

# Programación en las prótesis de mano

Alejandro Sánchez  
Jahir Martínez  
Eduardo Andrade  
Moises Vazquez  
Adrián Davila  
Luis Andrade

31 de agosto de 2022

## Resumen

Los diferentes programas que podemos usar para programar una prótesis de mano son variados y cada uno de ellos tiene diferentes resultados. Lo mejor será adaptarnos a lo que tenemos a nuestro alcance.

## 1. Introducción

### 1.1. Anatomía de la mano

El esqueleto de la mano consta de 27 huesos, divididos en tres grupos:

- Hueso del carpo (carpianos).
- Huesos del metacarpo (metacarpianos).
- Falanges de la mano.

Los huesos del carpo son especialmente interesantes porque están dispuestos en dos filas distintas que contribuyen directamente a la formación de la muñeca. Estas filas se conocen como la fila proximal, que consta de los huesos escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme; y la fila distal, que contiene los huesos trapecio, trapezoide, grande (capitado) y ganchoso. Como se muestra en la figura 1.

Los movimientos de la mano son producidos por los músculos intrínsecos y los músculos extrínsecos. Los músculos extrínsecos, en realidad, son los músculos del antebrazo que se insertan en la mano. De este modo, estos músculos cruzan las articulaciones de la mano (p. ej. articulación radiocarpiana) y producen movimientos [4]. Los músculos intrínsecos son los “verdaderos” músculos de la mano porque sus orígenes e inserciones están ubicados exclusivamente en la región de la muñeca y la mano. Los músculos intrínsecos de la mano consisten en cinco grupos:

- Músculos tenares
- Músculos hipotenares
- Músculos lumbricales
- Músculos interóseos palmares
- Músculos interóseos dorsales

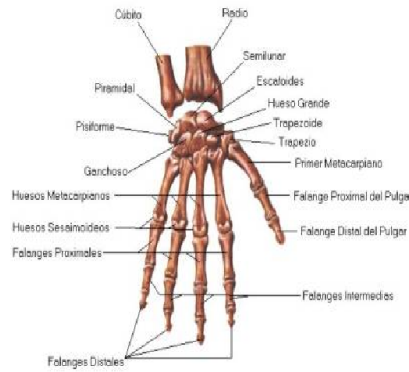


Figura 1: Huesos de la mano

Hay 4 músculos tenares en total 2; son evidentes y fáciles de palpar en el lado radial de la palma de la mano, en la base del pulgar. Forman la parte “carnea” del pulgar, conocida como eminencia tenar, y son los músculos: abductor corto del pulgar, aductor del pulgar, flexor corto del pulgar y oponente del pulgar. La función de los músculos tenares es producir varios movimientos del pulgar: abducción, aducción, flexión y oposición. Además de la eminencia tenar hay otra prominencia en la palma, pero esta vez en su lado ulnar. Es fácilmente palpable y visible en la base del dedo meñique. Esta región se denomina eminencia hipotenar y está formada por los cuatro músculos hipotenares: abductor del meñique, flexor corto del meñique, oponente del meñique y palmar corto. Este grupo de músculos mueven el dedo meñique (quinto dígito); lo abducen, lo flexionan y lo llevan hacia el pulgar para facilitar la oposición. Los tres últimos grupos de músculos de la mano están situados en la capa más profunda de la mano. Son los lumbricales, los interóseos dorsales y los interóseos palmares. A veces, estos músculos se describen juntos en los libros anatómicos y se denominan músculos cortos de la mano. Funcionan juntos para ayudar a la extensión, flexión, abducción y aducción de las falanges. Los mus

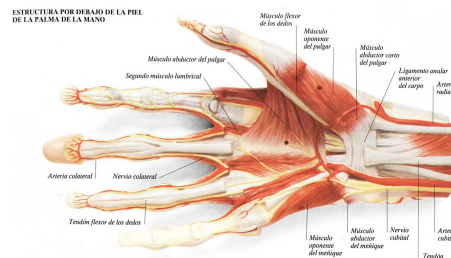


Figura 2: Músculos de la mano

## 1.2. Historia de las prótesis

Desde la época de las antiguas pirámides hasta la Primera Guerra Mundial, el campo de la protésica se ha transformado en un sofisticado ejemplo de la resolución del hombre por mejorar. La evolución de la protésica es larga y está plagada de historias, desde sus comienzos primitivos, pasando por el sofisticado presente, hasta las increíbles visiones del futuro. Al igual que sucede en el desarrollo de cualquier otro campo, algunas ideas e invenciones han funcionado y se han explorado más detalladamente, como el pie de posición fija, mientras que otras se han dejado de lado o se han vuelto obsoletas, como el uso de hierro en las prótesis. El largo y complejo camino hacia la pierna computarizada comenzó alrededor del año 1500 a. C. y, desde entonces, ha estado en constante evolución. Han habido muchos perfeccionamientos desde las primeras patas de palo y los primeros ganchos de mano, y el resultado ha sido la fijación y el moldeado altamente personalizados que se encuentran en los dispositivos actuales. No obstante, para poder apreciar todo el camino que se ha recorrido en el campo de la protésica, primero debemos remontarnos

a los antiguos egipcios [1]. A cada dificultad, el hombre le busca una solución. Los egipcios fueron los primeros pioneros de la tecnología protésica. Como se muestra en la figura 3.



Figura 3: Uno de los primeros diseños de una prótesis de mano

A medida que se desarrollaba la Guerra Civil Estadounidense, la cantidad de amputados incrementaba en forma astronómica, lo que obligó a los estadounidenses a ingresar en el campo de la protésica. James Hanger, uno de los primeros amputados de la Guerra Civil, desarrolló lo que más tarde patentó como la “Extremidad Hanger”, elaborada con duelas de barril cortadas. A diferencia de la Guerra Civil, la Primera Guerra Mundial no fomentó mucho el avance en este campo. A pesar de la falta de avances tecnológicos, el Cirujano General del Ejército en ese momento comprendió la importancia del debate sobre tecnología y desarrollo de prótesis; con el tiempo, esto dio lugar a la creación de la Asociación Estadounidense de Ortoprótisis (AOPA, por sus siglas en inglés). Después de la Segunda Guerra Mundial, los veteranos estaban insatisfechos por falta de tecnología en sus dispositivos y exigían mejoras. El gobierno de los EE. UU. cerró un trato con compañías militares para que mejoraran la función protésica en lugar de la de las armas.

En la actualidad las investigaciones apuntan a desarrollar una tecnología que permita dotar del sentido del tacto a las prótesis de manos. Ingenieros de la Universidad de Washington (en St Louis, Estados Unidos) recibieron fondos por tres años de la Agencia DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) para testear un dispositivo que estimularía los nervios del brazo para sentir a través de la prótesis y enviar las señales al cerebro [2]. Una prótesis capaz de sentir entregará a sus usuarios un mayor control, por ejemplo, para saber qué tan fuerte deben sostener un objeto y podrán darse cuenta si se les está resbalando de la mano. Grandes avances que, lamentablemente, se traducen en grandes costos y a los cuales una persona promedio no podrá acceder a menos que se gane la lotería. Sin embargo, existe una tecnología que está abriendo las puertas a un mayor número de personas gracias a sus valores más reducidos: la impresión 3D [4].



Figura 4: Prótesis de mano en la actualidad.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Investigaciones y desarrollos recientes en materia de prótesis de mano

La mano de Canterbury 5 utiliza eslabones mecánicos movidos directamente para actuar sobre los dedos de forma similar a la mano humana. El movimiento directo de los eslabones se utiliza para reducir algunos problemas que presentan otros diseños de mano. Cada dedo de esta mano tiene 2.25 grados de libertad; la parte fraccionaria se debe al mecanismo compartido para extender los cuatro dedos. Los motores de corriente directa tienen una reducción por medio de engranajes con una relación de transmisión 16:1. Los dedos cuentan con sensores de presión en cada articulación y en su parte distal, lo que totaliza cuatro sensores de presión por cada dedo, dos motores de corriente directa y un sensor de efecto Hall. El pulgar tiene solo un motor y tres sensores de fuerza, mientras en la palma se encuentran los motores encargados de abrir y cerrar todos los dedos y de la rotación del pulgar; para un total de dos motores, dos encoders, dos sensores de efecto Hall y tres sensores de fuerza. Todo esto resulta en un total de 91 cables por lo que se requirió un sistema de control distribuido utilizando un PsoC de Semiconductores Cypress[3]. Este microprocesador solo es capaz de controlar la posición y velocidad, mientras que el resto de la cinemática y demás comandos complejos se calculan por aparte en un PC.

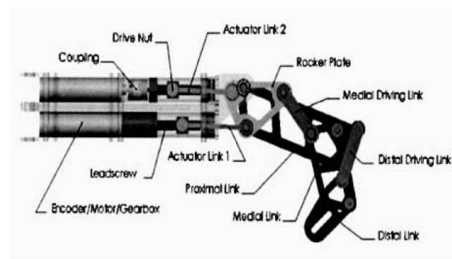


Figura 5: Mano de Canterbury

El manipulador desarrollado en la Universidad de Reading, Inglaterra, propone el uso de cables Bowden (Chicotes) dirigidos a cada unión como medio para hacer actuar los dedos. Este novedoso diseño simplifica el control de la mano al eliminar el acoplamiento entre juntas y permite la traslación directa y precisa entre las juntas y los motores que accionan los cables. La cinemática de los dedos se simula con mayor precisión al permitir dos grados de libertad con el mismo centro de rotación en el nudillo más grande de la mano. Esta mano incluye sensores en las últimas falanges de los dedos para acrecentar la precisión durante la sujeción.

### 2.2. Lenguajes de programación para prótesis de mano

En el área de programación, es muy variado los tipos de lenguaje que se pueden utilizar ya que este debe estar basado en la programación para microcontroladores, es por ello por lo que los siguientes son los lenguajes principales para conseguirlo [5]:

- Lenguaje C/C++

Este es el lenguaje de programación más común dentro de los microcontroladores, ya que es la base principal de uno de los más utilizados que es el Arduino IDE al momento de realizar prototipos de robots y sobre todo de prótesis.

- Ensamblador

El único lenguaje que entienden los microcontroladores es el código máquina formada por ceros y unos del sistema binario. El lenguaje ensamblador expresa las instrucciones de una forma más natural al hombre a la vez que muy cercana al microcontrolador, ya que cada una de esas instrucciones se corresponde con otra en código máquina. El lenguaje ensamblador trabaja con nemónicos, que son grupos de caracteres alfanuméricos que simbolizan las órdenes o tareas a realizar. La traducción de los nemónicos a código máquina entendible por el microcontrolador la lleva a

cabo un programa ensamblador. El programa escrito en lenguaje ensamblador se denomina código fuente (\*.asm). El programa ensamblador proporciona a partir de este fichero el correspondiente código máquina, que suele tener la extensión \*.hex. A pesar de que este lenguaje no es utilizado comúnmente hoy en día, los microcontroladores aun pueden ser programados en base a este lenguaje de programación.

- Lisp

Lisp es uno de los lenguajes de programación más antiguos, pero es muy útil ya que es indicado para el desarrollo de inteligencia artificial, su fuerte base matemática basada en el cálculo lambda, permite crear rutinas para resolver toda clase de problemas lógicos y matemáticos.

- Lenguajes de descripción de hardware (HDL)

Los lenguajes de descripción de hardware son lenguajes especializados que permiten definir circuitos electrónicos, estos permiten la creación de hardware sin necesidad de utilizar chips de silicio, lo que ayuda a realizar pruebas y prototipos, en cuanto a alguno de los lenguajes que hay acerca de este tipo son VHDL, Verilog y ABEL HDL.

### 3. Conclusiones

Se realizará una prótesis de mano derecha como producto final de esta materia, teniendo en cuenta las siguientes actividades. Para conseguirlo serán necesarios los siguientes objetivos parciales:

- Investigar los diferentes tipos de materiales (aluminio, teflón, plástico), actuadores (micromotores de corriente dc y ac, servomotores), mecanismos de transmisión (poleas, barras, bandas) y sensores (posición, fuerza, vibración) que puede constituir la prótesis.
- Realizar el diseño mecánico de una prótesis robótica en un software de diseño asistido por computador CAD (Solid Edge), teniendo en cuenta las medidas antropométricas promedio de una mano humana, la funcionalidad, los costos, mantenimiento, modularidad y flexibilidad.
- Implementación de un banco de pruebas que permitan validar la mecánica, el software y hardware del diseño del prototipo.
- Construir mecánicamente un primer prototipo de prótesis de mano [5].
- Entre otros

La parte principal de este equipo será la programación de esta prótesis para accionar con diferentes actuadores

### Referencias

- [1] Nikola Dechev, WL Cleghorn, and S Naumann. Multiple finger, passive adaptive grasp prosthetic hand. *Mechanism and machine theory*, 36(10):1157–1173, 2001.
- [2] Jesús Manuel Dorador González, Patricia Ríos Murillo, Itzel Flores Luna, and Ana Juárez Mendoza. Robótica y prótesis inteligentes. *Revista digital universitaria*, 6(1):1–15, 2005.
- [3] Jair L Loaiza and Nelson Arzola. Evolución y tendencias en el desarrollo de prótesis de mano. *Dyna*, 78(169): 191–200, 2011.
- [4] Jessenia Lizeth Quispe Monar. Rehabilitación fisioterapéutica en el adulto con prótesis transradial. B.S. thesis, Universidad Ncional de Chimborazo, 2022.
- [5] D Vallejos, J García, E Muñoz, and J Flórez. Entorno gráfico de un entrenador virtual de prótesis de mano. *Artículo de Investigación de la Universidad del Cauca. Recuperado de <http://www.unicauca.edu.co/ai/publicaciones/VallejosGarcia2009.pdf>*, 2009.