



# Diseño Mecánico de Exoesqueleto Robótico para rehabilitación de Muñeca basado en Manufactura Aditiva



D. Martínez<sup>1, a</sup>, S. Perez<sup>1, b</sup>, M. Padilla<sup>1, c</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnologías, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>a</sup>diana.mar.dia10@gmail.com, <sup>b</sup>salvador.perez.@icat.unam.mx, <sup>c</sup>miguel.padilla@icat.unam.mx

## Resumen

Se presenta el diseño mecánico de un dispositivo para rehabilitación de la muñeca. Tecnología orientada al tratamiento de extremidades superiores en pacientes con déficit musculoesquelético. El diseño CAD fue concebido de acuerdo a necesidades y requerimientos de pacientes y especialistas en rehabilitación del Hospital General de México. Después de realizar algunos estudios de la estructura, se han manufacturaron las piezas para armar el prototipo que facilitara comprobar su funcionamiento.

## Introducción

La población mexicana está conformada por jóvenes de 22 años o menos. Según la OMS, para el año 2050 se incrementará la población de adultos mayores en un 73%. Éstos representan el mayor porcentaje en discapacidades, destacando los déficits de motricidad de las extremidades superiores (por enfermedades neuromotoras o musculoesqueléticas). El crecimiento en la demanda de rehabilitación hace necesario la investigación y diseño de tecnologías de apoyo que mejoren y amplíen los servicios clínicos.

## Objetivos

Diseño mecánico de un exoesqueleto para rehabilitación, capaz de reproducir el movimiento de Pronación-Supinación de la mano y los movimientos angulares de la muñeca Flexión-Extensión y Abducción-Aducción.

Crear un prototipo con un mecanismo ligero, reversible, poca sensación de inercia, mediante la adecuación de un sistema de transmisión por cable, controlando los ángulos de movimiento de los 3 grados de libertad del dispositivo de manera segura.

## Metodología y Resultados

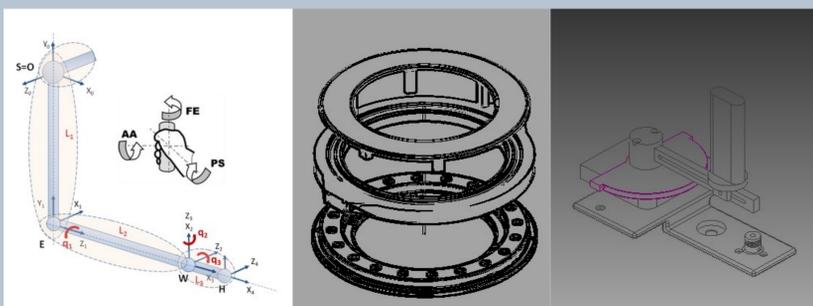
El diseño se ha desarrollado bajo el modelo de Pahl y Beitz, uno de los más empleados en el diseño ingenieril. El método se resume a continuación:

### A) Aclaración de la tarea.

Identificamos las necesidades del paciente y elaboramos las especificaciones para el diseño del mecanismo. Debe ser un dispositivo ergonómico, seguro, multiusuario, interactivo

### B) Diseño Conceptual:

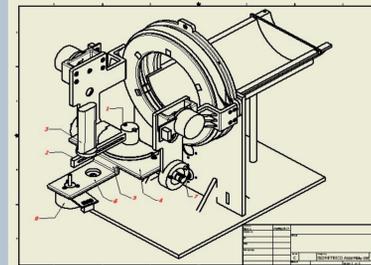
Definición de las especificaciones de diseño  
Propuestas de solución por subsistemas



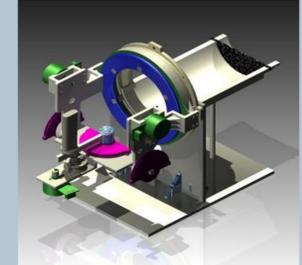
Sistema para el movimiento de Pronación-Supinación

Sistema para movimiento de Flexión-Extensión

### C) Diseño Preliminar : Integración de subsistemas



Plano de ensamble en CAD (Isométrico)



Ensamble en CAD (Isométrico)

### D) Diseño de Detalle:

Selección de materiales para las piezas, facilitando un análisis de la estructura y la adquisición o manufacturar de las mismas.

Ecuaciones generales de movimiento:

$$\sum F_x = ma_x$$

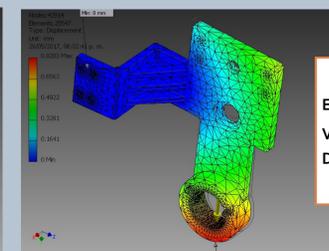
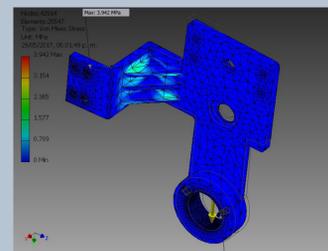
$$\sum F_y = ma_y$$

$$\sum F_z = ma_z$$

$$\sum M_x = \dot{H}_x + H_x\omega_x - H_y\omega_z$$

$$\sum M_y = H_y\dot{\omega}_y + H_x\omega_z - H_z\omega_x$$

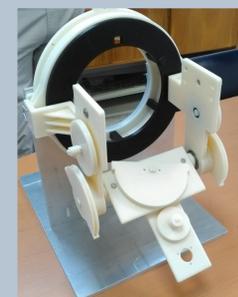
$$\sum M_z = H_z\dot{\omega}_z + H_y\omega_x - H_x\omega_y$$



Estudio en CAD Von Mises y Desplazamiento

## Resultados

Después del análisis estructural podemos asegurar que, mecánicamente, el dispositivo es seguro. Permite realizar los tres movimientos propios de la muñeca pronación-supinación, flexión-extensión y desviación radio-cubital de manera independiente



## Conclusiones

Por ahora solo se ha generado el prototipo con impresión 3D pudiendo identificar las piezas que podrían simplificarse para la manufactura en otro tipo de material. Sin embargo, es necesario trabajar en su instrumentación para tener un control total de los movimientos que se ejecutan y obtener un registro del avance en la terapia del paciente.

El implementar sistemas de actuación y sensado es el nuevo objetivo a alcanzar, posteriormente la aplicación en la rehabilitación de personas con deficiencia motriz en la muñeca para evaluar su funcionalidad.

El mecanismo podrá dar sustento a otros proyectos de investigación en el área de rehabilitación robótica.

## REFERENCIAS

- A. U. Pelhivan, S. Lee, M. K. O'Malley. Mechanical design of rice wrist-S: a forearm-wrist exoskeleton for stroke and spinal cord injury rehabilitation. The fourth IEE RAS/EMBS international conference on biomedical robotics and biomechanics (2012).
- D. Castillo Flores, S. Laurendeau, N. Teasdale, y M. Simoneau. Quantifying forearm and wrist joint power during unconstrained movements in healthy individuals. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 11:157, (2014).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2015). Estadísticas a propósito del día internacional de las personas con discapacidad (3 de diciembre), Aguascalientes: INEGI.