



# ELECTROESTIMULACIÓN FUNCIONAL PARA MIEMBRO SUPERIOR VÍA UNA ÓRTESIS ACTIVA CON RETROALIMENTACIÓN ELECTROMIOGRÁFICA.



Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México  
 ken\_alan\_pm@hotmail.com, fmi44@icloud.com

## Abstract

La propuesta de este proyecto es diseñar, construir y controlar un prototipo que integre las técnicas de Electroestimulación Funcional (FES) y un Sistema Ortésico Activo (SOA) de 5 grados de libertad con el fin de brindar terapia funcional al Miembro Superior (MS). Las rutinas que brinda el sistema se logran mediante la implementación de un algoritmo de control Proporcional Derivativo (PD) y del Algoritmo Super-Twisting (AST) como derivador. El SOA contempla la implementación de un sistema de retroalimentación electromiográfico el cual permite obtener información sobre el estado electrofisiológico de los músculos que componen los segmentos de interés y se evalúa el seguimiento de trayectorias para la terapia por medio del error.

## 1. Justificación

### En México:

Del total de población con discapacidad, el 33% presenta dificultad para mover o usar brazos y/o manos.

### El dispositivo integra:

SOA de 5 grados de libertad  
 FES  
 Retroalimentación electromiográfica



## 3.2 Algoritmo Super-Twisting (AST)

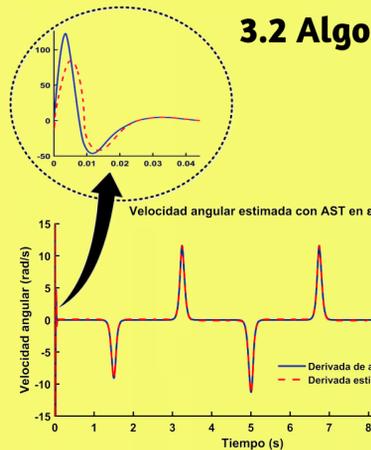
Si  $w_1(t) = r(t)$ , entonces se estima

$$\dot{w}_1(t) = -\lambda_1 |\Delta w(t)|^{1/2} \text{sign}(\Delta w(t)) + \bar{w}_2(t)$$

$$\dot{w}_2(t) = -\lambda_2 \text{sign}(\Delta w(t))$$

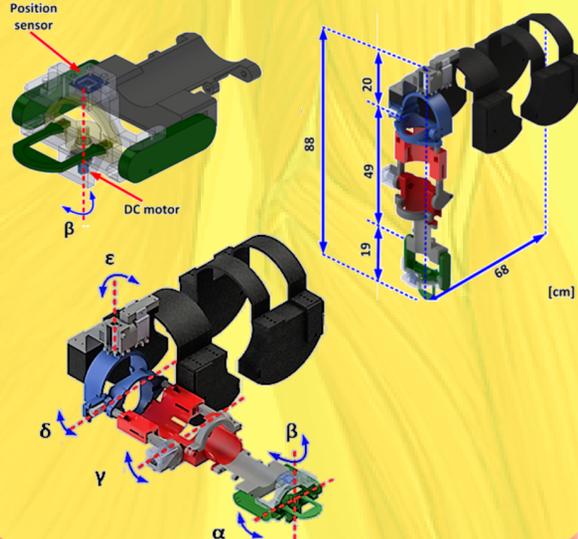
$$\Delta w(t) = \bar{w}_1(t) - r(t)$$

Derivador exacto y robusto ante perturbaciones e incertidumbres paramétricas  
 Estimación de la derivada converge en tiempo finito

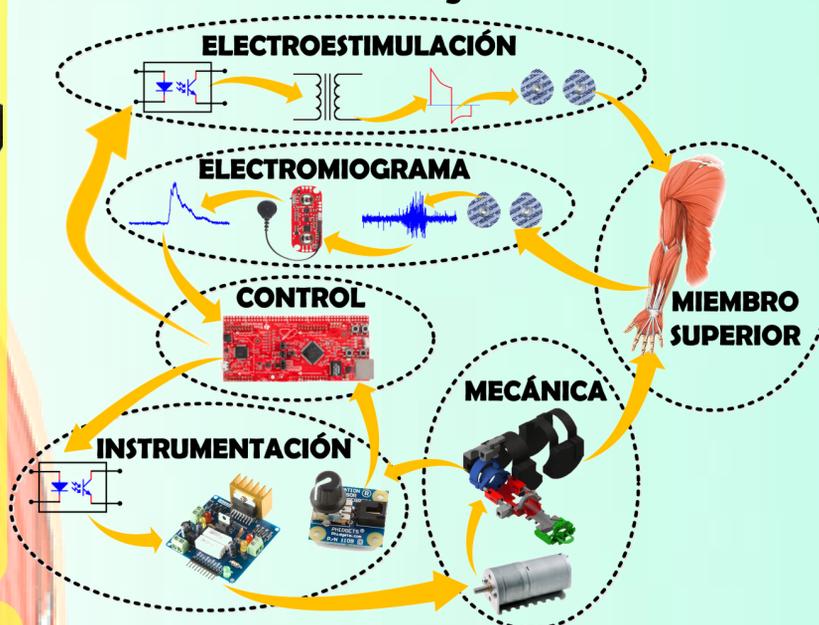


## 3. Resultados

### 3.1 Diseño mecánico en SolidWorks



## 2. Metodología

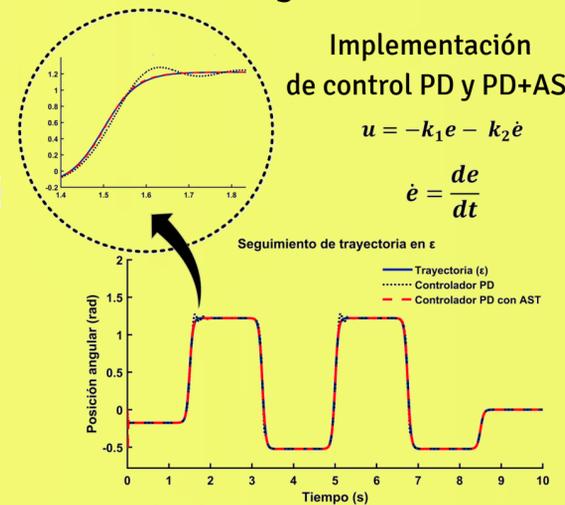


### 3.3 Generación y seguimiento de trayectorias

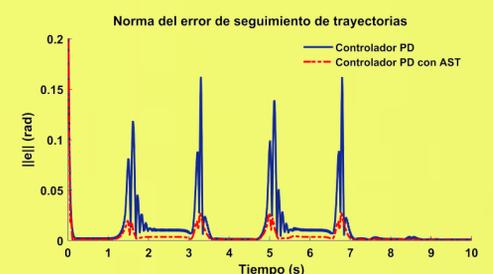
Implementación de control PD y PD+AST

$$u = -k_1 e - k_2 \dot{e}$$

$$\dot{e} = \frac{de}{dt}$$



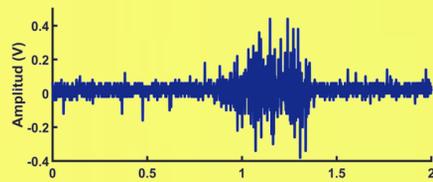
### Norma del error



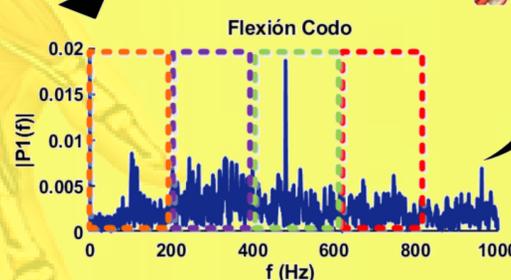
### 3.4 Modelo mecánico por computadora con control PD+AST



### 3.6 Electromiograma



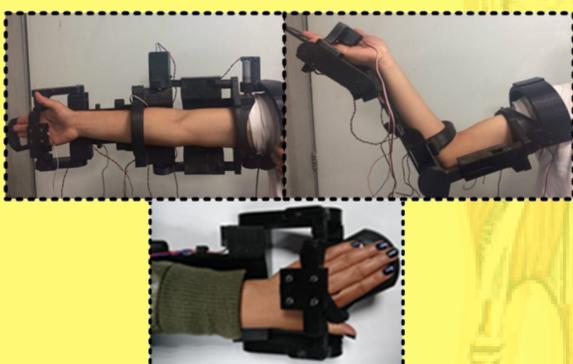
Identificación del respectivo movimiento mediante red neuronal



## 4. Conclusiones

- Las trayectorias diseñadas cumplen con los rangos angulares de cada articulación
- Con el controlador PD+AST se logró resolver el seguimiento de trayectoria sin realizar pruebas en pacientes
- La estructura mecánica permite la portabilidad del SOA
- El procesamiento de electromiograma permitió identificar que músculo se encuentra realizando movimiento

### 3.5 Instrumentación



## Referencias

- Resquín, F., Cuesta, A., Gonzalez-Vargas, J., Brunetti, F., Torricelli, D., Molina, F., ... Pons, J. (2016). Hybrid robotic systems for upper limb rehabilitation after stroke: A review. España: Elsevier.
- C. Freeman, A. Hughes, J. Burrige, P. Chappell, P. Lewin y E. Roger, «Iterative learning control of FES applied to the upper extremity for rehabilitation,» Elsevier, Reino Unido, 2008.
- Salgado, I., Cháirez, I., Camacho, O., & Yañez, C. (2014). Super-twisting sliding mode differentiation for improving PD controllers performance of second order systems. ISA Transactions, 11.