

# Prótesis de Mano

Julio Campos, Sergio Cruz, Alina Martinez, Gerardo Lopez y Kevin Flores

2 de septiembre de 2022

## Resumen

En este trabajo se expondrá el funcionamiento, costos, procesos de fabricación y tipos de prótesis de mano, los cuáles son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura a voluntad, controlados por medio de un arnés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo.

## 1. Introducción

En la siguiente actividad hablaremos sobre cómo las prótesis surgieron en la sociedad, como evolucionaron, con qué objetivos fueron fabricadas. De igual manera se discutirán puntos clave como cuáles son los tipos de prótesis que existen actualmente, cuál es su costo y cómo es que dichas prótesis han marcado un cambio en la sociedad actualmente.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Antecedentes del Arte

Según la historia los egipcios fueron los primeros en desarrollar la tecnología protésica, se cree que las realizaban con fibras y se utilizaban con la finalidad de “completar”. En 1858, se encontró una pierna artificial en Italia; dicha pierna estaba elaborada con hierro y bronce y contenía un núcleo de madera. Al llegar a la Edad Media se registraron pocos avances en las prótesis, las que más se hacían notar eran el gancho de mano y la pata de palo. En ese entonces las prótesis se utilizaban para esconder deformidades o heridas producidas en el campo de batalla.

Habitualmente se veían comerciantes y armeros diseñando y creando extremidades artificiales, los relojeros eran los que más aportan en las funciones internas que involucran resortes y engranajes.

En el Renacimiento surgieron nuevos métodos de fabricación y nacieron nuevas perspectivas para el arte, la filosofía, la ciencia y la medicina; aquí las prótesis se elaboraban con hierro, acero, cobre y madera. En 1508, se elaboró un par de manos de hierro tecnológicamente avanzadas para el alemán Gotz Von Berlinchigen después de que perdió su brazo derecho en la batalla de Landshut. Por otro lado, a mediados y finales de 1500 el barbero y cirujano del Ejército Francés Ambroise Paré introdujo nuevos procedimientos de amputación en la medicina e inventó un dispositivo por encima de la rodilla, consistía en una pata de palo que podía flexionarse en la rodilla y una prótesis de pie con una posición fija, un arnés ajustable, control de bloqueo de rodilla, etc.

Al momento que se estaba desarrollando la Guerra Civil, la cantidad de gente amputada fue incrementando, es por esto que James Hanger, uno de los primeros amputados de la Guerra Civil, desarrolló la “Extremidad Hanger” esta consiste en duelas de barril cortadas. Con el paso del tiempo el gobierno de los EE.UU. cerró un trato con compañías militares para mejorar la tecnología protésica.

### 2.2. Tipos de Prótesis

Existen varios tipos de prótesis de mano que se han desarrollado utilizando diferente tecnología y conocimiento.

- Prótesis de mano estéticas

Las prótesis estéticas, conocidas como prótesis pasivas, no tienen movimiento y solo cubren el aspecto estético del miembro amputado, en la fabricación de las mismas se emplean polímeros como PVC rígido, látex flexible o silicona, estos materiales son empleados por ser más livianos y requieren de menos mantenimiento, ya que no disponen de piezas móviles.



Figura 1: Prótesis de mano estéticas

- Prótesis de mano mecánica

Las prótesis de mano mecánicas son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura de la mano a voluntad, su control es por medio de un arnés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo. Su sistema de agarre es para objetos relativamente grandes y redondos debido a la poca precisión del mecanismo, este tipo de destreza es parte de la pinza gruesa para manipular objetos.



Figura 2: Prótesis de mano mecánica

Este tipo de prótesis son funcionales, pero tienen limitaciones en cuanto a sus movimientos. Su funcionamiento se basa en la extensión de una liga por medio de un arnés para su apertura o cierre. El cierre o apertura se efectúa solo con la relajación del músculo gracias a un resorte, la señal mecánica es obtenida por medio de otro miembro del cuerpo como el codo u hombro [4].

- Prótesis de mano eléctrica

Su sistema de función es a partir de motores eléctricos en los dispositivos terminales, muñeca y codo, con una batería recargable. Es posible controlarlas de varias formas: servo control, un botón pulsador o un interruptor con arnés. El precio de adquisición es elevado debido a su mecanismo de función. Existen algunas características a considerar: el mantenimiento es complejo, la baja resistencia a medios húmedos y el peso que puede levantar es mínimo.

Este tipo de prótesis requiere de movimientos mecánicos para activar los sistemas electrónicos, sus principales desventajas son su reparación, su costo, el cuidado a la exposición de un medio húmedo y su peso. La mayoría de prótesis eléctricas son diseñadas en forma de gancho para poder obtener un buen agarre de objetos rápidamente y con precisión [2].

- Prótesis de mano mioeléctrica

Las prótesis mioeléctricas son en la actualidad una de las de mayor aplicación en el mundo, ya que brindan un mayor grado de estética y un elevado porcentaje de precisión y fuerza, basándose en la obtención de señales musculares las



Figura 3: Prótesis de mano eléctrica

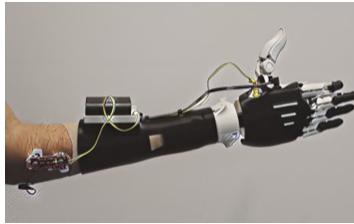


Figura 4: Prótesis de mano mioeléctrica

mismas que son obtenidas mediante el uso de electrodos que permiten la extracción de la señal que es amplificada, procesada y filtrada al control para el manejo de la prótesis.

- Prótesis de mano neumática

Las prótesis neumáticas hacen uso de aire a presión obtenido por medio de un compresor, su ventaja principal es proporcionar una gran fuerza y rapidez de movimientos; sus desventajas principales son los dispositivos que se implementan para su control y funcionamiento ya que son relativamente grandes y su mantenimiento es costoso y dificultoso.

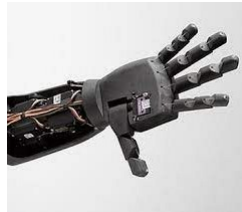


Figura 5: Prótesis de mano neumática

## 2.3. Costos de Prótesis

El precio es un factor que separa a una persona amputada de las manos biónicas. Una prótesis de mano en impresión 3D, netamente mecánica y limitada al cierre y apertura de la mano, puede tener un costo de alrededor de 2000a5000 USD.

En el caso de prótesis más avanzadas, el precio está en el rango de los 20000a60.000 USD dependiendo de la funcionalidad, materiales y estética de la prótesis.

## 2.4. Mecanismos de Dedos

- Dedo antropomorfo

Se desarrolla e implementa un mecanismo denominado dedo antropomórfico. La figura siguiente muestra dibujos esquemáticos del mecanismo antes mencionado.

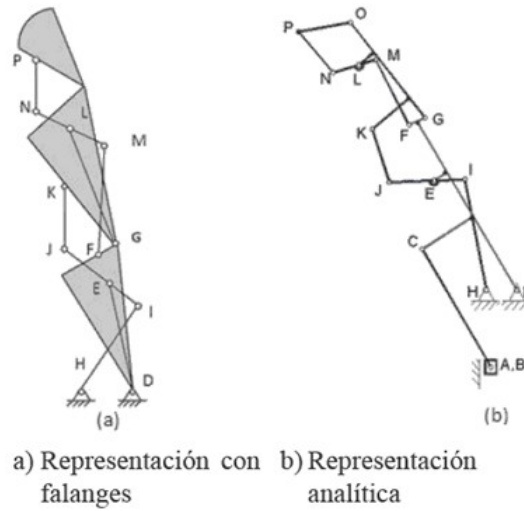


Figura 6: Mecanismo del dedo antropomórfico

Con el propósito de entender la cinemática del mecanismo completo, se establece que el mecanismo actuador está integrado por dos mecanismos cruzados de cuatro barras acoplados entre ellos. Para claridad de diseño, la falange distal, media y proximal se denominan F3, F2 y F1 respectivamente. Es preciso aclarar que la entrada de movimiento del mecanismo completo es un tornillo sin fin el cual permite la conversión de movimiento rotacional de un micromotor de corriente directa en movimiento lineal por medio de un elemento mecánico denominado tornillo de potencia, dicho tornillo utiliza una corredera la cual se representa por el par cinemático AB. Por otro lado, se puede observar el mecanismo actuador de la falange proximal representado mediante pares giratorios (clase V). El eslabón de entrada AB (clase V) se desplaza en forma lineal provocando el movimiento del primer mecanismo conformado por los puntos DHIEJ, que corresponde a la falange (F1) mediante el par rotacional C, así mismo el par rotacional K activa al segundo mecanismo cruzado de cuatro barras GFML, que corresponde a la falange media (F2), igualmente, el par rotacional N activa la falange distal (F3) y por medio del punto P generar la trayectoria de un dedo de la mano humana [7].

#### ■ Síntesis de mecanismos

La síntesis dimensional de mecanismos consiste básicamente en hallar una solución a los problemas de generación de trayectoria, función y movimiento. El método que se usa para la síntesis del mismo es analítico por ecuaciones de Freudenstein.

En la figura siguiente se muestran los dos mecanismos de cuatro barras que constituyen el dedo completo, dichos mecanismos están representados gráfica y vectorialmente, donde xy es un sistema cartesiano de coordenadas fijo.

La figura a representa el mecanismo de actuación de la falange proximal; donde HD constituye el eslabón fijo o de tierra, DE es el eslabón de entrada, IE es eslabón acoplador y HI es el eslabón de salida. En la figura b muestra el mecanismo de actuación de la falange media y distal; donde GF se considera el eslabón fijo, es preciso mencionar que dicho eslabón se mueve solidariamente en un movimiento relativo que depende del primer mecanismo, GL es el eslabón de entrada, ML es el eslabón acoplador y HI es el eslabón de salida [3].

## 2.5. Artículos Relacionados

#### ■ Prótesis activa de mano controlada mediante señales electromiográficas

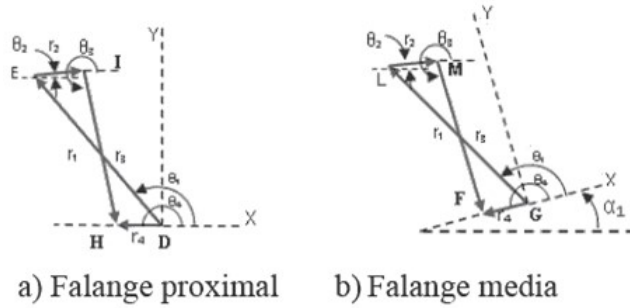


Figura 7: Mecanismos cruzados de cuatro barras

El presente trabajo de investigación muestra el diseño, construcción e implementación de una prótesis activa de mano controlada mediante señales electromiográficas la cual ayudará a personas que han sufrido la amputación de su extremidad superior al ser un prototipo funcional y no solamente estético, además permitirá a la persona beneficiaria realizar varias de sus actividades cotidianas. El desarrollo de la prótesis está compuesto de 4 etapas, en la primera etapa se colocan los electrodos al paciente para adquirir las señales electromiográficas, en la segunda etapa se coloca un sensor EMG el cual es el encargado de amplificar esta señal que teóricamente tiene una amplitud de 1 mV pico a pico con una zona útil en el rango de frecuencias de 20 Hz a 500 Hz, luego, en la tercera etapa, se procesa esta señal análoga con un microcontrolador el cual tiene un ADC de 10 bits con lo que se realiza una conversión análoga digital para posteriormente controlar la cuarta y última etapa en donde se colocan 3 actuadores conectados mecánicamente con palancas y engranajes para simular los principales tipos de agarre de la mano [5].

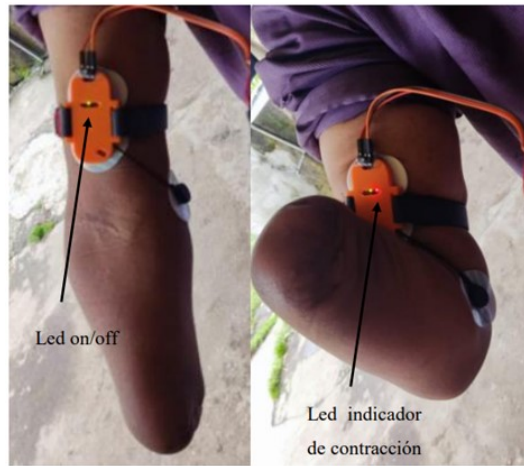


Figura 8: Colocación del sensor en paciente.

- Estudio sobre prótesis de mano controlada con señales eeg para discapacitados

El presente artículo se refiere al estudio de una interfaz de control cerebral basada en señales de EEG (electroencefalografía), comúnmente llamada BCI (Brain Computer Interface), la cual pretende establecer una conexión directa entre el cerebro y una máquina sin utilizar acciones motoras directas, ayudando así a personas con poca o nula movilidad.

- Establecimiento de un sistema de control por medio de señales mioeléctricas para una prótesis de mano

La investigación tuvo como objetivo el diseño mecánico de 24 prototipos de prótesis de mano escalables para niños de 6 a 12 años de edad, con el fin de generar una base de datos para ser utilizadas en proyectos futuros en el Grupo

de Investigación y Estudios de Bioingeniería-GIEBI de la ESPOCH. Se realizó un estudio del estado del arte de trabajos enfocados a prototipos de prótesis de mano. Se seleccionó el movimiento de flexión y extensión de los dedos, para generar un agarre cilíndrico de objetos. Se realizó la medición de las dimensiones de las partes principales de la mano, de 90 niños y niñas en una Unidad Educativa, y se obtuvo el promedio de dimensiones, que sirvió para modelar y realizar el escalamiento de los prototipos.

## 2.6. Prótesis Electromagnética

Las prótesis electrónicas (mioeléctricas) fueron desarrolladas basadas en la biónica, la cibernética, la robótica, la mecatrónica y es por esta razón que se les conoce con diferentes nombres para describirlas, como son prótesis cibernéticas, biónicas, mioeléctricas, electrónicas, electromecánicas, entre otras; pero todos estos términos solo describen una prótesis desarrollada con la combinación de la electrónica y la mecánica y controlada muscularmente [1].

Para lograr este control muscular existen diferentes tipos de sensores que son los encargados de tomar las señales musculares del paciente y enviarlas a un sistema electrónico encargado de realizar los movimientos de apertura y cierre de la mano, entre estos sensores se encuentran los electrodos, sensores de cambio de volumen muscular, sensores de tacto, sensores comparadores de frecuencia, etc; entre los cuales cada casa productora de prótesis electrónicas utiliza el que mejor se adapte al sistema que ha desarrollado.

Las prótesis mioeléctricas son sistemas accionados por servomotores, estos son controlados por señales electromiográficas superficiales (EMGS), las cuales son intramusculares; existen sensores que pueden ser mediante agujas o electrodos colocados en el muñón del paciente, permitiéndoles de este modo capturar la señal superficialmente.



Figura 9: Prótesis Electromagnética

Una prótesis controlada en forma mioeléctrica también elimina el arnés de suspensión usando una de las dos siguientes técnicas de suspensión: bloqueo de tejidos blandos-esqueleto o succión. Tienen como desventaja que usan un sistema de batería que necesita mantenimiento para su recarga, descarga, desecharla y reemplazarla eventualmente. Debido al peso de este sistema de batería y de los motores eléctricos, las prótesis accionadas por electricidad tienden a ser más pesadas que otras opciones protésicas. Una prótesis accionada por electricidad proporciona un mayor nivel de tecnología, pero a un mayor costo [6].

## 3. Conclusiones

Para finalizar con esta actividad podemos concluir que las prótesis han marcado un antes y un después en la sociedad. Han ayudado a personas a poder continuar con su vida diaria, ha poder realizar tareas que sin tener una prótesis ya no sería posible hacerlas. De igual manera, hicieron alusión a que todos como sociedad notemos

que el que nos falte una extremidad no nos va a perjudicar en nada ni nos hace menos capaces de lograr nuestros objetivos. Por último, queremos mencionar que gracias a que la tecnología ha avanzado esto está ayudando a que la industria protética avance y las personas que tengan la necesidad de adquirir una prótesis se sientan más seguras de sí mismas y puedan notar como se les da visibilidad ante la sociedad.

## Referencias

- [1] B. Cabriales. Prótesis de mano y sus tipos, July 2022.
- [2] L. E. Lemus. Prótesis mioeléctricas: ¿qué son y cómo funcionan? mi protesís de pierna., February 2022.
- [3] Javier O. López, M. Establecimiento de un sistema de control por medio de señales mioeléctricas para una prótesis de mano., June 2021.
- [4] Mediprax. ¿cómo funciona una prótesis mioélectrica?, May 2022.
- [5] B. Palomo. Vista de estudio sobre prótesis de mano controlada con señales eeg para discapacitados. (s/f). up.ac.pa., September 2022.
- [6] Piña Quintero R. Avilés Sánchez O. Niño Suárez P. Molina Vilchis M. Portilla Flores, E. Diseño del mecanismo actuador de un dedo robot antropomórfico. revista facultad de ingeniería universidad de antioquia., September 2022.
- [7] Superprótesis. Prótesis mioeléctricas - superprotesis., June 2011.