las variables siguen una distribución normal. Si esto se cumple, se aplicará la prueba paramétrica de análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA-MR) para cada una de las variables con el fin de conocer el efecto de la intervención en cada una de ellas. En el ANOVA-MR se considerará un factor inter-sujeto, que incluye dos niveles, el grupo de control y el grupo de intervención, y un factor intra-sujeto con tres niveles (evaluación 1, evaluación 2 y evaluación 3). A este análisis se aplicará la corrección post-hoc de Bonferroni).

Los resultados se presentarán considerando la media y la desviación estándar. La significancia se establecerá cuando p valor sea menor a 0,05.

5.11. Limitaciones del estudio

En el estudio que se plantea en este proyecto de investigación hay una serie de limitaciones:

- La muestra tiene un rango de edad comprendido entre los 7 y 16 años y sólo se incluyen aquellos niños/as y jóvenes del área metropolitana de A Coruña. Además, el número de participantes seleccionado para el estudio es escaso. De esta forma, no se abarcan todas las edades comprendidas en el período de escolarización ni el tamaño muestral representa a toda la población con DF, pudiendo quedar algún tipo de patología no incluida. Todo ello supondrá una limitación para la extrapolación de los resultados obtenidos a otros niños/as y jóvenes que presenten edades o patologías diferentes a las del estudio. De todas formas, como el presente proyecto es para la realización de un estudio

piloto, sería interesante tener en cuenta esta limitación en el caso de que se realice un ensayo clínico aleatorizado.

- Tanto en el grupo control como en el de intervención con robot, hay sesiones de fisioterapia llevadas a cabo en el colegio, clínicas privadas u otros centros. Donde más va a influir este aspecto es en el grupo control, pues es la única intervención que tienen los participantes. Para ello se decidió realizar una aleatorización estratificada, de forma que la muestra quedara lo más homogénea posible en cuanto a horas totales de intervención. De todas formas, el tratamiento de fisioterapia, en cuanto a dosis y métodos empleados depende, de dichos centros.
- El tipo de SR empleado es un prototipo que está en prueba y, aunque hay otros sistemas en el mercado que gozan de elementos necesarios para una correcta alineación u otras características útiles para la intervención en la marcha, el coste que supone, hace que sea interesante investigar cuáles pueden ser sus efectos aunque no sean los esperados con otro tipo de sistemas más sofisticados.
- Los escenarios virtuales empleados han sido creados para el estudio, no se ha demostrado previamente su eficacia. Si bien es cierto que en su diseño se han considerado todos los aspectos que la evidencia científica avala para que sean efectivos.
- Para la evaluación de la función motora gruesa se propone usar la GMFM, no validada para otras patologías que no sean PC, Síndrome de Down o lesión cerebral adquirida. Como en el estudio se incluyen todo tipo de patologías de origen neurológico, en todas aquellas que no sean PC o Síndrome de Down, la escala se empleará sin la validación. Si bien es cierto, existen referencias de su uso en otras patologías.

6. Cronograma y plan de trabajo

La duración del estudio planteado se estima que podría tener una duración aproximada de un año y cinco meses. Consta de distintas etapas, en las que se incluyen el diseño del estudio y la posterior solicitud al Comité de Ética para poder llevarlo a cabo. Una vez aceptado, se comenzaría con la difusión del mismo y el reclutamiento de participantes de distintos centros de Educación Especial o Asociaciones del área metropolitana de A Coruña. Seleccionados los participantes y, una vez hayan firmado el consentimiento informado, se

llevarán a cabo las evaluaciones un mes antes a la intervención. Ésta última tendrá una duración de dos meses, tras la cual se volverá a evaluar a los participantes, tanto al finalizar el programa de intervención, como después de que pase un período de dos meses para ver si tiene efectos a medio plazo. Cuando se hayan recogido los datos necesarios, se procederá a su análisis, para poder ver los resultados de la puesta en práctica del estudio y elaborar las conclusiones oportunas. Finalmente, se procederá a la difusión de los resultados. En la tabla 2 se muestra la temporalización para cada uno de las fases correspondientes al desarrollo del proyecto.

Tabla 2. Cronograma del plan de trabajo.

AÑO	Mar 18	Abr 18	May 18	Jun 18	Jul 18	Agos 18	Sept 18	Oct 18	Nov 18	Dic 18	Ene 19	Febr 19	Mar 19	Abr 19	May 19	Jun 19	Jul 19	Agos 19
Diseño del estudio	■	■	■															
Solicitud al comité de ética				■	■													
Difusión del estudio					■	■												
Reclutamiento de pacientes					■	■												
Firma del consentimiento informado						■												
Evaluación inicial							■											
Programa de intervención								■	■									
Evaluación final y seguimiento										■	■	■						
Análisis de datos												■						
Elaboración de conclusiones													■	■				
Presentación de resultados														■				
Elaboración del artículo científico															■	■		
Difusión de los resultados a la comunidad científica y profesional																	■	■

7. Aspectos ético-legales

El proyecto será remitido al comité de ética de la Universidad de A Coruña para obtener su consentimiento y aprobación para poder llevarlo a cabo.

En este proyecto se siguen y respetan los principios éticos para investigación médica en seres humanos propuestos en la declaración de Helsinki (2013) relativos a la bioética y a los derechos humanos, además de la legislación española vigente reflejada en la ley 14/2007 del 3 de junio de investigación biomédica.

Para la realización del estudio se ha elaborado una hoja de información para los padres/tutores y los participantes en donde se pondrán los aspectos más relevantes: en qué consiste, cuáles son los objetivos, cómo será la participación y los derechos que tiene el sujeto. Tras la lectura, comprensión y aceptación de la misma, se procederá a firmar el consentimiento informado, siguiendo lo establecido en la ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. En él también se pedirá permiso para realizar grabaciones con única finalidad científica-académica y cuya publicación será siempre manteniendo el anonimato del niño/a o adolescente. Tanto los participantes como los padres/tutores no tienen ninguna obligación con el estudio. Si en cualquier momento decidieran abandonarlo podrían hacerlo sin necesidad de dar ninguna explicación y sin tener repercusión alguna.

En cuanto a la información recogida de cada uno de los participantes estará protegida bajo la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD) del 15/1999 del 13 de diciembre. Así mismo, sólo será accesible para los investigadores, los cuales la almacenarán en una carpeta con una contraseña que sólo ellos sabrán. El período máximo de almacenamiento será de 10 años, tras el cual se procederá a su destrucción y posterior eliminación.

Además, se tendrá en cuenta que todos los investigadores del proyecto tengan en vigor el Certificado de Delitos de Naturaleza Sexual exigido para el trabajo con menores de edad, según la Ley Orgánica 1/1996, de Protección Jurídica del Menor, modificada por la Ley 45/2015.

8. Aplicabilidad del estudio

Este proyecto tiene como finalidad ampliar los conocimientos y evidencia científica, así como ver la viabilidad y efectividad del empleo del SR de bajo coste CL1Walker en

combinación con RV para la intervención fisioterápica sobre la marcha de niños con DF. Además, se obtendrán datos acerca de la dosificación, del tamaño muestral necesario y de los posibles fallos que puedan surgir con la metodología propuesta, evitando cometerlos en un estudio realizado a mayor escala. En el caso de que los resultados obtenidos con la puesta en práctica del estudio sean favorables, se realizará un ensayo clínico aleatorizado, tras el cual se podrá difundir el empleo del SR en el ámbito hospitalario o privado, así como en asociaciones o centros de educación especial que cuenten con servicio de fisioterapia. Su integración sería más factible que otros sistemas similares, debido a su menor coste económico.

9. Plan de difusión de los resultados

Una vez llevado a cabo el estudio, tras el análisis de los resultados y la realización de las conclusiones, se procederá a su difusión tanto a la sociedad como en el ámbito profesional y científico.

Inicialmente, se tendrá una reunión con los padres/madres o tutores de los participantes para comunicarle los resultados obtenidos con la realización de la intervención. También se hará llegar la información a los centros de educación especial, asociaciones, clínicas y hospitales a través de charlas informativas.

En cuanto al ámbito científico, se recurrirá a la presentación de ponencias o pósteres en distintos congresos:

- Congreso anual de la Asociación Española de Fisioterapeutas.
- Congreso anual de la Sociedad Española de Fisioterapia en Pediatría.
- Congreso anual Nacional de Estudiantes de Fisioterapia.

Así mismo, se buscará la publicación en distintas revistas tanto a nivel nacional (Fisioterapia y Revista de neurología) como internacional relacionadas con la fisioterapia en pediatría y la neurorrehabilitación:

- Pediatric Physical therapy (factor de impacto: 0,44).
- Developmental Medicine & Child Neurology (factor de impacto: 1, 95).

10. Memoria económica

10.1. Recursos necesarios

Para llevar a cabo el proceso de investigación son necesarios tanto recursos materiales como humanos. Dentro de los recursos materiales están todos aquellos relacionados con los instrumentos empleados para la valoración de las variables del estudio, los de la intervención (sistema CL1Walker y sistema de RV) y los relacionados con la infraestructura donde se llevará a cabo. En cuanto a los recursos humanos, se precisan dos fisioterapeutas (uno que será el evaluador ciego y otro para colaborar en las sesiones). También, se necesita la contratación de un ingeniero informático para realizar los ajustes del robot y diseñar los escenarios virtuales propuestos.

10.2. Distribución del presupuesto

En la tabla 3 aparece la lista de material con su coste aproximado para la distribución del presupuesto.

Recursos materiales			Recursos humanos		
Material	Unidades	Coste (€)	Profesional	Tiempo y jornada	Coste (€)
Cronómetro	1	10	Ingeniero	Media/completa (anual)	35000
Metro	1	9			
Electrodos de superficie	2 cajas de 25 bolsas (50 electrodos en cada)	200			
Silla con respaldo	1	20	Fisioterapeutas (2)	Jornada completa durante 4 meses	10400
Silla con respaldo y reposabrazos	1	30			
Muleta axilar	1	15			
Cubo	1	13			
Alfombra de pelo	1	30			
Material estimulación visual	1	10			
Robot CL1Walker	1	25000 + 3000 (transporte e instalación)			
Sensor Kinect v2	1	149			
Ordenador	1	400			
Adaptador Kinect para Windows	1	11,99			
Proyector	1	86,99			
Pantalla para proyectar	1	50			
Mesa	1	45			
Otro material (folios, bolígrafos, fotocopias...)		200			
Coste total del material		29279,98	Coste total personal		45400
Coste total: 74679,98					

Tabla 3. Presupuesto aproximado del proyecto.

10.3. Posibles fuentes de financiación

Con la finalidad de poder cubrir parte de los gastos del estudio planteamos presentar este proyecto en diferentes convocatorias, fundaciones o entidades que puedan estar interesadas en financiarlo:

-Obra social “La Caixa”. En esta fundación se prioriza la investigación de repercusión social por lo que creemos que este proyecto podría ser de interés dentro de los programas de apoyo a la investigación científica de excelencia en los ámbitos de las ciencias de la vida y de la salud.

-Fundación Paideia Galiza. El objetivo de la fundación Paideia es promover la innovación social a través de proyectos sostenibles que fomenten, entre otros elementos, la equidad en la sociedad, por lo que este proyecto podría ser aceptado para su financiación.

-Fundación Barrié. Se centra en prestar apoyo a la investigación gallega, para lo que invierte en la creación de centros o proyectos científicos. Por ello, cabe pensar que podría ser de su interés incluir el presente proyecto en el plan de apoyo a la investigación científica.

-Ayudas de la Fundación María José Jove, en colaboración con la “Consellería de Sanidade da Xunta de Galicia” y el “Servizo Galego de Saúde”. Están destinadas al impulso y desarrollo de actividades de formación e investigación científica que apoyen la mejora de la calidad de vida y presten servicios sanitarios en la población gallega infantil, por lo que podrían aceptar la propuesta para la financiación de este estudio.

11. Bibliografía

1. Ruiz Salmerón F, Hurtado Sánchez MR, Vera Leante C, Ros Martínez G, Martínez Fernández FJ, Sáez Fajardo A, et al. Guía básica de fisioterapia educativa [Internet]. 2015. 57 p. Available from: [http://www.ahuce.org/Portals/0/Publicaciones/Boletines_OI/Guía básica de fisioterapia educativa.pdf](http://www.ahuce.org/Portals/0/Publicaciones/Boletines_OI/Guía_básica_de_fisioterapia_educativa.pdf)
2. Ministerio de Educación y Ciencia de España. Guía de la integración. Madrid; 1986.
3. Retamal Matus H, Fernández Elgueta A, Barría Torres Á, Osorio Muñoz M, Rodríguez Santana D. Valoración del rol profesional del fisioterapeuta en Educación Escolar: estudio descriptivo y correlacional. *Fisioterapia*. 2018;40(2):73–8.
4. Perry J, M. Burnfield J. Gait analysis. *Normal and Pathological Function*. 2010. 3-16, 43-45, 341-360 p.
5. Sánchez Lacuesta JJ, Prat Pastor JM, Hoyos Fuentes JV, Viosca Herrero E, Soler García C, Comín Clavijo M, et al. Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. In p. 34-36,98-100, 127–9, 183–94.
6. Hospital Universitario Infantil Niño Jesús, López JM. Alteraciones de la marcha. *Asoc Española Pediatría* [Internet]. 2008;7(2):7–14. Available from: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-equino/alteraciones_de_la_marcha.pdf
7. Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, Dan B, Lin JP, Damiano DiL, et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Prim*. 2016;2.
8. Macias Merlo L, Martín Diez A. Capítulo 3: Desarrollo psicomotor. In: *Fisioterapia en Pediatría*. 2018. p. 54–5.
9. Kott KM, Held SL, Giles EF, Franjoine MR. Predictors of standardized walking obstacle course outcome measures in children with and without developmental disabilities. *Pediatr Phys Ther*. 2011;23(4):365–73.
10. Bult M. Participation in leisure activities of children and adolescents with physical disabilities. 2012. 1-152 p.
11. Badia M, Longo E, Orgaz MB, Gómez-Vela M. The influence of participation in leisure activities on quality of life in Spanish children and adolescents with Cerebral Palsy. *Res*

- Dev Disabil [Internet]. 2013;34(9):2864–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.017>
12. VanSwearingen JM, Perera S, Brach JS, Wert D, Studenski SA. Impact of Exercise to Improve Gait Efficiency on Activity and Participation in Older Adults With Mobility Limitations: A Randomized Controlled Trial. *Phys Ther* [Internet]. 2011;91(12):1740–51. Available from: <https://academic.oup.com/ptj/article-lookup/doi/10.2522/ptj.20100391>
 13. Booth ATC, Buizer AI, Meyns P, Oude Lansink ILB, Steenbrink F, van der Krogt MM. The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol* [Internet]. 2018; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/dmcn.13708>
 14. Martin L, Baker R, Harvey A. A systematic review of common physiotherapy interventions in school-aged children with cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2010;30(4):294–312.
 15. Martín Diez A. Capítulo 22: El Juego en la Infancia y sus Aplicaciones e Implicaciones en el Contexto Terapéutico. *Actividades Lúdicas Terapéuticas y Discapacidad. In: Fisioterapia en Pediatría*. 2018. p. 465–6.
 16. Rigby BR, Grandjean PW. The Efficacy of Equine-Assisted Activities and Therapies on Improving Physical Function. *J Altern Complement Med* [Internet]. 2016;22(1):9–24. Available from: <http://online.liebertpub.com/doi/10.1089/acm.2015.0171>
 17. González AM, Graduada E, Buznego G, Graduado M. Nuevas Tecnologías y su aplicación en Rehabilitación Neurológica. 2017;487–9.
 18. Adquirido C. Nuevas tecnologías para la atención a personas con discapacidad de origen neurológico New technologies for the care of people with. 2014;2:233–6.
 19. Cho JE, Yoo JS, Kim KE, Cho ST, Jang WS, Cho KH, et al. Systematic Review of Appropriate Robotic Intervention for Gait Function in Subacute Stroke Patients. *Biomed Res Int*. 2018;2018.
 20. Aurich T, Warken B, Graser J V, Ulrich T, Borggraefe I, Heinen F, et al. Practical Recommendations for Robot-Assisted Treadmill Therapy (Lokomat) in Children with Cerebral Palsy : Indications , Goal Setting , and Clinical Implementation within the WHO-ICF Framework.

21. Druzbecki 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. *J Rehabil Med*. 2013;45(4):358–63.
22. Beretta E, Romei M, Molteni E, Avantaggiato P, Strazzer S. Combined robotic-aided gait training and physical therapy improve functional abilities and hip kinematics during gait in children and adolescents with acquired brain injury. *Brain Inj*. 2015;29(7–8):955–62.
23. 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]. 2017;21(3):557–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpn.2017.01.012>
24. Schroeder AS, Von Kries R, Riedel C, Homburg M, Auffermann H, Blaschek A, et al. Patient-specific determinants of responsiveness to robot-enhanced treadmill therapy in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2014;56(12):1172–9.
25. Wu M, Kim J, Arora P, Gaebler-Spira DJ, Zhang Y. Effects of the Integration of Dynamic Weight Shifting Training into Treadmill Training on Walking Function of Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2017;96(11):765–72.
26. 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]. 2018;60(April 2017):55–60. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.11.007>
27. Lefmann S, Russo R, Hillier S. The effectiveness of robotic-assisted gait training for paediatric gait disorders: Systematic review. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2017;14(1):1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-016-0214-x>
28. Bayon C, Raya R. Robotic Therapies for Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Transl Biomed* [Internet]. 2016;7(1):1–10. Available from: <http://www.transbiomedicine.com/translational-biomedicine/robotic-therapies-for-children-with-cerebral-palsy-a-systematic-review.php?aid=8788>
29. Schwartz I, Meiner Z. Robotic-Assisted Gait Training in Neurological Patients: Who May Benefit? *Ann Biomed Eng*. 2015;43(5):1260–9.

30. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Rev Med Devices* [Internet]. 2018;15(2):107–17. Available from: <https://doi.org/10.1080/17434440.2018.1425613>
31. Cáceres S, Gómez MB, García MJ, Milian M, Arroyo A, Cascante L. Aplicación de las nuevas tecnologías en la rehabilitación del lesionado medular. *Rev Española Discapac* [Internet]. 2017;5(1):229–36. Available from: <file:///C:/Users/Mireia/Downloads/Dialnet-AplicacionDeLasNuevasTecnologiasEnLaRehabilitacion-6023244.pdf>
32. Robles García V. Realidad virtual como herramienta en fisioterapia, ¿ficción o realidad? *Fisioterapia* [Internet]. 2018;40(1):1–3. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0211563817301189>
33. Peñasco-Martín B, de los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo A, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, de la Peña-González A. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol*. 2010;51(March 2014):481–8.
34. Monge Pereira E, Molina Rueda F, Alguacil Diego IM, Cano de la Cuerda R, de Mauro A, Miangolarra Page JC. Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: Guía de práctica clínica. *Neurología*. 2014;29(9):550–9.
35. Warraich Z, Kleim JA. Neural plasticity: The biological substrate for neurorehabilitation. *PM R* [Internet]. 2010;2(12 SUPPL):S208–19. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.016>
36. Monge Pereira E, Molina Rueda F, Alguacil Diego IM, Cano de la Cuerda R, de Mauro A, Miangolarra Page JC. Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: Guía de práctica clínica. *Neurología* [Internet]. 2014;29(9):550–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2011.12.004>
37. Ng YS, Chew E, Samuel GS, Tan YL, Kong KH. Advances in rehabilitation medicine. *Singapore Med J*. 2013;54(10):538–51.
38. Wang M, Reid D. Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: Attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology*. 2011;36(1):2–18.
39. Cho C, Hwang W, Hwang S, Chung Y. Treadmill Training with Virtual Reality Improves Gait, Balance, and Muscle Strength in Children with Cerebral Palsy. *Tohoku J Exp Med* [Internet]. 2016;238(3):213–8. Available from:

https://www.jstage.jst.go.jp/article/tjem/238/3/238_213/_article

40. Held SL, Kott KM, Young BL. Standardized Walking Obstacle Course (SWOC): Reliability and validity of a new functional measurement tool for children. *Pediatr Phys Ther.* 2006;18(1):23–30.
41. Raja K, Joseph B, Benjamin S, Minocha V, Rana B. Physiological cost index in cerebral palsy: Its role in evaluating the efficiency of ambulation. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(2):130–6.
42. Botega R, Medola FO, Santos CBA, Silva AT, Iunes DH, Purquerio BDM. A new walking aid with axillary support for children with cerebral palsy: Electromyographic evaluation. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2013;8(6):507–10.
43. Franjoine MR, S. Gunther J, Jean Taylor M. Pediatric Balance Scale: A Modified Version of the Berg Balance Scale for School-Age Child with Mild to Moderate Motor Impairment. *Pediatr Phys Ther.* 2003;
44. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Pua YH, McGaw R, Heywood S, et al. Gait assessment using the Microsoft Xbox One Kinect: Concurrent validity and inter-day reliability of spatiotemporal and kinematic variables. *J Biomech [Internet].* 2015;48(10):2166–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.05.021>
45. Harvey AR. The Gross Motor Function Measure (GMFM). *J Physiother [Internet].* 2017;63(3):187. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2017.05.007>
46. García PD. Instrumentos de evaluación de funcionalidad en niños con discapacidad : Una comparación descriptiva entre The Functional Independence Measure for Children (WeeFIM) y The Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI). *Rehabil Integr.* 2011;6(2):79–86.
47. Vidal Ros M, Alarcón J, Alonso M. Adapatación y validación transcultural del cuestionario PEM-CY al Español. Universidad Católica de Valencia “San Vicente Mártir”; 2016.

12. Anexos

12.1. Anexo 1. Carta a los centros

Estimado Dir./Dir.^a:

Me pongo en contacto con usted y por ende con el centro que dirige como investigadora responsable del estudio que tiene por título: **“Estudio de los efectos de la intervención fisioterapéutica mediante un sistema robótico en combinación con realidad virtual sobre la marcha de niños/as y adolescentes con diversidad funcional”**. La finalidad de esta sería conocer su disponibilidad para que los/as alumnos/as de su centro participen en el mismo.

Para el estudio se empleará un prototipo de robot de bajo coste para el entrenamiento de la marcha. Además, como se recoge en el título, estará acompañado del uso de distintos escenarios de realidad virtual para incrementar la motivación del niño/a o adolescente que esté realizando las sesiones. Ambas tecnologías ya han mostrado ciertos efectos positivos en la capacidad para caminar de la población pediátrica con diversidad funcional, pero normalmente los equipos empleados tienen un alto coste, siendo difícil incluirlos en el ámbito de la fisioterapia escolar.

Me gustaría, si le parece conveniente y oportuno, poder ir al centro a dar una charla informativa a los padres/madres/tutores legales responsables del alumnado para explicarles en detalle en qué consistirá la participación y cuáles son los objetivos, además de poder resolver las posibles dudas que vayan surgiendo lo largo de la misma. El proyecto fue aceptado por el comité de ética y sigue todos los principios éticos y de confidencialidad exigidos y se llevará a cabo en el colegio de Educación Especial [REDACTED]

Le agradezco su atención y colaboración, quedo a la espera de su contestación. Si quisiera ponerse en contacto conmigo podría hacerlo a través de:

Correo: noemy.dios@udc.es

Tif.: XXX XX XX XX

Atentamente, Noemy Dios Santamaría (investigadora responsable)

12.2. Anexo 2. Hoja informativa del estudio

Título del estudio: “Estudio de los efectos de la intervención fisioterapéutica mediante un sistema robótico en combinación con realidad virtual sobre la marcha de niños/as o adolescentes con diversidad funcional”.

Responsable de la investigación: Noemy Dios Santamaría

Centro: Universidad de A Coruña

Nos dirigimos a usted para proporcionarle información acerca del estudio de investigación que estamos realizando desde la Universidad de A Coruña en el colegio de Educación Especial [REDACTED] con el propósito de que su hijo/a o tutorizado/a participe en él. Ha sido aprobado por el comité de ética y se respeta la normativa vigente.

El siguiente estudio incluye el empleo de un prototipo de robot de bajo coste para el entrenamiento de la marcha. Además, estará acompañado del uso de distintos escenarios de realidad virtual para incrementar la motivación del niño/a o adolescente que esté realizando las sesiones. Ambas tecnologías ya han mostrado ciertos efectos positivos sobre la capacidad para caminar de la población pediátrica con diversidad funcional, pero normalmente los equipos empleados tienen un alto coste, siendo difícil incluirlos en el ámbito de la fisioterapia escolar. A continuación, se expone la información necesaria para el interés de todos aquellos que quieran participar en él. Lea atentamente todo lo escrito y consulte a los investigadores todas las dudas que le vayan surgiendo, antes de aceptar la participación.

Objetivos del estudio

En el presente estudio se pretende evaluar cuáles son los posibles efectos que tiene un programa de intervención de fisioterapia mediante el uso de un sistema robotizado de bajo coste (CL1Walker) en combinación con realidad virtual sobre la marcha en niños con diversidad funcional.

Criterios de participación

Para la investigación es necesario que su hijo/a cumpla con ciertos criterios que se le preguntarán en la entrevista inicial en cuanto a su condición.

Participación en el estudio

- ✓ Primeramente, si está de acuerdo en que su hijo/a colabore en el estudio tras haber leído el presente documento, deberá firmar el consentimiento informado que se le administrará.
- ✓ Se le avisará con antelación de la realización de una entrevista individual para la recogida de datos acerca de su hijo/a, donde se incluyen datos personales y en referencia a su historia clínica. Además, se hará una pequeña evaluación del mismo.
- ✓ Será asignado en uno de los grupos de intervención de forma azarosa, sin recibir información de en cuál estará para no influir en los resultados.
- ✓ Antes del inicio de la intervención, se hará una evaluación de distintas capacidades que presenta en relación a la marcha. Será necesaria su ayuda para cubrir un cuestionario sobre la independencia y autonomía en las actividades del día a día que realice su hijo/a.
- ✓ El programa de intervención se llevará a cabo durante dos meses, habiendo una sesión inicial de prueba para establecer la dosificación oportuna. Durante el mismo, deberá seguir recibiendo las sesiones fisioterapia de las que goce, estando combinada con las sesiones con robot y realidad virtual, cuya duración será de unos 30 min.
- ✓ Tras finalizar estos dos meses, se volverá a realizar la misma evaluación hecha al principio del estudio. Será repetida al cabo de dos meses, para ver si se mantienen los resultados obtenidos.
- ✓ A lo largo de las intervenciones se requerirá la grabación de vídeos y se sacará alguna fotografía, siempre con finalidades puramente científicas y para el correcto seguimiento y facilitación de las evaluaciones. Para ello será necesario su consentimiento.

Posibles riesgos/efectos adversos

Tanto las evaluaciones como el programa de intervención serán realizados y estarán supervisado por los investigadores del estudio, los cuales estarán pendientes de cualquier posible molestia que pueda sentir el/la niño/a o adolescente por su patología. La intervención no tiene ningún tipo de riesgo, ni el robot ni la realidad virtual tienen efectos secundarios. Además, todas las pruebas realizadas en la evaluación son no invasivas.

Derecho a abandonar el estudio

En cualquier momento y sin dar ningún tipo de explicación podrá abandonar el estudio. Es de carácter completamente voluntario, por lo que no recibirá remuneración alguna, ni tendrá repercusiones su abandono.

Manejo y protección de los datos

Todos los datos recogidos a lo largo del estudio serán de carácter confidencial y estarán protegidos bajo la presente ley vigente, de forma que ninguna persona externa al estudio tendrá acceso a ellos. En el caso de que se publiquen los resultados con finalidades de divulgación científica, se codificarán para ocultar la identidad de los participantes.

En cuanto a las fotografías o vídeos tomados durante el proceso, se mostrarán siempre de manera que no se identifique a la persona que aparece.

Dudas y preguntas

Si a usted no le ha quedado claro alguno de los aspectos recogidos en el presente documento o tiene alguna duda durante el proceso de desarrollo estudio o, siempre puede ponerse en contacto con los investigadores del mismo:

Responsable de la investigación: Noemy Dios Santamaría

Tlf.: XXX XX XX XX

Correo: noemy.dios@udc.es

Para **aceptar** la participación de su hijo/a en el estudio deberá firmar esta carta y enviarla a través del centro o bien ponerse en contacto con la investigadora responsable a través de las vías anteriormente citadas.

ACEPTACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN:

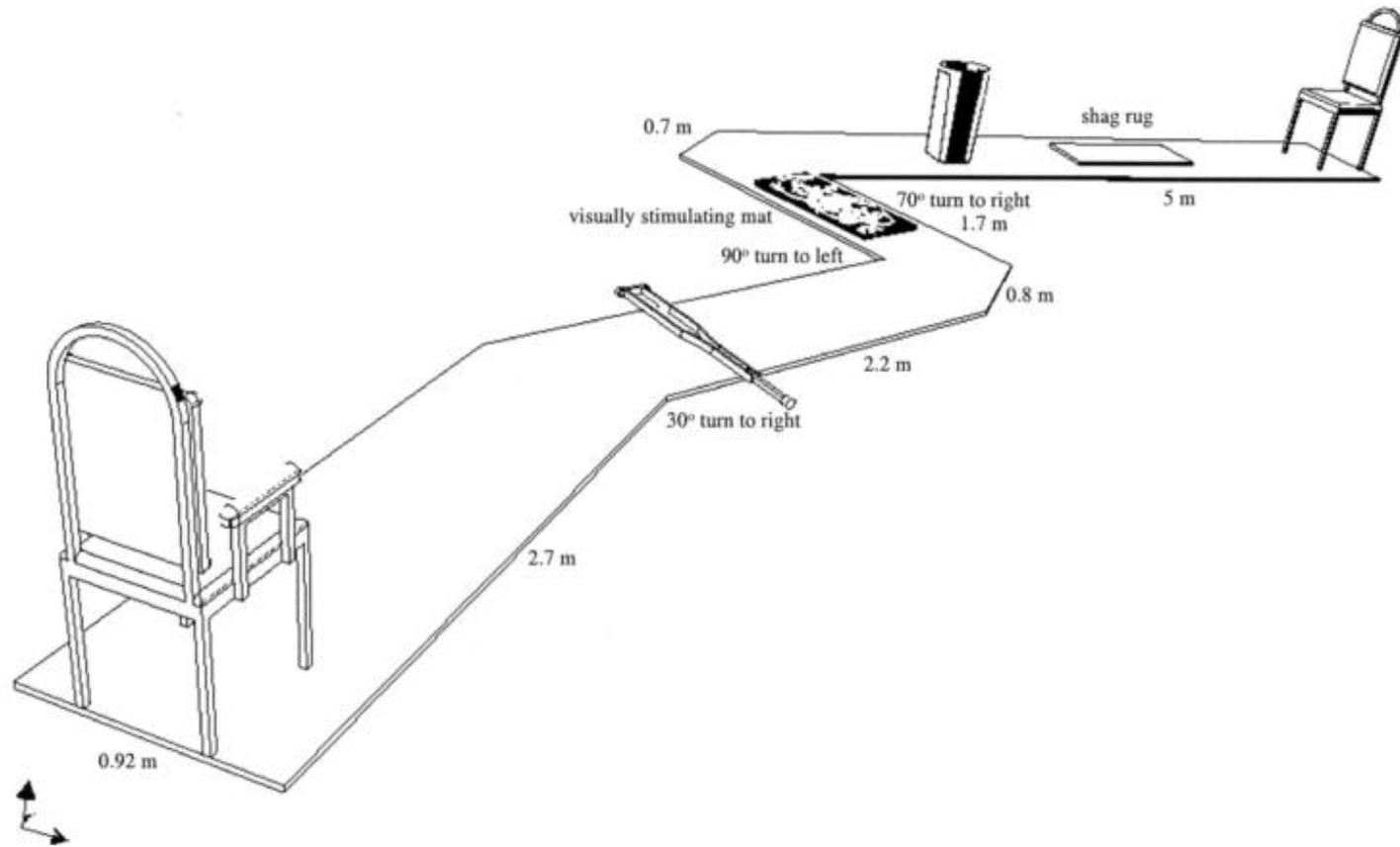
Nombre y Apellidos madre/padre/tutor/tutora:

Contacto (correo electrónico o teléfono):

Fecha:

Firma:

12.3. Anexo 3. Circuito de la SWOC



12.4. Anexo 4. PBS

Nombre:

Fecha:

		Score (0-4) Time optional
1.	Sitting to standing: "Hold your arms up and stand up" 4- able to stand without using hands and stabilize independently 3- able to stand independently using hands 2- able to stand using hands after several tries 1- needs minimal assist to stand or to stabilize 0- needs moderate or maximal assist to stand	
2.	Standing to sitting: "Sit down slowly without using your hands" 4- sits safely with minimal use of hands 3- controls descent by using hands 2- uses back of legs against chair to control descent 1- sits independently, but has uncontrolled descent 0- needs assistance to sit	
3.	Transfers 4- able to transfer safely with minor use of hands 3- able to transfer safely; definite need of hands 2- able to transfer with verbal cuing and/or supervision (spotting) 1- needs one person to assist 0- needs two people to assist or supervise (close guard) to be safe	
4.	Standing unsupported 4- able to stand safely 30 seconds 3- able to stand 30 seconds with supervision (spotting) 2- able to stand 15 seconds unsupported 1- needs several tries to stand 10 seconds unsupported 0- unable to stand 10 seconds unassisted	(__sec.)
5.	Sitting unsupported: "Sit with your arms folded on your chest for 30 seconds" 4- able to sit safely and securely 30 seconds 3- able to sit 30 seconds under supervision (spotting) or may require definite use of upper extremities to maintain sitting position 2- able to sit 15 seconds 1- able to sit 10 seconds 0- unable to sit 10 seconds without support	(__sec.)
6.	Standing with eyes closed: "When I say close your eyes, I want you to stand still, close your eyes, and keep them closed until I say open" 4- able to stand 10 seconds safely 3- able to stand 10 seconds with supervision (spotting) 2- able to stand 3 seconds 1- unable to keep eyes closed 3 seconds but stays steady 0- needs help to keep from falling	(__sec.)

		Score (0-4) Time optional
7.	<p>Standing with feet together</p> <p>4- able to place feet together independently and stand 30 seconds safely</p> <p>3- able to place feet together independently and stand for 30 seconds with supervision (spotting)</p> <p>2- able to place feet together independently but unable to hold for 30 seconds</p> <p>1- needs help to attain position but able to stand 30 seconds with feet together</p> <p>0- needs help to attain position and/or unable to hold for 30 seconds</p>	(__sec.)
8.	<p>Standing with one foot in front</p> <p>4- able to place feet tandem independently and hold 30 seconds</p> <p>3- able to place foot ahead of other independently and hold 30 seconds</p> <p>2- able to take small step independently and hold 30 seconds, or required assistance to place foot in front, but can stand for 30 seconds</p> <p>1- needs help to step, but can hold 15 seconds</p> <p>0- loses balance while stepping or standing</p>	(__sec.)
9.	<p>Standing on one foot</p> <p>4- able to lift leg independently and hold 10 seconds</p> <p>3- able to lift leg independently and hold 5-9 seconds</p> <p>2- able to lift leg independently and hold 3-4 seconds</p> <p>1- tries to lift leg; unable to hold 3 seconds but remains standing</p> <p>0- unable to try or needs assist to prevent fall</p>	(__sec.)
10.	<p>Turning 360 degrees: “ Turn completely around in a full circle, STOP, and then turn a full circle in the other direction”</p> <p>4- able to turn 360 degrees safely in 4 seconds or less each way</p> <p>3- able to turn 360 degrees safely in one direction only in 4 seconds or less</p> <p>2- able to turn 360 degrees safely but slowly</p> <p>1- needs close supervision (spotting) or constant verbal cuing</p> <p>0- needs assistance while turning</p>	(__sec.)
11.	<p>Turning to look behind: “Follow this object as I move it. Keep watching it as I move it, but don’t move your feet.”</p> <p>4- looks behind/over each shoulder; weight shifts include trunk rotation</p> <p>3- looks behind/over one shoulder with trunk rotation</p> <p>2- turns head to look to level of shoulders, no trunk rotation</p> <p>1- needs supervision (spotting) when turning; the chin moves greater than half the distance to the shoulder</p> <p>0- needs assistance to keep from losing balance or falling; movement of the chin is less than half the distance to the shoulder</p>	

		Score (0-4) Time optional
12.	Retrieving object from floor 4- able to pick up chalk board eraser safely and easily 3- able to pick up eraser but needs supervision (spotting) 2- unable to pick up eraser but reaches 1-2 inches from eraser and keeps balance independently 1- unable to pick up eraser; needs spotting while attempting 0- unable to try, needs assist to keep from losing balance or falling	
13.	Placing alternate foot on stool 4- stands independently and safely and completes 8 steps in 20 seconds 3- able to stand independently and complete 8 steps >20 seconds 2- able to complete 4 steps without assistance, but requires close supervision (spotting) 1- able to complete 2 steps; needs minimal assistance 0- needs assistance to maintain balance or keep from falling, unable to try	(__sec.)
14.	Reaching forward with outstretched arm: “ Stretch out your fingers, make a fist, and reach forward as far as you can without moving your feet ” 4- reaches forward confidently >10 inches 3- reaches forward >5 inches, safely 2- reaches forward >2 inches, safely 1- reaches forward but needs supervision (spotting) 0- loses balance while trying, requires external support	(__in.)
TOTAL SCORE		

Puntuación máxima: 56

41-56: bajo riesgo de caída.

21-40: riesgo medio de caída.

<20: alto riesgo de caída.

12.5. Anexo 5. GMFM

0	1	2	3	A. DECÚBITOS Y VOLTEO
				1. D.S. Gira la cabeza con las extremidades simétricas.
				2 D.S. Lleva las manos a la línea media, las junta.
				3. D.S. Levanta la cabeza 45 grados.
				4. D.S. Flexión de cadera y rodilla derecha completa.
				5. D.S. Flexión de cadera y rodilla izquierda completa.
				6. D.S. Cruza la línea media con la extremidad superior derecha para coger un juguete.
				7. D.S. Cruza la línea media con la extremidad superior izquierda para coger un juguete.
				8. D.S. Se da la vuelta a decúbito prono sobre el lado derecho.
				9. D.S. Se da la vuelta a decúbito prono sobre el lado izquierdo.
				10. D.P. Levanta la cabeza 90 grados.
				11. D.P. Apoya antebrazos, eleva cabeza 90° y tronco, con extensión codos.
				12. D.P. Apoya antebrazo izquierdo, extensión completa extremidad superior derecha..
				13. D.P. Apoya antebrazo izquierdo, extensión completa extremidad superior izquierda.
				14. D.P. Se da la vuelta a decúbito supino sobre el lado derecho.
				15. D.P. Se da la vuelta a decúbito supino sobre el lado izquierdo.
				16. D.P. Pivota a la derecha utilizando las extremidades, 90°.
				17. D.P. Pivota a la izquierda utilizando las extremidades, 90°.
				TOTAL A.

0	1	2	3	B. SENTADO
				18. D.S. El examinador lo estirará de las manos; él se impulsa para sentarse.
				19 D.S. Gira a la derecha para pasar a sentado.
				20. D.S. Gira a la izquierda para pasar a sentado.
				21. S. Con apoyo de tórax controla la cabeza 3 segundos.
				22. S. Con apoyo de tórax mantiene la cabeza en línea media 10 segundos.
				23. S. Pies al frente, se mantiene sentado con apoyo de las extremidades superiores 5 seg.
				24. S. Pies al frente, se mantiene sentado sin soporte de las extremidades superiores 3 seg.
				25. S. Pies al frente, toca un juguete que está delante y vuelve a posición inicial.
				26. S. Pies al frente, toca un juguete a 45° detrás a la derecha.
				27. S. Pies al frente, toca un juguete a 45° detrás a la izquierda.
				28. Sentado sobre el lado derecho, extremidades superiores libres 5 segundos.
				29. Sentado sobre el lado izquierdo, extremidades superiores libres 5 segundos.
				30. S. Pasa a decúbito prono con extensión de las extremidades superiores.
				31. S. Pies al frente, pasa a gato por el lado derecho.
				32. S. Pies al frente, pasa a gato por el lado izquierdo.
				33. S. Pivota a 90° sin ayuda de las extremidades superiores.
				34. Sentado en un banco se mantiene sin apoyar las extremidades sup. y pies libres 10 seg
				35. De pie, enfrente de un banco pequeño, se sienta en él.
				36. Del colchón, pasa a sentarse en un banco pequeño.
				37. Del colchón, pasa a sentarse en un banco grande o silla.
				TOTAL B.

0	1	2	3	C. GATEO Y POSICIÓN DE RODILLAS
				38. D.P. Se arrastra hacia delante 1,80 m.
				39. En posición de gato, apoya manos y rodillas 10 segundos.
				40. Pasa de posición de gato a sentado.
				41. Pasa de prono a gato.
				42. En gato, lleva la extremidad superior derecha hacia delante por encima del hombro.
				43. En gato, lleva la extremidad superior izquierda hacia delante por encima del hombro.
				44. Se desplaza a gato o a saltos (conejo) hacia adelante 1,80 m.
				45. Se desplaza a gato con alternancia hacia adelante 1,80 m.
				46. Sube 4 escalones a gatas, apoyando manos, rodillas y pies.
				47. Baja 4 escalones a gatas, apoyando manos, rodillas y pies.
				48. Pasa de sentado a de rodillas, sin apoyar extremidades sup., se mantiene 10 segundos.
				49. Postura caballero, sobre rodilla derecha se mantiene 10 segundos sin apoyo.
				50. Postura caballero, sobre rodilla izquierda se mantiene 10 segundos sin apoyo.
				51. Camina de rodillas sin apoyo 10 pasos.
				TOTAL C.

0	1	2	3	D. BIPEDESTACIÓN
				52. Pasa a bipedestación con apoyo.
				53. Se mantiene en bipedestación sin apoyo 3 segundos.
				54. De pie, apoyado con una mano, eleva el pie derecho 3 segundos.
				55. De pie, apoyado con una mano, eleva el pie izquierdo 3 segundos.
				56. Se mantiene de pie sin apoyo 20 segundos,
				57. Se mantiene de pie sin apoyo, sobre extremidad inferior derecha, 10 segundos.
				58. Se mantiene de pie sin apoyo, sobre extremidad inferior izquierda, 10 segundos
				59. Sentado sobre un banco bajo, puede levantarse sin apoyo.
				60. En posición caballero sobre rodilla derecha, se levanta sin apoyo.
				61. En posición caballero sobre rodilla izquierda, se levanta sin apoyo.
				62. Desde bipedestación, pasa a sentarse en la colchoneta sin apoyo.
				63. Pasa de bipedestación a cuclillas sin apoyo.
				64. Desde bipedestación coge objetos de la colchoneta sin apoyo.
				TOTAL D.

0	1	2	3	E. CAMINAR, CORRER Y SALTAR.
				65. Se desplaza 5 pasos a la derecha con apoyo.
				66. Se desplaza 5 pasos a la izquierda con apoyo.
				67. Camina 10 pasos hacia adelante con apoyo de las dos manos
				68. Camina 10 pasos hacia adelante con apoyo de una mano.
				69. Camina 10 pasos hacia adelante, sin apoyo.
				70. Camina 10 pasos hacia adelante, se para, gira 180° y retrocede.
				71. Camina 10 pasos hacia atrás, sin apoyo.
				72. Camina 10 pasos hacia adelante llevando un objeto con las dos manos.
				73. Camina 10 pasos consecutivos hacia adelante entre paralelas separadas 20 cm.
				74. Camina 10 pasos sobre una línea recta de 2 cm. de ancho.
				75. Pasa por encima de una barra a la altura de la rodilla, con el pie derecho.
				76. Pasa por encima de una barra a la altura de la rodilla, con el pie izquierdo.
				77. Corre 4,50 m., se para, y vuelve al punto de salida.
				78. Da una patada a una pelota con el pie derecho.
				79. Da una patada a una pelota con el pie izquierdo.
				80. Salta con los pies juntos una altura de 30 cm.
				81. Salta con los pies juntos hacia delante 30 cm. sin apoyo.
				82. Salta 10 veces sobre el pie derecho, dentro de un círculo de 61 cm.
				83. Salta 10 veces sobre el pie izquierdo, dentro de un círculo de 61 cm.
				84. Sube 4 escalones, alternando y con apoyo.
				85. Baja 4 escalones, alternando y con apoyo.
				86. Sube 4 escalones, alternando y sin apoyo.
				87. Baja 4 escalones, alternando y sin apoyo.
				88. Salta de un escalón de 15 cm. de altura, sin apoyo.
				TOTAL E.

12.6. Anexo 6. Ítems de la WeeFIM

	Puntuación
Alimentación	
Aseo personal	
Baño	
Vestido (parte superior)	
Vestido (parte inferior)	
Ir al baño	
Manejo de vejiga (nivel de ayuda)	
Manejo de vejiga (frecuencia de incontinencia)	
Manejo de los intestinos (nivel de ayuda)	
Manejo de los intestinos (frecuencia de incontinencia)	
Transferencia (silla o silla de ruedas)	
Transferencia (inodoro)	
Transferencia (bañera)	
Locomoción (caminar)	
Locomoción (silla de ruedas)	
Locomoción (gatear)	
Locomoción (escaleras)	
Comprensión	
Expresión	
Interacción social	
Solución de problemas	
Memoria	

Puntuación:

Sin ayuda:

7. Independencia completa; realiza las actividades en tiempo adecuado sin ayuda de alguna persona o dispositivo.
6. Independencia modificada; emplea un dispositivo de asistencia, se tarda más de lo normal, con poca seguridad.

Dependencia modificada:

5. Supervisión; realiza la actividad de manera independiente bajo supervisión.
4. Mínima asistencia; realiza el 75% del esfuerzo requerido.
3. Asistencia moderada; realiza del 50 al 74% del esfuerzo.

Completa dependencia:

2. Asistencia máxima; realiza del 25 al 49% del esfuerzo requerido.
1. Asistencia total; realiza menos del 25% del esfuerzo requerido

12.7. Anexo 7. PEM-CY

Participación en el HO-GAR	A) Por lo general, <u>cuán frecuentemente</u> participa su hijo en <u>1 o más actividades</u> de este tipo?					B) Piense en <u>1 o 2 actividades de este tipo</u> en las cuales su hijo participa más frecuentemente. Por lo general, <u>cuán involucrado</u> está su hijo al hacer estas actividades?					C) ¿Quisiera usted que <u>cambiara</u> el grado de participación de su hijo en este tipo de actividad?								
	MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>					MARQUE UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>					SI PIENSA QUE SÍ, MARQUE CADA RESPUESTA QUE APLIQUE <input checked="" type="checkbox"/>								
	Diariamente	Varias veces por semana	Una vez por semana	Varias veces al mes	Una vez por mes	Varias veces en los últimos 4 meses	Una vez en los últimos 4 meses	Nunca (Vaya a la Pregunta C)	5 Muy involucrado	4	3 Medianamente involucrado	2	1 Muy poco involucrado	Como no es deseado	Sí, quisiera más frecuentemente	Sí, quisiera menos frecuentemente	Sí, que estuviese más involucrado	Sí, que estuviese menos involucrado	Sí, que estuviese involucrado en actividades más variadas
1) Computador o juegos electrónicos																			
2) Juegos dentro del hogar (p.e., juguetes, rompecabezas, juegos de mesa, jugando a cocina o con disfraces)																			
3) Artes manuales, música, pasatiempos favoritos (p.e., artes manuales, escuchar música, tocar instrumentos, coleccionar leer o cocinar por diversión)																			
4) Ver TV, videos, y DVDs																			
5) Reuniones con otros (p.e., interrelaciones con otros niños, familiares, visitas de casa)																			
6) Actividades sociales usando medios tecnológicos (p.e., teléfono, computador)																			
7) Quehaceres diarios del hogar (p.e., lavandería, limpieza de su cuarto u otras áreas de la casa, ayuda en la cocina, manejo de basura, preparar la mesa, cuidado de alguna mascota)																			
8) Cuido o arreglo personal (p.e., vestirse, seleccionar vestimenta, cepillarse el cabello o los dientes, aplicar maquillaje)																			
9) Preparaciones para la escuela (no incluye trabajo escolar) (p.e., preparación de materiales: mochila, almuerzo, agenda)																			
10) Tareas escolares (p.e., lectura diaria, tareas o asignaciones, proyectos escolares)																			

<p>¿Algunas de las siguientes cosas <u>ayudan, impiden o hacen más difícil</u> la participación de su hijo en actividades en el hogar?</p> <p style="text-align: center;">MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/></p>	No afecta	Por lo general, ayuda	A veces ayuda; a veces hace más difícil	Por lo general, lo hace más difícil
1. Distribución física o cantidad de espacio y mobiliario en su hogar				
2. Las cualidades sensoriales del ambiente en el hogar (p.e., nivel y/o tipo de sonido, luz, temperatura, texturas de objetos en el ambiente)				
3. Las demandas físicas de actividades típicas en el hogar (p.e., fuerza, resistencia, coordinación)				
4. Las demandas cognitivas de actividades típicas del hogar (p.e., concentración, atención, resolución de problemas)				
5. Las demandas sociales de las actividades típicas en el hogar (p.e., comunicación, interacción con otros)				
6. Las relaciones sociales de su hijo con seres familiares en el hogar (p.e., hermanos, padres, abuelos)				
7. Las actitudes o acciones de las niñeras, terapeutas y otros profesionales que cuidan de su hijo en el hogar				

<p style="text-align: center;">MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/></p>	No afecta	Por lo general, sí	A veces sí; a veces no	Por lo general, no
8. ¿Hay servicios disponibles en su hogar, o son estos servicios adecuados para apoyar o promover la participación diaria de su hijo en actividades en su hogar?				

Ambiente del HOGAR

¿Cuáles de los siguientes están disponibles o son adecuados para apoyar la participación de su hijo en el hogar? MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>	Por lo general, sí	A veces sí; a veces no	Por lo general, no
9. Materiales en el hogar (p.e., equipo deportivo, materiales para manualidades, materiales para lectura, aparatos de asistencia o tecnología, agendas visuales)			
10. Información (p.e., acerca de actividades, servicios, programas)			
11. ¿Tienen usted (y su familia) suficiente tiempo para apoyar la participación de su hijo en actividades del hogar?			
12. ¿Tienen usted (y su familia) suficientes recursos económicos para apoyar la participación de su hijo en actividades del hogar?			

¿Cuáles son algunas maneras mediante las cuales usted u otros miembros de su familia promueve la participación exitosa de su hijo en actividades del hogar? POR FAVOR INDIQUE HASTA 3 ESTRATEGIAS
1.
2.
3.

Ambiente del HOGAR

¿Algunas de las siguientes cosas <u>ayudan, impiden o hacen más difícil</u> la participación de su hijo en actividades en el hogar? MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>	No afecta	Por lo general, ayuda	A veces ayuda; a veces hace más difícil	Por lo general, lo hace más difícil
1. Distribución física o cantidad de espacio y mobiliario en su hogar				
2. Las cualidades sensoriales del ambiente en el hogar (p.e., nivel y/o tipo de sonido, luz, temperatura, texturas de objetos en el ambiente)				
3. Las demandas físicas de actividades típicas en el hogar (p.e., fuerza, resistencia, coordinación)				
4. Las demandas cognitivas de actividades típicas del hogar (p.e., concentración, atención, resolución de problemas)				
5. Las demandas sociales de las actividades típicas en el hogar (p.e., comunicación, interacción con otros)				
6. Las relaciones sociales de su hijo con seres familiares en el hogar (p.e., hermanos, padres, abuelos)				
7. Las actitudes o acciones de las niñeras, terapeutas y otros profesionales que cuidan de su hijo en el hogar				

MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>	No afecta	Por lo general, sí	A veces sí; a veces no	Por lo general, no
8. ¿Hay servicios disponibles en su hogar, o son estos servicios adecuados para apoyar o promover la participación diaria de su hijo en actividades en su hogar?				

Participación en la ESCUELA

A) Por lo general, cuán frecuentemente participa su hijo en 1 o más actividades de este tipo?

MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA

Diariamente
 Varias veces por semana
 Una vez por semana
 Varias veces al mes
 Una vez por mes
 Varias veces en los últimos 4 meses
 Una vez en los últimos 4 meses
 Nunca (Vaya a la Pregunta C)

B) Piense en 1 o 2 actividades de este tipo en las cuales su hijo participa más frecuentemente. Por lo general, cuán involucrado está su hijo al hacer estas actividades?

MARQUE UNA RESPUESTA

5 Muy involucrado
 4
 3 Medianamente involucrado
 2
 1 Muy poco involucrado
 Cambio no es deseado
 Sí, quisiera más involucrado
 Sí, quisiera más frecuentemente

C) ¿Quisiera usted que cambiara el grado de participación de su hijo en este tipo de actividad?

SI PIENSA QUE SÍ, MARQUE CADA RESPUESTA QUE APLIQUE

Sí, quisiera menos frecuentemente
 Sí, que estuviese más involucrado
 Sí, que estuviese menos involucrado
 Quisiera que estuviese involucrado en actividades más variadas

	Diariamente	Varias veces por semana	Una vez por semana	Varias veces al mes	Una vez por mes	Varias veces en los últimos 4 meses	Una vez en los últimos 4 meses	Nunca (Vaya a la Pregunta C)	5 Muy involucrado	4	3 Medianamente involucrado	2	1 Muy poco involucrado	Cambio no es deseado	Sí, quisiera más involucrado	Sí, quisiera más frecuentemente	Sí, que estuviese menos frecuentemente	Sí, que estuviese más involucrado	Sí, que estuviese menos involucrado	Quisiera que estuviese involucrado en actividades más variadas	
1) Actividades del aula (p.e., tareas en grupo, discusiones en grupo, exámenes, tareas en clase)																					
2) Viajes especiales/recreativos, eventos escolares (p.e., visitar un museo, feria escolar, conciertos, dramas, bailes, recaudación de fondos)																					
3) Equipos escolares, clubes y organizaciones (p.e., grupos, clubes, equipos, concilio estudiantil)																					
4) Reuniones con amistades escolares (p.e., socializar durante el almuerzo, durante el receso/descanso u otros tiempos libres durante el día escolar)																					
5) Roles especiales en la escuela (p.e., supervisor del comedor, mentor estudiantil)																					

Ambiente ESCOLAR

¿Algunas de las siguientes cosas ayudan, impiden o hacen más difícil la participación de su hijo en actividades en la escuela?	No afecta	Por lo general ayuda	A veces ayuda; a veces hace más difícil	Por lo general, lo hace más difícil
MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>				
1. Distribución física o cantidad de espacio y mobiliario en el aula, en el patio de recreos, o en otras áreas físicas de la escuela (p.e., diseño de aceras/veredas, disponibilidad de rampas o elevadores en el edificio escolar)				
2. Las cualidades sensoriales del ambiente escolar (p.e., ruido/nivel de sonido, muchedumbre/gentío, nivel de luz, etc.)				
3. Clima (p.e., temperatura, tiempo)				
4. Las demandas físicas de las actividades escolares (p.e., fuerza, resistencia, tolerancia a la actividad, coordinación física)				
5. Las demandas cognitivas de las actividades escolares o académicas (p.e., nivel de concentración, atención, resolución de problemas)				
6. Las demandas sociales de las actividades escolares o académicas (p.e., comunicación, interrelaciones sociales con otros)				
7. Actitudes y acciones de los maestros, entrenadores y otros profesionales hacia su hijo				
8. Las relaciones sociales de su hijo con otros niños				
9. Grado de seguridad física en la escuela (p.e., grado de supervisión adulta, crimen, violencia)				
MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>				
¿Cuáles de los siguientes están disponibles o son adecuados para apoyar la participación de su hijo en la escuela?	No es necesario	Por lo general, sí	A veces sí; a veces no	Por lo general, no
10. Acceso a transportación personal para llegar a la escuela (p.e., carro o coche familiar, bicicleta)				
11. Acceso a transportación pública para llegar a la escuela (p.e., autobús escolar, micro, tren)				
12. Programas y servicios (p.e., después de clases, recreacional, recursos especiales, asistente o ayudante educacional)				
13. Protocolos, reglas y procedimientos escolares (p.e., criterios para la elegibilidad de servicios especiales, reglas de conducta)				

Participación en la CO-MUNIDAD

A) Por lo general, cuán frecuentemente participa su hijo en 1 o más actividades de este tipo?

MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA

- Diariamente
 Varias veces por semana
 Una vez por semana
 Varias veces al mes
 Una vez por mes
 Varias veces en los últimos 4 meses
 Una vez en los últimos 4 meses
 Nunca (Vaya a la Pregunta C)
 5 Muy involucrado
 4
 3 Medianamente involucrado
 2
 1 Muy poco involucrado

B) Piense en 1 o 2 actividades de este tipo en las cuales su hijo participa más frecuentemente. Por lo general, cuán involucrado está su hijo al hacer estas actividades?

MARQUE UNA RESPUESTA

- Cambio no es deseado
 Si, quisiera más frecuentemente
 Si, quisiera menos frecuentemente
 Si que estuviese más involucrado
 Si que estuviese menos involucrado
 Quisiera que estuviese involucrado en actividades más variadas

C) ¿Quisiera usted que cambiara el grado de participación de su hijo en este tipo de actividad?

SI PIENSA QUE SÍ, MARQUE CADA RESPUESTA QUE APLIQUE

	Diariamente	Varias veces por semana	Una vez por semana	Varias veces al mes	Una vez por mes	Varias veces en los últimos 4 meses	Una vez en los últimos 4 meses	Nunca (Vaya a la Pregunta C)	5 Muy involucrado	4	3 Medianamente involucrado	2	1 Muy poco involucrado	Cambio no es deseado	Si, quisiera más frecuentemente	Si, quisiera menos frecuentemente	Si que estuviese más involucrado	Si que estuviese menos involucrado	Quisiera que estuviese involucrado en actividades más variadas	
1) Paseos por el vecindario (p.e., salir de compras, salir al cine, salir a comer a un restaurante, salir/visitar la librería o biblioteca local)																				
2) Eventos comunitarios (p.e., asistir a un drama, concierto, partido de deportes, paradas)																				
3) Actividades físicas organizadas (p.e., equipos o clases de deportes como beisbol, futbol, artes marciales, baile/danza, natación, gimnasia, equitación o montar a caballo)																				
4) Actividades físicas no estructuradas (p.e., caminatas por el campo, correr bicicleta, patinar en ruedas, montar en patineta, jugar al escondite, jugar un partido informal de futbol con amigos)																				
5) Clases y lecciones (no escolares) (p.e., música, artes, idiomas/lenguajes, computadoras)																				

**Ambiente en la CO-
MUNIDAD**

¿Algunas de las siguientes cosas <u>ayudan, impiden o hacen más difícil</u> la participación de su hijo en actividades en la comunidad?	No afecta	Por lo general ayuda	A veces ayuda; a veces hace más difícil	Por lo general lo hace más difícil
MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>				
1. Distribución física o cantidad de espacio y mobiliario fuera y dentro de edificios (p.e., distancias hacia centros comerciales, diseño de aceras/veredas, disponibilidad de rampas o elevadores)				
2. Las cualidades sensoriales del ambiente lugares de la comunidad (p.e., ruido/nivel de sonido, muchedumbre/gentío, nivel de luz)				
3. Las demandas físicas de las actividades típicas en la comunidad (p.e., fuerza, resistencia, tolerancia a la actividad, coordinación física)				
4. Las demandas cognitivas de las actividades típicas en la comunidad (p.e., nivel de concentración, atención, resolución de problemas)				
5. Las demandas sociales de las actividades típicas en la comunidad (p.e., comunicación, interrelaciones sociales con otros)				
6. Las relaciones de su hijo con otros niños o con amigos				
7. Actitudes y acciones de las personas en la comunidad hacia su hijo (p.e., comerciantes, tenderos, instructores, entrenadores, otras familias)				
8. Clima (p.e., temperatura, tiempo)				
9. Grado de seguridad física en la comunidad (p.e., tráfico, crimen, violencia)				
¿Cuáles de los siguientes están disponibles o son adecuados para apoyar la participación de su hijo en la comunidad?	No es necesario	Por lo general, sí	A veces sí; a veces no	Por lo general, no
MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>				
10. Acceso a transportación personal en la comunidad (p.e., carro o coche familiar, bicicleta)				
11. Acceso a transportación pública en la comunidad (p.e., autobus, micro, tren)				
12. Programas y servicios (p.e., programas deportivos integrados, asistente personal)				

Ambiente en la COMUNIDAD

¿Cuáles de los siguientes están disponibles o son adecuados para apoyar la participación de su hijo en la comunidad? MARQUE SÓLO UNA RESPUESTA <input type="checkbox"/>	Por lo general, sí	A veces sí; a veces no	Por lo general, no
13. Información (p.e., acerca de actividades, servicios, programas)			
14. Equipo o materiales (p.e., equipo deportivo, materiales para manualidades, materiales para lectura, aparatos de asistencia o tecnología)			
15. ¿Tienen usted (y su familia) suficiente tiempo para apoyar la participación de su hijo en actividades comunitarias?			
16. ¿Tienen usted (y su familia) suficientes recursos económicos para apoyar la participación de su hijo en actividades comunitarias?			

¿Cuáles son algunas maneras mediante las cuales usted u otros miembros de su familia promueven la participación exitosa de su hijo en actividades en la comunidad? POR FAVOR INDIQUE HASTA 3 ESTRATEGIAS
1.
2.
3.

12.8. Anexo 8. Consentimiento informado

Título del estudio: “Estudio de los efectos de la intervención fisioterapéutica mediante un sistema robótico en combinación con realidad virtual sobre la marcha de niños/as o adolescentes con diversidad funcional”.

Responsable de la investigación: Noemy Dios Santamaría

Centro: Universidad de A Coruña

D./Dña.....padre/madre o tutor/a legal de..... he leído y comprendido la información dada acerca del estudio, así como realizado todas las preguntas oportunas. Estas han sido respondidas por el equipo investigador, no quedando duda alguna.

-Comprendo que la participación en el estudio es totalmente voluntaria y, que en cualquier momento yo y mi hijo/a podemos abandonarlo sin dar ningún tipo de explicación y sin que nos repercuta de ninguna forma.

-Consiento el empleo de los datos de carácter personal de la forma en la que se muestra en la hoja informativa y doy permiso para la grabación y la realización de fotos durante el estudio, siempre y cuando se respete la identidad de mi hijo/a en el caso de que se publiquen.

-Estoy conforme con la **participación de mi hijo/a en el presente estudio.**

A Coruña, a.....de.....de.....

Fdo.: padre/madre o tutor/a legal del participante

Revocación del consentimiento:

Yo, D./Dña.

Retiro el consentimiento otorgado para la participación en el estudio.

A Coruña, a.....de.....de.....

Firma:

12.9. Anexo 9. Hoja de registro de los datos

Código de identificación	
---------------------------------	--

1. Datos personales			
Nombre		Apellidos	
Edad		Sexo	
Dirección		Centro	
2. Datos clínicos			
Peso		Estatura	
Diagnóstico médico			
Tratamiento de fisioterapia recibido			
Centro			
Nº sesiones/semana		Tiempo/sesión	
Horas totales			
3. Evaluaciones			
	Inicial	Post-intervención	Tras 2 meses post-intervención
FECHA			
SWOC			
Gasto energético			
Activación muscular			
Recto anterior			
Isquiotibiales			
Tibial anterior			
Gastrocnemios			
PBS			
Marcha			
Velocidad (m/s)			
Tiempo de paso (s)			
Longitud de paso (m)			
Anchura de paso (cm)			
Tiempo contacto (s)			
GMFM			
WeeFIM			
PEM-CY			

12.10. Anexo 10. Escala de fatiga

Con la intención de marcar los períodos de descanso de las sesiones de SR+RV se creó de la siguiente escala. Constará de 11 niveles y la puntuación que indicaría la pausa temporal sería de 7-8, según lo considere el fisioterapeuta responsable en función de signos de fatiga (claudicación, compensaciones, etc.)

