



**Mano Robótica controlada por Arduino para ayuda didáctica del laboratorio de  
Ingeniería biomédica de la Universidad Reformada**

**Autor**

**Roberto Roca Sarmiento**

**Trabajo de grado como prerequisite para la obtención de tecnología en  
electromedicina**

**Directores**

**Camilo Gonzalez Olier**

**Claudia Basto**

**Facultad de Ingenierías**

**Programa de Ingeniería Biomédica**

**Barranquilla**

**2021**



**Mano Robótica controlada por Arduino para ayuda didáctica del laboratorio de  
Ingeniería biomédica de la Universidad Reformada**

**Autor**

**Roberto Roca Sarmiento**

**Directores**

**Camilo Gonzalez Olier**

**Claudia Basto**

**Facultad de Ingenierias**

**Programa de Ingeniera Biomedica**

**Barranquilla**

**2021**

# **Mano Robótica controlada por Arduino para ayuda didáctica del laboratorio de Ingeniería biomédica de la Universidad Reformada**

## **Robotic Hand controlled by Arduino for didactic support of the Biomedical Engineering Laboratory of Universidad Reformada.**

Roca Sarmiento Roberto Mario

<sup>a</sup>Septimo semestre , ingeniería biomédica-corporación universitaria reformada.

### **RESUMEN**

La presente investigación tiene como propósito diseñar y construir una mano robótica que permita a los estudiantes de ingeniería biomédica la comprensión del sistema biomecánico y anatómico de la mano humana, con el propósito de utilizar este prototipo como apoyo didáctico en el laboratorio de ingeniería biomédica de la universidad reformada. Como producto de esta investigación se construyó un prototipo de mano robótica capaz de ejecutar las acciones de abrir, cerrar y agarrar, controlado mediante interfases digitales programadas con el software Arduino. El prototipo final es manipulado mediante servomotores, y los eslabones de la mano fueron fabricados con madera, debido a la facilidad para adoptar la geometría deseada, y ensamblados con elementos de unión metálicos

**Palabras clave:** robótica, mano, anatomía, mecánica, electrónica.

### **ABSTRACT**

The present research aims to design and build a robotic hand that allows biomedical engineering students to understand the biomechanical and anatomical system of the human hand, with the purpose of using this prototype as didactic support in the biomedical engineering laboratory of the reformed university. As a product of this research, a prototype of a robotic hand capable of executing the actions of opening, closing and grasping was built, controlling it through digital interfaces programmed with the Arduino software. The final prototype is manipulated by servo motors, and the links of the hand were made of wood, due to the ease of adopting the desired geometry, and assembled with metal joining elements.

Keywords: robotics, hand, anatomy, mechanics, electronics.

## **1. Introducción**

En los antiguos sistemas de automatización de la industria manufacturera surgidos a la par del desarrollo mundial, se puede decir que hay diversas formas de diseñar y modelar los diversos dispositivos de trabajo al pasar el tiempo, se habla de los instrumentos autónomos que realizan las tareas repetitivas, pesadas o difíciles de realizar por el ser humano; en la actualidad ha surgido un nuevo nombre robots, que eran conocidos como autómatas, la robótica es considerada hoy como una rama de la ciencia que se ocupa del estudio, desarrollo y aplicaciones de los robots (Mendoza & Perez, 2008).

En este sentido, se plantea el desarrollo de una mano robótica como material didáctico, a través del cual los estudiantes de Ingeniería Biomédica podrán comprender de forma interactiva a las temáticas propias de la programación en Arduino. De esta manera se promueve la motivación de los estudiantes por el área de tecnología, mejorando las competencias de programación.

La robótica en la ingeniería actual es una de las ciencias más relevantes, debido al desarrollo de dispositivos autónomos y automatizados en la industria (Gutiérrez-Ríos, 2013). Por ello se muestra un gran interés en el campo educativo al momento de enseñar la robótica para la aplicación en el ejercicio profesional y por esta razón es necesario que desde la formación académica de pregrado los ingenieros se acerquen a la realidad de la programación desde la parte didáctica (Valdelamar-Zapata, 2016). La robótica educativa implica el desarrollo de prototipos reales, permitiendo la aplicación creativa del conocimiento de los estudiantes. El diseño de estos prototipos es importante en la enseñanza y comprensión del funcionamiento y comandos que hacen posible los movimientos en los dispositivos (Bravo-Sánchez, 2016).

El principal objetivo pedagógico de la mano robótica es el de permitir al estudiante interactuar con ella, identificando la funcionalidad de cada uno de sus componentes, a la vez que motiva al aprendizaje de los temas relacionados con programación. Desde el punto de vista técnico, el prototipo

deberá permitir la movilidad de los cinco dedos, emulando el cierre y apertura de las falanges, movimiento que es dado por el usuario a través de un guante (NIÑO, 2017).

La mano robótica se programa a través de Arduino, permitiendo la simulación del movimiento de los cinco dedos, controlada a través de un guante sensorial. Arduino, sistema para desarrollo con microcontroladores de bajo costo, es una plataforma de hardware y software libre, factible de ser usada en diversas aplicaciones, especialmente en las de adquisición y procesamiento de señales (GAUSIN, 2016).

A lo largo de la historia se han realizado múltiples investigaciones y desarrollos de prótesis de mano robótica, realizando un estudio a nivel global se pudo analizar la importancia que tiene estos tipos de prótesis brindado un gran beneficio a las personas con discapacidades, de aquí radica la importancia de su estudio.

Según Harvey, David y Longstaff es importante el desarrollo de un sistema biomecánico de tal forma que el estudio se orienta con fines de sustituir, en el cuerpo humano, a la mano en implantes de prótesis para lo cual incorpora a la mano mecánica un sistema sensorial que retroalimenta el sistema nervioso para proveer experiencias de percepción táctil. (Harvey & Longstaff, 2001).

### **“Estudio biomecánico de la mano durante el agarre de herramientas manuales: Datos antropométricos preliminares”**

La finalidad de este trabajo fue contrastar los datos obtenidos con los datos de estudios internacionalmente reconocidos y que usualmente se usan como referencia a la hora de analizar el trabajo con herramientas manuales ante la imposibilidad de contar con estudios propios. El trabajo incluyó análisis antropométricos, electromiográficos y dinamométricos de la mano en una población de 200 personas. En particular el trabajo abarcó el estudio antropométrico el análisis de las primeras 48 muestras recolectadas. (Guedez & MOSQUERA, 2004).

**INTERFAZ- ARDUINO:** es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o bien puede utilizarse para varios lenguajes. (ARDUINO, 2017)

**ROBOTICA:** La robótica es una rama interdisciplinaria de la ingeniería, que se desprende de las ingenierías mecánica, electrónica, eléctrica, teoría del control y de las ciencias de la computación. Estudia el análisis, diseño, manufactura y aplicación de máquinas automáticas con cierto grado de inteligencia, capaces de realizar tareas que pueden reemplazar las actividades de un ser humano (ZABALA, 2017)

**MECANICA:** Se llama mecánica a la rama de la física centrada en el movimiento y el equilibrio de los cuerpos que se encuentran bajo la influencia de una fuerza. Se trata, por lo tanto, del estudio del desplazamiento y el reposo de los objetos que están sometidos a fuerzas ( Pérez & Gardey. , 2019).

En la actualidad existe una problemática al momento de enseñar sobre el funcionamiento de las partes motrices del cuerpo humano por ello son necesarios métodos de estudio profundizados para el entendimiento del funcionamiento de la mecánica motriz del cuerpo humano y para el desarrollo de prótesis robótica. A partir de esto nace la necesidad de generar diseños que permitan la ayuda a personas que de una manera no natural han perdido algún miembro de su cuerpo poder recuperar el movimiento que le permitía este, todo esto mediante prótesis robóticas.

Es primordial que los estudiantes de ingeniería biomédica, mecatrónica, electrónica, mecánica y otras ramas interesadas en el estudio del funcionamiento y desarrollo de prótesis robóticas entienda como se realizan los diferentes movimientos de la mano humana a través de una herramienta didáctica.

Por todo lo anterior nace la siguiente pregunta problema:

¿Como desarrollar una mano robótica controlada por una interfaz programable con Arduino capaz de simular los movimientos de una mano humana?

El reemplazo por pérdida de miembros humanos por artefactos distintos a los naturales es una realidad. Con el tiempo los inventos en los campos de la robótica, en particular de la biónica, han proporcionado al ser humano extremidades complementarias que cada día se perfeccionan. El mayor inconveniente que tienen las personas con discapacidad son los desafíos sociales que puede afectar claramente su autoestima, son víctimas de discriminación, lo que afecta su vida laboral ya que no todas las empresas brindan la posibilidad de demostrar sus capacidades y su productividad en la sociedad.

Desarrollar un prototipo que sea capaz de simular los movimientos de la mano humana utilizando sistema Arduino

- Diseñar la interfaz que controle las funciones de abrir y cerrar la mano robótica.
- Construir la mecánica de la mano robótica, que permita efectuar movimientos semejantes a los realizados por una mano humana.
- Hacer el ensamble general del prototipo de la mano robótica.
- Realizar pruebas funcionales del prototipo.

Para la realización de este proyecto se aplicó un tipo de investigación de acción debido a que el investigador estuvo involucrado en la recolección de información, diseño del prototipo, interacción en el aula con los estudiantes de la facultad al igual que con el análisis de la información obtenida.

Como primera instancia se realizó una investigación en torno al contenido y la metodología que se enseña en el programa de ingeniería biomédica de la Corporación Universitaria Reformada de Barranquilla, también se estudio acerca de la cantidad horaria en la que los estudiantes se dedicaban a dichos contenidos y cómo era la aplicación de la teoría en el aula. Una vez obtenida la información,

Se elaboró un prototipo de mano robótica didáctica para el proyecto, luego de crear varias versiones se obtuvo como resultado el prototipo final.

### 7.1. Objetivo 1. Diseñar la interfaz que controle las funciones de abrir y cerrar la mano robótica.

Para el diseño de este proyecto se utilizó la plataforma programable Arduino del modelo Arduino uno r3 el cual vamos a asignarle un código de ejecución, para controlar la mano a través de mini servomotores. El primer paso es entender la función de cada uno de los mandos de la plataforma como se muestra en la siguiente figura 1 y la figura 2

Figura 1.

#### Tarjeta Arduino

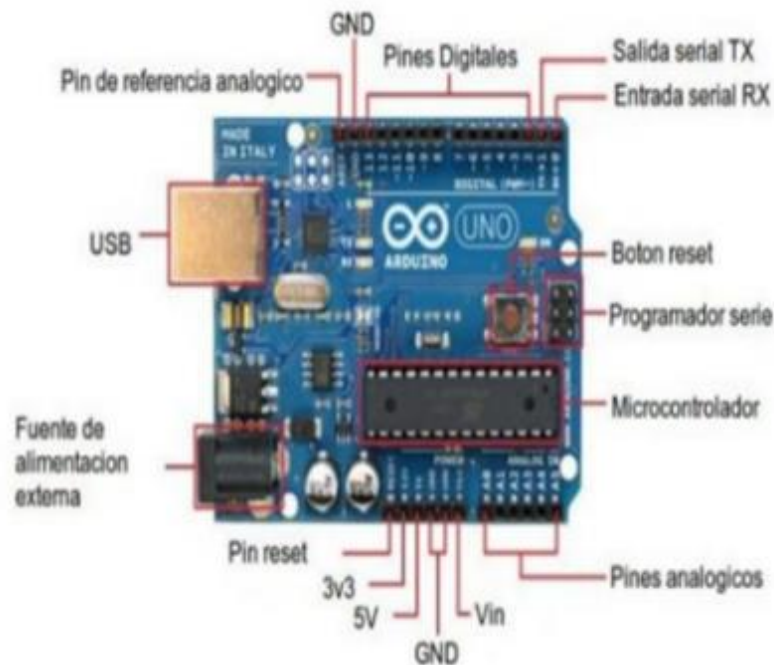
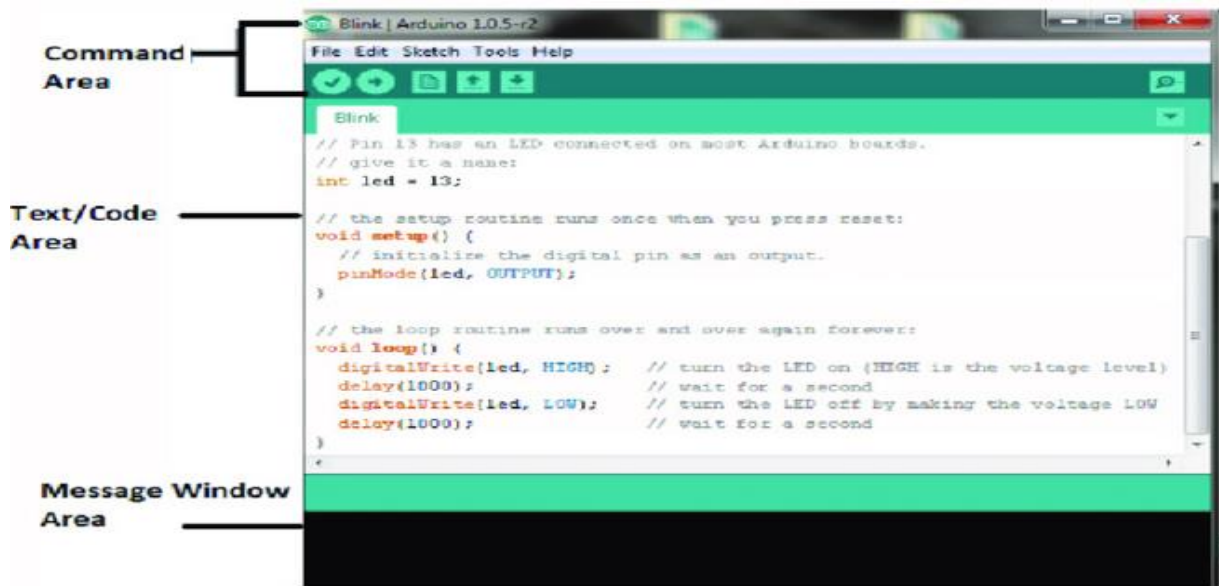


Figura 2.

## Interfaz Arduino

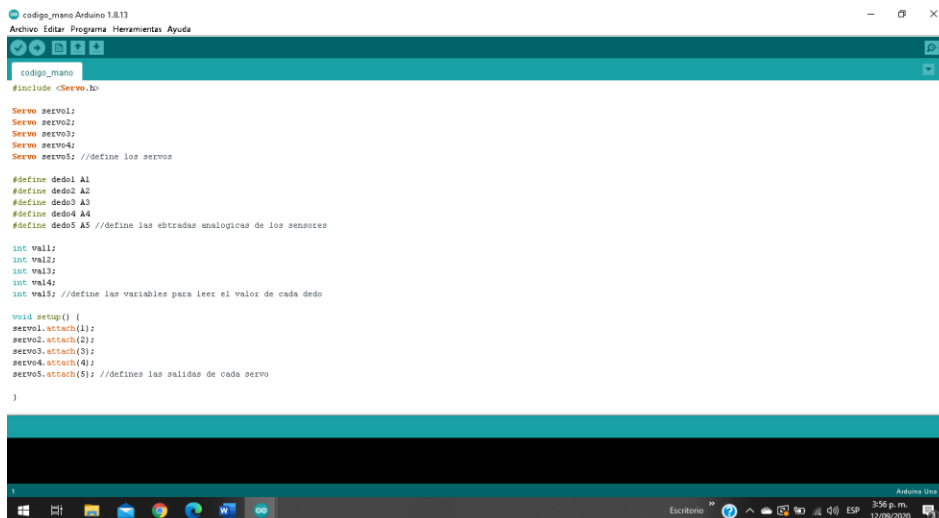
Fuente: (Abdullahi, 2014).



Una vez entendidos los comandos que deben ejecutarse en la plataforma se le asignaron los ángulos de movimiento a cada uno de los servomotores para el control individual de cada dedo de la mano robótica como se observa en la figura 3 y figura 4

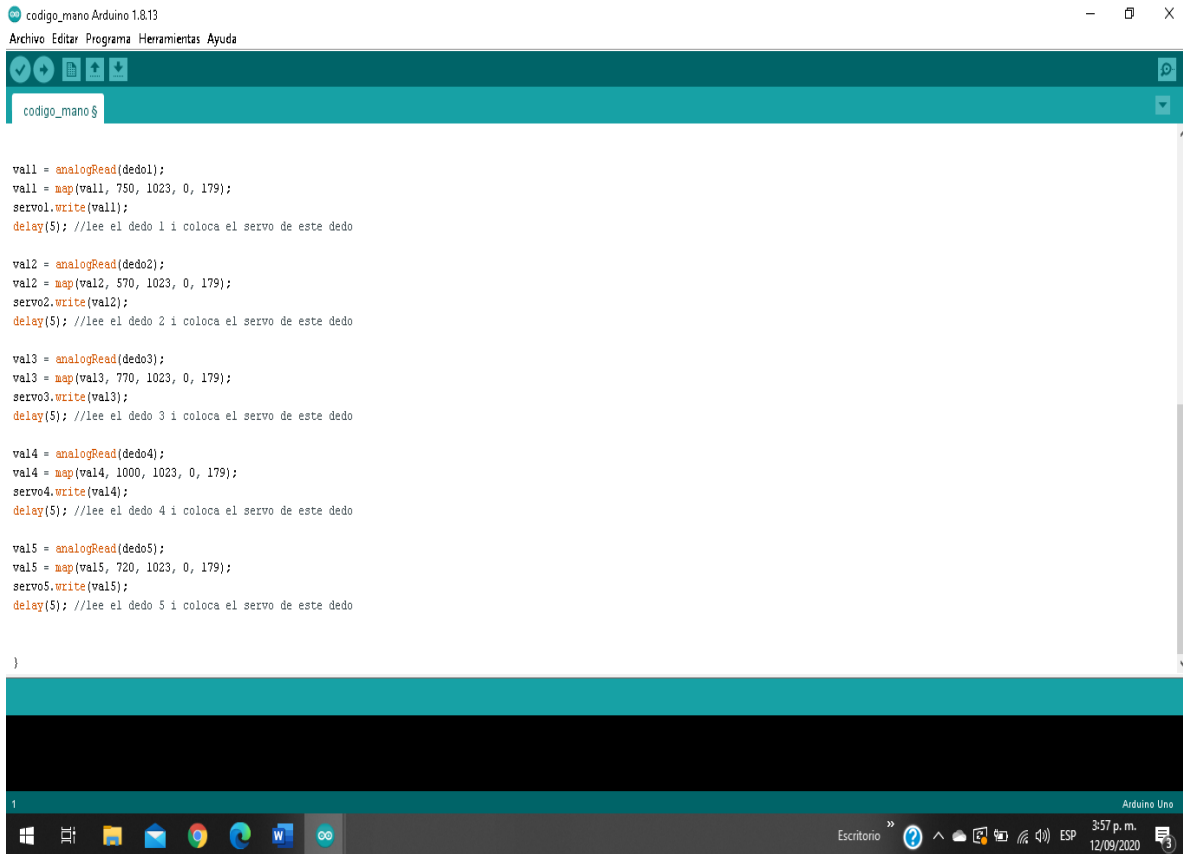
Figura 3

## Código Arduino



**Figura 4**

## Código Arduino



```
codigo_mano Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

codigo_mano $

val1 = analogRead(dedo1);
val1 = map(val1, 750, 1023, 0, 179);
servo1.write(val1);
delay(5); //lee el dedo 1 i coloca el servo de este dedo

val2 = analogRead(dedo2);
val2 = map(val2, 570, 1023, 0, 179);
servo2.write(val2);
delay(5); //lee el dedo 2 i coloca el servo de este dedo

val3 = analogRead(dedo3);
val3 = map(val3, 770, 1023, 0, 179);
servo3.write(val3);
delay(5); //lee el dedo 3 i coloca el servo de este dedo

val4 = analogRead(dedo4);
val4 = map(val4, 1000, 1023, 0, 179);
servo4.write(val4);
delay(5); //lee el dedo 4 i coloca el servo de este dedo

val5 = analogRead(dedo5);
val5 = map(val5, 720, 1023, 0, 179);
servo5.write(val5);
delay(5); //lee el dedo 5 i coloca el servo de este dedo

}
```

Una vez compilado el código y asignando cada uno de los mandos para cada servomotor se ejecutó el código a la tarjeta programable Arduino uno r3 y en el área de trabajo nos informará que el código se ha compilado de forma correcta. El siguiente paso será la conexión de la interfaz Arduino con cada uno de los servomotores asignados anteriormente.

### **7.2. Objetivo 2. Construir la mecánica de la mano robótica que permita efectuar movimientos semejantes a los realizados por una mano humana.**

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó primeramente un análisis de la anatomía de la mano figura 5 en donde se muestra su estructura ósea y las partes en las que se dividen los dedos y el nombre que recibe, todo esto con el fin de que nuestro prototipo sea lo más cercano a una mano real.

Figura. 5.

### Anatomía de la Mano



Falanges de los dedos

Fuente: dr. Carlos Azañero Inope

Los arcos en los que la mano se desplaza en la realización de algunos movimientos definen los grados en los que una articulación puede hacer un movimiento sin sufrir ninguna lesión. Por ello para el diseño de la mano robótica se deben analizar los ángulos de movimiento de la mano humana para que la programación de Arduino y la estructuración no sobrepasen estos arcos.

En las figuras 6, 7 y 8 se muestran los arcos que se forman normalmente en la muñeca, el pulgar y las falanges al realizar los movimientos de extensión y flexión.

Figura. 6.

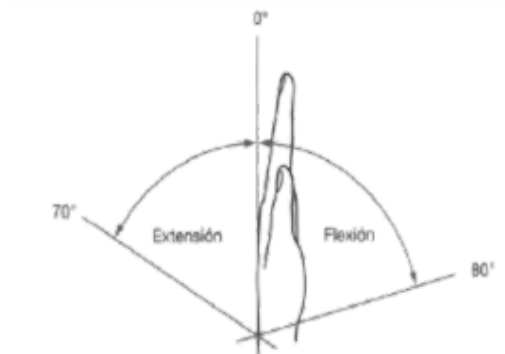


Flexión y extensión de las falanges distal y media

Fuente: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/614/61411404.pdf>

**Figura. 7.**

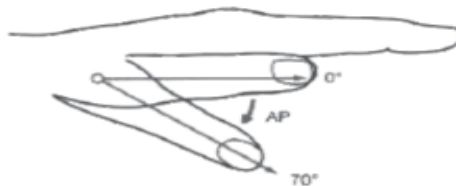
**Medición de la amplitud del movimiento de la muñeca**



Fuente: René Cailliet, Anatomía funcional biomecánica.

**Figura. 8.**

**Abducción del pulgar**



Abducción del pulgar

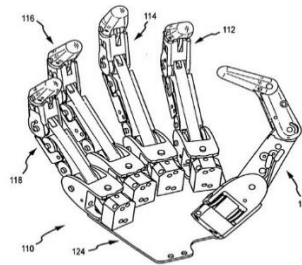
Fuente: René Cailliet, Anatomía funcional biomecánica.

Por todo lo anteriormente mencionado se determinó que para cumplir con las necesidades del prototipo teniendo en cuenta las características de la anatomía de la mano humana y los arcos que se

forman al realizar movimientos se definió el diseño de la figura 9 para la realización de nuestro proyecto.

**Figura 9.**

### **Diseño de mano robótica**



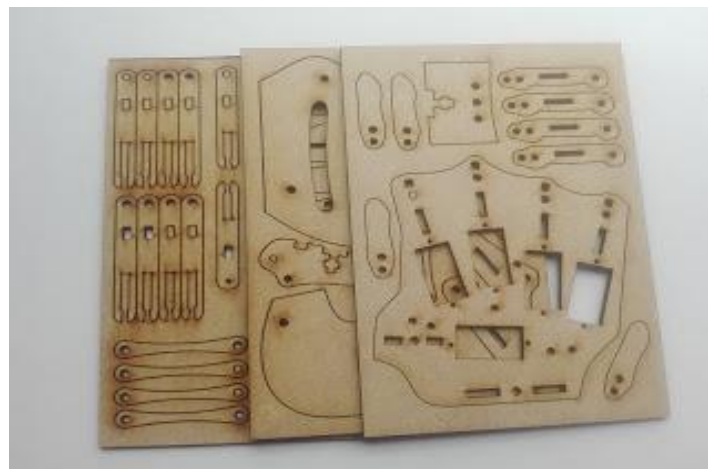
Fuente: [www.ipinimg.com](http://www.ipinimg.com)

Por último, planteamos el diseño pieza por pieza en una placa de madera (figura 10) las cuales posteriormente cortaremos para realizar el ensamble.

**Figura. 10.**

### **Mano robótica**

Fuente: Autores



### 7.3. Objetivo 3. Hacer el ensamble general del prototipo de la mano robótica

La mano robótica consta de 5 dedos accionados por 5 servomotores y la base, controlados mediante Arduino. La mano puede fácilmente adaptarse a un brazo robótico como también puedan armarse fácilmente en el salón de clases. Para la realización de nuestro ensamble se tomaron las piezas ya cortadas de la placa de madera empezando por las falanges y se ensamblaron con tornillos de 6mm en sus bordes como lo muestra la figura 11 y para la barra de movimiento con tornillos de 8 milímetros como lo muestra la figura 12.

**Figura. 11.**

#### **Diseño Dedo índice**

Fuente: Autores



Figura. 12.

### Diseño de dedo pulgar

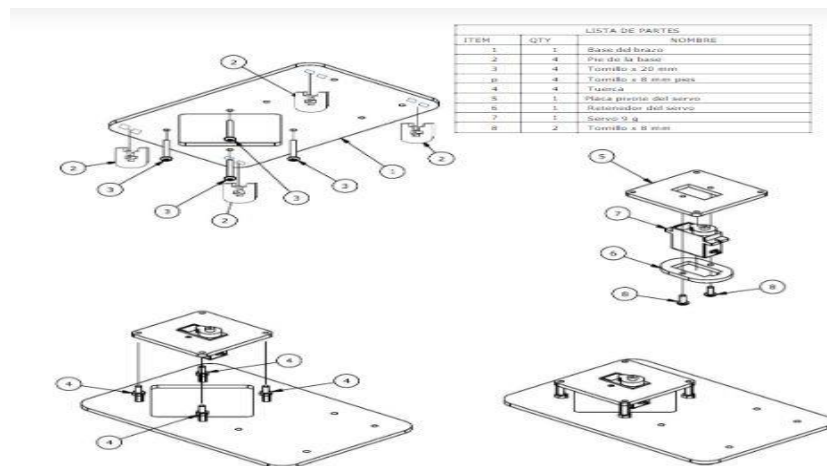


Fuente: Autores

Después se cortó la placa de madera dónde se encuentra la parte de la palma de la mano o base y se unieron sus partes utilizando tornillos de 20 mm (figura 13).

Figura. 13.

### Ubicación de componentes mecánicos



Fuente: Como armar tu mano robótica  
[https://youtu.be/rYyWho\\_8EXs](https://youtu.be/rYyWho_8EXs)

Luego de haber armado cada uno de los dedos soportamos con tornillos de 8 milímetros en la base ya armada (figura 14) y posteriormente agregando los servomotores que son los que le darán movimiento a nuestra mano en los espacios que dejamos en la base de la palma de la mano (Figura 15). Después atornillamos el asa de los servos con los tornillos de punta golosa a la base de los dedos para dar movimiento a las falanges (Figura 16).

**Figura. 14.**

### **Prototipo de mecánica de la mano**

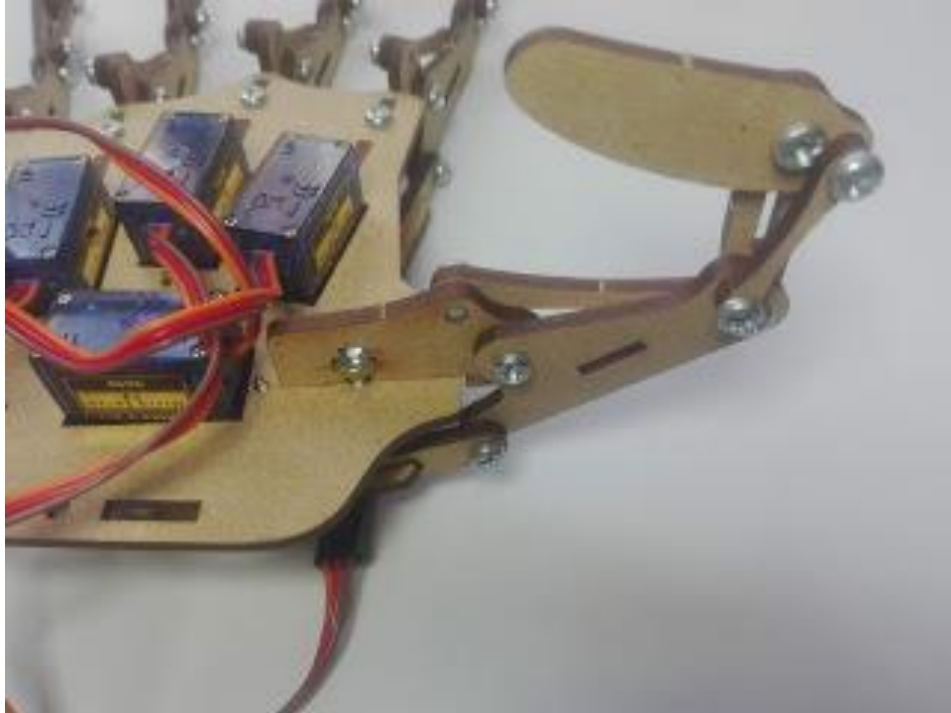
Fuente: Autores



**Figura. 15.**

**Configuración electrónica de mano robótica**

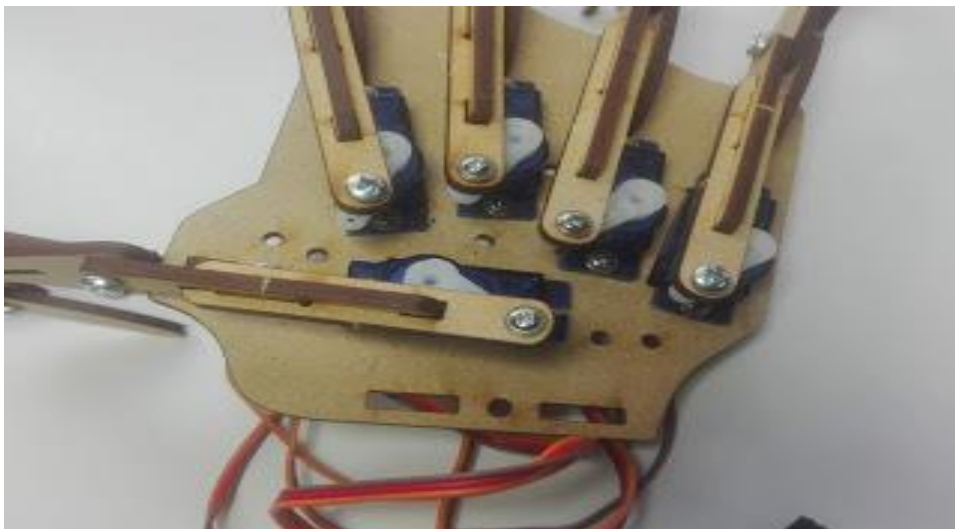
Fuente: Autores



**Figura. 16.**

**Instalación de servomotores**

Fuente: Autores

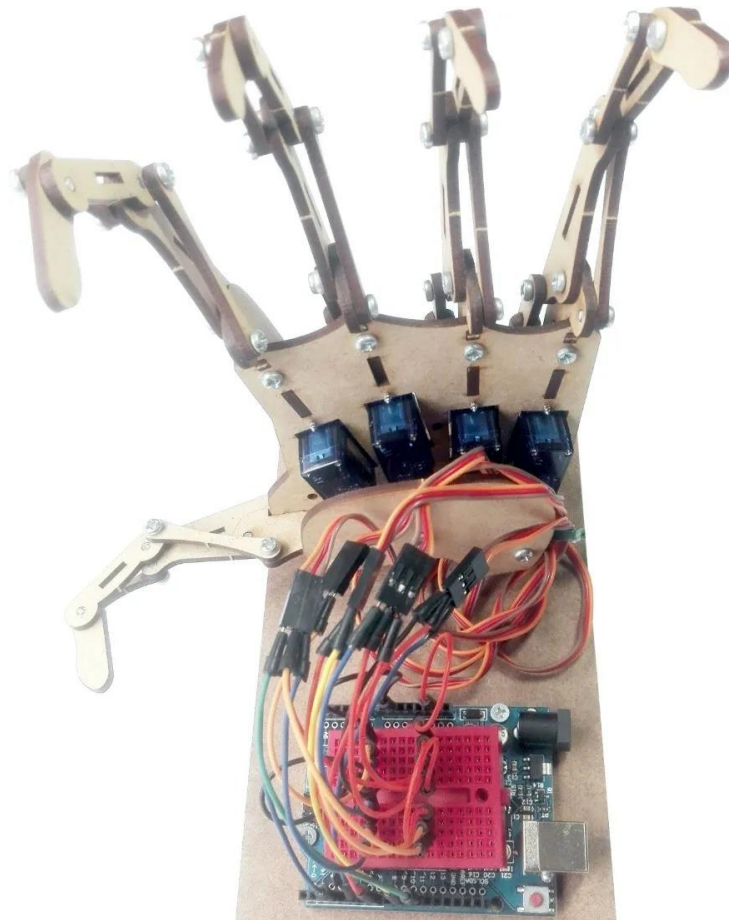


Por último, unimos la mano a una base de madera y conectamos los servos a la plataforma y realizamos pruebas funcionales de nuestro prototipo (Figura 17).

**Figura. 17.**

### **Mano robótica**

Fuente: Autores



## **8. Análisis de resultados**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se deduce que la programación, ensamble y diseño de la mano robótica cumplen con las expectativas del desarrollador al momento de realizar las pruebas funcionales, respondiendo a cada uno de los comandos y realizando las funciones que se le asignan al igual que cumple con su objetivo como herramienta pedagógica que permite a los estudiantes interactuar en ella y a su vez los incentiva a aprender los conceptos de programación y creación de prototipos.

### **Conclusiones**

En síntesis, podemos decir que el diseño de una mano robótica controlada por Arduino se asimila demasiado al de la mano humana en el movimiento de abrir y cerrar, y por tanto es una herramienta pedagógica que facilita el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería biomédica y otras ramas de la ingeniería sobre el desarrollo, programación y aplicación de conceptos para la producción de prótesis que asemejen las funciones de la mano humana.

Este conocimiento aplicativo previo, sobre programación, ensamble y funcionamiento de una mano robótica les da una ventaja a los estudiantes al momento de desempeñarse en el ámbito laboral.

## Referencias

- ARDUINO. (18 de Junio de 2017). Curso Iniciación 2017. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/curso-iniciacion-2017/>
- Bravo-Sánchez, F. A.-G. (2016). Revista de pedagogía. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2010/201024390007.pdf>
- Gausin, S. (2016). Blog spot cómputo integrado. Obtenido de <http://computointegrado.blogspot.com.co/2012/04/uso-de-flex-sensor-con-arduino.html>
- Guedez, V., & Mosquera, L. (2004). Estudio biomecánico de la mano durante el agarre. Obtenido de <http://cep.upc.es/publicaciones/orp2004>
- Gutiérrez-Ríos, J. M.-O.-C. (2013). <http://revistas.unipamplona.edu.co>. Obtenido de [http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/RCTA/article/view/299/362](http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/299/362)
- Harvey, D., & Longstaff, B. (2001). The development of a prosthetic arm. Obtenido de [www.mecheng.adelaide.edu.au/courses/undergrad/projects/level4papers200](http://www.mecheng.adelaide.edu.au/courses/undergrad/projects/level4papers200)
- kl, j. (2002). Antecedentes, <http://www3.uji.es/~sanzp/MyTesis/TESISC02.pdf>.
- Niño, M. (2017). <https://repositorio.uptc.edu.co>. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2257/1/TGT-417.pdf>
- Nuñez, P. (2015). <https://revistas.uptc.edu.co>. Obtenido de REVISTA UTP: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion\\_duitama/article/view/3716](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/3716)
- Pérez, J., & Gardey, A. (2019). Definición. de. Obtenido de <https://definicion.de/mecanica/>
- Sepúlveda Lozano, C. E. (2016). <http://www.metalactual.com>. Obtenido de [http://www.metalactual.com/revista/25/maquinaria\\_servo.pdf](http://www.metalactual.com/revista/25/maquinaria_servo.pdf)
- Valdelamar-Zapata, J. A.-C.-R.-R. (2016). Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 6. Obtenido de <http://doi.org/10.19053/20278306.3454>