

**UNIVERSIDAD BLAS PASCAL****21º Olimpiadas Nacionales de Informática, Electrónica y Telecomunicaciones**

Título: **Electronic Hand Prótesis**

Alumnos expositores:

- Negrete, Agustina  
DNI: 42.499.364  
4º Año Electrónica
- Achinelli, Agustín Ezequiel  
DNI: 43.263.019  
4º Año Electrónica
- Pfanner, Franz  
DNI: 42.499.448  
4º Año Electrónica

Docentes orientadores:

- Ulloa, Eduardo Alejandro  
DNI: 32.337.712
- Orué, Jorge Luis  
DNI: 32.337.646
- García, Diego Hernán  
DNI: 32.337.980

Docentes acompañantes:

- Muñoz, Pedro Rodrigo  
DNI: 35.567.305
- Ulloa, José Luis  
DNI: 32.337.712

Escuela: Industrial N°6 - ``X Brigada Aérea``

Provincia: Santa Cruz

Localidad: Güer Aike

Ciudad: Río Gallegos

Año: 2017

Fecha de inicio: 30/05/2017

Duración en semanas: 18 semanas

Esfuerzo en horas: 120 horas

Personas afectadas: 3 personas afectadas al proyecto en un promedio de 5 horas semanales

## Índice

<b>Contenidos</b>	<b>Pág.</b>
Objetivo del Proyecto.....	3
Especificaciones Técnicas/Resumen del Proyecto.....	3
Temática.....	3
Introducción.....	3
Etapas de desarrollo e investigación.....	5
Alcances y fundamentos sociales-geográficos del proyecto .....	5
Segmento destino / Destinatarios.....	5
Ámbito de incumbencia .....	5
Funcionalidades .....	5
Diagrama en bloque del sistema.....	6
Entradas.....	6
Salidas .....	6
Descripciones técnicas del proyecto.....	6
Esquemas/ circuitos eléctricos.....	6
Impresora 3D "HE3D E13.....	7
Especificaciones de impresión.....	8
Mediciones .....	9
Mediciones sobre los circuitos.....	9
Mediciones sobre la Arduino.....	9
Descripción general del prototipo logrado.....	10
Esquema de la Maqueta .....	10
Diagrama de flujo.....	11
Código fuente/Codificación.....	11
Costos de materiales y componentes.....	12
Beneficios.....	12
Conclusiones.....	12
Balance comparativo .....	12
Recomendaciones.....	12
Propuestas.....	13
Mejoras al trabajo .....	13
Bibliografía.....	14
Recursos de internet.....	14
Anexo 1 – Fotos de la etapa de construcción.....	15

## **Objetivo del Proyecto**

Crear una prótesis electrónica de bajo costo y ligera para el uso diario en personas con falta de extremidad superior.

## **Especificaciones Técnicas/Resumen del Proyecto**

La idea comenzó a desarrollarse a principios del 2017, en la Escuela Industrial N°6 de Río Gallegos, con el objetivo de desarrollar una prótesis para personas con falta de una extremidad superior.

Para esto se llevó a cabo la comparación de diferentes diseños de prótesis existentes en el mercado, con el fin de seleccionar la que mejor se adaptara a las necesidades de estas personas.

Además, se indagó sobre aquellos músculos que componen el antebrazo, ya que estos son fundamentales para el funcionamiento de dicha prótesis.

Se diseñó una prótesis económica y ligera, que permite al usuario sujetar diferentes objetos y, realizar sus tareas cotidianas con mayor comodidad.

## **Temática**

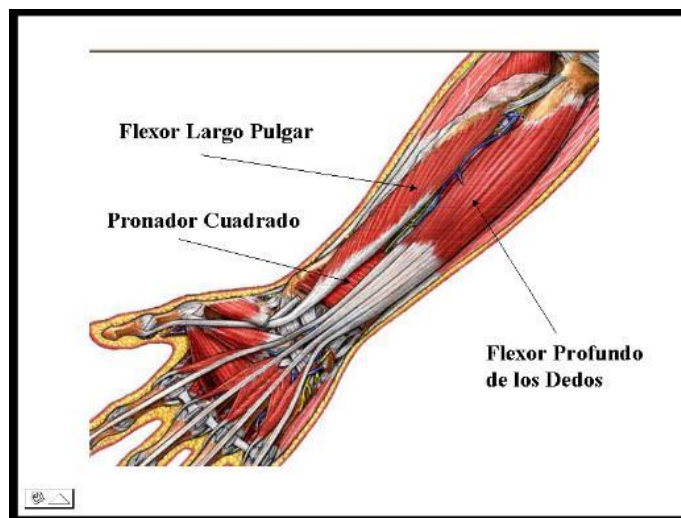
### **Introducción**

En términos generales, una prótesis es una extensión artificial que reemplaza una parte faltante del cuerpo. Las personas pueden perder todo o parte de un brazo por varias razones; entre las más comunes se encuentran: problemas de circulación, diabetes, lesiones, cáncer, defectos congénitos, síndrome de Amelia, entre otras.

Existen en la actualidad diferentes tipos de prótesis de mano con diversas prestaciones, desde las más sencillas que únicamente se utilizan como pinza para sujetar objetos hasta las más desarrolladas con funciones que permiten rotar las muñecas o transmitir sensaciones de frío y calor .

Las prótesis existentes en el mercado tienen un costo elevado y pocas personas pueden acceder a ellas.

Contracción del músculo:



**Figura 1 – Músculos del antebrazo**

El músculo flexor de los dedos, también llamado supinador largo, es el encargado de hacer que los dedos de las manos se estiren y se contraigan. ¿Cómo se realiza este proceso? Una vez que el cerebro envía, a través de neurotransmisores, una pequeña corriente eléctrica hacia el supinador, comienzan a realizarse procesos químicos en esta zona y él mismo se ve obligado a contraerse o extenderse. Estos impulsos pueden ser captados a través de un electro miógrafo.

En la siguiente tabla, pueden observarse las diferentes prótesis realizadas con impresora 3D:





IMAGEN	DESCRIPCIÓN	ORIGEN
	<p>Un estudiante en la facultad de Rosario, diseñó una mano robótica que funciona con batería recargable y sus dedos se pueden mover Independientes. Su costo es muy bajo en comparación con otros modelos, se construyó a base del material ABS con impresora 3D y su batería tiene una autonomía de 6 horas aproximadamente.</p> <p>Funciona con micro motores y señales bioeléctricas.</p> <p>Sus pruebas con un chico de 7 años fueron exitosas.</p>	Argentina - Rosario
	<p>El proyecto se realizó con impresión 3D, se diseñó con la finalidad de ayudar a niños con falta de extremidades y con una clase social baja. Desean compartir gratuitamente el diseño en páginas web.</p>	España - Madrid
	<p>Diseño 3D con código abierto y costos muy bajos. Cuenta con motores eléctricos y cables de acero, piezas de plástico con recubrimiento de caucho. La prótesis utiliza electrodos adhesivos para las señales electromiografías. Por menos de 1000 dólares incluye batería, cargador, tarjeta EMG y 100 electrodos.</p>	Inglaterra
	<p>Prótesis con impresora 3D con la finalidad de extender su proyecto a nivel mundial. La prótesis es muy económica y sustentable. El diseñador busca crear una base de datos mundial que le permita identificar personas que necesiten alrededor del mundo, para permitirles acceder a ella de manera gratuita.</p>	Argentina Buenos Aires

Tabla 1 – Antecedentes del proyecto.

### Etapas de desarrollo e investigación

Las etapas de investigación fueron las siguientes:

#### 1° Etapa:

En esta etapa, se llevó a cabo la investigación de los diferentes productos existentes. Se evaluaron las ventajas y desventajas de cada producto para tomarlas en consideración en la realización de nuestro proyecto.

#### 2° Etapa:

Se realizó el diseño de la maqueta a partir de las diferentes prótesis existentes en el mercado.

#### 3° Etapa:

Se plantearon diferentes croquis iniciales del modelo, para definir la mejor disposición de los materiales. Se seleccionaron los materiales para la construcción de la maqueta, y también se definió el funcionamiento del prototipo y las características de impresión.

#### 4° Etapa:

Se determinó el funcionamiento del prototipo, y sobre esta base, se realizó el análisis del sistema, codificación y simulación del mismo, para eliminar problemas o errores de programación.

#### 5° Etapa:

Se realizó el montaje del sensor en una protoboard, verificando las condiciones de funcionamiento del mismo, realizando las mediciones y correcciones necesarias.

#### 6° Etapa:

Se ensambló el prototipo, se verificó el funcionamiento del sistema, realizando la puesta a punto del mismo y depuraciones necesarias, controlando seguridad y calidad del mismo.

### **Alcances y fundamentos sociales-geográficos del proyecto**

Esta prótesis está diseñada con la finalidad de reducir el costo en comparación con las existentes y para ayudar a personas con falta de alguna de sus extremidades superiores en sus tareas diarias.

### **Segmento destino / Destinatarios**

La prótesis puede adaptarse a adultos y niños que presenten la falta de alguna de sus extremidades superiores, permitiendo que puedan levantar objetos o realizar trabajos que requieran utilización de los dedos.

### **Ámbito de incumbencia**

El prototipo se desarrolla en la ciudad de Río Gallegos, en las instalaciones del colegio Industrial N°6, con un ámbito de aplicación a nivel global, abracando a los usuarios directos.

### **Funcionalidades**

El sistema se inicia luego de accionar el interruptor de encendido. Posteriormente, una vez que el usuario tenga colocados los electrodos en las correctas posiciones de los músculos, el sistema comienza a sensar, tomando mediciones eléctricas del músculo. Si los valores obtenidos superan un determinado valor, se procederá con el movimiento de un servomotor que contraerá los dedos de la prótesis cerrando la mano. Al obtener un valor diferente que sobrepase el límite especificado, se moverá nuevamente el servomotor para la apertura de la mano.

Diagrama en bloque del sistema

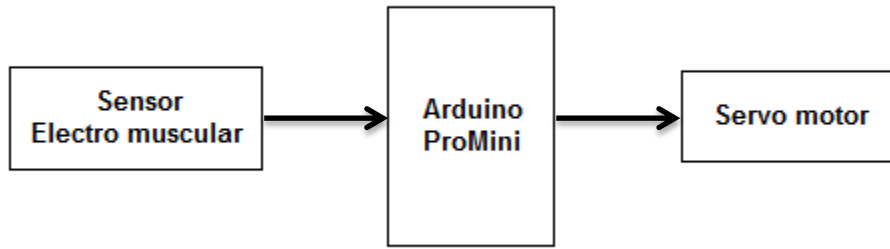


Figura 2 – Diagrama de bloques EHP

Entradas:

Sensor Electro muscular: Capta la señal del músculo del brazo.

Salidas:

Servo motor: Dependiendo de la señal que reciba, se posicionará en diferentes grados.

**Descripciones técnicas del proyecto**

Esquemas/ circuitos eléctricos

En el esquema 1 se aprecia el circuito eléctrico utilizado para poder anexas todos los módulos en una sola placa. En la misma, utilizaremos los reguladores de tensión 7805 (tensión positiva) y 7905 (tensión negativa) para controlar las tensiones de alimentación de la placa arduino y el módulo de sensor electro muscular.

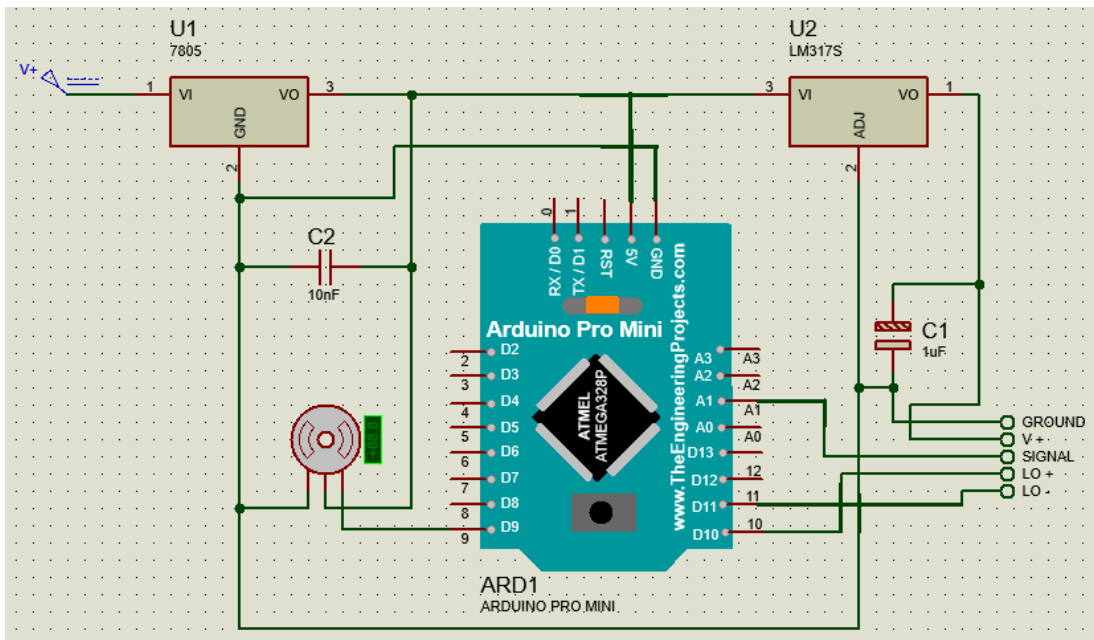


Figura – Diagrama eléctrico del circuito

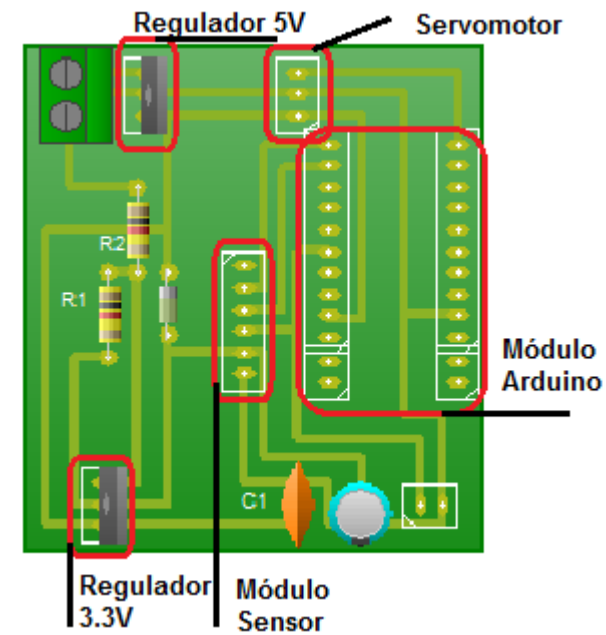


Figura – Diseño en PCB

### Impresora 3D "HE3D EI3"

Es una máquina capaz de realizar réplicas en 3D. Esta impresora se caracteriza, especialmente, por tener partes montables y desmontables



Figura 8 – Impresora 3D modelo HE3D EI3

### Especificaciones de impresión

Imagen	Descripción	Tiempo de impresión	Material utilizado	Cantidad de material utilizado
	Uniones de las falanges de los dedos	5hs 24 min	Fila Flex (filamento flexible)	13 Gramos
	Muñeca de la prótesis	3hs 54min	PLA Grillon	49 Gramos
	Palma de la prótesis	10hs 10min	PLA Grillon	155 Gramos
	Antebrazo de la prótesis	7hs 46min	PLA Grillon	94 Gramos
	Dedos de la prótesis	7hs 52min	PLA Grillon	102 Gramos



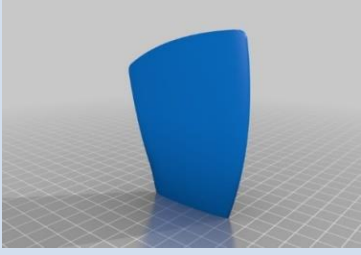
	Tapa de la parte superior de la mano	1hs 52min	PLA Grillon	25 Gramos
---	--------------------------------------	-----------	-------------	-----------

Tabla 2 – Especificaciones de impresiones de piezas

MedicionesMediciones sobre los circuitos

A continuación, se presentan tablas y explicaciones de las mismas, que se desprenden de las mediciones tomadas sobre el hardware instalado en la prótesis, en las salidas y entradas de la placa Arduino y en las placas anexas.

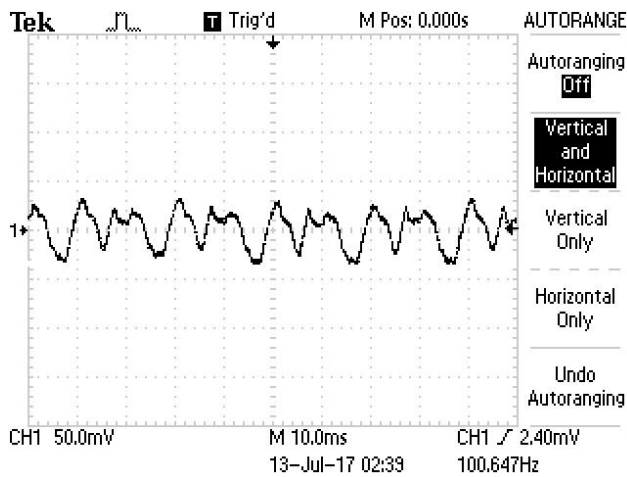
Mediciones sobre la placa Arduino

En la tabla 3, se presenta información sobre el hardware conectado en los puertos de entrada y en los puertos de salida de la placa arduino, donde se puede observar que los valores de los sensores pueden oscilar desde los 0 a los +5V.

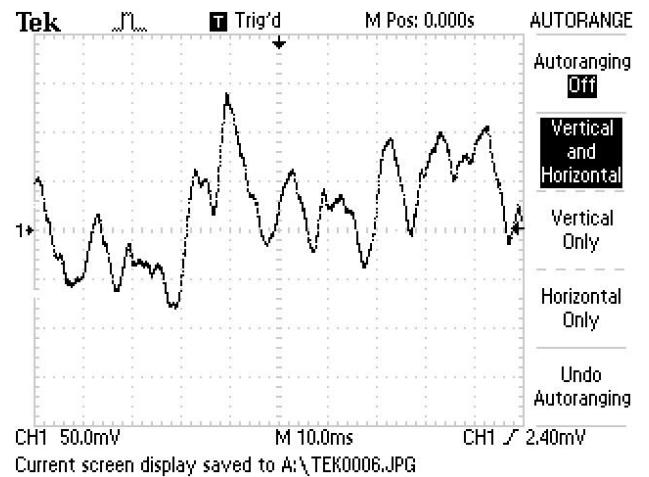
Puerto	Hardware conectado	Entrada	Salida	Sin uso	Medición
TX0	---			X	
RX1	---			X	
RST	---			X	
GND	Masa				0V
2	---			X	
3	---			X	
4	---			X	
5	---			X	
6	---			X	
7	---			X	
8	---			X	
8	---			X	
9	Servomotor		X		0 a 5V
10	LO +	X			0V
11	LO -	X			0V
12	---			X	
13	---			X	
A0	---			X	
A1	Sensor1	X			0 a +5V
A2	---			X	
A3	---			X	

A4	---			X	
A5	---			X	
A6	---			X	
A7	---			X	
VCC	Fuente de alimentación	X			5V
RST	---			X	
GND	---			X	
RAW	---			X	

Tabla 3 – Mediciones sobre el módulo Arduino



Medición 1 – Mano abierta



Medición 2 – Mano contraída

**Descripción general del prototipo logrado**

Esquema de la Maqueta

En la siguiente figura, se presenta diseño del prototipo trabajado, y, además, se indican referencias para poder apreciar la disposición del hardware.

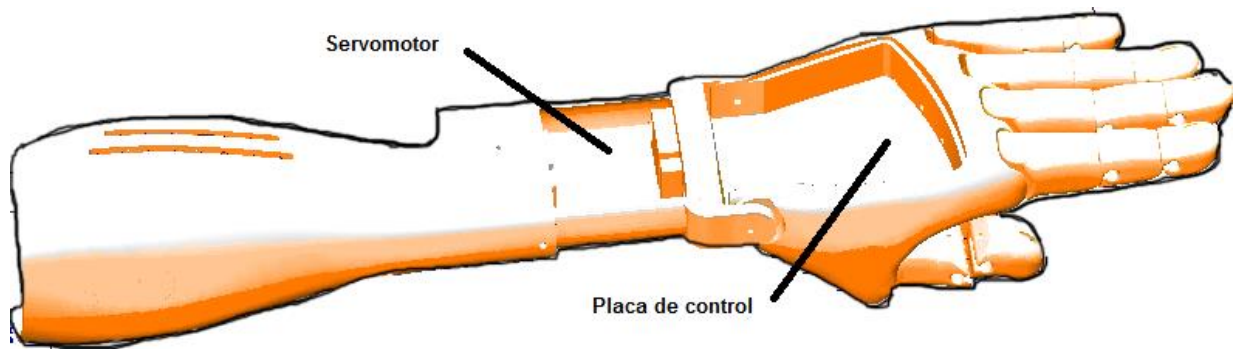


Figura 2 – Diseño de la prótesis en 3D

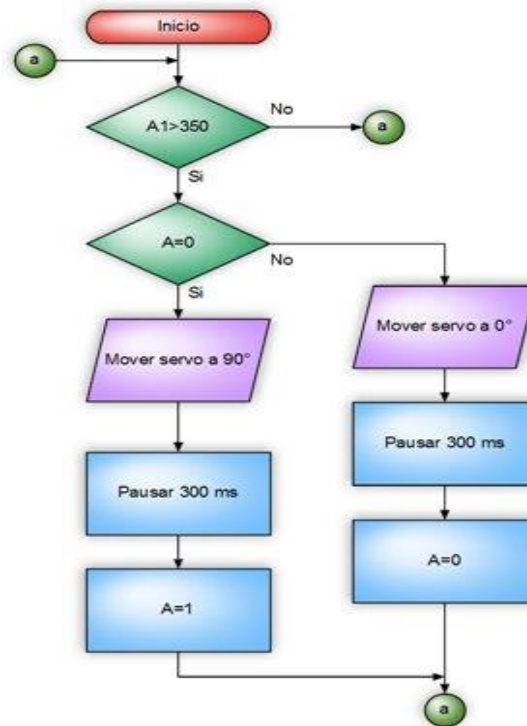
Diagrama de flujo

Figura 1 – Diagrama de flujo del sistema

Código fuente/Codificación

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo dedos;
int analogpin = 1;
int val = 0;
```

```
void setup() {
  // initialize the serial communication:
  Serial.begin(19200);
  pinMode(10, INPUT); // Setup for leads off detection LO +
  pinMode(11, INPUT); // Setup for leads off detection LO -
  //pinMode (9, OUTPUT);
  dedos.attach(9);
}
```

```
void loop() {

  val = analogRead (analogpin);
  // val=map(val,0,1023,0,100);
  Serial.println(val);
  delay(50);
```

```
if (val>350) {

  //digitalWrite (9,HIGH);
  dedos.write (90);
  delay(200);
  //digitalWrite (9, LOW);
  dedos.write (0);
  delay (200);
}
```

}

### Costos de materiales y componentes

A continuación, en la tabla 2, se exponen los costos de la realización del dispositivo creado para controlar la prótesis.

MATERIAL/COMPONENTE	PRECIO UNITARIO (en pesos)
PLA	\$406,98
Arduino Pro Mini	\$75
Sensor muscular	\$1198
Servomotor 3,2Kg	\$146,95
Bobina de hilo de nylon 100gr	\$50
Placa de pertinax	\$22
Acido percloruro férrico	\$30
Lana de acero	\$7
Regulador de tensión LM7805	\$32
Broca de 1mm	\$45
Lija 360	\$28
Regulador de tensión LM7905	\$11
Electrodos	\$210
Estaño	\$50
Pin sil	\$80
Conectores de batería	\$60
TOTAL	\$2471,93

Tabla – Costos totales del proyecto

### Beneficios

- Aporta comodidad y adaptabilidad a la persona afectada.
- Permite que el individuo pueda sujetar una gran diversidad de objetos.
- Facil adaptamiento para cualquier tipo de amputaciones de extremidad superior.
- Sistema con gran diversidad de aplicaciones.

### Conclusiones

#### Balace comparativo

Al comparar el prototipo realizado con respecto a lo que se propuso en un principio, teniendo en cuenta el tiempo y capital invertido en el mismo, junto con los alcances y destinatarios pensados para el proyecto, se puede concluir que se ha cumplido con el objetivo planteado.

#### Recomendaciones

Evaluando el prototipo final que se logró, se pueden establecer una serie de recomendaciones para mejorar el mismo:

- 1- Aumentar la duración de la batería.
- 2- Crear algun diseño que posea superficie antideslizante para poder sujetar una mayor diversidad de objetos.
- 3- Aumentar la sensibilidad de la lectura de los musculos asi poder tener una mejor movilidad de los dedos.
- 4- Lograr el movimiento individual de los dedos.
- 5- Disminuir el tamaño de los circuitos electronicos.
- 6- Facilitar la carga de la batería.
- 7- Producir la movilidad de la muñeca.

### Propuestas

Seguidamente se provee una serie de propuestas para las recomendaciones antes mencionadas, coincidiendo la propuesta N°1 con la recomendación N°1, y así sucesivamente:

- 1- Cambiar la batería por una de mayor capacidad.
- 2- Adherir a la estructura de la mano material antideslizante.
- 3- Intercambiar los electrodos descartables por algunos que posean mayor precisión para la lectura de las señales EMG.
- 4- Disponer de un sensor muscular de 5 canales uno para la movilidad de cada dedo.
- 5- Utilizar circuitos utilizando tecnología SMD.
- 6- Crear alguna ranura para la carga del dispositivo sin la necesidad de tener que abrir el dispositivo.
- 7- Producir un diseño que de forma mecánica/electrónica genera la movilidad de la muñeca al cerrar la mano.

### Mejoras al trabajo

A continuación planteamos una serie de mejoras que proponemos para implementar a futuro con el fin de mejorar la calidad y nivel de complejidad del dispositivo, es decir, dotarlo de más funciones que logren mayor seguridad para el individuo que lo requiera:

- Agregar un interruptor de emergencia para que el sistema interrumpa su funcionamiento en caso de un error.
- Implementar un led que indique que el dispositivo está funcionando.
- Implementar un display que ilustre los diferentes tipos de errores que puedan surgir al implementar la prótesis.
- Crear una plataforma web que indique las correctas posiciones de los electrodos.
- Utilizar un material para la impresión 3D que sea más ergonómico para el usuario.

## **Bibliografía**

- AGUILAR Luis Joyanes. *Fundamentos de programación*. España. Ed. McGraw-Hill. 1988.
- AGUILAR Luis Joyanes. *Metodología de la programación*. España. Ed. McGraw-Hill. 1991.
- MALVINO, Albert Paul. *Principios de Electrónica*. España. Ed. McGraw- Hill.1999.
- VASALLO Francisco Luis. *Enciclopedia del Técnico en Electrónica*. España. Ed. Ediciones CEAC. 2002.
- VIEJO Cecilio Blanco. *Fundamentos De Electrónica Digital*. España. Ed. Paraninfo. 2001.
- YOUNG - DOUGLAS Jhon. *Diccionario Enciclo Pédico de Electrónica*. España. Ed. Ediciones CEAC. 1992.

## **Recursos de Internet:**

<https://medlineplus.gov/spanish/limbloss.html>

[INTRODUCCION A PERDIDAS DE EXTRAMIDADES](#)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Amelia\\_\(malformaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Amelia_(malformaci%C3%B3n))

[AMELIA](#)

<https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/birthdefects/ul-limbredutiondefects.html>

[CAUSAS DE REDUCCION DE EXTREMIDADES](#)

<http://www.telam.com.ar/notas/201606/149788-robotica-protesis-estudiante-ingenieria-rosario.html>

[PABLO POZZI EJEMPLO 1](#)

<https://fablabmadridceu.com/2016/05/17/fabricacion-de-protesis-para-ninos/>

[FAB LAB EJEMPLO 2](#)

<https://www.unocero.com/2013/09/10/mano-robotica-a-partir-de-impresora-3d/>

[DEXTRUS EJEMPLO 3](#)

[Materiales para la impresión 3d](#)

<https://impresoras3d.com/blogs/noticias/108879559-la-guia-definitiva-sobre-los-distintos-filamentos-para-impresoras-3d>

[Tutorial para una prótesis](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=RJNDjnWV8Eo>

[Datos de prótesis'](#)

<https://www.thingiverse.com/thing:1691704/apps/#apps>

[Open Bionics](#)

<https://www.fayerwayer.com/2015/01/openbionics-mano-ortopedica-impresa-3d/>

[Datos de musculación](#)

<https://basicosdelamusculacion.wordpress.com/2014/01/28/la-contraccion-muscular-generacion-del-impulso-electrico-2/>

Anexo 1 – Fotos de la etapa de construccion

