

Proyecto financiado por Conciencias Grupo GICI:

## **Exoesqueleto para rehabilitación asistida de pacientes con pérdida parcial o completa del movimiento de los miembros.**

### **Fase 1: Equilibrio**

Alcances y objetivos del proyecto: Ver la siguiente nota de prensa:

[http://www.eltiempo.com/colombia/occidente/exoesqueleto-un-traje-disenado-para-que-pacientes-con-hemiplejia-y-paraplejia-puedan-estar-de-pie\\_5216727-1](http://www.eltiempo.com/colombia/occidente/exoesqueleto-un-traje-disenado-para-que-pacientes-con-hemiplejia-y-paraplejia-puedan-estar-de-pie_5216727-1)

Video descripción del exoesqueleto y su comportamiento con relación al equilibrio estático:

<http://www.youtube.com/watch?v=44kfDJPmjfc>

### **RESUMEN**

Los movimientos de los miembros inferiores para su rehabilitación, son apoyados por un fisioterapeuta que indica la intensidad, duración y velocidad de estos movimientos. El exoesqueleto de miembros inferiores construido, es un sistema electromecánico que permite apoyar este proceso de rehabilitación permitiendo realizar movimientos activos y continuos según la planeación del terapeuta, el cual podrá realizar un registro y evaluación en formato digital del progreso del paciente. El sistema construido consta de tres grandes bloques: el primero, es la estructura mecánica (órtesis), la cual soporta los pies, piernas y la cadera del paciente, pero permite darle movimiento a las articulaciones de rodilla y cadera usando motores; la estructura mecánica es ajustable en el muslo, pantorrilla y ancho de cadera. El segundo bloque es el sistema de instrumentación que se encarga de controlar y medir el estado de variables como torque, velocidad, ángulo y aceleración en las articulaciones, presión en los pies y señales electromiográficas. El tercer bloque es el sistema de programación y registro, que realiza: la interacción hombre máquina para la supervisión y configuración del exoesqueleto de acuerdo a las actividades de terapia a realizar, el registro y progreso del paciente, la comunicación inalámbrica con el sistema de instrumentación, la supervisión de las variables del exoesqueleto con su animación para realimentación visual y calcula los índices para la evaluación de desempeño del paciente: Valores límites de fuerza y ángulo, ángulo de movilidad articular (AMA) para cadera y rodilla y la relación de asistencia que refleja el nivel de cooperación paciente-exoesqueleto. El exoesqueleto se dimensionó para un paciente con un peso de hasta 75 kg; los elementos electromecánicos se especificaron para cumplir en un futuro con condiciones de marcha, ascenso y descenso de escaleras de personas parapléjicas. Adicionalmente, para operar el exoesqueleto se cuenta con un maniquí articulado de 1,75 m y 40 kg, un arnés para soportarlo de pie a una grúa y gabinetes con los dispositivos eléctricos y electrónicos.

El sistema cuenta con un sistema de control de equilibrio en bipedestación; es una estrategia de control distribuida para el control de posición (en cascada con uno de velocidad y par) en cada una de las articulaciones; la posición de las articulaciones se controla bajo un controlador centralizado no lineal, para el equilibrio estático; este controlador calcula las desviaciones del centro de masa del sistema exoesqueleto-maniquí a partir del ángulo del tobillo y actúa para su compensación sobre el ángulo de la cadera. El controlador estabilizó la dinámica de péndulo

invertido inestable,  
con una región de atracción de  $\pm 2^\circ$  y con un desempeño sub-amortiguado.

Para la futura validación clínica del exoesqueleto con pacientes, se diseñaron protocolos para valoración de personas sanas y de pacientes, y la realización de terapias repetitivas con y sin carga adicionada por el exoesqueleto.

Con este proyecto pluridisciplinar de las áreas de mecánica, eléctrica, electrónica, biomecánica, fisioterapia y fisioterapia, se ha obtenido una solución tecnológica en el área de rehabilitación humana, que permitirá facilitar las terapias y mejorar sus resultados.

### 3. ABSTRACT:

The movements of the legs for rehabilitation are supported by a physiotherapist that indicates the intensity, duration and speed of these movements. The exoskeleton that has been built is an electromechanical system that allows support this rehabilitation process by allowing the execution of active and continuous movements according to the planning of the therapist, who will have the possibility of making a digital register and evaluation of progress of patients.

The constructed system consists of three parts: the first one is the mechanical structure (orthosis), which supports the foot, leg and hip of the patient, and allows the movement of the knee and hip using actuators (motors); the mechanical structure is adjustable in the thigh, calf and hip width. The second block is the instrumentation system that is responsible for controlling and measuring the state of variables such as torque, speed, angle, acceleration, pressure on the feet and electromyographic signals. The third block is the software program and register system, which performs: the interaction between man and machine for monitoring and configuration of the exoskeleton according to the therapy, registration of the patient's progress, wireless communication with the instrumentation system, monitoring of the exoskeleton variables with visual feedback animation, and calculates indexes for performance evaluation of the patient: Limit values of strength and angle, angle of joint mobility for hip and knee and the ratio of assistance that evaluates the cooperation between patient and exoskeleton. The exoskeleton is dimensioned for a patient with a maximum weight of 75 kg; the electromechanical elements were specified to meet future conditions of gait, ascent and descent of stairs of paraplegics. Additionally, to operate the exoskeleton there is an articulated mannequin of 1.75 m and 40 kg, a harness to support it standing on a crane and cabinets with electrical and electronic devices.

The system has a control system of standing balance, is a distributed control strategy for position control (cascaded with a speed and torque loops) at each joint; the joint position is controlled under a nonlinear centralized controller for static equilibrium, the controller calculates the deviations of the mass center of the exoskeleton-mannequin system from the ankle angle and acts for deviation compensation on the hip angle. The controller stabilized the unstable inverted pendulum dynamics, with a attraction region of  $\pm 2^\circ$  and sub-damped performance.

For future clinical validation of the exoskeleton with patients, protocols were designed for evaluation of healthy people and patients, and conducting repeated therapies with and without load added by the exoskeleton.

This interdisciplinary project of areas such as mechanical, electrical, electronics, biomechanics, physical medicine and physiotherapy, produced a technological solution in the field of human rehabilitation, which should allow to do better therapies and improve their performance.