



# UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ACTUADORES BASADOS EN ALEACIONES CON MEMORIA DE FORMA IMPLEMENTADOS EN UNA PRÓTESIS DE MANO.

Páez Pidiache I. Yuritsa; Luviano Juárez, Alberto; Castillo Castañeda, Eduardo.

## RESUMEN

En México, la Academia Mexicana de Cirugía indicó en el 2012 que al día se realizaban 75 amputaciones de mano, lo que significa 27.375 amputaciones por año, las amputaciones de la muñeca de la mano representan del 3 al 15% del total de estas.

La mano es una extremidad de alta importancia en muchas tareas de manipulación de objetos y otras funciones, el desarrollar dispositivos que permitan sustituir parcialmente la extremidad perdida es un problema tecnológico que aún tiene muchos caminos de solución por desarrollar.

## INTRODUCCIÓN

La literatura presenta el trabajo "Personalized design of a hand prosthesis considering anthropometry of a real hand extracted from radiography" desarrollado por: E. Castillo-Castaneda, A. Bernardo-Vasquez; en donde diseñaron una prótesis de mano antropométrica y antropomorfa, a partir de la radiografía de una mano humana, cuidando el peso y forma de la prótesis, sin embargo quedo como trabajo futuro la integración de micromotores; y para que una prótesis emule los movimientos de una mano humana, debe contar con un sistema de actuación.

Las Aleaciones con Memoria de Forma (SMA) comercialmente conocido como Nitinol ó (NiTi), es una aleación metálica compuesta de níquel y titanio. El SMA puede regresar a su configuración inicial, ha este efecto se le conoce Shape Memory Effect (SME).

El Nitinol es un material que se entrena en memoria y forma, el material a temperatura ambiente se comporta como un plástico y cuando su temperatura se eleva es pseudoelástico, además su actuación es en milisegundo y son materiales livianos.

Para el diseño y construcción de una prótesis de mano se comprometen varias áreas de ingeniería. El presente trabajo describe el diseño de los actuadores basados en las aleaciones con memoria de forma y la implementación de los actuadores en una prótesis de mano.

## OBJETIVOS

Desarrollar una prótesis de mano que cumpla con las siguientes condiciones:

a). Diseño y construcción de una prótesis de miembro superior, tomando como referencia física las dimensiones obtenidas de una radiografía de una mano humana, siendo así una prótesis antropométrica.

b). Implementar una estrategia de actuación mediante un sistema de tendones basados en Aleaciones con Memoria de Forma (SMA), que generen un sistema de movimientos

## ACTUADORES SMA (Shape Memory Alloys)

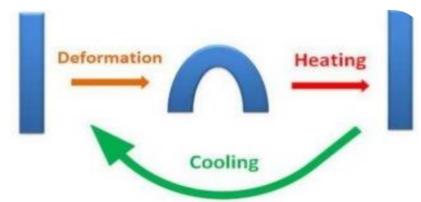
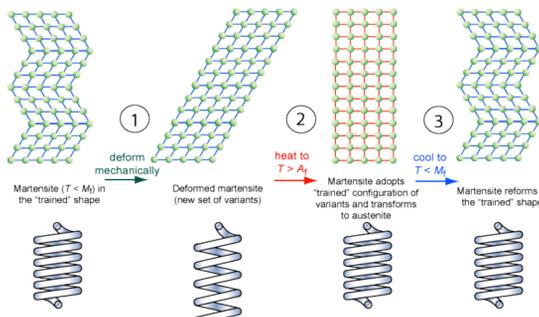


Diagrama de funcionamiento de las SMA



Fase martensita y austenita de los resortes con SMA.

## METODOLOGÍA

### DISEÑO DE LOS ACTUADORES SMA

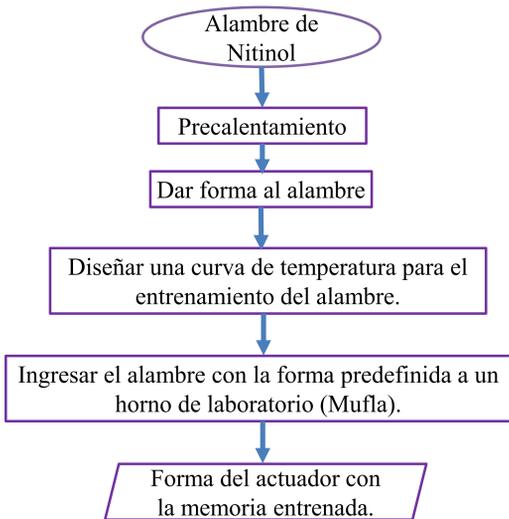
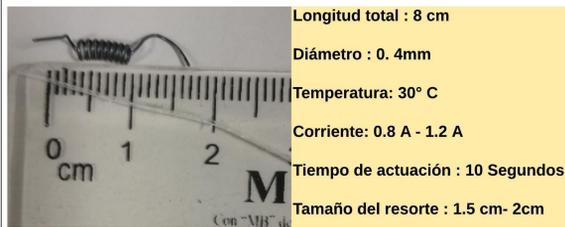


Diagrama del diseño de los actuadores.

### SISTEMA DE ACTUACIÓN

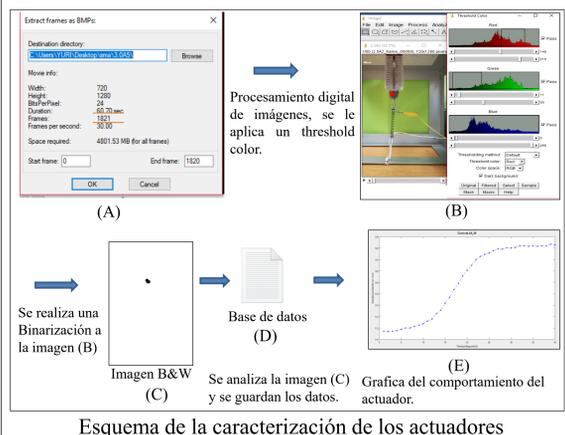


Resorte SMA 0.4 mm



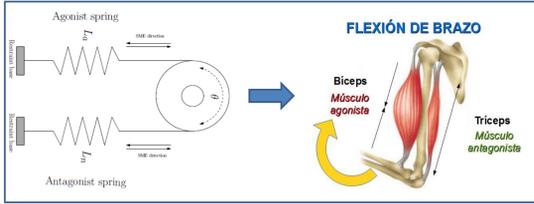
Resorte SMA 0.75 mm

### CARACTERIZACIÓN SMA

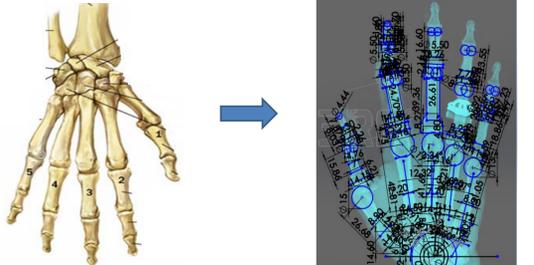


Esquema de la caracterización de los actuadores

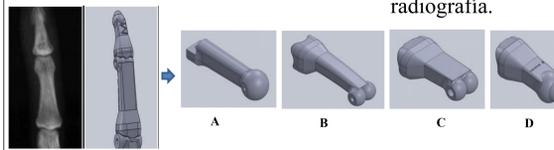
## IMPLEMENTACIÓN DE LOS ACTUADORES EN LA PRÓTESIS



Mecanismo agonista-antagonista con resortes SMA.



Huesos de la mano Mediciones tomadas de una radiografía.

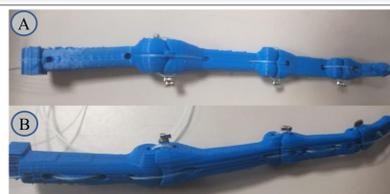
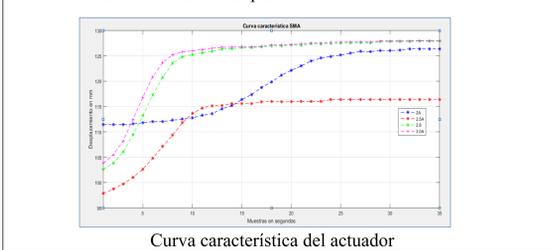
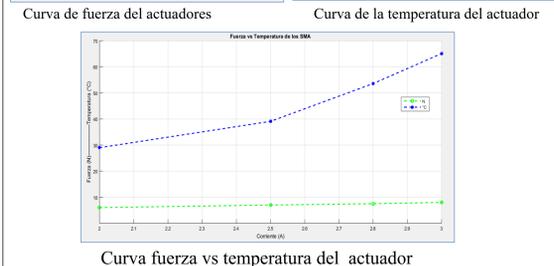
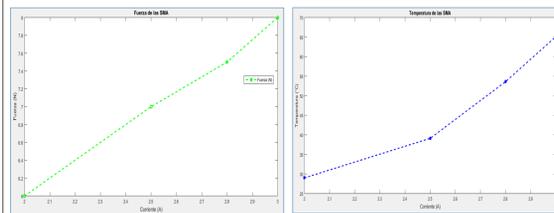


Diseño de los dedos; (A) Metacarpiano, (B) Proximal, (C) Medial, (D) Distal.

## RESULTADOS

Corriente (A) - Voltaje (V)	Tiempo (segundos)	Fuerza en Newton (N)	Temperatura alcanzada °C	Temperatura Ambiente °C	Temperatura resultante °C
2A - 12V	60 seg.	6 N	54.2	25.2	29
2.5A - 12V	60 seg.	7 N	64.3	25.2	39.1
2.8A - 15 V	60 seg.	7.5 N	78.8	25.2	53.6
3.0A - 15V	60 seg.	8 N	90.3	25.2	65.1

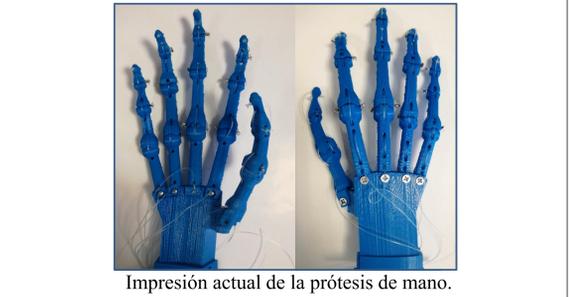
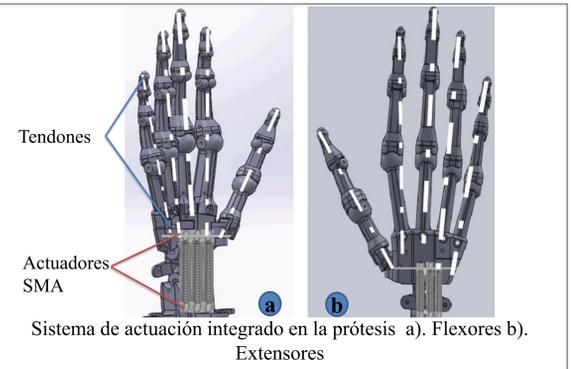
Tabla 1. Datos de la caracterización



Impresión de un dedo (A) Parte inferior, (B) Parte superior.

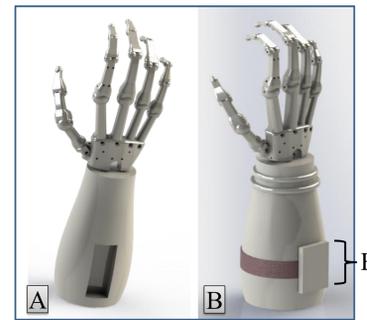


Integración de los actuadores SMA con la prótesis.

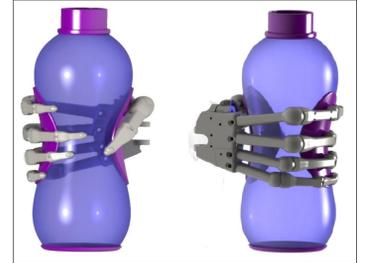


Impresión actual de la prótesis de mano.

## TRABAJO FINAL



Propuesta final de la prótesis (A) Adaptación de la prótesis con el brazo; (B) Propuesta de la posición de baterías.



Agarre a partir del movimiento de flexión.

## CONCLUSIONES

- El diseño e impresión 3D con PLA ó ABS, hace que el mecanismo sea ligero.
- Los movimientos de flexión y extensión se generaron con el actuador SMA, del cual se obtuvo una respuesta esperada ante las restricciones mecánicas de la prótesis.
- Las medidas de la prótesis se adquirieron de una radiografía de mano humana sana y haciendo uso de SolidWorks se calcularon las dimensiones de cada falange.
- Para generar los movimientos de flexión y extensión se implementó el sistema Agonista-Antagonista.

## REFERENCIAS

E. Castillo-Castaneda, A. Bernardo-Vasquez., \design of a hand prosthesis considering anthropometry of a real hand extracted from radiograph", QEII Centre, London, UK, July 17-20, 2017.

A.I. Kapanjdi \Fisiología articular: esquemas comentados de mecánica humana; Capítulo 5: La mano", Editorial Médica Panamericana, Madrid, 2006.

R. Cortez-Vega, I. Chairez, A. Luviano-Juárez, V. Feliu-Batlle \A hybrid dynamic model of shape memory alloy spring actuators", Measurement 114 (2018) 340353

D. Lagoudas (Ed.), Shape Memory Alloys, Springer, 2008.

K. Eckelmeyer, The effect of alloying on the shape memory phenomenon in nitinol, Scripta Metall. 10 (8) (1976) 667-672.

## Agradecimientos

Agradecimiento a la PhD. Norma Beatriz Luna, por el financiamiento para presentar este trabajo. A Daniel Cedillo y Raúl Avendaño por su participación en el proyecto.