# Diseño y modelo de un robot actuado por cables para ayudar a caminar a niños con parálisis cerebral

Sorozabal, Pablo[a], Palomino-Díaz, Verónica[a], Delgado-Oleas, Gabriel[a], Gutiérrez-Martín, Álvaro[b], Martín, Carlos[c], Martínez, Ignacio[c], Rocon, Eduardo[a]
[a]Centro de Automática y Robótica (CAR), CSIC-UPM, Madrid, España, pablo.romero@csic.es
[b]Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, a.gutierrez@upm.es
[c]Hospital Infantil Universitario Niños Jesús, Madrid, España, manatina@hotmail.com

## Resumen

*Los primeros años de vida representan una fase esencial para el desarrollo de los niños siendo fundamental para este desarrollo el proceso de aprendizaje a caminar. Los niños con parálisis cerebral (PC) se ven privados de esta experiencia, ya que desarrollan su patrón de la marcha de forma tardía o limitada. Dentro de este marco se presenta el diseño y modelo de una plataforma robótica flexible diseñada para facilitar el proceso de aprendizaje de la marcha en niños con PC. El diseño de esta plataforma robótica permite generar movimientos tridimensionales y descargar parcialmente peso en una cadera ortopédica encargada de trasmitir el movimiento a los niños. El uso de un control por cables de la plataforma otorga un componente extra de flexibilidad entre el humano y la máquina permitiendo una mayor personalización y adaptabilidad de las terapias permitiendo así explorar de mejor manera las capacidades de los pacientes.*

**Palabras clave**: robots actuados por cable, rehabilitación, parálisis cerebral, niños.

## 1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un niño es el resultado de la maduración progresiva del cerebro, los primeros años de vida son muy importantes ya que al explorar el mundo que les rodea crean nuevas conexiones cerebrales y desarrollan habilidades cognitivas [1]. Aprender a caminar es clave para esta fase de desarrollo, [2], y muchos niños con PC experimentan tardíamente este proceso o nunca llegan a experimentarlo. Actualmente no es posible reparar el daño cerebral en niños con PC y los tratamientos se centran en mantener y/o tratar de mejorar la calidad de vida de los pacientes (operaciones quirúrgicas, terapias de rehabilitación, …). Estos tratamientos han sido diseñados para reducir las discapacidades motoras en vez de promover el desarrollo motor natural de los pacientes. Los últimos avances en la detección temprana de PC proporcionan un oportunidad única para el desarrollo de sistemas flexibles que permitan explorar las capacidades motoras de los niños con PC desde edades tempranas.

## 2 DISEÑO MECÁNICO

La plataforma robótica "Discover2Walk (D2W)" consiste en un robot paralelo de cables suspendido diseñado para el control del movimiento de la pelvis durante la marcha. Una serie de 4 motores situados de forma simétrica en la plataforma tracciona los cables y controla la orientación y posición del efector final (pelvis). Para cada conjunto de tracción de los cables se ha seleccionado un actuador Dynamixel XH540-W150-T y diseñado un sistema de tambores y poleas que incorpora sensores de fuerza a compresión para medir la tensión del cable.

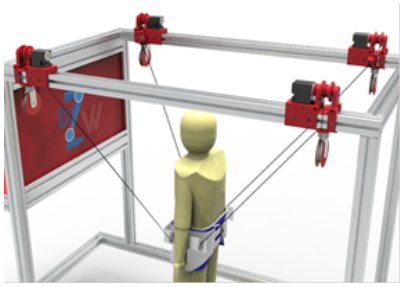

Figura 1. Plataforma D2W con actuación pélvica.

El extremo de cada cable se fija a una estructura rígida externa que se mantiene atornillada a una órtesis de cadera interior. De este modo, no se producen pérdidas en la fuerza producida por los cables al actuar sobre la estructura rígida y se asegura la posición efectora. Con la unión a la órtesis flexible se consigue una transmisión del movimiento a la cadera más precisa.

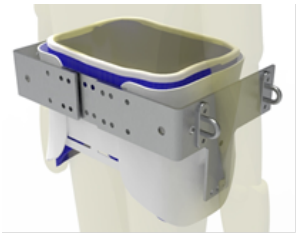

Figura 2. Órtesis de cadera semirrígida.

## 3 MODELO Y CONTROL

Para el modelado y control se ha considerado la pelvis como un sólido rígido sujeto por cuatro puntos de anclaje y sometido a la fuerza de la gravedad. El control del sistema se divide en dos modos de control compatibles entre sí: un control de posición y otro de peso.

- El **control de posición** del robot se basa en el modelo cinemático general de robots controlados por cables [3]. Se aplica un control cinemático inverso de los cables controlando la longitud de los cables ($l_i$) y por ende la posición y orientación de la pelvis ($\boldsymbol{q}_p$).

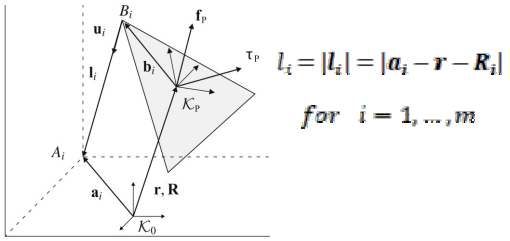


Figura 3. Modelo geométrico general [3].

- El **control de peso** se ha diseñado con el objetivo de ayudar a los pacientes durante la terapia con la descargar parcial su peso. En base al modelo geométrico, la posición del sistema en cada momento de la terapia ($\boldsymbol{q}_p$) y las mediciones de las tensiones de los cables ($\boldsymbol{F}_r$) se calcula y controla la fuerza resultante en el centro de la plataforma ($\boldsymbol{F}_n$) [4].

$$\boldsymbol{F}_n = \boldsymbol{J}(\boldsymbol{q}_p)\boldsymbol{F}_r \qquad 1)$$

$$where: \ \boldsymbol{F}_n, \boldsymbol{q}_p \in \mathbb{R}^3, \ \boldsymbol{F}_r \in \mathbb{R}^4, \ \boldsymbol{J}(\boldsymbol{q}_p) \in \mathbb{R}^{3\times4}$$

Un controlador PID controla la posición de la pelvis cargando y/o descargando peso en función del soporte deseado.

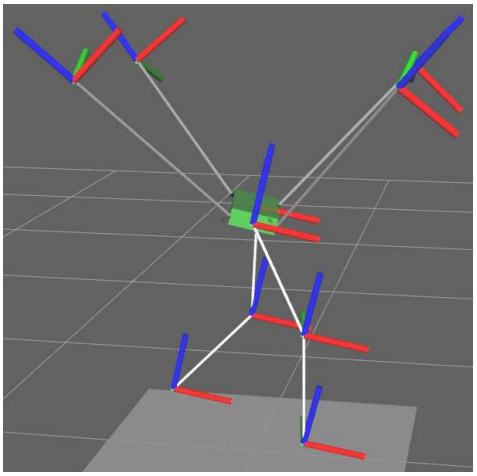

Figura 3. Simulación del control de la pelvis.

## 4 CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado el diseño y modelo de un robot flexible controlado por cables para inducir movimiento en la pelvis durante la marcha. El diseño de esta plataforma (estructura y ortesis de cadera) y su control (posición y peso) otorgan la libertad de utilizar el sistema para diseñar nuevas terapias flexibles a las características de los pacientes. Este módulo, actualmente ya desarrollado, será validado técnicamente en los próximos meses pasando a formar parte de uno de los módulos que componen la plataforma Discover2Walk.

**Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación gracias al proyecto Discover2Walk "Desarrollo de una plataforma robótica para ayudar a niños con Parálisis Cerebral a descubrir cómo caminar" (Ref. PID2019-105110RB-C31).

## English summary

## DESIGN AND MODEL OF A CABLE-DRIVEN ROBOT TO HELP CEREBRAL PALSY TODDLERS TO WALK

## Abstract

*Learning to walk is a key phase for the child development, being these years where a greater maturation of the brain takes place. This is where children with cerebral palsy (CP) are deprived of this experience, as they develop their walking pattern later or in a limited extent. Regarding this difficulty, the design and model for hip control of a robotic platform is presented in this paper. Through cable control, three-dimensional movements will be produced in an orthopaedic hip that simulates and transmits the walking movement to cerebral palsy children and thus, it can facilitate learning to walk. The adaptation of rehabilitation therapies with cable actuation provides to the robotic platform a component of flexibility in the human-machine interaction. Therefore, a control of the patient's movement is achieved, at the same time as greater customization and adaptability of the system.*

**Keywords**: Cable-driven robots, rehabilitation, cerebral palsy, toddlers.

**Referencias**

[1] N. I *et al.*, *JAMA Pediatr*, vol. 171, no. 9, pp. 897–907, Sep. 2017.
[2] A. D. Nordin, *et all.*, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 14, no. 1, pp. 1–11, Sep. 2017.
[3] A. Pott, *Cable-driven parallel robots: Theory and application*, vol. 120. 2018.
[4] H. Vallery *et al.*, "Multidirectional transparent support for overground gait training," *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, 2013.

© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-ncsa/4.0/deed.es).