

# EXOESQUELETO PARA REHABILITACIÓN DE MIEMBRO SUPERIOR

**Rocío Vecino-Torres<sup>1</sup>, Lourdes Durán-López<sup>1,2</sup>, Daniel Gutiérrez-Galán<sup>1,2</sup>, Juan Pedro Domínguez-Morales<sup>1,2</sup>, Manuel Domínguez-Morales<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, EPS-ETSII, Sevilla*

<sup>2</sup>*IBUS: Instituto de Ingeniería en Informática, Sevilla*

E-mail de correspondencia: [mjdominguez@us.es](mailto:mjdominguez@us.es)

## RESUMEN

Múltiples lesiones neurológicas, como los Accidentes Cardíacos Vasculares (ACV), provocan una degeneración y/o atrofia de la movilidad en las extremidades. La terapia pasiva se suele usar en los procesos de recuperación tras sufrir este tipo de lesiones, pero los ejercicios de brazos y manos utilizados habitualmente se basan en la realización de actividades de alta intensidad y repetitivos, haciendo que la recuperación sea larga, necesite de mucho trabajo y de la ayuda de varios fisioterapeutas. En este trabajo se realiza el diseño, montaje, implementación y testeo de un sistema hardware-software basado en exoesqueleto y sensores de captación de movimiento de brazo y manos para su utilización en la rehabilitación de los miembros superiores con el fin de reducir el tiempo de recuperación. El usuario dispondrá de una aplicación que le guiará en todo momento haciendo uso de técnicas activas de gamificación para aumentar la motivación.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud, se podría definir Discapacidad como “un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación”. Y Rehabilitación, como: “proceso destinado a permitir que las personas con discapacidad alcancen y mantengan un nivel óptimo de desempeño físico, sensorial, intelectual, psicológico y/o social”. La rehabilitación física se podría realizar a cualquier parte del cuerpo, donde una persona pueda tener una determinada discapacidad o falta de movilidad (O'Sullivan, Schmitz, & Fulk, 2019).

En este caso, este trabajo, se va a centrar en la rehabilitación activa y pasiva del miembro superior. De forma más concreta, en las articulaciones de codo, muñeca y mano.

Hay distintas patologías que puedan hacer que una determinada persona necesite rehabilitación del miembro superior, que podría ser desde una fractura del cóndilo humeral o de cubito hasta una enfermedad que afecte de forma neuromotora.

Ante este problema, en muchos artículos ven la solución de la utilización de la tecnología y la robótica. Esta consiste en la utilización de dispositivos robóticos, para que la persona haga unos ejercicios, de alta intensidad, con una frecuencia y repetitividad determinadas dando la posibilidad de la monitorización en todo momento de los ejercicios y ver así, la mejora (Prange, Jannink, Groothuis-Oudshoorn, Hermens & Ijzerman, 2009).

Por otro lado, se puede ver que en los últimos años las interfaces de usuario que, junto con otras herramientas, están ganando cada vez más popularidad. Estas interfaces de usuario utilizadas en ámbito de la rehabilitación podrían proporcionar una forma dinámica, didáctica, interactiva y motivacional a medida que los pacientes hacen unos determinados ejercicios y actividades.

Este trabajo va a tratar del diseño, montaje, implementación y testeo de un sistema hardware-software para su utilización en la rehabilitación del miembro superior mediante sensores de captación del movimiento del brazo, de la muñeca y mano.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Tecnologías empleadas**

Se utilizaron distintas plataformas para el desarrollo, tanto hardware como software. Entre las tecnologías o plataformas hardware están los siguientes dispositivos: Arduino UNO (Microcontrolador), Sensor MyoWare (Sensor EMG), Servo Motor, Leap Motion (capaz de detectar las manos) y PC. Y, entre las tecnologías o plataformas software se encuentran: el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, Visual Studio y Software de Leap Motion.

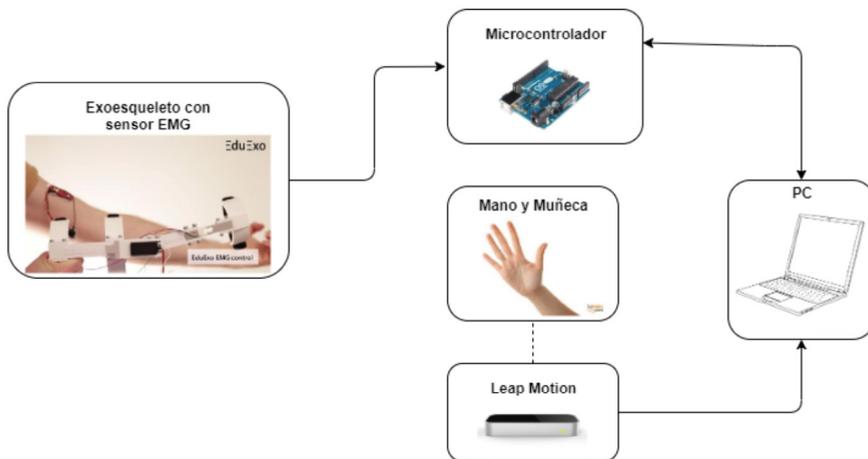
### **2.2 Diseño del sistema**

El sistema funciona de la siguiente manera:

- Exoesqueleto con sensor EMG: está compuesto por un servomotor que realiza el movimiento de flexo-extensión del codo, según los valores de contracción muscular del bíceps medido por un sensor EMG. Proporciona la rehabilitación pasiva y activa del brazo.

- Microcontrolador (Arduino): es el punto medio o nexo de conexión entre el exoesqueleto y el PC. Lee los valores analógicos del sensor EMG, controla el servomotor a partir de estos valores leídos y muestra los ángulos formados por el servo en cada movimiento realizado.
- PC: en este es donde se muestra toda la información leída, tanto la procedente del microcontrolador como de Leap Motion. También, contiene la interfaz de usuario, que manda los distintos ejercicios a realizar.
- Leap Motion: realiza el seguimiento de la rehabilitación de mano y muñeca según una serie de movimientos o ejercicios que se indican en la pantalla del PC.

En la siguiente imagen, se pueden ver los distintos bloques que forman parte del sistema.



**Figura 1.** Diseño esquemático del sistema.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este apartado se basa principalmente en comprobar el correcto funcionamiento del sistema. En lo referente al exoesqueleto, se establecieron los siguientes puntos que tiene que cumplir: reconocimiento de la contracción muscular por parte del sensor MyoWare; el movimiento producido por el servomotor debe ser preciso en el momento; no se tiene que oponer el servo al movimiento del brazo del paciente; y proporcionar comodidad y no molestar al usuario en la realización de ejercicios.

De forma general durante la comprobación, se cumplieron los puntos anteriores, salvo en ciertos aspectos:

- Debido a colocación de una sujeción en el brazo para el sensor, se desajustó la ganancia, provocando así que no reconociera, o que lo hiciera de forma poco coherente, la contracción muscular.
- Si el brazo es más grande o ancho al ancho de sujeción que tiene el exoesqueleto, genera incomodidad.
- Puede haber variación en los datos leídos por el sensor MyoWare, dificultando coger, de esta manera, un rango de valores preciso para la contracción muscular, y, por lo tanto, la producción de un error a la hora de utilizar el exoesqueleto.
- Puede ser diferente el rango de contracción leído por el sensor, dependiendo del usuario. Por lo que, se debería de calibrar el diseño, dependiendo de esto.

Con respecto a las pruebas de Leap Motion, se encontró que un inconveniente fue que, aunque el paciente tenga todos los dedos flexionados o la mano en puño, siempre habrá un dedo extendido (en el caso de que el dedo pulgar este fuera del puño).

## **4. CONCLUSIONES**

En este trabajo se realizó el diseño, montaje, implementación y testeo de un sistema hardware-software con el objetivo de ser utilizado en la rehabilitación del miembro superior mediante sensores de captación del movimiento del brazo, de la muñeca y mano. A su vez, el paciente dispone de una aplicación que lo guía para aumentar de esta forma la motivación. Así, la terapia pasiva, la cual habitualmente se basa en la realización de actividades de alta intensidad y muy repetitivas, podría realizarse de forma que la recuperación del paciente sea más corta y amena.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Prange, G. B., Jannink, M. J. A., Groothuis-Oudshoorn, C. G. M., Hermens, H. J., & Ijzerman, M. J.** (2009). Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev*, 43(2), 171-184.
- O'Sullivan, S. B., Schmitz, T. J., & Fulk, G.** (2019). *Physical rehabilitation*. FA Davis.