

Tarea 2

Prótesis de Mano

Susana Rubio Medina
Jesús Martínez García
Karla Garbiela Torres García
Alan Alexis Arzate Gómez
Kevin Francisco Rojas Robles
Eduardo Antonio Flores Ramirez 1806409

30 de agosto de 2022

Resumen

En este documento se encuentra información relacionada con las prótesis de mano incluyendo algunos de sus tipos, los mecanismos que la hacen funcionar así como la electrónica que forma parte de la prótesis.

1. Introducción

Una prótesis es un artículo diseñado para mejorar o reemplazar un miembro funcional, parcial o completo del cuerpo humano afectado, por lo que la prótesis para amputados también trabaja con el desarrollo psicológico del amputado para crear una sensación de integridad al restaurar la movilidad y la apariencia.

El nivel de amputación o el tipo de displasia a tratar juega un papel importante en la elección de la prótesis adecuada. En base a los requerimientos de cada paciente, determinar el tipo de dispositivo que mejor se adapte a sus características. Una prótesis robótica de mano es un dispositivo con la capacidad de cerrar o abrir un brazo a voluntad, controlado por un arnés alrededor del hombro, el pecho y el brazo. Debido a la baja precisión del mecanismo, su sistema de agarre es adecuado para objetos relativamente grandes y redondos que forman parte de la manipulación de objetos con pinzas gruesas.

En esta actividad se indaga más a fondo sobre el diseño y elaboración de las prótesis de mano para entender su comportamiento y aspectos a considerar.

2. Desarrollo

2.1. Tipos de prótesis

Una prótesis es un elemento artificial que reemplaza algún órgano o extremidad faltante en el cuerpo humano. Históricamente, se tiene registrado que la primera prótesis fue diseñada hace 300 años por los egipcios, también hay registros sobre Leonardo Da Vinci, que dio aproximaciones a los brazos de palanca, así como los trabajos de Luigi Galvani y Lord Kelvin sobre la conducción eléctrica en los seres vivos. Existen diversos tipos de prótesis como:

Prótesis de dedos artificiales.

Gracias a los avances tecnológicos, se han podido construir prótesis de dedos individuales. Didrick Medical Inc es una de las primeras empresas en fabricar dedos artificiales funcionales, los mismos que han sido fabricados de acero

inoxidable el cual le hace más duraderos, los primeros en usar estos dispositivos son los soldados estadounidense y británicos que están siendo usados a medida de rehabilitación de los pacientes.



Figura 1: Prótesis de dedos Artificiales.

Prótesis para Brazos

Debido a que todo ser humano esta propenso a tener enfermedades o sufrir accidentes, que de tal manera se pierde alguna parte de las extremidades o la extremidad completa, los visionarios han desarrollado una tecnología para poder realizar dispositivos electrónicos que ayuden a superar los malestares de las personas. Los avances que se han desarrollado son las relaciones entre la tecnología y la salud dando esto una nueva era como las prótesis robóticas. Estos instrumentos son unos elementos dotados de una autonomía, capaces de realizar funciones de una parte del cuerpo faltante. Al desarrollar un brazo robótico que tiene que responder al órdenes del usuario se han tomado medidas para poder trabajar son sensores en base a electrodos que ayudaran a detectar los movimientos que desea realizar el usuario. La Universidad Johns Hopkins, está desarrollando un brazo robótico, pero lo más interesante de este proyecto, es que para realizar los movimientos solo basta con pensarlos, debido a que está conectado a los nervios del cuerpo, que de tal manera simula ser un brazo real. Este proyecto está siendo usado por Les Baugh, que en un accidente perdió sus extremidades superiores, es increíble ver el esfuerzo que realizar para poder convivir con este nuevo instrumento es su cuerpo. El relata que fue difícil convivir sin sus extremidades, ahora es difícil acostumbrarse a la prótesis, en este momento él se encuentra aprendiendo a controlar las emociones de su mente. Mike McLoughlin el jefe del proyecto comenta que ah futuro el usuario de la prótesis podrá sentir las temperaturas y texturas de los objetos que tome con las prótesis.



Figura 2: Prótesis de un brazo robótico

Prótesis para extremidades inferiores

Toda persona esta expuesta a enfermedades o accidentes inesperados que pueden hacer que pierda las extremidades inferiores. Gracias a los avances se han podido crear prótesis de extremidades inferiores. Como lo puede ser un “pie mecanico”.



Figura 3: Prótesis de un pie articulado de la empresa Össur

Con sensores internos para controlar el movimiento

La compañía islandesa Össur reveló que han desarrollado una tecnología capaz de controlar prótesis con la mente; dos pacientes (Gudmundur Olafsson y David Ingvarsson) son los primeros en probar estas prótesis; para el funcionamiento del pie que no pesa más de 3,14lbs, se debe implantar quirúrgicamente un sensor de 5mm de largo y 3mm de ancho en el musculo residual, el cual queda cerca de la prótesis; cuando el cerebro emita un estímulo para mover el miembro faltante, el sensor recibirá esta señal y la transmitirá inalámbricamente a la prótesis, la misma que se moverá a gusto del usuario. Otra parte esencial de esta tecnología, es que los sensores no necesitan baterías para funcionar, es decir, no necesitan de una fuente externa, más bien obtienen su energía gracias a unas bobinas magnéticas internas. El énfasis que tiene la empresa para crear prótesis cada vez más sofisticadas es notorio, debido a que sus productos son contiene un software actualizable y además consta con botones capaces de encender o apagar todo el sistema con el fin de mantener al pie rígido o ser movido con la mente. “Nuestro objetivo final es reemplazar la función del miembro perdido, y lo hemos estado haciendo paso a paso y haciendo muy bien”, dijo el director de la investigación y el desarrollo, Thorvaldur Ingvarsson de Össur.

Prótesis para órganos internos

Se Sabe que ya existen prótesis para sistemas respiratorios o digestivos, pero existen grupos de investigación como la Universidad de Connecticut quienes han logrado la creación de dos prototipos de riñones artificiales capaces de fungir como un riñón natural, pero aún siguen en fase de pruebas; mientras que los investigadores de Glasgow, Edimburgo y Stirling en Escocia desarrollaron una técnica que permite hacer crecer células sobre la superficie de unos micro-chips, dando un gran avance para la auto regeneración del órganos dañados del cuerpo humano ; pero ya existe en el mundo dos implantes que ayudan a personan que perdieron dos sentidos básico del ser humano, el oído y la vista, la tecnológica del Ojo Biónico fue desarrollado por la compañía Second Sight y consiste en unas gafas que incluyen una mini cámara y un transmisor que convierten las imágenes en pulsos eléctricos y son enviados a una red de electrodos colocados en la retina, y enviarla al cerebro para decodificarlas en patrones de luz y puedan ser interpretados por el usuario; en cambio, los oídos biónicos los crearon el grupo de investigación de la Universidad de Princeton los cuales pueden recibir las ondas sonoras del exterior y transmitirlos al cerebro.

2.2. Electrónica en prótesis

Existen protésis robotizadas que se caracterizan por tener una fuente de energía propia, actuadores y sensores que permiten leer los movimientos deseados por el usuario. Por lo tanto, también se requiere un sistema de procesamiento de esas señales para poder convertirlas en señales de movimiento de los actuadores [3].

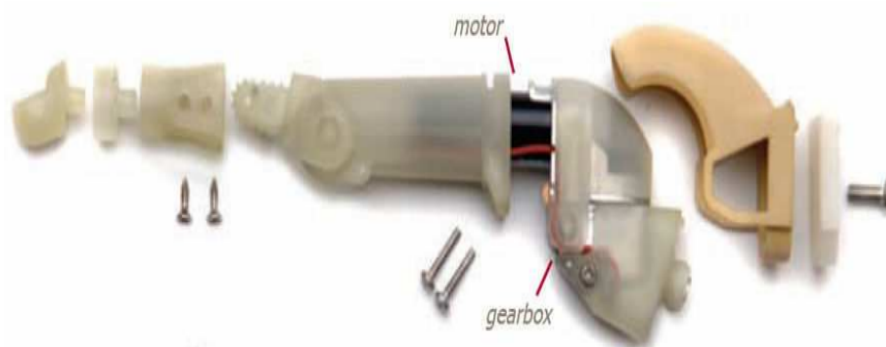


Figura 4: Elementos de un dedo.

En las prótesis eléctricas el mecanismo encargado de dar movimiento son los motores eléctricos a corriente continua por su facilidad de uso mediante baterías recargables, los cuales se conectan a los terminales de las partes antes mencionadas. Los dispositivos de control que se utilizan para este tipo de prótesis son: un servocontrol, botón pulsador o un interruptor con arnés. El uso de sistemas computacionales para controlar dispositivos electrónicos (PICs), también podría ser considerado en este punto ya que mediante estos controladores se pueden programar procesos de sincronización de los motores, controlando la velocidad de giro o el tiempo de activación de los sensores que controlen estos actuadores de corriente directa [2].

Específicamente se hablará de la prótesis de la mano, donde el mismo mecanismo de accionamiento se usa para los dedos anular, meñique, medio e índice. Estos dedos tienen en común tres principales huesos y articulaciones conocidos como nudillos, seguidos por las articulaciones interfalángicas proximales (PIP) e interfalángicas distales (DIP) [1].

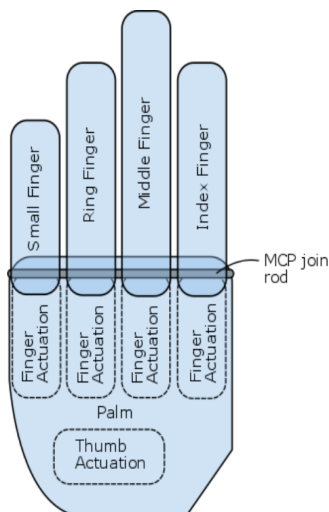


Figura 5: Esquemático de mano completa.

La relación de movimiento y el torque entre las uniones se simplifica mediante el uso de poleas, lo que permite un diseño cinemático simplificado. Los cables son más livianos en comparación con las barras en los diseños de varillaje y ocupan menos espacio [1].

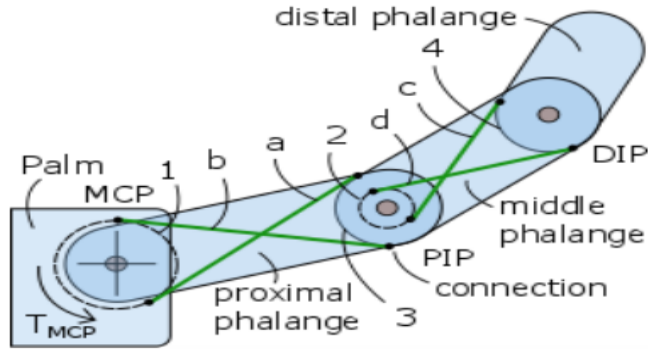


Figura 6: Funcionamiento de dedo.

Recrear el funcionamiento del pulgar es desafiante, así que se simplificó con el uso de cables, poleas y motores para accionar estas juntas con el fin de minimizar el uso de espacio. El eje de rotación se inclinó hacia el centro de la palma para lograr posiciones más naturales de los dedos durante el movimiento. Un motor impulsa un cable a través de una polea adjunta [1].

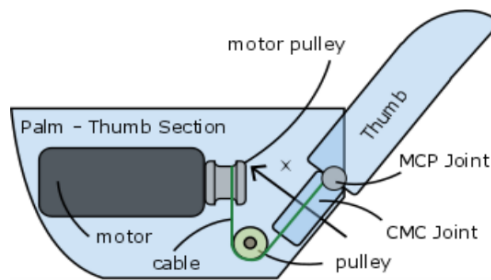


Figura 7: Funcionamiento del pulgar.



Figura 8: i-Limb Hand.

2.3. Mecanismos

Los mecanismos basados en barras, se presentan como un conjunto de elementos mecánicos que hacen una función determinada. El conjunto de las funciones de los mecanismos de una máquina ha de ser el necesario para que esta realice la tarea encomendada, en este caso las funciones a realizar corresponden al agarre de objetos al accionarse

el mecanismo. El conjunto de elementos primordiales son las barras, que se consideran como elementos rígidos y se unen por pasadores[4].

Al mecanismo formado por cuatro barras y cuatro articulaciones se denomina cuadrilátero articulado, con una barra fija a la referencia (elemento inmóvil con respecto a los demás) (Fig. 14); se presenta como uno de los más empleados a la hora de resolver muchos problemas de generación de movimientos en mecanismos de 1° de libertad.

Los dedos de la prótesis se diseñan con mecanismos de este tipo, y conformados de tal forma que se logre la reproducción de las falanges proximal, media y distal del dedo. En el caso del pulgar, se utiliza el mecanismo en su forma simple.

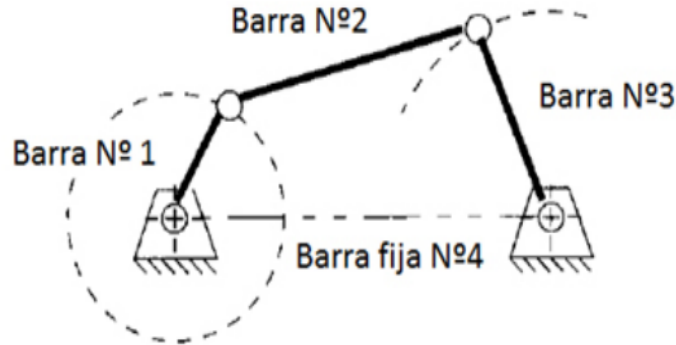


Figura 9: Cuadrilátero Articulado

El mecanismo de los dedos índice, medio y pulgar se realiza con perfiles en acero de 2 mm de espesor para darle una mayor rigidez a los eslabones, aunque esta se puede obtener también utilizando materiales más resistentes y menos pesados. Los mecanismos diseñados conservan además, las dimensiones de los dedos de la mano normal del paciente, con lo cual se logra obtener una prótesis estéticamente aceptable. Además, se ajusta la forma de los eslabones, para que pueda haber una correcta transmisión de movimiento al mecanismo, y para que no se presenten interferencias con los demás dedos. Este proceso de diseño se realizó varias veces, cambiando las posiciones, formas y anclajes de los eslabones, hasta llegar a un diseño óptimo.



Figura 10: Dedos Índices y Medios ensamblados

2.4. Prótesis Comerciales

Prótesis dentales:

- Prótesis fija en cerámica sin metal Estas prótesis están fabricadas en cerámicas de disilicato de litio, con fluorapatita o con óxido de zirconio. Son muy resistentes y tienen varios grados de translucidez, lo cual proporciona una estética perfecta, adaptándose a los diferentes tonos del diente natural del paciente. El zirconio es un material que también se ha incorporado y ofrece ventajas, pues al tratarse de un biomaterial, es biocompatible y se adapta muy bien a la mecánica de la boca de los pacientes.

- **Prótesis fija de cerámica con metal** Las prótesis de cerámica con metal son más asequibles económicamente pero igualmente resistentes y de buena calidad que otros tipos de prótesis. La parte interior de la corona está hecha en metal, mientras que la externa aparece revestida de porcelana, lo cual embellece estéticamente el diente. Los materiales más comunes, de los cuales se compone la corona dental de cerámica con metal son el cromo-cobalto o aleaciones de metales nobles como el oro, paladio, platino.
- **Prótesis fija de metal composite** Son las prótesis más sencillas de realizar y colocar. Tienen la ventaja de que permiten un perfecto moldeado. Su resultado estético es bueno. El inconveniente es que son menos resistentes y duraderas que las prótesis de cerámica, sin embargo, en algunos casos son mas beneficiosas para aquellos pacientes con hábitos de apretamiento o bruxopatias ya que es un material que absorbe más la fuerza recibida con el desgaste. **Prótesis mamarias:**
- **Implantes de solución salina** Como su nombre indica, están rellenos de suero salino. Proporcionan una forma y una firmeza uniforme. Si se produce una fuga o una rotura del implante, la solución salina es absorbida y expulsada por el cuerpo de forma natural.
- **Implantes mamarios de gel de silicona (semicohesivos o cohesivos)** Poseen un mejor tacto y mayor seguridad. El implante se siente como tejido mamario natural. Hoy en día las más empleadas son las prótesis de gel cohesivo de última generación.

Prótesis auditiva:

- **Audífonos retroauriculares:** son los más conocidos y tradicionales. Se colocan detrás de la oreja y se adaptan para conseguir evitar el acoplamiento acústico (es decir, evitar que el sonido sea captado por el micrófono para ser amplificado de nuevo). Este tipo de audífono es el más indicado para las pérdidas severas y profundas. Tal vez, el mayor inconveniente que tiene es su aspecto estético, que puede ser rechazado en algunos casos, en especial en niños pequeños. Para los niños se realizan algunas adaptaciones, como por ejemplo realizar moldes blandos de silicona, con el fin de eliminar las lesiones por golpes, mejorar la adaptación y ayudar a evitar mejor el acoplamiento acústico.
- **Audífonos intrauriculares:** son los audífonos cuyo tamaño y fabricación suele ser personalizada, ya que van dentro del oído externo. El inconveniente es que no cuenta con las características de potencia y amplificación necesarias para cubrir pérdidas graves. También podemos encontrarnos los audífonos que van dentro del conducto auditivo, siendo mucho más estéticos y con un mayor rendimiento, aunque tampoco son aconsejables para pérdidas graves.
- **Gafas auditivas:** se usan cuando es necesario coordinar bien la corrección visual con la acústica. Además, actualmente se adaptan los audífonos en formato de gafa auditiva también cuando existe un problema de audición muy considerable entre ambos oídos. Otro tipo de adaptación es el audífono por vía ósea, la cual se emplea para casos en los que no se puede poner un molde adaptador.

Prótesis de brazo:

- **Prótesis estéticas o pasivas:** Esta opción como tal no genera ningún tipo de movimiento o funcionalidad para realizar algún tipo de actividad, esta va más enfocada en reemplazar estéticamente el brazo. Para la fabricación de estas prótesis se utilizan polímeros como PVC rígido, látex flexible o silicona ya que suelen ser livianos al momento de utilizarse. Este tipo de prótesis de brazo suelen adaptarse a diferentes tallas y sexo de los usuarios. Es muy común que una prótesis estética mantenga una posición de dedos en reposo, pulgar en posición neutral y flexión de articulaciones. En algunos casos llegan a contar con un refuerzo interior en los dedos que permite modificar la posición de la mano que acompaña al brazo
- **Prótesis funcionales o activas:** Estas suelen ser activadas por fuerza propia, es aquí donde la mejora del uso de este tipo de prótesis viene acompañado con rehabilitación física. A través de sistemas de cables comandados por movimientos del muñón o de la cintura se genera el movimiento de la prótesis de brazo. Esta opción está disponible y puede utilizarse para todos los niveles de amputación que existe. Normalmente cuenta con dos sistemas de control que consisten en trabe y destrabe de codo y en cierre y apertura de dispositivo terminal.

- **Prótesis Mioeléctricas:** Este tipo de mecanismo fue desarrollado a partir de diferentes disciplinas como la biónica, cibernética, robótica y mecatrónica. Estas prótesis eléctricas son operadas a través de señales mioeléctricas que se emiten a través de los músculos del paciente. Estos potenciales eléctricos también llamados microvoltios, se detectan en la superficie de la piel cuando existe una contracción del músculo del muñón, los cuales son recolectados, amplificados y enviados como señales para controlar el movimiento del aparato. Gracias a esta forma de generar movimiento, la prótesis de brazo mioeléctrica logra que el tríceps abra la mano y los flexores la cierren. Actualmente son de las más solicitadas debido a que, además de cubrir la apariencia estética cuenta con un alto rendimiento de precisión y fuerza.
- **Prótesis Híbrida:** Es la combinación de ejercer fuerza propia para mover la extremidad más el apoyo de una fuerza externa. Estos son comúnmente utilizados por amputados transhumerales.
- **Prótesis Mecánicas:** Las prótesis de brazo mecánicas son dispositivos que se ejecutan a través de cables y cintas de sujeción los cuales se colocan sobre el cuerpo del paciente. Estos logran abrir y cerrar de acuerdo a la tracción ejercida por el tensor. Aunque esta opción puede llegar a sonar bastante funcional, la realidad es que cuenta con ciertas limitaciones en cuanto a movimientos, la cual está limitada al agarre de objetos grandes y de preferencia con forma redonda de lo contrario podría llegar a afectar la sujeción.
- **Prótesis Eléctricas:** Esta opción se basa en el uso de motores eléctricos los cuales deberán ser manipulados por interruptores. En cuanto al tema de reparación y costo suelen ser las más elevadas en comparación con las otras opciones sin embargo el usuario podrá obtener un buen agarre de objetos rápidamente y con presión.

Prótesis de pierna:

- **Prótesis transfemoral:** Esta prótesis es la indicada para quienes han sufrido una amputación por encima de la rodilla, en el área del muslo. Para un mejor ajuste protésico es necesario una articulación de rodilla, un pie ortopédico, adaptadores y los elementos de conexión con el ajuste para la prótesis.
- **Prótesis transtibial:** Esta prótesis es para quienes han sufrido una amputación por debajo de la rodilla, en este caso lo que se necesitará será un pie protésico, adaptadores y componentes de unión con la unión protésica.
- **Prótesis desarticulada de cadera:** La falta de miembro inferior, en la zona de la articulación de cadera, en donde la pelvis debe controlar la prótesis. Para este caso se necesita un pie protésico, una articulación de rodilla, una articulación de cadera, adaptadores y elementos de fusión con el acoplamiento protésico.

3. Estado del arte

Evolución de las prótesis para amputaciones parciales de la mano

La investigación relacionada con el avance y el desarrollo en la biomecánica de la mano, las prótesis, los materiales biocompatibles y las prótesis cosméticas, ha venido mostrando un alto desarrollo. Cada día se prefieren diseños de prótesis más parecidos a la mano humana, con una alta funcionalidad, peso reducido, y que no requieran energías exógenas para su movimiento y complicados sistemas de control,⁴ sino que se utilice la fuerza de las partes de la mano que aún se conserven.¹⁴ Los esfuerzos realizados por los investigadores en el desarrollo de nuevas prótesis de mano han generado impresionantes resultados²⁴ como la obtención de modelos que cuentan con varios grados de libertad, y diseños que se asemejan cada vez más a la mano humana y conservan su tamaño. Se han desarrollado prótesis con una elevada funcionalidad como la mano Utah/MIT, la mano robótica de la NASA, la mano DLR y la mano Stanford/JPL. La mayoría de ellas fueron concebidas con fines de operación en el espacio y presentan el inconveniente de tener un elevado peso. Sin embargo, se han desarrollado prótesis más sencillas, con un diseño estructurado y ligero, como la mano de Southampton, la mano TB, la mano de Italia, y la mano OTTOBOCK, las cuales se utilizan ampliamente en la prótesis del miembro superior.

Dentro de los primeros trabajos realizados en los cuales se potencian las prótesis no solo en su aspecto cosmético sino en su aspecto funcional, tanto mecánico como eléctrico, se encuentra la empresa escocesa con su producto ProDIGITS, quien provee soluciones en prótesis para distintos niveles de ausencia ya sea total o parcial.

A mediados de los 80 se comenzó con el diseño y la fabricación de prótesis eléctricas, en la mayoría de los casos este diseño ha quedado limitado al tamaño y la edad del paciente; se ha tratado de diseñar siempre lo más pequeño posible con su propia fuente de energía y controles electrónicos adjuntados al paciente en pequeñas cajas.

En 1994 un nuevo diseño fue desarrollado por Prosthetics Research Group y el Bioengineering Centre, en Edinburgh quienes resolvieron los problemas de talla y lo redujeron y simplificaron tanto en la manufactura y desarrollo de las prótesis como su control. El innovador diseño de 1994 fue llamado Prodigits (powered prosthetic digit system) y se basó en pequeños motores y cajas de engranajes acomodados dentro de espacios digitales de los dedos y el pulgar, con lo que se resolvió el problema de espacio y se aproximó el tamaño de las prótesis al de la mano de un niño de 2 años o un bebé.

En el año 2005, la búsqueda de nuevas tecnologías para el desarrollo de prótesis de mano, trae consigo una nueva invención que no utiliza dispositivos electrónicos para su funcionamiento. La nueva prótesis recibió el nombre de X-finger, el cual es el primer dedo artificial diseñado específicamente para solucionar amputaciones parciales de dedo. Cada una de estas prótesis se fabrica individualmente, para acomodarla a los diferentes casos de amputación. La prótesis se recubre luego por una piel sintética de silicona, emulando casi a la perfección, la funcionalidad y la precisión de un dedo real humano no amputado.



Figura 11: X finger

4. Conclusiones

Con esta actividad se vieron diversos puntos a considerar en el desarrollo de un tipo de prótesis así, se vio la importancia de todo el proceso de diseño para lograr el objetivo deseado. De igual manera se vieron los mecanismos que se emplean, tipos, la electrónica y electromecánica que se aplica en estos sistemas así como el proceso de diseño, fabricación y comercialización. Esto nos ayudará a tener un mejor panorama para nuestro proyecto ya que debemos de ser cuidadosos al momento de elaborar su diseño e implementación.

Referencias

- [1] R Stopforthb. GK Jonesa. Mechanical design and development of the touch hand 2 prosthetic hand, Junio 2016.
- [2] Hernán Duy. Jhonathan Mora. Prótesis inteligentes y mecanismos para las manos.
- [3] Hector Moreno. Lisandro Puglisi. Prótesis robóticas., Universidad Politécnica de Madrid.
- [4] JC Díaz Montes and J Dorador González. Mecanismos de transmisión y actuadores utilizados en prótesis de mano. *Memorias del XV Congr. Int. Anu. la SOMIM*, pages 335–345, 2009.