

# Mano Robótica

Hernández Angel, Moreno Manuel, Velázquez Erick, Ramón Alejandro.  
Universidad Modelo

**Resumen**— Se realizó una mano robótica, principalmente diseñada en 3D e impresa por partes. Esta contará con un mecanismo que imite los movimientos de los dedos de una mano. Principalmente el cierre y la apertura de los dedos individuales. La mano deberá de ser capaz de soportar un peso no mayor a 200 gramos. Todo esto se realizó por medio de la programación en Arduino IDE, para que estos movimientos sean realizados a elección del usuario que lo controle. Contará con materiales resistentes y fáciles de manipular y con un diseño lo más cercano a una mano real.

**Índice de Términos**—Diseño, función, programación, robótica.

## I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se basa en el desarrollo de una mano robótica. Esto incluye comprender a profundidad el funcionamiento de la mano humana, desde su anatomía hasta el rol que juegan los músculos, tendones y articulaciones en todos sus movimientos. Además, se analizan los componentes electrónicos necesarios, como el arduino, servomotores, pantallas OLED, entre otros. Se desarrollarán códigos de programación para controlar el sistema. Con ello, se busca que la mano robótica logre replicar movimientos precisos, responda a estímulos, y permita realizar tareas básicas. En este caso se busca que la mano robótica sea capaz de mover cada dedo, poder realizar gestos, con el último fin de lograr manipular una micropipeta.

## II. FASE I: PREPARACIÓN Y PLANEACIÓN

### A. Antecedentes

Previo de comenzar el proceso de la creación de una mano robótica se optó en tener una base de información para entender cómo debe funcionar a

comparación de una mano real y como debe estar compuesta:

### Funciones de la Mano Humana:

La mano realiza dos funciones esenciales: la prensión y el tacto. Estas permiten convertir ideas en acciones y dan expresión a las palabras, como en el caso de los escultores o sordomudos. El tacto es crucial, ya que permite medir la fuerza de prensión. Además, el pulgar es el dedo más importante, pues sin él la capacidad de la mano se reduce en un 40%.

Otra información muy importante es el saber los diferentes tipos de presión de una mano debido a que esto ayuda a conocer que movimientos son necesarios para que la mano robótica logre realizar aplicar presión hacia algún objeto **Muñoz Romero, J.** (2005).

### Tipos de Prensión

La mano robótica está diseñada para realizar cuatro tipos básicos de presión esenciales en la mano humana:

- Prensión en pinza (con la punta de los dedos)
- Prensión en puño
- Prensión en gancho
- Prensión en llave

Una vez ya conocido el funcionamiento de una mano real, se debe ahora conocer el:

### Funcionamiento de una Mano Robótica:

La mano robótica utiliza cinco servomotores que transmiten movimiento a los dedos mediante hilos de nailon, imitando los tendones y músculos humanos. La estructura está montada en un antebrazo diseñado para asemejarse al humano, buscando similitud en morfología.

## Programación y Control

Para el control, se usa Arduino Mega por su bajo costo, tamaño y facilidad de programación. Arduino utiliza un lenguaje similar al C++ lo cual permite crear un código con la eficacia y velocidad similar a la de este lenguaje **García López, D. (2018)**.

## *B. Objetivos*

### *Objetivo general:*

Construir una mano robótica con la capacidad de soportar cargas y realizar acciones específicas.

### ***Objetivo específico:***

Implementar una mano compuesta con filamento PLA, capaz de soportar un peso de 200g y adecuada para controlar una micropipeta.

### *C. Idea del proyecto*

Para llevar a cabo este proyecto se realizó una investigación básica sobre la estructura y anatomía básica de una mano y en base a esa información se buscó un diseño en 3D, que sea funcional para realizar los movimientos más similares a una mano. Esto se realizó principalmente con mecanismos electrónicos como servomotores para que los movimientos de los dedos sean controlados por ellos y por códigos de programación. Los servomotores se encargaron de jalar los hilos implementados dentro de los dedos y así obtener el movimiento de cada uno de ellos.

La realización de todo el mecanismo y la programación del código claramente vendrá con algunas delimitaciones las cuales son:

### Capacidad de carga:

La mano debe ser capaz de soportar un peso máximo de 200 g, lo cual define los límites de las pruebas de resistencia y funcionalidad del diseño.

### Tipo de servomotores:

Solo se utilizarán servomotores con una fuerza suficiente para cumplir con los objetivos del proyecto, excluyendo aquellos de menor capacidad que no permitan realizar los movimientos necesarios o soportar la carga especificada.

## Diseño del prototipo:

Se priorizará un diseño más resistente para garantizar la durabilidad y funcionalidad del prototipo, dejando de lado estructuras más frágiles o menos robustas que no cumplan con los requisitos mecánicos del proyecto.

### III. FASE II: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

## A. *Diseño*

El diseño de la mano principalmente fue hecho en referencia a los huesos de la mano, como se ve en la figura 1.

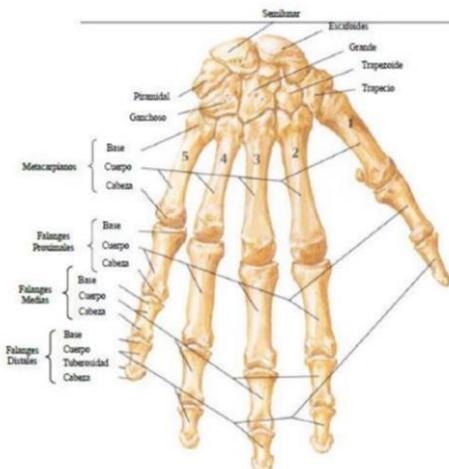


Fig. 1: Huesos de la mano (mano derecha, vista dorsal). Netter, F. (2011).

Con ella se da una idea de cómo se podría realizar una estructura similar a la de los huesos y el cómo se realizaría el movimiento de estos.

Despues se tomaron las medidas necesarias de las partes de la mano las cuales son las siguientes: Longitud de la mano: (desde la muñeca hasta la punta del dedo medio) alrededor de 18-20cm.

Anchura de la mano: (en su parte más ancha, justo debajo de los nudillos) alrededor de 8-9 cm.

Dado esto se buscaron los siguientes bocetos figura 2 y 3 para agregar las medidas.

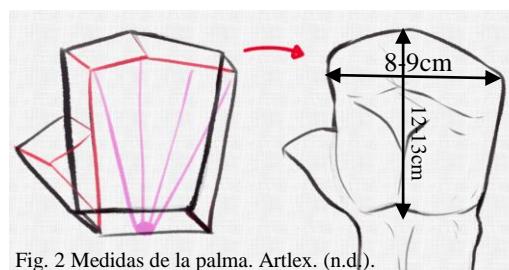


Fig. 2 Medidas de la palma. Artlex. (n.d.).

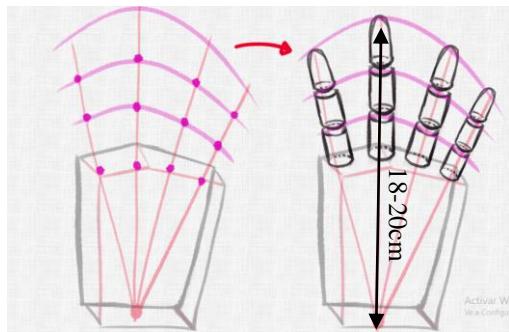


Fig. 3 Medida del dedo de en medio hasta la muñeca. Artlex. (n.d.).

Para imprimir el diseño se utilizó de material filamento de PLA ya que es el más común debido a sus propiedades como:

- Resistencia mecánica la cual da una capacidad de soportar tensiones y presiones.
- Durabilidad. Algunos filamentos son resistentes a la humedad, calor o productos químicos.
- Acabado superficial: es fácil de manipular y limpiar o ligar para eliminar imperfecciones de la impresión.

Todo este proceso de diseño se organizó en un diagrama de flujo, incluido en el Anexo IV, para garantizar un adecuado orden y claridad en cada etapa del desarrollo.

#### B. Protocolo de pruebas

La primera prueba que se realizó fue con el primer prototipo que se obtuvo, se probó la movilidad de los dedos juntos jalando las cuerdas. Con este indicio se tomó presente que se necesitaría mucha más fuerza y que no sería lo suficiente unos servomotores de 3kg. Al realizar esta prueba, dejó otra cuestión la cual fue ¿cómo se regresarían los dedos a la posición inicial? Inicialmente, se planteó usar dos cuerdas: una sería jalada por los servomotores, generando tensión en la otra, y al reducir la fuerza, esta permitiría el retorno a la posición inicial. El resultado fue bueno, pero se observó que por el diseño de la mano no se regresaban todos los dedos uniformemente, así que se tomó la iniciativa de elegir el prototipo dos. Donde este en lugar de tener dos cuerdas tuviera solo una que jalara los dedos y unos resortes que se

encargarían de regresar los dedos. Los prototipos se pueden visualizar en el Anexo II.

La segunda prueba que se realizó fue ya con el código de programación implementado y con uno de los componentes electrónicos la cual se encuentra en el Anexo I. Se probó funcionalidad del encoder donde este permitirá tener un control sobre los movimientos de cada servomotor y así ejecutar los movimientos de los dedos. El resultado de este fue un éxito, el código estuvo bien hecho, pero se encontró otro problema los dedos no tenían la suficiente potencia para cerrar completamente la mano. Se consideró que no sería un problema relevante por el momento y se dejó a un lado.

En la tercera prueba, se utilizó el código de la pantalla LCD. Inicialmente, surgieron fallas, ya que el cuadro implementado para indicar los dedos de la mano perdía alineación y salía de la pantalla. Esto se resolvió ajustando ciertos aspectos del código, lo que permitió corregir el problema. El resultado fue exitoso, como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen del interfaz

La última prueba se centró en la programación de gestos. Inicialmente, hubo dificultades debido a la insuficiencia de energía en algunos dedos, que requerían mayor corriente para moverse correctamente. Esto se solucionó utilizando dos fuentes de poder, cada una con 5 volts, integradas al circuito. Aunque esta corriente permitió ejecutar los gestos, no fue suficiente para cerrar completamente los dedos. El resultado se muestra en la siguiente imagen.



Imagen del gesto realizado

### B. Análisis de resultados

La mano realizada en este proyecto logró realizar gestos y tener una precisión de apertura y cierre, sin embargo, los objetivos fueron más demandantes de lo esperado. El principal reto fue el peso, ya que la energía disponible no permitió un cierre completo, limitando la precisión del agarre. Por lo cual, se recomienda aumentar la energía del mecanismo, pero esto requiere reemplazar los cables conectados a los servomotores, ya que los actuales no soportarían un mayor voltaje, lo que podría causar daños por sobrecarga.

### IV. CONCLUSIONES

Para finalizar, la visión que da este proyecto es innovadora y práctica, ya que da como reto desarrollar tecnologías que emulan la funcionalidad de la mano humana. La mano logró realizar diferentes acciones, como gestos y movimientos precisos en cada uno de los dedos, sin embargo, tuvo dificultades en lograr un agarre completo y firme esto permitió que no lograra agarrar objetos de diferentes tamaños, para esto se recomienda tener una mejor medición en los voltajes implementados, para así conocer cuánto voltaje se requeriría en cada uno de los componentes que realizarían los movimientos de la mano.

El concurso constó en dar una presentación acerca de nuestra mano robótica donde se explicó las fases previamente acabadas, para luego pasar a las pruebas del concurso. El reto del peso consistió en que la mano agarrara un tubo de plástico sujeto a una caja en la que se fueron colocando bolsas de arroz de 10 kg cada una. El objetivo era que la mano soportara un máximo de 200 kg. El segundo reto implicó el uso de una micropipeta, donde la mano debía presionar el botón, sumergirla en un vaso con agua, liberar el botón para succionar el líquido y, finalmente, presionar nuevamente para liberar el agua. Esta prueba resultó ser la más desafiante.

Es evidente que se requieren ajustes en el mecanismo para mejorar su capacidad de cumplir con estos retos. Entre las modificaciones

recomendadas se encuentran aumentar el voltaje del mecanismo y ajustar el diseño del pulgar para que pueda manipular la micropipeta con mayor precisión.

### REFERENCIAS

- García López, D. (2018). Propuesta de sistema de control basado en lógica difusa para un entorno de seguimiento solar de dos ejes. Universidad Politécnica de Valencia. CORE. <https://core.ac.uk/download/pdf/229176515.pdf>
- Muñoz Romero, J. (2005). La mano: órganos de movimiento, aprehensión y expresión. Revista Digital Universitaria, 6(1). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art01/art01-1c.htm>
- Kenhub. (n.d.). Mano y muñeca - Anatomía. Retrieved from <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/mano-y-muneca>
- TutoSoftware. (n.d.). Mano en Java. Retrieved from <https://tutosoftware.com/tutoriales/java/mano.html>
- Reynoso Villaverde, M. (2021). Informe de investigación financiera [PDF]. Universidad Continental. Retrieved from <https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/1024/2/1/IV FIN 111 TE Reynoso Villaverde 2021.pdf>
- Jiménez Chóez, R. (2009). Análisis de la eficiencia en el control de inventarios en la empresa industrial GIOVANNY'S S.A. [PDF]. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1681/22/UPS-GT000238.pdf>

## ANEXOS

## Anexo I

## Listado de costos y componentes

Materiales	Propiedades y Uso	Costo
<b>Filamento PLA</b>	<p>Principalmente uno de los materiales que se usará para la mano es el filamento ya que comúnmente es usado para impresiones 3D ya que cuenta con propiedades como:</p> <p><b>Fácil de imprimir:</b> Requiere menos calor y es menos propenso a deformarse durante la impresión.</p> <p><b>Rigidez:</b> Tiene una buena rigidez, pero es menos resistente que otros plásticos.</p> <p><b>Resistencia térmica baja:</b> Se ablanda a temperaturas superiores a 60°C.</p> <p><b>Acabado estético:</b> Se puede obtener una buena calidad superficial con poco post-procesamiento.</p> <p><b>Resistencia al desgaste:</b> Moderada, pero no ideal para piezas sometidas a estrés mecánico continuo.</p>	\$400MXN
<b>Potenciómetro encoder</b>	<p><b>Propiedades:</b> Un potenciómetro encoder permite medir el ángulo o la posición rotacional de un eje sin un límite fijo, enviando señales digitales o analógicas al controlador. Los encoders se diferencian de los potenciómetros estándar en que no tienen un límite en el número de vueltas.</p> <p><b>Usos:</b> Puede usarse para medir la posición o ángulo de los dedos o la muñeca de la mano robótica, proporcionando información de retroalimentación para el control preciso del movimiento y la posición.</p>	\$249.40MXN
<b>LCD 128X64 gráfico</b>	<p><b>Propiedades:</b> La pantalla LCD gráfica de 128x64 permite mostrar gráficos y texto en una resolución de 128x64 píxeles, útil para información detallada.</p> <p><b>Usos:</b> Es ideal para visualizar datos en tiempo real, como la presión de agarre o la posición de los dedos, directamente en el dispositivo.</p>	\$243.60MXN

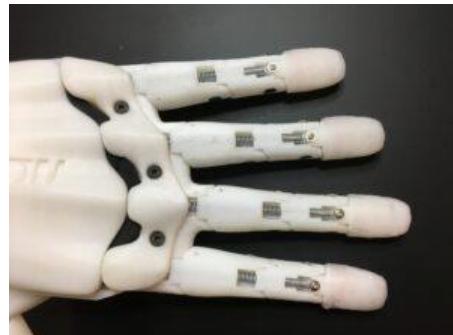
5 Servomotor 15kg MG996R	<p><b>Propiedades:</b> Este servomotor tiene un par de 2.2 kg/cm, lo que permite levantar y manipular objetos con fuerza moderada. Es un servomotor con engranajes de metal, lo que le brinda resistencia y precisión.</p> <p><b>Usos:</b> Ideal para mover los dedos y articulaciones de la mano robótica. Cada dedo puede ser controlado individualmente con servomotores, logrando movimientos precisos y ajustables de acuerdo con la tarea.</p>	\$522.00MXN
Display 0.96 OLED 12C 11C	<p><b>Propiedades:</b> Es una pequeña pantalla OLED de 0.96 pulgadas que utiliza comunicación I2C para conectarse con un controlador como Arduino. Ofrece un alto contraste y bajo consumo de energía.</p> <p><b>Usos:</b> Puede usarse para mostrar información en tiempo real, como el ángulo de los dedos, la presión ejercida o incluso el estado de la batería del sistema de control de la mano robótica. Es útil para monitorear el funcionamiento sin necesidad de un computador externo.</p>	\$104.40
Arduino mega 2560R3	<p><b>Propiedades:</b> Este microcontrolador de la familia Arduino tiene 54 pines digitales de entrada/salida, 16 entradas analógicas y un procesador ATmega2560. Es ideal para proyectos que requieren múltiples conexiones.</p> <p><b>Usos:</b> Sirve como el cerebro del sistema de la mano robótica, permitiendo controlar y coordinar el movimiento de los servomotores, recibir retroalimentación de los potenciómetros y mostrar datos en la pantalla OLED.</p>	\$469.80MXN
Protoboard empaquetado	<p><b>Propiedades:</b> Es una placa sin soldadura que permite montar circuitos electrónicos de forma temporal.</p> <p><b>Usos:</b> Facilita la conexión temporal de los diferentes componentes, permitiendo probar y ajustar el diseño de la mano robótica sin soldar, ideal para pruebas iniciales y ajustes de conexiones.</p>	\$69.60MXN
<b>TOTAL:</b>		\$2,399MXN

## Anexo II

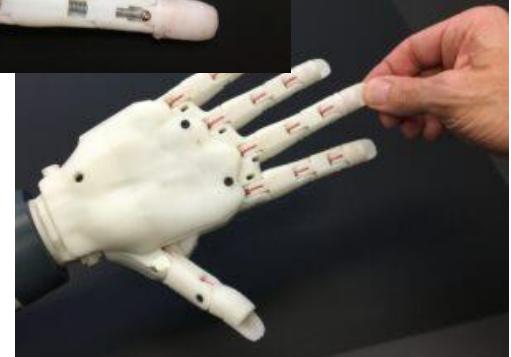
### Prototipos



Prototipo 1 inicial



Prototipo 2 final



## Anexo III

### Modelo por computadora



Fig. 4. Palma

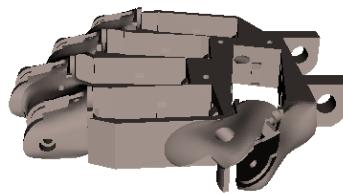


Fig. 5. Interior de la palma



Fig. 6. Falanges

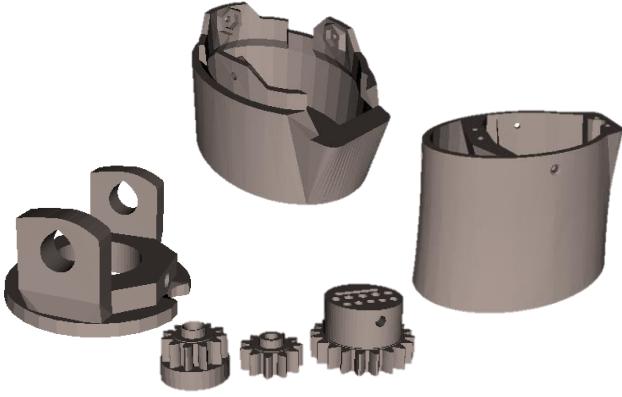


Fig. 7. Partes de la muñeca

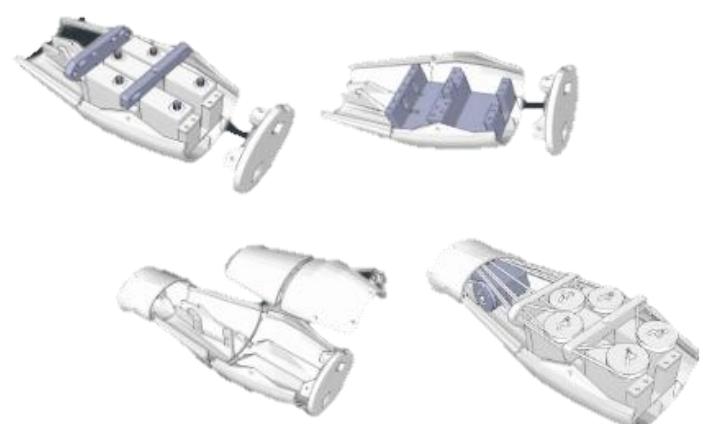


Fig. 8. Partes del brazo

Anexo IV  
Diagrama de diseño