

## Prótesis de Mano

Marcos Fernando Romero Carrillo 1927564

Samuel Gerardo Cuéllar Dávila 1992262

Maricela Ivette Garcia Marín 1903760

Andrea Anette Celestino Castillo 1925924

Merary Castillo Sánchez 1895677

02 de Septiembre del 2022

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Desarrollo</b>	<b>2</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	2
2.2. Tipos de Prótesis . . . . .	4
2.3. Prótesis Comerciales . . . . .	5
2.4. Mecanismos de los dedos . . . . .	6
2.5. Simulación . . . . .	10
<b>3. Conclusión</b>	<b>12</b>
<b>4. Bibliografías</b>	<b>13</b>

# **1. Introducción**

En el siguiente reporte nos enfocaremos en el tema de las prótesis. Pero se hablará a fondo de una en específico; Prótesis de Mano. Mencionaremos ciertos antecedentes a la Prótesis de Mano moderna, agregamos fotografías de viejas prótesis encontradas y del como se ven en el estado en el que se encontró. De igual manera abordaremos los diferentes tipos de prótesis de mano que existen, hablaremos de las prótesis comerciales actuales y ciertas descripciones de las mismas. Se abordará el cómo los dedos son parte fundamental de este tipo de prótesis debido a que se requiere una cierta investigación en los mecanismos de los dedos y finalmente mostraremos una simulación de ejemplo respecto a la prótesis de mano.

## **2. Desarrollo**

### **2.1. Antecedentes**

Primero se tiene que hacer énfasis en que las manos como parte del cuerpo del ser humano han permitido el avance significativo de los seres humanos, esto indicando un rol bastante importante en el desempeño de físico y mental de la raza humana.

Para esto, desde hace años, se ha intentado reemplazar algunas o todas las funciones de la mano para las personas que se encuentran incapacitadas para usarlas. Tiempo antes se ha estado buscando soluciones para estas personas, prótesis de manos han sido encontradas desde hace más de 4000 años en una momia egipcia. Esta primera prótesis era una prótesis rígida tallada en madera.



Figura 1: Primera prótesis hallada en momia egipcia

1800 años más adelante se encontraron las primeras prótesis funcionales. Las cuales permitían levantar objetos por medio de ganchos, estas ahora construidas de hierro y otros materiales.



Figura 2: Reconstrucción de primera prótesis funcional

En el año 1400 empiezan a aparecer los primeros diseños de prótesis capaces de tener movilidad, las cuales contaban con dedos flexibles, flexionados pasivamente. Actualmente las prótesis han avanzado muy considerablemente, permitiendo al usuario una mayor funcionalidad para la prótesis que utiliza, además de movimientos más naturales y rápidos [1].



Figura 3: Prótesis móvil hallada en el año 1400

## 2.2. Tipos de Prótesis

Existen una variedad prótesis que permiten al usuario adaptarse a sus necesidades de funcionamiento, costos, ajustabilidad y comodidad. Por lo que se manejan distintos tipos de prótesis diferentes, cada una con sus características específicas. Las prótesis primeramente se dividen en exoesqueléticas o endoesqueléticas.

Las prótesis exoesqueléticas tienen estructura plástica externa rígida con la forma de la mano. Son fijas y no ajustables, contando con la ventaja de ser mas duraderas y capaces de estar expuestas a condiciones ambientales adversas.

Las prótesis endoesqueléticas tienen una estructura esquelética interna por lo que contiene componentes modulares y acoplamientos ajustables, es cubierto con material blando para simular la piel. Para la mano específicamente existen 5 tipos de prótesis:

**Pasiva:** Ayudan a mejorar el equilibrio al caminar, la estabilización de objetos. Parece un miembro natural, son ligeras y ergonómicas.

**De control corporal:** Son las menos costosas, duraderas y requieren menos mantenimiento. Se maneja con un cable y algún aditamento al final como un gancho, mano o dispositivo para cierta función. Las personas que realizan trabajo físico suelen preferir este tipo.

**Mioeléctricas alimentadas externamente:** Permiten movimientos activos de la mano por medio de sensores y otras entradas que detectan dicho

movimiento y se ven reflejados en actuadores eléctricos.

**Híbridas:** Combinan características de las prótesis de control corporal y mioeléctricas.

**Específicas para cada actividad:** Diseñadas para trabajar de manera muy eficaz en actividades específicas que realiza el usuario, como sostener un martillo, palo de golf, guante de béisbol, natación, etc [2].

### 2.3. Prótesis Comerciales

**Mano beBionic (Otto Bock):** Tiene una fuerza de agarre de (100N) y una velocidad de (300 mm/s), esta permite una excelente adaptación a las necesidades y capacidades del usuario; se recomienda a pacientes activos que tengan un nivel de amputación bajo. La mano está disponible en dos tamaños diferentes y con tres variantes de muñeca, por lo que puede adaptarse a las necesidades personales. La construcción duradera y los materiales avanzados hacen a la prótesis lo suficientemente fuerte como para soportar 45kg y puede así utilizar su mano para llevar objetos pesados y para apoyar a la hora de levantarse de un asiento. La supresión del sensor de los pulgares permite agarrar de forma activa y consciente. Los objetos se fijan y son colocados mediante señales musculares, debido a que el sistema electrónico de la MyoHand no se reajusta automáticamente.

**Prótesis Biónica I-Limb:** Los dedos de esta prótesis son controlados de forma independiente y esto permite tener una gran cantidad de movimientos. Esta prótesis es apta para realizar agarres de precisión y de potencia. Es la mano mioeléctrica más avanzada de Ossur. Su diseño incluye dígitos de titanio para un aumento del 50 por ciento en la carga de transporte, hasta un 30 por ciento más de fuerza de agarre y un aumento del 30 por ciento para mejorar el movimiento natural, la fuerza y su funcionalidad. Esta prótesis tiene sus dedos motorizados individualmente y la rotación del pulgar motorizada con mando manual, proporcionan la destreza, coordinación y delicadeza necesaria para realizar un gran número de actividades.

**Mano electrónica (Otto Bock):** Esta prótesis está en modo de control dinámico, debido a que la velocidad y la fuerza de aprehensión se regulan de

forma proporcional a la fuerza de la señal muscular. Esta prótesis emplea un nuevo tipo de modo de seguridad el cual después de agarrar con la máxima fuerza, se requiere de una señal EMG un poco más alta para abrir la mano. El control Digital Twin combina en una sola mano ambos controles clásicos: el digital y el control por doble canal [3].

## 2.4. Mecanismos de los dedos

Los mecanismos pueden ser utilizados en el diseño de dedos robóticos para obtener sistemas de accionamiento adecuado para el posterior agarre o manipulación de objetos. El agarre humano posee una sorprendente flexibilidad e incomparable destreza, tal que ha llamado la atención de muchos investigadores, El estudio del agarre humano como modelo ha llevado a la construcción de innovadores pero costosos prototipos de dedos, para ser utilizados como partes funcionales de robots antropomórficos. Este prototipo puede usarse como módulo para una mano robótica antropomorfa. Particular atención ha sido considerada para el diseño del mecanismo articulado que transmite la potencia entre la entrada motriz y las falanges de un dedo. Caracterización y validación experimental se han desarrollado con manos humanas y con el prototipo que ha sido construido como resultado del estudio del agarre humano.

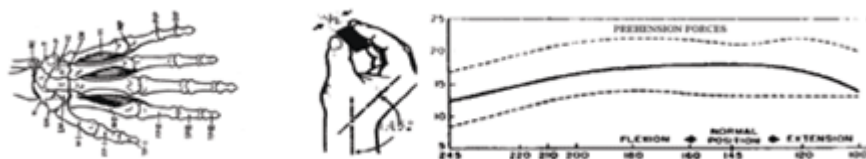


Figura 4: La mano humana: a) estructura ósea; b) efecto de la orientación de la muñeca en la fuerza de agarre.

La mano humana El diseño de órganos de agarre tiene como fuente natural de inspiración la mano humana. El objetivo de los investigadores es la emulación de las habilidades mostradas por la mano en su interacción con el ambiente externo. La mano humana se conecta a la muñeca a través de la palma y esta dotada de veinte grados de libertad accionados por cerca de cuarenta músculos. La estructura ósea de la mano se muestra en Fig.4a). En

Fig.4b) se muestra el efecto de la orientación de la muñeca en la fuerza de agarre. Cada dedo está compuesto por tres falanges, a excepción del dedo pulgar, que solo tiene dos. El dedo pulgar está fijo por debajo de los otros dedos y puede realizar los movimientos de cierre y rotación (Circondution), debido a la gran movilidad de su metacarpo, como es mostrado en Fig.5a). Esto permite variar la orientación del plano en que se desarrolla el movimiento de doblado y extensión del dedo pulgar, propiedad a través de la cual es posible oponer el dedo pulgar a los otros dedos. Con el término abducción (Abduction) se entiende el movimiento de salida del dedo del eje del brazo, como es mostrado en Fig.5a). El movimiento de Extensión/Abducción (Extention/Abduction) es la capacidad de extensión del pulgar hacia la parte exterior y flexión hacia el interior de la palma. El término Oposición (Opposition) se define como la capacidad de unión de las puntas del pulgar y el meñique. La Aducción/Abducción (Adduction/Abduction) es la capacidad de acercamiento y alejamiento del pulgar de la palma, cuando ambos se encuentran en un mismo plano. La gran cantidad de músculos y juntas que están presentes en la mano permiten esta gran variedad de configuraciones de agarre. En 1919, Schlesinger desarrolló una clasificación de la taxonomía para el estudio de la destreza de las manos humanas y la planificación de prótesis que está comentado en. Este autor agrupò en seis categorías las estrategias de agarre de la mano humana: agarre cilíndrico (Cylindrical Grasp), de punta (Tip), de gancho (Hook or Snap), de palma (Palmar), esférico (Spherical Grasp) y de lado (Lateral)(como es mostrado en la Fig.5b).

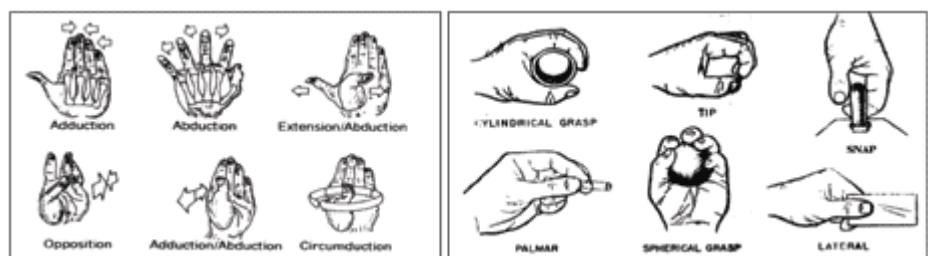


Figura 5: La mano humana: a) movimientos característicos de los dedos; b) configuraciones de agarre.

Experiencias de agarre con la mano humana El estudio de las características cinemáticas y las fuerzas que aplica la mano humana cuando ejerce un



agarre, constituye una fase preliminar de fundamental importancia para la construcción de un mecanismo de agarre con dedos articulados. Por esta razón se ha realizado un estudio del agarre que realiza la mano humana. Las pruebas se han realizadas por 5 personas, todos hombres entre 22 y 27 años con diferentes dimensiones de falanges del dedo índice, como es ilustrado en la Tabla siguiente.

Persona	Falange 1 [mm]	Falange2 [mm]	Falange 3 [mm]
1	25,7	22,5	24,1
2	27,4	23,5	22,1
3	26,2	19,4	28,8
4	27,1	19,2	25,1
5	28,3	23,1	25,3
<b>Valor medio</b>	<b>26,94</b>	<b>21,54</b>	<b>25,08</b>

Figura 6: Estadística de las manos utilizadas para la prueba de agarre con la mano humana.

La mano ha sido dotada de seis sensores de fuerza FSR (Force Sensing Resistor) modelo 150 CP12 de bajo costo. La posición relativa entre los sensores se ha conseguido a través de un guante de látex de uso domestico, estos son colocados en los dedos humanos con cinta plástica no adhesiva. No obstante, algunas experiencias se han realizado sin el uso del guante de látex por comodidad del ejecutante durante el desempeño de la prueba. Los sensores permiten medir la fuerza del contacto entre los dedos y el objeto durante la realización del agarre. La calibración de los sensores es realizada ajustando la señal de salida de ellos, a un polinomio de tercer grado, con el uso de pesos con valores de 10 N, 4 N y 0 N, debido a que este es el rango en el que se encontraran las fuerzas a mesurar.

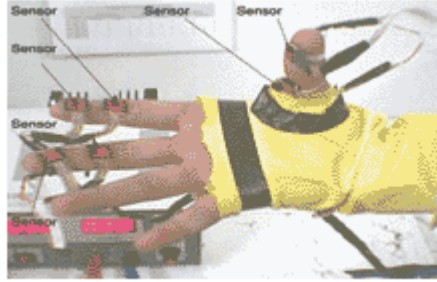


Figura 7: Mano dotada de sensores y posición de los sensores.

Para la adquisición, elaboración y presentación de la señal proveniente de los sensores, se ha utilizado un instrumento virtual en Labview, utilizado en experiencias anteriores en el LARM. También se ha utilizado una tarjeta electrónica desarrollada en el LARM que permite la alimentación a los seis sensores, así como la conexión eléctrica entre ellos y la tarjeta de adquisición de datos AT-MIO 16E-2. Para la realización de las pruebas se han seguido ciertas pautas, de manera de estandarizar aspectos relacionados a la posición de los objetos y procedimientos de agarre, tal como se muestra en las Figuras. Esta estandarización permite una base de datos homogénea, sobre la cual es posible realizar el análisis de las pruebas. En la Fig. se muestra la evaluación promedio de la experiencia con el agarre de un Cilindro de Madera de dimensiones  $d=6,19$  cm;  $h=12,10$  cm y peso de 125 gramos.

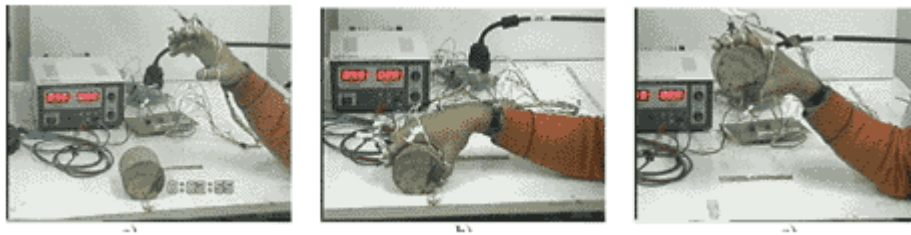


Figura 8: Posición de la mano en el agarre de un cilindro de madera: a) Posición inicial; b) Posición de agarre; c) Posición final.

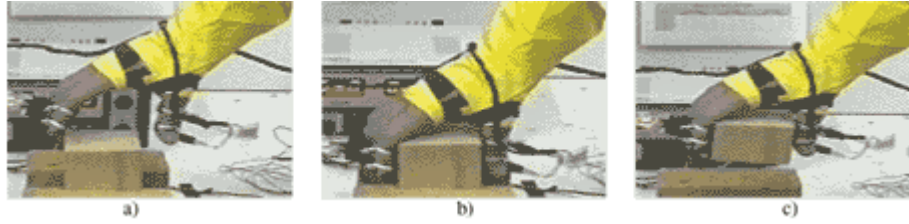


Figura 9: Posición del cuerpo en el agarre de un cubo de madera: a) Posición inicial; b) Posición de agarre; c) Posición final.

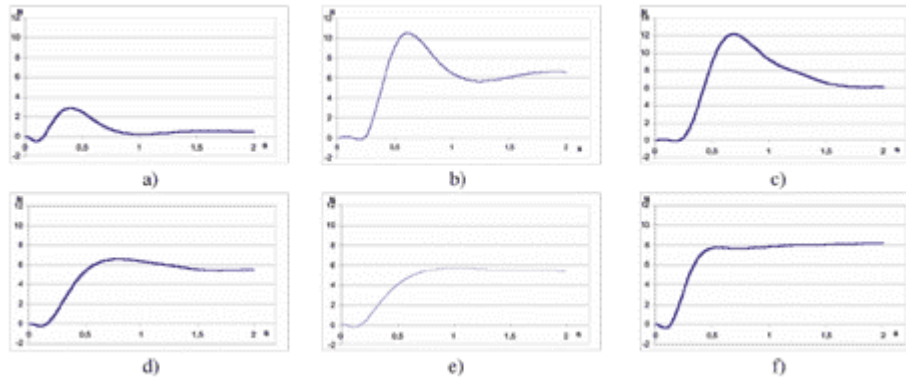


Figura 10: Fuerzas promedio registradas en los sensores durante la prueba de agarre parado de un cilindro de madera: a) sensor1, b) sensor2, c) sensor3, d) sensor4, e) sensor5, f) sensor6.

## 2.5. Simulación

Simulaciones en Inventor: han sido desarrolladas para comprobar que el movimiento de cierre sea apropiado y para comprobar que no hay interferencia mecánica como se muestra en la Fig.10. El esquema mecánico de un dedo que satisfaga los requisitos de diseño se muestra en la Fig.10a). Además, en la Fig.10b) se muestra un prototipo que ha sido construido en el LARM con la característica que el mecanismo se ha diseñado para quedarse dentro de las falanges. La dimensiones de este prototipo se encuentran a continuación.

Tabla 2 Dimensiones del proyecto cinemático del nuevo prototipo de dedo.										
Tamaño de eslabón [mm]								Tamaño de ángulo [grados]		
$A_0A_1$	$A_1B_1$	$B_1B_0$	$A_1A_2$	$C_1D_1$	$C_1A_2$	$A_1D_1$	$D_1E_1$	$\gamma_G$	$\gamma_A$	$\gamma_e$
40,5	5,4	40,9	4,8	5,4	26,0	25,0	23,6	51,0	129,0	127,0

Figura 11: Dimensiones del proyecto cinemático del nuevo prototipo de dedo.

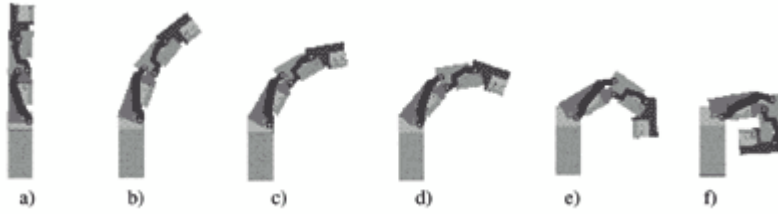


Figura 12: Simulación del movimiento humano de cierre para el diseño del nuevo prototipo de dedo de Cassino: a)  $\theta_1=0$  deg.; b)  $\theta_1 = 20deg$ .; c)  $\theta_1 = 40deg$ .; d)  $\theta_1 = 60deg$ .; e)  $\theta_1 = 80deg$ .

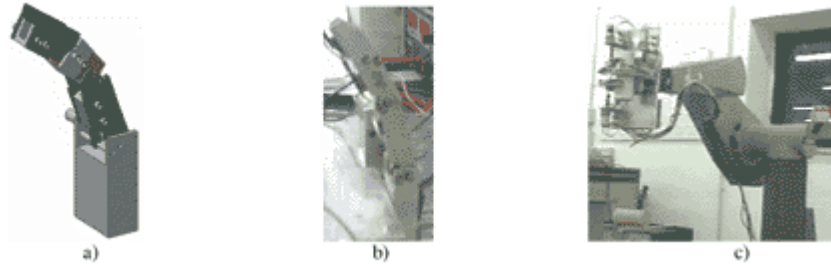


Figura 13: El nuevo dedo antropomórfico: a) un esquema CAD; b) un prototipo que ha sido construido en el LARM; c) aplicación con robot PUMA 562.

Experiencias de agarre con el dedo antropomórfico: Pruebas experimentales han sido desarrolladas con el prototipo que se encuentra en la Fig.9b). Para estas experiencias se han utilizado los mismos sensores e instrumento virtual de LabView que han sido utilizados para las experiencias de agarre humano. En la Fig.10 se muestran los valores de las fuerzas registradas en

los sensores durante una prueba de agarre. Comparando las Figs.10 y 6 se observa que el tamaño de las fuerzas registradas en la prueba con el prototipo son más pequeñas. Una razón de esta diferencia es el efecto de la posición del dedo pulgar que en el prototipo no tiene movimiento. Sin embargo, las magnitudes de las fuerzas aplicadas por el prototipo permiten el buen agarre de los diferentes objetos utilizados en las pruebas de agarre humano.

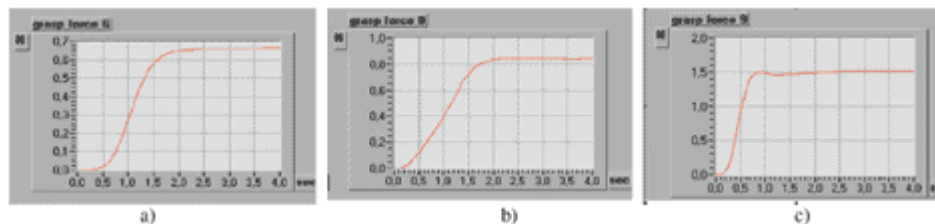


Figura 14: Fuerzas registradas en los sensores durante la prueba de agarre con el prototipo de Fig.9: a) sensor1; b) sensor 2; c) sensor 3.

### 3. Conclusión

Al hacer investigación podemos darnos cuenta que los avances en anatomía e ingeniería van de la mano en lo que respecta a la ingeniería médica, ya que las Prótesis de las extremidades como lo es las de las manos se han basado desde el principio en el diseño de la mano real, pero hoy en día con los avances en la medicina las Prótesis son cada vez más avanzadas y automatizadas al punto de moverse con sólo pensarlo. Las prótesis han pasado por muchas etapas de evolución, siendo antes totalmente rígidas, sin ergonomía y funciones. Ahora con los tantos tipos de prótesis que existen, cada una con características de accesibilidad, ajustabilidad, simplicidad, adaptabilidad entre otros muchos aspectos que diferencian una prótesis con otras. La necesidad por mejores prótesis ha sido parte importante del proceso evolutivo y comercialización de las mismas.

## **4. Bibliografías**

### **Referencias**

- [1] Puglisi L. Moreno H. Prótesis robóticas, Octubre 2006.
- [2] Stokosa J. Opciones para las prótesis de los miembros., Junio 2021.
- [3] López Morillo M. Diseño de prótesis de mano servoactuada y fabricación de prototipo con técnicas de impresión 3d., Junio 2018.