



Tarea 2

Adrián Meléndez Herrera

Brandon Solano Arias

José Reyes Balderas

Daniel Soto Celis

Carlos Landa Flores

29 de agosto de 2022

Resumen

Como parte de la biomecánica las prótesis son una herramienta que llega a ser de gran valor para distintas personas, donde está puede llegar a ser un remplazo para la pérdida de alguna parte del cuerpo, un ejemplo de la importancia de las prótesis encontramos la de la mano donde está es una parte indispensable del cuerpo con la cual podemos controlar las distintas cosas que hay a nuestro alrededor.

1. Introducción

La mano humana realiza principalmente dos funciones; la prensión y el tacto, las cuales permiten al hombre convertir sus ideas en formas (movimientos, manipulación, etc.), adicionalmente la mano añade expresión a las palabras, como en los casos del escultor o de los sordomudos. El sentido del tacto desarrolla totalmente las capacidades de la mano, sin este sería imposible medir la fuerza prensora. Por último, es importante mencionar que el dedo pulgar representa el miembro más importante de la mano, sin este la capacidad funcional de la mano se reduce en cerca de un 40%. Sustituir por pérdida alguno de los miembros humanos por dispositivos es un acontecimiento que ha venido sucediendo desde hace más de dos mil años. Durante el siglo XX, el objetivo de que los amputados regresaran a la vida laboral, orientó en gran medida las innovaciones presentadas a lo largo de los años. Inicialmente, el objetivo propuesto es alcanzado por el médico francés Gripoulleau, quien fabricó distintos accesorios que podían

ser utilizados como unidad terminal. En 1912, Dorrance, en los Estados Unidos, desarrolló una unidad terminal llamada Hook que puede abrirse y cerrarse activamente mediante movimientos de la cintura escapular combinado con un tirante de goma. La prótesis con mando mioeléctrico tiene su origen en Rusia durante la década del 60. Esta opción protésica basa su control en los pequeños potenciales eléctricos extraídos de las masas musculares del muñón, siendo conducidos y amplificados para energizar y obtener el movimiento de la misma. A finales del siglo XX, las funciones de las prótesis con mando mioeléctrico, estaban limitadas al cierre y apertura de una pinza. Las diferencias entre los distintos modelos encontrados en el mercado consisten en el tipo de control que emplean, pero la mayoría realiza básicamente las mismas funciones. Actualmente, los países con mayor avance tecnológico en investigación y desarrollo de prótesis son: Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Japón [6].

2. Desarrollo

El presente artículo de revisión tiene como propósito brindar una visión sobre la evolución y las tendencias que tienen las prótesis de mano para pacientes que presentan amputación transradial. Para ello, primero se realiza una clasificación de acuerdo a las características fundamentales; posteriormente, con base a una extensa verificación del estado del arte, se realiza una descripción sobre desarrollos recientes y se presentan varios modelos físico-matemáticos que sirven para explicar el comportamiento de los componentes que conforman una prótesis, y que intentan emular las funciones y apariencia de una mano real. Por último, se identifican materiales que son recientemente empleados en la fabricación de prótesis de mano, y que posibilitan un mejor cumplimiento de las especificaciones y funciones en los diseños más modernos. La tesis que se sustenta plantea que para lograr una prótesis de mano indistinguible de una mano real, no solo deberá ocurrir un mayor desarrollo aislado entre disciplinas transversales a la ingeniería y la medicina involucradas directamente en el desarrollo de prótesis de mano, sino que indispensablemente deberá existir una mayor sinergia entre las técnicas de diseño, el modelamiento de sistemas complejos, los procesos avanzados de fabricación y la bioingeniería de materiales.

2.1. Tipos de prótesis

Tipo	Características principales
Mecánica	Las prótesis de mano mecánicas son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura a voluntad, controlados por medio de un amés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo. Solo pueden ser utilizados para el agarre de objetos relativamente grandes y redondos debido a la poca precisión del mecanismo [2, 4, 5, 6].
Eléctrica	Utilizan 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 amés. El precio de adquisición es elevado. Existen además otras desventajas inherentes al mantenimiento más complejo, la baja resistencia a medios húmedos y el peso [3].
Neumática	Accionadas por medio de ácido carbónico comprimido, que proporciona una gran cantidad de energía. Aunque, presenta como inconveniente las complicaciones de sus aparatos y accesorios, y el riesgo en el uso del ácido carbónico. Su desarrollo fue interrumpido debido a las dificultades técnicas presentadas [3].
Híbrida	Combinan la acción del cuerpo con el accionamiento por electricidad. Este concepto es ampliamente utilizado en las prótesis transhumerales (amputación por encima del codo), donde por lo general el codo es accionado por el cuerpo y el dispositivo terminal (gancho o mano) es de accionamiento mioeléctrico [1, 8].

Figura 1: Tipos de prótesis de mano según el tipo de actuador utilizado

2.2. Diseño de prótesis

Para hacer el diseño de la prótesis primero se han definido las características que esta ha de cumplir. Primero se ha decidido que la prótesis ha de ser lo más parecida posible a una mano real, es decir, tendrá 5 dedos con 3 articulaciones cada uno y una palma. Diseño de la palma Para la palma se han diseñado 6 piezas, 4 de estas son fijas y unidas forman la palma con las medidas mínimas encontradas en el estudio antropométrico. Esta palma inicial tiene medidas de 55 mm de ancho y 65 mm de largo.



Figura 2: Montaje de las piezas de la palma

Para el crecimiento del largo de la palma se han diseñado 2 piezas. Una de ellas va posicionada en los extremos de la palma, variando el largo, mientras que la segunda va posicionada en la parte central.

Diseño de los dedos

Primero se han diseñado unas piezas para el posicionamiento de los dedos en la palma. Estas piezas se han diseñado para poder posicionar los dedos en el lugar de la palma que más se adapte a las necesidades del usuario.

Cada falange está formada por la combinación de tres piezas, dos de ellas son piezas fijas que juntas tienen la longitud mínima de falange encontrada en el estudio antropométrico realizado, la tercera pieza es la que da la longitud que el usuario necesita. Esta pieza se ha fabricado con 3 medidas distintas (1 mm, 3 mm, 5 mm) y su posicionamiento en la falange.

Resumen del diseño

Se ha diseñado una prótesis de mano que se adapta al crecimiento de los niños, desde los 4 años hasta el final de su edad de crecimiento.



Figura 3: Diseño de prótesis

El peso de la estructura de la prótesis es de 150 g y estaría fabricada con material compuesto de fibra de carbono y kevlar. El estudio de fuerzas y tensiones se ha hecho para que la mano pueda ejercer una presión de 6 kg repartidos entre los dedos del índice al meñique. La mano tiene tres movimientos independientes, movimiento de flexión y extensión de los dedos índice al meñique, movimiento de flexión y extensión del pulgar y movimiento de abducción y aducción del pulgar, pudiendo realizar tres tipos de agarre, el agarre en pinza, el agarre cilíndrico y el agarre de gancho[1].

2.3. Desarrollo de prótesis de mano

Las prótesis de mano se dividen en dos grandes grupos: prótesis estéticas y prótesis funcionales. Las primeras son aquellas que como su nombre indica cumplen únicamente una función estética, es decir, no pueden ejercer ningún tipo de movimiento. Las segundas, por lo contrario, pueden hacer movimientos varios. Las prótesis funcionales se dividen en 5 grandes grupos: mecánicas, mioeléctricas, eléctricas, neumáticas e híbridas, según la forma de transmitir el movimiento, siendo las mecánicas y las mioeléctricas las más utilizadas en el mercado actual [5].

2.4. Mecanismos de accionamiento utilizados

Actualmente, se están utilizando principalmente cuatro mecanismos de accionamiento: el basado en tendones, el que usa un motor en cada articulación, el de transmisión por poleas y el de barras. En este caso nos hemos centrado en el mecanismo basado en tendones, que, es un mecanismo de accionamiento que funciona como los tendones de los dedos de la mano humana. En el caso de la extensión con mecanismos de accionamiento basados en tendones, esta puede ser controlada o no controlada. En el primer caso, la extensión se realiza normalmente con muelles en las articulaciones, o bien con el recubrimiento de la articulación con un material elastomérico [7].

2.5. Materiales de prótesis de manos

Para la fabricación de prótesis y manos robóticas se emplean materiales con muy buena resistencia a la ruptura, que sean livianos y que presenten bajo coeficiente de fricción al rozar con otras superficies. Entre los materiales que cumplen con estas características se encuentran los metales (acero inoxidable, aleaciones de cromo-cobalto-molibdeno, aleaciones de titanio, platino), los polímeros plásticos de muy alta densidad (polietileno, elastómeros, polipropileno) y las resinas.

2.6. Ejemplos de prótesis

Actualmente, los sistemas protésicos mioeléctricos son los que proporcionan el más alto grado de rehabilitación. Son en realidad prótesis eléctricas controladas por medio de una interfase mioeléctrica. Sintetizan el mejor aspecto estético con una gran fuerza y velocidad de prensión, así como varias posibilidades de combinación y ampliación. Se basan en el empleo de la señal eléctrica (EMG), que se produce al contraerse un músculo, como señal de control. Elimina el arnés de suspensión, usando una de las siguientes técnicas para mantener la prótesis en el lugar correspondiente: bloqueo de tejidos blandos-esqueleto o succión. Las desventajas fundamentales son la necesidad de una fuente externa de energía eléctrica para la potencia, su peso y costos. La mano de Canterbury [3] (Figura 1(a)) utiliza eslabones mecánicos movidos directamente para actuar sobre los dedos de forma similar a la mano humana. El movimiento directo de los eslabones se emplea 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. 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.

El objetivo general fue diseñar y construir un prototipo óptimo de pinza bi digital que minimice el espacio requerido, con un mínimo de grados de libertad para realizar el agarre, que en este diseño corresponde a un GDL (grado de libertad) [4]. En la Figura 2(a) se muestra el mecanismo espacial de barras obtenido mediante prototipado. El modelado antropométrico y dinámico de la mano se llevó a cabo con un programa de diseño y manufactura asistidos (CAD-CAM) y los resultados obtenidos se compararon con la información encontrada. En estas mismas publicaciones también pueden encontrarse las relaciones para los ejes de giro de los segmentos óseos de las falanges.

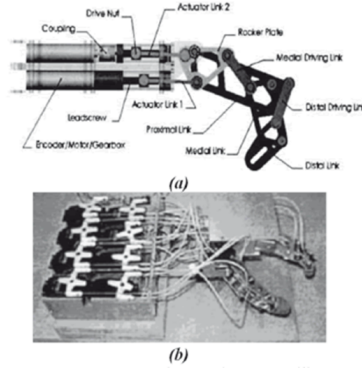


Figura 4: (a) Mano de Canterbury que utiliza eslabones mecánicos con movimiento directo [9]; (b) Manipulador construido en la Universidad de Reading [2].

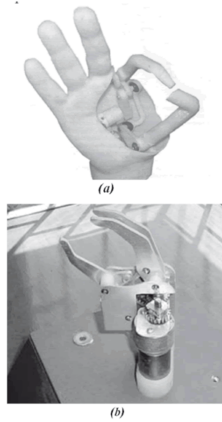


Figura 5: Prótesis de mano para personas amputadas de mano y muñeca

En este proyecto el objetivo consistió en diseñar y fabricar un prototipo de prótesis de mano para personas amputadas de mano y muñeca, y a su vez evaluar que tipo de señales, mioeléctrica o por voz, resulta el más adecuado para su accionamiento. El prototipo posee 10 GDL y un peso total de 1260 g. El modelamiento antropométrico y dinámico se realizó empleando un sistema complejo de ecuaciones matriciales ligadas. Para la realización del modelo cinemático, se utilizó el planteamiento de Denavit/Hartenberg [30], al tiempo que se emplearon resultados obtenidos por otros investigadores. En la Figura 3 se muestra el prototipo de prótesis desarrollado, sin cosmesis en la zona de la mano, con el fin de apreciar los detalles estructurales. Se concluye en el proyecto, que para varias funciones de la prótesis resulta más adecuado el control por voz, aunque se detecta para esta estrategia mayor sensibilidad al ruido ambiental.

3. Conclusiones

A partir de la investigación en artículos de prótesis de mano se comprende la importancia de la mano humana que realiza principalmente 2 funciones las cuales son la presión y el tacto que permiten a nosotros como seres humanos transmitir nuestras ideas en formas por ejemplo manipulación movimientos tocar superficies y adicionalmente podemos añadir que es muy importante para los sordomudos, ya que les añade otro lenguaje que ellos utilizan pude comprender que a partir de los años desde el siglo 20 era buscada la forma de que los amputados regresaran a la vida laboral de que se intentarían construir diferentes mecanismos para La utilización de la mano nuevamente o de otros miembros amputados y también logré comprender que a partir de los años se realizaron muchos tipos de prótesis que van desde las prótesis mecánicas prótesis eléctrica las neumáticas e híbridas que cada una posee sus ventajas y desventajas que han ido avanzando conforme el tiempo conforme la evolución de las tecnologías asimismo

pude comprender que a lo largo de los años este han evolucionado mucho el sistema para hacer los más compactos más funcionales y mucho más estéticos por así decir por tanto, la humanidad tiene mucho camino por recorrer para poder realizar prótesis casi idénticas a la área amputada o dañada.

Referencias

- [1] Suárez R. Ayats, M. Diseño de una prótesis de mano adaptable al crecimiento. *Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática*, 2017.
- [2] Dorador J. M. Diaz, J. C. Mecanismos de transmision y actuadores utilizados en protesís de mano. *Memorias del congreso XV anual se la SOMIM*, 2009.
- [3] y Rios P. Dorador, J. M. Robótica y prótesis inteligentes. *Revista Digital Universitaria*, 2004.
- [4] A. Flores, I. y Juarez. Actualidad y tendencias en el diseño de prótesis de miembro superiór. *Memorias del X Congreso Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica*, 2004.
- [5] Deval J. El desarrollo humano. *Editorial Siglo XXI*, 2008.
- [6] H. Puglisi, L. y Moreno. Prótesis robóticas. *Revista del Departamento de Automática e Informática Industrial*, 2006.
- [7] Katsavelis D. Peck J. Petrykowski M. Carson A. Fernandez C. Zuniga, J. Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. *BMC Research Notes* 8, 2015.