

Tarea 2: Prótesis de mano

Biomecánica N3

Daniel, Erick, Fernando, Gustavo, Javier, Manuel, Raymundo

2 de septiembre de 2022

Resumen

El objetivo de esta investigación es explicar la biomecánica de las manos, más específicamente de las prótesis para las manos. Abarca temas como los diferentes tipos de prótesis, antecedentes, prótesis comerciales, mecanismos que se utilizan, costos, mecanismos que se emplean en los dedos, así como también simulaciones para detallar mejor la investigación. Se concluye que la tecnología que va surgiendo posibilitará en un futuro cercano el desarrollo de prótesis de mano con características indistinguibles al de una mano real, tanto en funcionalidad como en apariencia, contando con diferentes modelos y funcionalidades que incluso la mano real no podría realizar como giros, mayor fuerza en los dedos y coordinación.

1. Introducción

En la actualidad los avances en la tecnología han permitido que pacientes con alguna discapacidad en su cuerpo logren recuperar la funcionalidad que habían perdido producto de una amputación o sustitución de alguna estructura anatómica creando todo tipo de prótesis para restituir su función.

En ocasiones, se debe extirpar una parte del cuerpo si se encuentra cáncer en ella. Además, a veces recibir tratamiento podría resultar en la caída del cabello. En cualquier caso, se puede usar una prótesis para ayudar con la apariencia después de una cirugía u otro tratamiento para el cáncer. Esto puede ayudar a que una persona luzca como si la parte del cuerpo nunca hubiera sido extirpada o como si esa caída del cabello no hubiera ocurrido. Además, ayuda a que la persona se sienta mejor y funcione lo más naturalmente posible [1].

El avance en el diseño las de prótesis ha estado ligado directamente con el avance en el manejo de los materiales empleados por el hombre, así como el desarrollo tecnológico y el entendimiento de la biomecánica del cuerpo humano.

Entre los aspectos para la elección de la prótesis apropiada, desempeña un papel fundamental el nivel de amputación o el tipo de displasia que se requiera tratar. Dependiendo de los requerimientos de cada paciente, se decide el tipo de dispositivo que mejor se adapte a las características de este [4].

2. Desarrollo

2.1. ¿Qué son las prótesis de mano?

Una prótesis de extremidad superior se refiere a un dispositivo fabricado artificialmente que sirve como sustituto de una mano parcial o totalmente perdida debido a un accidente, lesión, enfermedad o defecto congénito. Vienen en diferentes formas, tamaños y diseños. Una prótesis para amputación de mano comprende típicamente ejes, encajes y componentes para imitar la unión del miembro a una articulación o rótula. Se puede fijar al cuerpo mediante el uso de cables[6].

2.2. Antecedentes

Mucho antes del comienzo de la era cristiana ya se sustituían las manos por diferentes procedimientos o artificios. La primera mano artificial, sujetada al antebrazo, fue encontrada en una momia egipcia 2000 años antes de Cristo.



Figura 1: Prótesis artificial hallada en Egipto

En la segunda guerra Púnica (218-201 a. C.) el general romano Marcus Sergius perdió su mano derecha y se mandó a construir una de metal. En 1501, Gotz Von Berlichingen ordenó que se le construyera una mano de hierro articulada para poder sujetar su espada, sin embargo, ésta era muy pesada y tenía que ser sujetada a la armadura. Los dedos y la muñeca de esta mano podían ser flexionados y extendidos pasivamente. El primer brazo artificial móvil, aunque pasivamente, a nivel de codo fue construido por un cerrajero por encargo del médico militar francés Ambroise Paré. Los dedos de la prótesis podían abrirse o cerrarse presionando o haciendo tracción. Así mismo fue Ambroise Paré el que construyó la primera mano estética de cuero. En 1818 Peter Beil, dentista de Berlín, lanzó la primera prótesis de antebrazo con dedos que podían abrirse y cerrarse mediante movimiento de tronco y del hombro contralateral. Con esta prótesis se edificó las actuales prótesis mioeléctricas autopropulsadas [5].

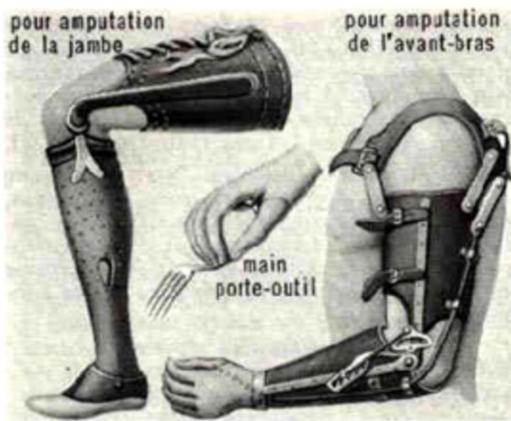


Figura 2: Prótesis de antebrazo

En 1844 el escultor holandés Van Petersen aplicó el sistema de Peter Beil a una prótesis de miembro superior para conseguir la flexo-extensión a nivel de codo. En 1860, después de la guerra de Crimea, las prótesis de miembro superior experimentaron un nuevo y gran impulso gracias a los esfuerzos del conde Von Beaufort. Él aprovechaba también el hombro contra lateral como fuente de energía para los movimientos activos del codo y la mano. Von Beaufort inventó también una mano con pulgar móvil utilizando un gancho dividido sagitalmente similar a los actuales garfios Hook. En 1856 Gripouleau, médico francés, se dedicó a la fabricación de piezas intercambiables como ganchos, anillos, etc. Para facilitar la reincorporación de los amputados a sus antiguas ocupaciones. Mientras tanto en Estados Unidos Dorrance desarrolló, en 1912, el famoso “Hook”, dispositivo capaz de abrir activamente por medio de movimientos de la cintura escapular y que se cierra pasivamente por la acción de un tirante de goma. Casi

simultáneamente se construyeron en Alemania el gancho de Fischer, que ofrecía como ventaja principal el poseer una mayor potencia y diversidad en los tipos de prensión y sujeción de los objetos.

En 1917, F. F. Simpson fundó la “American Limb Makers Association”, en la que se unieron todos los fabricantes del ramo existentes por aquel entonces en los Estados Unidos. Los materiales utilizados en la construcción de las prótesis comenzaron a partir de entonces a ser más ligeros, dúctiles y aparecieron entre otras las aleaciones de aluminio, las fibras sintéticas y los plásticos. Tras la primera guerra mundial, todos los países se unieron en un esfuerzo común dirigido a la mejor rehabilitación del inválido. Las manos diseñadas entonces eran intercambiables según las diferentes ocupaciones [5].



(a) Prótesis de brazo mecánico

(b) Prótesis de pierna

Figura 3: Prótesis durante la Primer Guerra Mundial

2.3. Tipos de prótesis

Hay 5 tipos generales de prótesis del miembro superior:

- Pasivas
- De control corporal
- Mioeléctricas alimentadas externamente
- Híbridas
- Específicas para cada actividad

Las **prótesis pasivas** ayudan al equilibrio, la estabilización de objetos (como un papel al escribir) o actividades recreativas/vocacionales. Parecen un miembro natural, son las más ligeras y económicas, pero no permiten la prensión activa de las manos. [7].

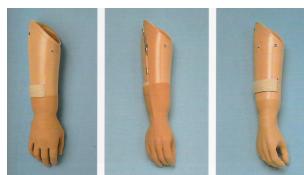


Figura 4: Prótesis amputación antebrazo estética pasiva, encaje laminado supracondilar o similar, muñeca redonda (esférica) u oval, mano estética pasiva y guante cosmético

Las **prótesis de control corporal** son las indicadas con mayor frecuencia porque tienden a ser menos costosas, más duraderas y requieren menos mantenimiento. Un sistema de cable con arnés suspende la prótesis y captura el movimiento escapular y humeral para operar la articulación del gancho, la mano o el codo. Algunos sistemas usan el brazo opuesto para activar una función particular; un extremo de una correa rodea el brazo opuesto en la axila, y el otro extremo se conecta a un cable que controla el dispositivo terminal (gancho, mano o dispositivo especializado para una función en particular). Las personas que realizan trabajo físico suelen preferir este tipo[7].

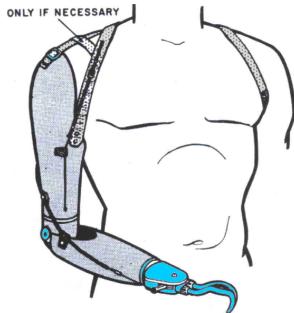


Figura 5: AE arnés en 8

Las **prótesis mioeléctricas alimentadas externamente** permiten movimientos activos de las manos y las articulaciones sin necesidad de movimientos escapulares, humerales o del tronco. Los sensores y otras entradas detectan el movimiento muscular del miembro residual o la parte superior del cuerpo y controlan actuadores eléctricos que proporcionan una mayor fuerza de prensión que las prótesis de control corporal[7].

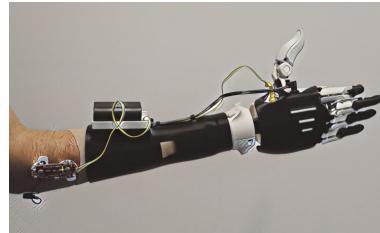


Figura 6: Prótesis mioeléctricas personalizadas de mano con retroalimentación háptica

Las **prótesis híbridas** son la combinación con la acción del cuerpo y 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[7].

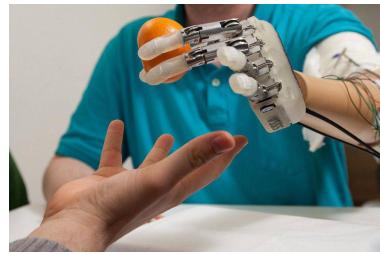


Figura 7: Prótesis mioeléctricas personalizadas de mano con retroalimentación háptica

Las **prótesis específicas** para cada actividad están diseñadas para permitir la participación en actividades que de otro modo dañarían el miembro residual del paciente o la prótesis habitual, o en situaciones en las cuales la prótesis habitual no funcionaría de manera eficaz. Estas prótesis a menudo incluyen diseños especiales para la interfaz, el receptáculo, el sistema de suspensión y el dispositivo terminal. Los dispositivos terminales específicos para la actividad pueden permitir al paciente sostener un martillo y otras herramientas, un palo de golf o un bate de

béisbol, o colocarse un guante de béisbol. Otros ayudan en diversas actividades específicas (p. ej., natación, pesca). Estos dispositivos pueden ser pasivos o controlados por el amputado[7].



Figura 8: Un hombre utiliza una sierra para podar con su prótesis mio-eléctrica. Fotografía cortesía de Texas Assistive Devices (TAD).

2.4. Tipos de prótesis para mano

En las prótesis para manos existen 3 principales tipos, los cuales son:

- **Mecánica:** 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.
- **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.
- **Neumática:** Su función depende 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.

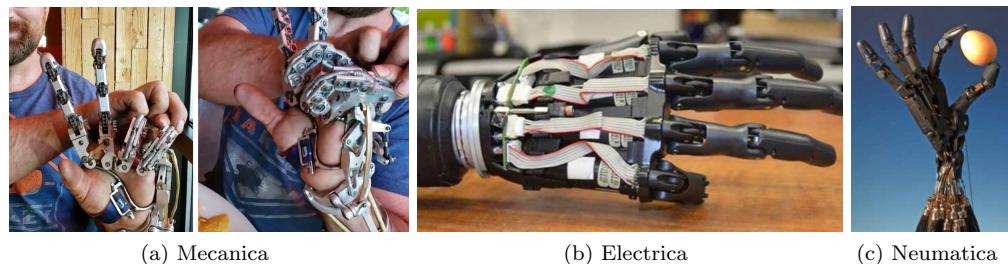


Figura 9: Tipos de prótesis para mano

2.5. ¿Cuánto cuesta una prótesis de mano?

Las prótesis de mano pueden tener infinidad de funciones así como de ganchos o manos prostéticas que pueden determinar cuanto vale una prótesis de mano o cuanto cuesta una prótesis de un dedo de la mano. Si se trata de una

prótesis de mano robótica debido a la complejidad de las funciones, el valor de prótesis de mano robótica puede ser un poco más elevado que la tradicional. A continuación se muestra una tabla con algunos precios que se encontraron en [3] de diferentes prótesis funcionales y estéticas hechas de silicon:

Prótesis	Precio USD
Prótesis para dedo de mano por succión	950
Prótesis para dedo de mano con película	1,100
Manos completas	6,000
Manos y antebrazo	9,750
Brazo Completo	11,000

Cuadro 1: Precios de algunas prótesis estéticas y funcionales de silicon

Por otro lado, en la [4] menciona algunos modelos de protesis de mano, específicamente la prótesis bebionic, la cual cuenta con gran parentesco en sus componentes mecánicos a la I-limb, construida por Steeper RS tiene la finalidad de imitar la funcionalidad de la I-limb pero a un costo más reducido aproximadamente \$10 000 dólares. La prótesis biónica I-limb es una de las más utilizadas actualmente e implementada en varios países, es una prótesis que cumple con la mayoría de los movimientos básicos de la mano de un ser humano; los dedos son controlados independientemente permite realizar una gran cantidad de movimientos dado que el pulgar puede rotar hasta 90° realizar pinzas y agarres de precisión y de potencia de diferentes formas.



Figura 10: Prótesis biónica I-limb

La última versión bebionic 3, tiene movimientos articulados en las falanges en todos los dedos; el pulgar en oposición se coloca manualmente, esto permite obtener catorce posiciones diferentes con los que se consigue agarres precisos.

2.6. Mecanismos de la mano

En este apartado se comparte una investigación realizada en el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde se inició un proyecto para desarrollar diseños de prótesis mecatrónicas de miembro superior [2]. Esto con el fin de representar los pasos que se realizan para diseñar una prótesis de mano.

2.6.1. Diseño de la mano

- El prototipo está diseñado para realizar algunas de las prensiones de la mano y tiene como prioridad la precisión y no la fuerza de los movimientos.
- Sustituye a una mano diestra, cuenta con cinco dedos y es para una persona mexicana de sexo masculino.



Figura 11: Diseño de prótesis

2.6.2. Especificaciones

- Tendrá una vida útil mayor que las prótesis de la competencia
- El costo de la prótesis será aproximadamente de la mitad del valor de las prótesis mioeléctricas existentes
- La prótesis deberá ser de fácil manufactura
- Estará diseñado para que se le coloque un guante

2.6.3. Medidas antropométricas

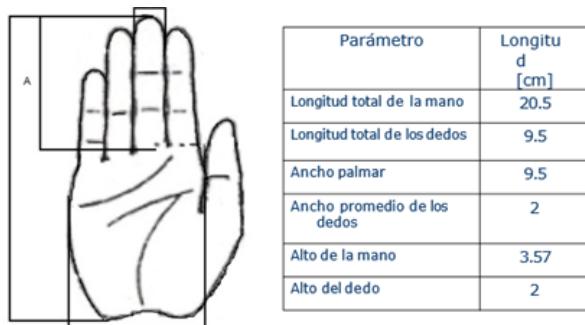


Figura 12: Parámetros de la mano

2.6.4. Selección del mecanismo de los dedos

- Para mantener el movimiento natural de los dedos se estableció que cada dedo tuviera tres falanges articuladas entre sí, para ello se utilizó como base el mecanismo de los dedos propuesto en la mano de Toronto

2.6.5. Mecanismo de Toronto

- Brinda la posibilidad de tener tres falanges articuladas de la manera más sencilla, eliminando el empleo de motores para dar movimiento a las articulaciones
- El mecanismo consta de seis eslabones, estos se dividen en tres mecanismos de cuatro barras cada uno

2.6.6. Diseño de los dedos

- El diseño de los dedos se dividió en dos etapas: adaptación del mecanismo de Toronto y diseño de la forma de los dedos
- Cada falange se diseñó con base en medidas antropométricas de la población en México y Latinoamérica, además de que mantiene la forma anatómica de los dedos.

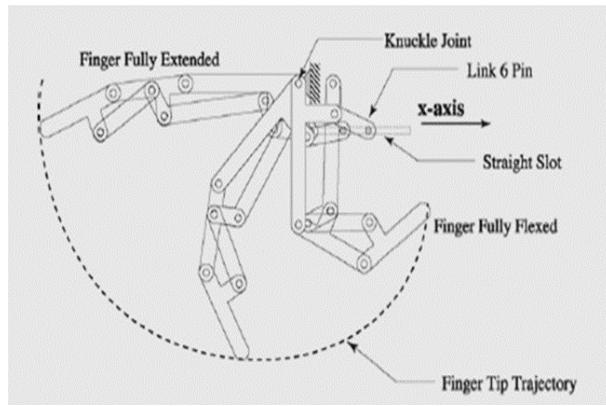


Figura 13: Mecanismo de cada dedo

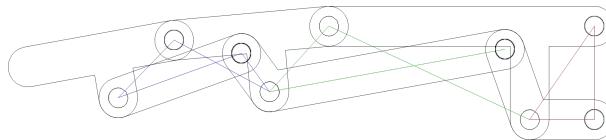


Figura 14: Mecanismo de Toronto

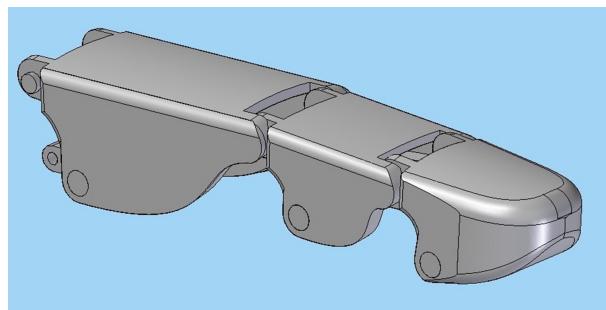


Figura 15: Diseño en CAD de un dedo

2.6.7. Fabricación de los dedos

- La prótesis se puede fabricar con nylamid, fibra de carbono o aluminio
- Debido a la facilidad de manufactura, para la fabricación del prototipo se utilizó la máquina de prototipos rápidos con el polímero ABS



Figura 16: Dedo ya fabricado

2.6.8. Diseño de la mano

- Los dedos de la mano son movidos por un arreglo piñón-cremallera ubicados en la palma, además la mano es actuada por cuatro servomotores
- Los motores se controlarán con botones que marcan posiciones preestablecidas

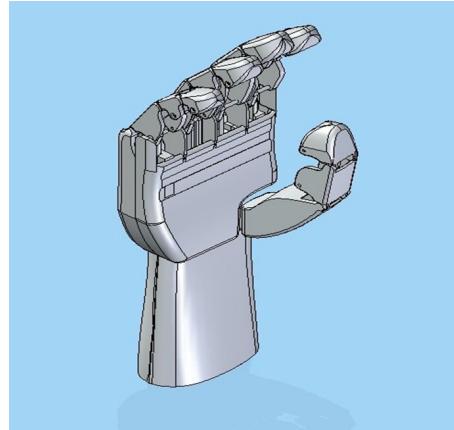


Figura 17: Mano diseñada en CAD

2.6.9. Formas de presión

- El diseño hecho puede realizar tres de cinco formas básicas de prensión: en punta, punta fina y en gancho

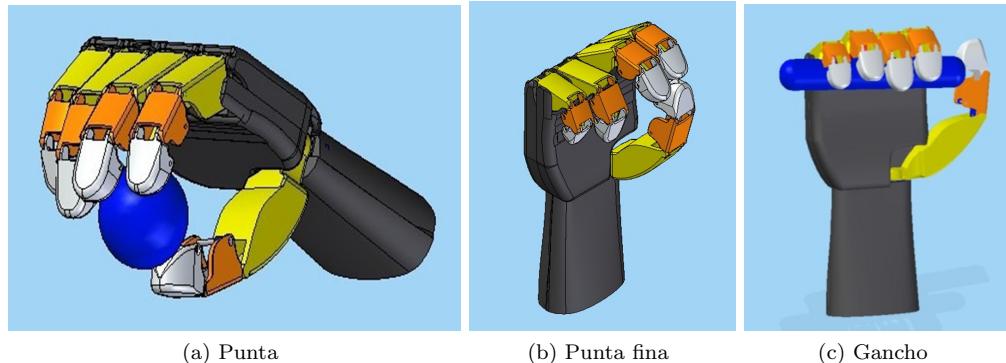


Figura 18: Tipos de presión en los dedos

2.6.10. Resultados

Ventajas:

- Debido al mecanismo empleado, la mano podrá realizar más prensiones dependiendo del objeto que esté manipulando
- La prótesis se puede adaptar al de casi cualquier persona adulta
- Cada dedo se puede flexionar totalmente

- Cada dedo no está acotado a un sólo proceso de manufactura

Desventajas:

- El prototipo no contará con muñeca móvil
- El tamaño de la prótesis está acotado al tamaño de los actuadores
- Señales mioeléctricas insuficientes para el control de una prótesis

3. Conclusiones

Cuando una persona tiene alguna deficiencia física, por ciertas circunstancias, es frecuente que recurran al uso de prótesis. La finalidad de éstas, consiste en reemplazar una parte del cuerpo que haya sido perdida por una amputación o bien por alguna malformación genética. Esto es benéfico para el paciente, debido a que logra integrarse de nuevo a su entorno social, familiar y laboral. En un futuro próximo gracias a la investigación y búsqueda de nuevos materiales que cumplan las expectativas y necesidades como la resistencia, compatibilidad, durabilidad, peso serán más accesibles; esto conjuntamente con el empleo de nuevos sistemas de control permitirá la construcción de prótesis de mano emulando a su equivalente natural.

Al llevar a cabo esta actividad de investigación se pudo reforzar el conocimiento de las funcionalidades y articulaciones que tiene una mano, de tal manera de llevar a cabo un diseño de un biomecanismo capaz de similarse al comportamiento natural de una mano humana. Para llevar a cabo este diseño primero se debe tener conocimiento del la mano humana para poder copiar o tener una idea de sus mecanismos naturales, y así mismo poderlo implementarlo en una estructura biomecánica que se parezca más al natural.

Referencias

- [1] Prótesis, 02 2020. URL <https://www.cancer.org/es/tratamiento/tratamientos-y-efectos-secundarios/efectos-secundarios-fisicos/protesis.html>.
- [2] Rosa I. Ana M. DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS MECATRÓNICA DE MANO, 09 2013. URL http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1031/2013-02-09-194601_2006SOMIM_presentacion.pdf/.
- [3] Dianceht. Lista de precios de prótesis. URL <https://www.manosydedos.com/precios.html>.
- [4] Mediprax. La evolución de las prótesis de mano, 10 2020. URL <https://mediprax.mx/la-evolucion-de-las-protesis-de-mano/>.
- [5] K Norton. Un breve recorrido por la historia de la protésica, 10 2018. URL <https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-history-prosthetics/>.
- [6] Ortopedia Verástegui. Prótesis de mano en México - ¡Mejoramos tu calidad de vida!, 08 2022. URL <https://verasteguiptesica.com/protesis-de-mano-en-mexico/>.
- [7] Jan Stokosa. Opciones para las prótesis de los miembros, 08 2022. URL <https://www.msdmanuals.com/es-mx/professional/temas-especiales/miembro-prot%C3%A9sico/opciones-para-las-pr%C3%B3tesis-de-los-miembros>.