



# **UNIVERSIDAD ESPECIALIZADA DE LAS AMÉRICAS**

Facultad de Biociencias y Salud Pública

Escuela de Biociencia

Trabajo de Grado para optar por el Título de Licenciada  
en  
Ingeniería Biomédica con Especialización en Electrónica Médica

Tesis

Diseño y adaptación Interprete de la Lengua de Señas - Myo

Presentado por:

Itza Mabel González Dunkley 8-879-1751

Asesor:

Dr. Bernardino Almanza

Panamá, 2018

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por dejarme culminar esta etapa de mi vida llamada universidad.

A mis padres, hermanos y familiares que estuvieron conmigo desde el inicio y me brindaron su apoyo incondicional, para llegar a alcanzar mi triunfo profesional. La dedicación y esfuerzo que me dieron para lograr una formación académica, profesional y llevando a Dios por sobre todas las cosas.

Gracias a mi profesor de asesoría que estuvo desde el inicio hasta el final, aportando ideas y mejoras al proyecto.

*“A todos aquellos que me dieron su apoyo y amor incondicional, gracias”*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo poderoso por permitirme culminar esta etapa de mi vida, la cual me reconforta y me llena de mucha satisfacción. Por ser mi fuerza y sustento al no dejarme caer y levantarme cuando los momentos se me hacían difíciles y creía que no podría no lo lograría.

A mi Madre, Itza Mabel Dunkley, por ser mi mayor pilar y ejemplo a seguir, por brindarme tu cálido amor, comprensión y estar conmigo en las buenas y malas. Ese apoyo de madre que es incondicional y que nunca acaba.

A mi padre, Nil González, por apoyarme en mi crecimiento profesional.

A mis hermanos, que más que hermanos son como mis padres dándome el ánimo, motivación y alguno que otros llamados de atención. Haciéndome ver que no sería fácil pero no imposible y así lograr culminar con mis estudios y ser una gran profesional.

A mis abuelos que hoy no están conmigo presentes, los llevo en mi corazón y mente eternamente. Su incondicional en vida para darme las herramientas y ayudas cuando así lo necesitaba.

A mis abuelas que están conmigo, especialmente a mi abuela Mercedes, por todo lo que nos has dado a mis hermanos y a mí.

A mis profesores, porque fueron un gran apoyo cuando se emprendió este proceso y me ayudaron a comprender cada parte por realizar. Que todo no fue perfecto pero me dieron el aliento a seguir. Una mención especial para los profesores Bernardino Almanza y Biseth Araúz, quienes estuvieron pendientes en cada avance de la realización de este proyecto.

A mis compañeros de la vida universitaria Amaris Gómez, Junier Domínguez y Manuel Cortez. A mi amigo de infancia Gil Castillo.

## RESUMEN

### Diseño y adaptación Interprete de la Lengua de Señas - Myo

El enfoque del proyecto es adaptar una tecnología de captación de señales electromiográficas, como lo es el Brazalete **Myo**. Permitiendo que este reconozca los gestos, al ejecutar los movimientos de 5 letras establecidas del alfabeto de la lengua de señas panameña. Creando un nuevo método de comunicación para las personas sordas y el resto de la sociedad oyente. Con la proyección de que la comunicación sea bilateral y accesible tanto a niños, jóvenes y adultos.

Impartiendo en la captación de las señales electromiográficas, tiempo de reacción, combinación de movimientos y coordinación, basado en las tecnologías utilizadas y la técnica de ejecución de la lengua de señas.

El prototipo se conformó de un Brazalete electromiográfico, **Myo**, Arduino Nano Uno y un módulo Bluetooth para captar las señales y procesarlas, mientras el usuario ejecuta los movimientos.

El prototipo fue diseñado con un software CAD (Computer-Aided Design), simuladores electrónicos y programación en lenguaje C++ y Java.

Lo anterior da como resultado un prototipo electrónico adaptado a captar los gestos emitidos por el usuario al ejecutar las letras A, F, G, J y T., de la lengua de señas panameña y posteriormente mostrar la letra en la pantalla de la PC.

**Palabras claves:** Sordera, señales electromiográficas, tiempo de reacción, lengua de señas, coordinación.

## **ABSTRACT**

### **Design and adaptation Interpreter of the Sign Language – Myo**

The Project focus is to adapt technology for capturing electromyographic signals, such as the Myo Bracelet, the bracelet will recognize gestures and the 5 movements established letters of the Panamanian alphabet sign language. Creating a new communication method for deaf people and the rest of the hearing society.

The main goal of the project is a bilateral and accessible communication between children, youth and adults.

The bracelet would be capable of understand electromyographic signals, time reaction and hand movement coordination based on technologies that can recognize sign language.

The prototype was made up of an electromyographic armband, Myo, Arduino Nano Uno and a Bluetooth module to capture the signals and process them, while the user executes the movements.

The prototype was designed with software CAD (Computer-Aided Design), electronic simulators and programming in C ++ and Java language.

The above results in an electronic prototype adapted to capture the gestures emitted by the user when executing the letters A, F, G, J and T., of the Panamanian sign language and then display the letter on the PC screen.

**Key words:** Deafness, electromyographic signals, reaction time, sign language, coordination.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
1.1 Planteamiento del Problema .....	12
1.2 Problema de Investigación.....	14
1.3 Justificación .....	15
1.4 Objetivo .....	16
1.4.1 Objetivo General .....	16
1.4.2 Objetivos Específicos.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO .....	18
2.1 Discapacidad Auditiva .....	18
2.2 Consecuencias Sociales de las personas Sordas .....	19
2.3 Sistemas creados para la comunicación de personas sordas .....	20
2.4 Conceptos anatómicos .....	21
2.4.1 Antebrazo.....	21
2.4.2 Mecanismo de la Contracción Muscular .....	22
2.4.3 Antecedentes de la actividad eléctrica de los Músculos .....	23
2.4.4 Registro de la actividad Eléctrica de los músculos .....	24
2.4.4.2 Electromiografía (EMG) .....	24
2.4.4.3 Medición de la señales Electromiográficas (EMG) .....	24
2.4.5 Técnica de Electromiografía Superficial (sEMG) .....	25
2.5 Brazaletes MYOware.....	26
CAPÍTULO III.....	18
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	28
Fase I: Elaboración de especificaciones .....	28
3 Escenario .....	28
3.1.1 Población .....	28
3.1.2 Especificaciones del Equipo .....	28

3.1.2.2	Sensor Myoware.....	29
3.1.2.2.1	Brazalete Myo .....	29
3.1.3	Prueba con el Sensor Myoware.....	30
3.1.4	Prueba con el Brazalete Myo.....	31
3.1.5	Características finales que debe tener el equipo para un correcto funcionamiento:.....	32
Fase II:	Diseño Conceptual .....	33
3.2	Descripción de comunicación entre el Brazalete Myo y el Microcontrolador Arduino Nano.....	34
3.2.1	Brazalete Myo Armband .....	34
3.2.2	Módulo Bluetooth HM-11 .....	36
3.2.3	Microcontrolador Arduino Nano .....	37
3.2.4	Equipos.....	39
3.2.5	Variables.....	40
3.2.6	Retos tecnológicos.....	42
Fase III:	Diseño preliminar.....	43
3.3	Circuito Electrónico del equipo .....	43
3.3.1	Configuración del Arduino Uno .....	43
3.3.2	Instrumentos y/o técnicas de recolección de datos.....	43
3.3.3	Encuesta.....	44
Fase IV:	Diseño de detalles.....	44
3.4	Descripción del diseño del Prototipo.....	44
3.4.1	Procedimiento realizado para la comunicación entre Brazalete Myo y el Microcontrolador Arduino Uno .....	45
3.4.1.2	Descarga del Firmware al Módulo HM-11 .....	45
3.4.1.3	Adaptación del brazalete Myo para el reconocimiento de los movimientos .....	48
3.4.2	Diseño de Interfaz de visualización de las letras .....	50
3.4.3	Diseño de carcasa para Microncontrolador mediante Software CAD	53
CAPITULO IV:	ANALISIS DE RESULTADOS .....	56
4.1	Pruebas – Formas de Ejecución de la Lengua de Señas Panameña....	56
4.1.2	Seña de la Letra A.....	57

4.1.3	Seña de la Letra F .....	58
4.1.4	Seña de la Letra G.....	58
4.1.5	Seña de la Letra J.....	59
4.1.6	Seña de la letra T.....	60
4.2	Análisis Económico.....	60
4.3	Análisis y Discusión de los resultados de la encuesta.....	61
CONCLUSIONES.....		78
RECOMENDACIONES.....		80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		82
ANEXOS.....		85



## INTRODUCCIÓN

Obtener tecnologías capacitadas para innovar y crear nuevos fundamentos en la modernización de los procesos del diario vivir o herramientas de trabajo, para las personas, hoy día se puede encontrar. Investigar y desarrollar algo nuevo es la base fundamental en este siglo XXI, brindando solucionar problemas y necesidades en el área escolar, laboral o social. Incorporando en su totalidad las redes inalámbricas, para transmitir, aún más rápido y eficaz la información.

Estas tecnologías se unen y ofrecen servicios y productos específicos, dependiendo de las necesidades del usuario, incluyendo al área de la salud. Esta área se está reforzando en herramientas para diagnósticos y tratamientos, pero también en adaptar las nuevas tecnologías como herramientas que contribuyan a una mejor calidad de vida. Para atender cada una de las patologías, deficiencias o alteraciones físicas de una persona.

Contar con Discapacidad Auditiva, es una de las deficiencias que cuenta el sistema auditivo de captación y percepción de los sonidos aun estando en los rangos de percepción auditiva normales.

Para aportar una solución a este problema expertos tecnológicos, Otorrinolaringólogos y Fonoaudiólogos, en su momento, crearon audífonos que proyectan un campo de audición más elevado para captar el sonido y otro sistema son los implantes cocleares que se centran en enviar señales directas al nervio auditivo.

Las personas con una hipoacusia leve y profunda son las que optan por estas tecnologías y las beneficia en su diario vivir, siendo su método de comunicación. Por otro lado, las personas con sordera que presentan un cuadro clínico muy severo, el cual no les permiten utilizar ninguna de estas herramientas, solo utilizan la lengua de seña para comunicarse. Esta comunicación es efectiva cuando se lleva a cabo con otra persona que maneja también la lengua de seña. Si no es así la comunicación no se concreta y afecta en la organización personal y social de la persona sorda.

Por tal razón se sintetizó un prototipo para crear el inicio de una comunicación eficaz entre las personas sordas y las personas oyentes, con el fin de una integración social y mayor independencia.

Las pruebas realizadas con el prototipo permitieron valorar el funcionamiento del mismo, analizando los procesos de función de tiempo de captura, combinación de movimientos y coordinación, con variables de control (cantidad de pruebas y aciertos).

# **CAPÍTULO I**

# **CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Planteamiento del Problema**

Desde el inicio de la vida del ser humano, este necesita contar con la audición para lograr desarrollar el lenguaje. Por medio de un sistema auditivo que percibe con claridad los sonidos. Con el paso del tiempo va acondicionando su entorno hasta lograr desenvolverse ante la sociedad y obteniendo la capacidad de comunicarse con autonomía. En el caso de las personas que pierden la capacidad de percibir los sonidos, se le crean repercusiones en su audición (Alain L. y Vejarano, 2016).

Por consiguiente la pérdida de la capacidad auditiva conlleva la pérdida parcial (hipoacusia) o total de la audición ( J. L Gallego Ortega & I. A. Gómez, 2015). Además, la pérdida de la audición se da por: rasgos hereditarios, por una enfermedad, traumas o exposiciones a largo plazo de ruidos intolerables para la percepción del oído humano (Marieb, 2008).

Aunque la pérdida auditiva sea parcial se pueden utilizar tecnologías asistidas que apoyan al proceso de captación de los sonidos, pero si es total la persona desarrolla dificultades que se vuelven no funcionales para los propósitos comunes de la vida, como comunicarse (Alain L. y Vejarano, 2016).

Basándose en las estadísticas de la Primera Encuesta Nacional de Discapacidad (PENDIS, 2006), junto a las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud, y la Organización Mundial Panamericana de la Salud (Elizabeth Parks, 2014). Parks, menciona que el número existente de discapacitados en Panamá, esta aproximadamente entre 370.000 a 400.000,

distribuidos en las zonas rurales e indígenas. A la vez, sustenta que, PENDIS, en los años 2005 y 2006, ya contaba con 78 000 panameños con pérdida auditiva y podrían haber aumentado a 100 000 para el 2009.

Sigue diciendo esta autora que existen aproximadamente de 370.000 a 400.000 discapacitados en Panamá, distribuidos en las regiones rurales e indígenas. En el lapso del 2005 y 2006, PENDIS, sustenta que el país contaba aproximadamente con 78 000 panameños con pérdidas auditivas. Estas cifras podrían haber aumentado a unos 100 000 para el 2009 (Elizabeth Parks, 2014).

Otros autores mencionan que la población de sordos es aproximadamente el 5% de la población total del país al tiempo del cálculo, llegando a una cifra aproximada de 159.456 de población de sordos (Elizabeth Parks, 2014)

Podemos notar que la comunidad de sordos en Panamá conforman un número considerable e importante dentro de nuestra sociedad. Donde la inclusión y la posibilidad de comunicarse con el resto de la sociedad oyente es la principal lucha que presentan (Alain L. y Vejarano, 2016).

Además las tecnologías asistidas existentes en Panamá como lo son los Implantes cocleares y Audífonos, ayudan a mejorar la comunicación de las personas con pérdida parcial (hipoacusia) de la audición, que aun desarrollan el lenguaje verbal (Elizabeth Parks, 2014). Parks, menciona que en Panamá, sólo existen los intérpretes de la lengua de señas, como método para que las personas sordas entiendan lo que una persona oyente les quiera transmitir.

Por otra parte, en países como Ecuador y México, se han creado prototipos tecnológicos enfocados en aplicar el proceso de comunicación para las personas sordas. Tomando en cuenta principalmente su forma de comunicarse, que bien viene siendo la lengua de señas (Duque Arias & Ibarra Caicedo, 2014).

Optaron por utilizar dispositivos tecnológicos electromiográficos para crear un método de comunicación, tomando las señales bioeléctricas producidas, por la interpretación de la lengua de señas y crear algo parecido a una comunicación escrita entre las personas sordas con las oyentes (Duque Arias & Ibarra Caicedo, 2014).

## 1.2 Problema de Investigación

Tomando en cuenta las dificultades de comunicación por las cuales atraviesan las personas con discapacidad auditiva buscamos resolver las siguientes interrogantes:

¿Qué tecnologías se han desarrollado como técnica asistida para ampliar la manera de comunicación de las personas sordas con las personas oyentes?

¿Se podrá adaptar un dispositivo electrónico que capte con precisión las variaciones en las señales bioeléctricas en los músculos del antebrazo?

¿Será posible que la tecnología utilizada pueda interpretar en lenguaje de señas a letras por medio de un código de programación ejecutado en un microcontrolador?

### 1.3 Justificación

Incorporar tecnologías asistidas, a las personas sordas, como herramienta para mejoras en la calidad de vida. Además les permitirá participar en situaciones sociales que le garantizaran una mejor integración social.

Esto es brindar un aporte valioso a una sociedad creciente que permanece ausente, cuando de comunicarse e interactuar entre un nuevo entorno con personas oyentes, se trata. Así pues, sentirse seguro de participar más con personas oyentes es reconfortante.

El proyecto toma el enfoque de mejorar, con tecnología de asistencia, la integración de comunicación a las personas sordas con personas oyentes. El prototipo tomara las mediciones de la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo, mediante la ejecución de la lengua de señas, para utilizar la información generada y así, mostrarse el resultado que será una letra.

A través de la ejecución de las señas, se realizará un análisis de los estímulos eléctricos, que estas provocan en los músculos del antebrazo. El usuario obtendrá un beneficio de satisfacción en cada resultado.

Constar con un mecanismo tecnológico que traduzca la lengua de señas a letras, da paso a oportunidades de crear una comunicación más efectiva y de mayor auge, tomando como referencia el prototipo y adaptándole mejoras para lograr la comunicación bilateral entre personas sordas y las personas oyentes.

## 1.4 Objetivo

### 1.4.1 Objetivo General

Sintetizar en un prototipo, dispositivos electrónicos para la captación y procesamiento de las señales eléctricas de los músculos en la lengua de señas.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Describir las tecnologías actuales utilizadas para la comunicación entre personas sordas y las oyentes.

Determinar las características que debe tener el prototipo para captar los movimientos del antebrazo del usuario e interpretarlo a letras.

Diseñar un prototipo de traductor de la lengua de señas a letras por medio de la captación de señales bioeléctrica generadas en el antebrazo y ser observadas por un programa en la computadora.

Comprobar la funcionalidad del prototipo en pruebas realizadas para la interpretación del lenguaje de señas.



## **CAPÍTULO II**

## **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1 Discapacidad Auditiva**

El sistema auditivo sufre afectaciones cuando existe un fallo en la captación y percepción de los sonidos aun estando en los rangos de percepción auditiva normales (Marieb, 2008). Esto se debe a anomalías presentes en su composición interna. A esto le llamamos Discapacidad auditiva. Las fallas en la percepción de los sonidos pueden ser parciales (hipoacusia) o total (sordera), afectando a uno o ambos oídos.

#### **2.1.1 Tipos de Pérdidas Auditivas**

##### **2.1.1.1 Sordera de Conducción**

Esta condición puede ser tanto temporal como permanente. Cuando las vías de transmisión se ven obstruidas, el paso de las vibraciones sonoras se afecta (Marieb, 2008).

##### **2.1.1.2 Sordera Neurosensorial**

Las células receptoras de las estructuras nerviosas del sistema auditivo se degeneran. La sordera de conducción se produce por factores mecánicos, la neurosensorial afecta las estructuras del sistema nervioso (Marieb, 2008).

Comprendemos, entonces, que los sonidos que percibe el ser humano dan indicio al desarrollo del lenguaje. El sistema auditivo afectado que no capta los

sonidos debidamente, no le permite al ser humano desarrollar el habla normalmente (Alain L. y Vejarano, 2016).

## 2.2 Consecuencias Sociales de las personas Sordas

Durante los primeros años de vida todas las personas realizan un proceso transitorio para adaptarse con su medio de comunicación a través de estímulos gestuales, táctiles y auditivos. Al paso que el ser humano va creciendo busca la manera de mejorar su comunicación hasta que adquiere la lengua verbal (Leonardo Molina, 2011).

Pero, no resulta de esta forma en las personas que poseen sordera, ya que para ellos es muy difícil aprender la lengua oral sin la retroalimentación auditiva, que es un elemento clave para lograr la práctica lingüística (Leonardo Molina, 2011) Debido a esto, generalmente continúan comunicándose por medios no apropiados hasta que aprenden el lenguaje de señas o la lengua verbal, lo cual retrasa el desarrollo de sus habilidades lingüísticas y afecta los intercambios con su entorno.

Las relaciones interpersonales con el resto de la sociedad son fundamentales para desarrollar habilidades en la adaptación social que para ellos se les hace complicado, porque ellos no entienden el lenguaje verbal y las personas que no padecen de sordera no conocen la lengua de señas. Esto afecta desde la infancia, influye en la adolescencia y se puede reflejar hasta la adultez (Elizabeth Parks, 2014).

En el ámbito escolar algunas escuelas constan de aulas con profesionales en Educación Especial que integran entre sus métodos de enseñanza formatos de

estudios para los estudiantes con sordera (Alain L. y Vejarano, 2016). En las universidades estatales como la Universidad de Panamá (UP) y la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) establecieron directrices para acondicionar las personas con discapacidad, mientras que la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS) incorpora en su personal administrativo personas con diferentes tipos de discapacidades y carreras universitarias proyectadas en el sentido social especial (Alain L. y Vejarano, 2016).

En los lugares de trabajo, ya sea entidades públicas o privadas, también se presenta dificultades para las personas sordas. Algunas acondicionan su ámbito de trabajo facilitando la adaptación de personas con discapacidades, pero es una parte minoritaria (Alain L. y Vejarano, 2016). Se crea entonces un modelo intimidante que puede atacar las fortalezas y virtudes humanas, como también el bienestar, el optimismo y la satisfacción de las personas sordas (Leonardo Molina, 2011).

### 2.3 Sistemas creados para la comunicación de personas sordas

Cuando se crea una herramienta tecnológica se hace con el interés de mejorar y encontrar beneficios a un problema establecido, pues es así como se crearon estos prototipos para las personas sordas (Guzmán D. A., 2017). Proporcionar un método de comunicación que lograra que las personas sordas interactuaran con el resto de la sociedad y con esta visión se encontraron los siguientes proyectos:

El proyecto Guante con sensores para reproducir el sonido de las letras por medio del lenguaje sordomudo con soporte de tecnología Java, utiliza sensores fotoeléctricos (León, León Montoya, & Merino Miño, 2011). Seguido de este trabajo, con el propósito de innovar, se crea el Diseño y construcción de un

guante prototipo electrónico capaz de traducir el lenguaje de señas de una persona sordomuda al lenguaje de letras, incorporando sensores flexibles como los captadores de las señales (Espinoza Aguilar & Pogo León, 2013) .

Tomando las referencias de los trabajos anteriores, a las percepciones de las señales eléctricas se les añade la emisión de sonidos artificiales, dando lugar a la confección de, Diseño e Implementación de un guante electrónico que permite transformar el lenguaje de señas en caracteres y reproducción sonora de voz artificial (Duque Arias & Ibarra Caicedo, 2014).

Optando por nuevas tecnologías y mejoras, se comienza con la implementación de las señales eléctricas de los músculos como lo fue en, Diseño y creación de un prototipo para capturar y procesar señales Bioeléctricas musculares del antebrazo, utilizando un procesador ARM” Maza y Erraez (Maza & Erraez, 2016).

Por último encontramos el proyecto Desarrollo de una API para el dispositivo *Myo* (Castañeda & Gallardo, 2017). Este toma las funciones ya establecidas del dispositivo y añade nuevos gestos que por medio de la comunicación de la API y la PC crea nuevos mandatos.

## 2.4 Conceptos anatómicos

### 2.4.1 Antebrazo

El antebrazo es la región de la extremidad inferior situada entre el codo y la muñeca (Marieb, 2008). Se distingue el antebrazo del brazo, que viene siendo la estructura básica, ya que los músculos que componen el antebrazo tienen la capacidad de excitar o movilizar también los músculos de la mano (Marieb,

2008). Está dividido por sus músculos en dos secciones, flexores y extensores. A su vez la sección flexora se compone de una región anterior (flexores de la muñeca, flexores de los dedos y pronadores) y una región posterior (extensor de la muñeca, extensor de los dedos y supinadores) (Marieb, 2008).

Los movimientos que ejercen estos músculos tienen como base los movimientos corporales comunes que realiza el cuerpo, entre ellos esta: Flexión, es el movimiento donde se acorta la articulación y se acercan dos huesos; Extensión, este movimiento aumenta la distancia entre dos huesos o partes del cuerpo; Rotación, se produce en un mismo punto alrededor de su eje longitudinal; Abducción, el movimiento consiste en llevar la extremidad hacia fuera en el plano medio del cuerpo; Aducción, consiste en llevar la extremidad hacia adentro en el plano medio del cuerpo (Marieb, 2008).

#### 2.4.2 Mecanismo de la Contracción Muscular

Las respuestas voluntarias que emite el cerebro, generan impulsos nerviosos. Estos impulsos nerviosos como respuesta a un estímulo, se transmite hacia un grupo de neuronas hasta que llega a la neurona motora (ver en Anexo Figura N°1), la encargada de recibir toda la información, para unirse por medio de los terminales axónicos al musculo. Cuando la neurona motora alcanza al musculo se denomina Unión neuromuscular (Marieb, 2008).

Los impulsos que llegan a la unión neuromuscular hacen liberar el neurotransmisor acetilcolina (Ach). Cuando se libera la acetilcolina la fibra muscular se encuentra con menos fuerza y esto permite al neurotransmisor traspasar hasta los túbulos T para llegar a las miofibrillas. Dentro de las miofibrillas se encuentra los receptores que son los retículos sarcoplasmáticos (Marieb, 2008). En este paso los iones de  $\text{Na}^+$  están entrando y los iones de  $\text{K}^+$

salen de la célula muscular y forman lo que se denomina potencial de acción (ver en Anexo Figura N°2) (Marieb, 2008).

Entonces, después de que ha ocurrido la repolarización, de los iones de potasio y sodio, gracias a que los potenciales de acción provocaron la estimulación de los retículos sarcoplasmáticos y liberaron los iones de calcio (Marieb, 2008). Es así como la miosina se une con la actina desplazando los miofilamentos. La energía que mueve este proceso es la molécula de ATP (energía celular), extendiéndose por toda la membrana neurona (Marieb, 2008). Luego, el sarcolema que es la membrana que recubre el musculo se acorta y el conjunto extenso de fibras musculares que lo componen son contraídas, es lo que conocemos como Contracción muscular (Marieb, 2008).

#### 2.4.3 Antecedentes de la actividad eléctrica de los Músculos

La actividad eléctrica que produce el cuerpo humano llevo tiempo de estudios y análisis por parte de científicos en siglos pasados. Estas señales despertaron en ellos la curiosidad y posteriormente la necesidad de entender por qué ocurría, dicha actividad, hasta sentar las bases de cómo obtener y procesar las señales bioeléctricas (Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3, 2017).

Los estudios realizados por Francesco Redi, en el año de 1666, donde buscaba conocer el origen de las descargas eléctricas producidas en el pez anguila ayudo a entender que los órgano fisiológicos emiten señales bioeléctricas (Gila, Malanda, Rodríguez Carreño, Rodríguez Falces, & Navallas, 2009). Posteriormente se dieron seguimientos por parte de diferentes científicos a estos estudios y uno de ellos fue Luigui Galván, quien estudió las contracciones de ranas cuando eran estimuladas con descargas eléctricas, basándose en la teoría de Benjamín franklin y reforzando que la electricidad y la unidad motora del cerebro son los responsables de las contracciones

musculares (Gila, Malanda, Rodríguez Carreño, Rodríguez Falces, & Navallas, 2009). Un poco más tarde Emil Du Bois-Raymond (1849) muestra que el registro de la actividad eléctrica del musculo se podía hacer mediante la contracción (Gila, Malanda, Rodríguez Carreño, Rodríguez Falces, & Navallas, 2009).

Ya para mediados de los años 80's, se desarrollan los primeros electrodos creados con el fin de captar el registro de la actividad eléctrica y con mejores componentes para amplificar la información de los músculos y comprender las señales bioeléctricas generadas. Dando paso para crear una técnica donde se analizara las señales de los músculos esqueléticos cuando estaban activos o en reposo recibiendo el nombre de Electromiografía (EMG) (Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3, 2017).

#### 2.4.4 Registro de la actividad Eléctrica de los músculos

##### 2.4.4.2 Electromiografía (EMG)

La electromiografía es la técnica experimental fundamentada en utilizar la información que logra registrar y analizar de las señales provenientes de las fibras musculares de los músculos esqueléticos (Castañeda & Gallardo, 2017). Las señales que son producidas por los músculos esqueléticos reciben el nombre de Mioseñales (MES), cuando el musculo se contrae y se relaja. En pocas palabras es la técnica de evaluación y registro gráfico, de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos.

##### 2.4.4.3 Medición de la señales Electromiográficas (EMG)

Los músculos esqueléticos están compuestos por fibras musculares que sufren cambios en sus potenciales. Cada musculo contiene un gran número de fibras, las combinaciones de todos los potenciales de cada fibra se les llaman



Potenciales de acción. Cuando se mide la señal electromiográfica de un músculo o músculos de estudio, se estará midiendo la actividad en general de los potenciales de acción de las fibras musculares esqueléticas que lo conforman (Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3, 2017). Para capturar el registro de las señales se utilizan electrodos. Los electrodos analizan los potenciales de acción del musculo escogido y también puede captar los potenciales de músculos más grandes que estén próximos a él.

Los tipos de electrodos para la captura de EMG son los siguientes:

Intramusculares (iEMG); Este tipo de electrodos son tipo agujas que se introducen en el musculo a estudiar y capturan las señales MES. Miden o controlan los potenciales de acción (Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3, 2017).

Superficiales (sEMG); Este se coloca en la parte en la piel y en el área del musculo que se desea registrar (Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3, 2017).

#### 2.4.5 Técnica de Electromiografía Superficial (sEMG)

Para obtener los datos de las señales electromiográficas, se utilizan electrodos que captan la actividad eléctrica del musculo o músculos de estudio (Sinchi, 2011). Por lo que se han desarrollado tecnologías innovadoras, enfocadas en aprovechar los potenciales de acción de los músculos para beneficio del usuario.

## 2.5 Brazaletes MYOware

El brazalete Myo está creado a base de sensores de grado médico para el estudio y captación de las variaciones de potenciales de acción, que sufren los músculos del antebrazo al ejercer movimientos (Labs, 2013).

El rango de percepción de los sensores del brazalete Myo varían entre -128 y 128 unidades de activación, por lo que puede percibir los potenciales de acción de diversos músculos (Labs, 2013).

No obstante los sensores que componen el brazalete, internamente están formados por: tres acelerómetros, tres giroscopios y tres magnetos (Labs, 2013). Estas unidades proveen la velocidad, la orientación y la ubicación espacial a los movimientos que el usuario realiza y así estableciendo que rango utilizar.

Para una mejor medición, el brazalete Myo, se coloca en la parte más ancha del antebrazo. Es de material expandible lo que le permite adaptarse a diferentes tipos de grosor y no existe interrupción al captar las señales eléctricas por el tipo de piel ni la cantidad de pelo que tenga el usuario (Labs, 2013). A diferencia de otros tipos de sensores EMG, el brazalete Myo provee mayores facilidades para realizar prueba experimentales y de estudio sobre las señales bioeléctricas de los músculos del antebrazo.

## **CAPÍTULO III**

## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

Fase I: Elaboración de especificaciones

### **3 Escenario**

La elaboración del proyecto se llevara a cabo en primera instancia en el lugar de residencia y en las instalaciones universitarias. Se cuenta con red Wifi para realizar las investigaciones acerca de los proyectos realizados con anterioridad acerca del tema y sobre traducción de la lengua de señas, para tomarlo como referencia. Cabe destacar que los lugares escogidos para realizar este proyecto contaron con la comodidad y concentración para realizar las pruebas.

#### **3.1.1 Población**

La población fueron 15 personas adultas mayores de 18 años sin problemas de audición que laboraban en la empresa Electrónica médica S.A

#### **3.1.2 Especificaciones del Equipo**

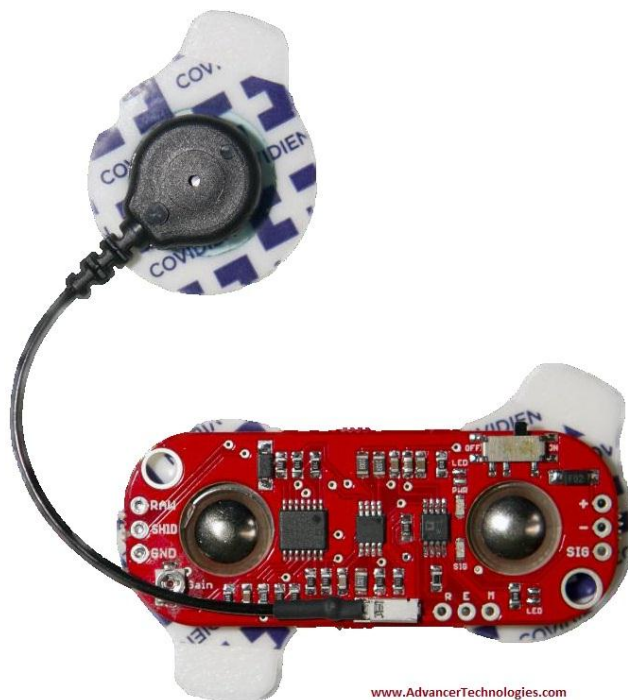
Se efectuaron revisiones bibliográficas para mejorar los conceptos de captación y reconocimiento de la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo. Posteriormente se adaptaron al reconocimiento de las formas de ejecución de la lengua de señas (Gila, Malanda, Rodríguez Carreño, Rodríguez Falces, & Navallas, 2009).

Durante las investigaciones se observó que se utilizaron sensores para medir y captar las variaciones de los músculos. El más utilizado fue el Sensor Myoware y el Brazalete Myo Armband (TheoryCIRCUIT, 2018).

### 3.1.2.2 Sensor Myoware

Sensor creado para captar señales EMG (Electromiográficas) y generar salidas analógicas para que sean procesadas por microcontroladores (Ver en Anexo Figura N°3). Se alimenta de 2,9 V a 5,7 V y se le puede ajustar la ganancia de sensibilidad (TheoryCIRCUIT, 2018).

**Figura N°3.** Sensor Mioeléctrico Myoware



**Fuente:** (TheoryCIRCUIT, 2018).

### 3.1.2.2.1 Brazalete Myo

Brazalete electrónico que consta de 8 sensores de grado médico como muestra la Figura N°4, utilizados para controlar, de forma inalámbrica, dispositivos mediante los movimientos de los músculos del antebrazo. Es compatible con sistemas operativos Windows, Mac OS y Android (Labs, 2013).

**Figura N°4. Brazalete Myo**



**Fuente:** (Labs, 2013).

### **3.1.3 Prueba con el Sensor Myoware**

Colocamos el sensor Myoware en el antebrazo, adhiriéndolo por medio de electrodos sEMG. Para así empezar a medir la variación de los potenciales de acción de los músculos de estudio, en cada movimiento (TheoryCIRCUIT, 2018).

Luego de lograr obtener datos, por medio del sensor, se pretendía en un futuro establecer rangos máximos y mínimos en las variaciones, anotar los valores necesarios y luego tomar una constante como referencia para cada movimiento (TheoryCIRCUIT, 2018).

Durante las pruebas se observa que los músculos de estudio, como los otros cercanos a ellos, emitían potenciales eléctricos distintos (TheoryCIRCUIT, 2018). Esto complicó las pruebas, ya que requeríamos tener más sensores alrededor del brazo y nos hizo difícil reconocer como establecer rangos exactos para

utilizar. Lo que se vería reflejado en un atraso para el proyecto y se decide buscar otra opción más efectiva.

#### 3.1.4 Prueba con el Brazaletes Myo

El brazaletes Myo, por ser un dispositivo compuesto de 8 electrodos de grado médico, con la función de captar las señales electromiográficas de los músculos del antebrazo, nos brinda el primer paso, tener el dispositivo que recibirá las señales mioeléctricas de los músculos con más precisión (Bastián, 2017).

Primeramente se inicia con hacer las pruebas de medición de las variaciones de los potenciales de acción para tomar los rangos necesarios. Se logró la lectura exacta de los movimientos para indicar un código exacto a cada uno de los movimientos y enviar esta información al Arduino nano, que vendría siendo el encargado de analizar y procesar la información del brazaletes (Bastián, 2017).

Ocurre los mismos inconvenientes los rangos no eran exactos y para lograr el objetivo que es reconocer las señas de la lengua de señas, se toma en cuenta los movimientos programados con que cuenta el brazaletes. Tomamos como referencias 5 letras del alfabeto de la lengua de señas y combinamos los movimientos del brazaletes para crearlas (Bastián, 2017).

Ya estructurado el reconocimiento se pasa a entablar la comunicación inalámbrica entre el brazaletes Myo y el Arduino Nano por medio del módulo HM-11. Aquí ocurre el proceso de reconocimiento y procesamiento para obtener la información analógica que posterior pasara a la aplicación del computador para mostrar la letra ejecutada (TheoryCIRCUIT, 2018).

### 3.1.5 Características finales que debe tener el equipo para un correcto funcionamiento:

El dispositivo electromiográfico debe contar con una ergonomía que no obstaculice los movimientos del usuario (Bastián, 2017).

Los movimientos del usuario deben ser precisos para evitar confusión (Bastián, 2017).

La comunicación entre el Dispositivo electromiográfico y el microcontrolador Arduino, se realizará de forma inalámbrica, evitando la pérdida de información y la necesidad de utilizar cableado (TheoryCIRCUIT, 2018).

Los movimientos captados por el dispositivo electromiográfico, deben tener la capacidad de asignarle valores que posteriormente se asignen como una letra (Bastián, 2017).

Las herramientas electrónicas utilizadas brindarán el seguimiento de captación, procesamiento y adaptación de las señales bioeléctricas hasta llegar a dar un valor en significado de texto para ser traducido a lenguaje de señas a letras (Bastián, 2017).

Este prototipo debe ser capaz de permitir la visualización del texto de una manera clara y cómoda para cualquier usuario (Bastián, 2017).



## Fase II: Diseño Conceptual

El diseño está basado en la captación de señales bioeléctricas. Requiere de elementos de captura y procesamiento de señales. Esto se logra utilizando el brazalete electromiográfico junto con dispositivos electrónicos como módulo bluetooth y Arduino UNO (TheoryCIRCUIT, 2018).

La funcionalidad que tiene el brazalete Myo Armband, provee de información importante para el proyecto, en cuanto a su tiempo de carga y duración del mismo (TheoryCIRCUIT, 2018). Para lograr el control de los movimientos hasta llegar a la visualización de las letras.

Acerca de la comunicación entre el brazalete y el microcontrolador Arduino UNO, se pudo llevar a cabo por medio de una computadora. Inicialmente el brazalete Myo Armband posee su propio adaptador de bluetooth que permite su comunicación inalámbrica con la computadora, pero las funciones con el Arduino son limitadas (TheoryCIRCUIT, 2018).

Por lo tanto se requirió obtener un módulo adicional que permitiera conectar el brazalete directamente con el microcontrolador Arduino uno. Un módulo bluetooth de 4.0 que reciba las señales provenientes de brazalete y las emita al microcontrolador (TheoryCIRCUIT, 2018).

El brazalete cuenta con cinco movimientos predeterminados, pero la característica de código de programación abierto provee la adaptación de nuevas directrices acorde a las señas que se establecerán para su reconocimiento (Labs, 2013). Así, al momento de procesar todo lo establecido

anteriormente, llega la información de manera directa mostrando la letra determinada.

### 3.2 Descripción de comunicación entre el Brazalete Myo y el Microcontrolador Arduino Nano

#### 3.2.1 Brazalete Myo Armband

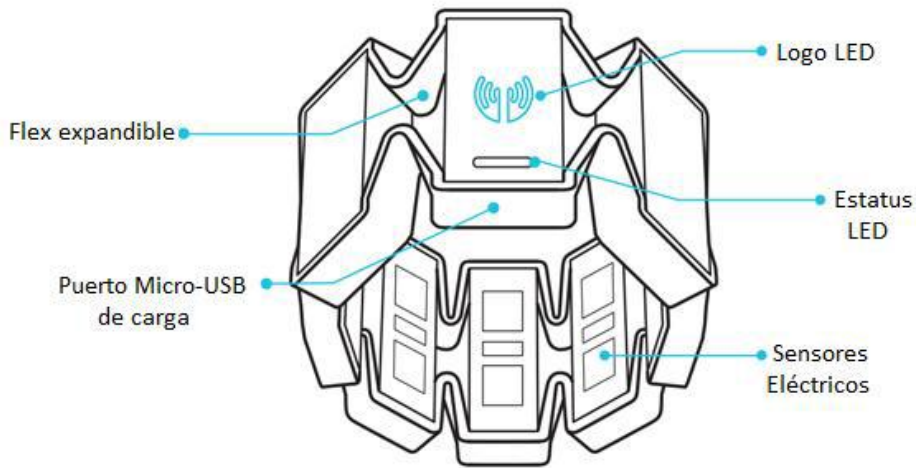
El brazalete Myo Armband lleva a cabo la electromiografía por sus principales componentes, 8 sensores electromiográficos, que se encargan de captar y analizar los potenciales de acción que están siendo producidos por los músculos donde este ha sido colocado, el antebrazo (Labs, 2013).

A su vez, el brazalete Myo Armband se compone también de un giroscopio, acelerómetros y magnetómetro, todos localizados en los ejes X, Y, Z., para localizar los movimientos espacialmente (Labs, 2013).

El brazalete Myo se comunica con sistemas operativos como: Windows, iOS y Android, por medio de bluetooth 4.0. La capacidad de comunicación se logra mayormente, porque consta con interfaces abiertas que le permiten expandir la captación de nuevos reconocimientos (Labs, 2013).

Su ergonomía beneficia su uso, ya que se amolda al tipo de forma del brazo al que se está exponiendo. Sus dimensiones de ampliación van de 19 a 34 cm, peso de 93 gr y espesor con aproximado de 1,14 cm (Labs, 2013). Esto hace que sea un dispositivo portátil y ligero de llevar. En la figura N°5 se puede observar las partes que componen el Brazalete Myo.

**Figura N° 5.** Componentes externos del brazalete Myo



**Fuente:** (Labs, 2013)

En el cuadro N° 1, se muestra los cinco movimientos predeterminados que cuenta el brazalete Myo como el puño, doble toque, extensión de los dedos, girar la mano hacia adentro y girar la mano hacia afuera (Labs, 2013).

**Cuadro N° 1.** Movimientos predeterminados del Brazalete Myo

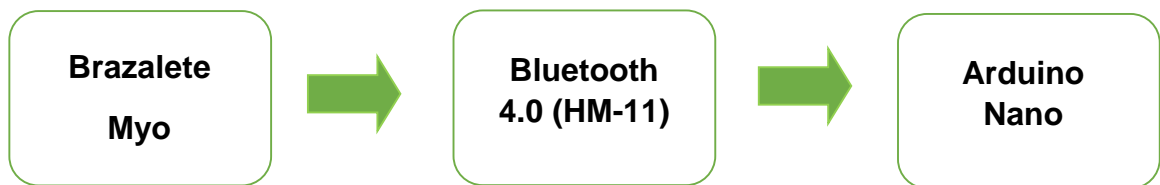
Puño	Doble toque	Extensión de los dedos	Girar la mano hacia adentro	Girar la mano hacia afuera
				

**Fuente:** (Labs, 2013)

### 3.2.2 Módulo Bluetooth HM-11

La comunicación entre el brazalete y el Arduino uno se da por medio del módulo Bluetooth HM-11. Este módulo facilita y beneficia enormemente la proyección de un proyecto portátil e innovador (TheoryCIRCUIT, 2018).

**Figura N°6.** Proceso de comunicación del Brazalete Myo con el Arduino uno utilizando el modulo HM-11.

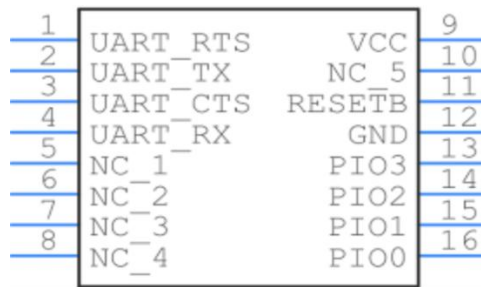


*Fuente:* Estudiante graduanda Itza González

Internamente el módulo consta de un chip integrado CC2541, con el firmware pre programado del fabricante, al cual posteriormente se le instalará un firmware que permita la conexión directa con el brazalete (TheoryCIRCUIT, 2018).

Así pues los datos obtenidos de los sensores mioeléctricos tanto posición como velocidad, serán enviados al microcontrolador Arduino UNO (TheoryCIRCUIT, 2018). En la Figura N°7 y en el Cuadro N°2, se indica los pines de conectividad y se detalla los pines con su número y nombre.

**Figura N° 7.** Datasheet Módulo HM-11.



**Fuente:** (TheoryCIRCUIT, 2018)

**Cuadro N° 2.** Pines Módulo HM-11

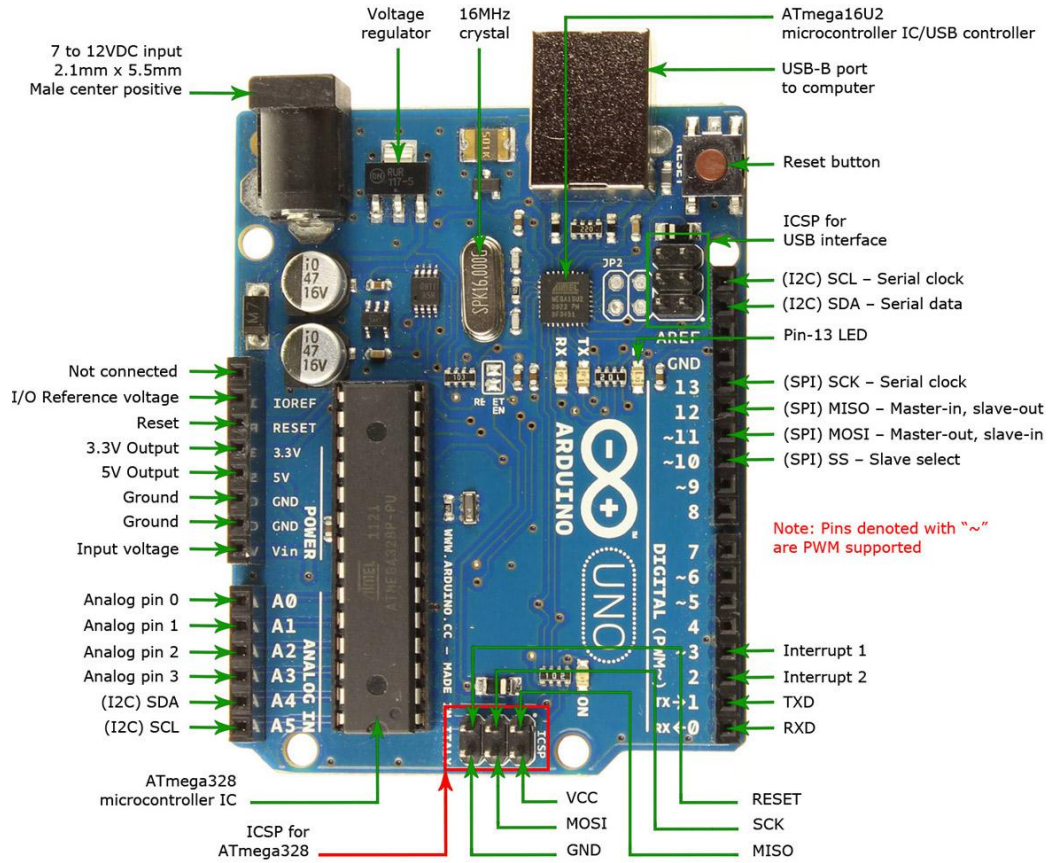
Número	Nombre	Número	Nombre
1	UART_RTS	9	3.3 V
2	UART_TX	10	NC
3	UART_CTS	11	RESETB
4	UART_RX	12	GND
5	NC	13	PIO3
6	NV	14	PIO2
7	NV	15	PIO1/LED
8	NV	16	PIO0/KEY

**Fuente:** (TheoryCIRCUIT, 2018)

### 3.2.3 Microcontrolador Arduino Nano

La placa Arduino UNO es una plataforma electrónica de código abierto. Su tamaño conveniente lo posibilita para su uso en diferentes proyectos (Bastián, 2017). Consta de un puerto USB, 6 entradas analógicas y 14 puertos digitales de entrada/salida, como se muestra en la figura N°8. Su voltaje de operación es de 5 V y se alimenta de 7 a 12, corriente DC para cada pin entrada/salida de 40 Ma.

Figura N° 8. Datasheet Arduino uno



Fuente: (TheoryCIRCUIT, 2018)

Detallamos a continuación el Cuadro N°3 los pines y sus respectivos nombres del Microprocesador Arduino uno.

**Cuadro N°3.** Pines del Microprocesador Arduino uno

NUMERO	NOMBRE	NUMERO	NOMBRE
1	D1 / TXD	16	VIN
2	DO / RX	17	GND 2
3	RST 1	18	RST 2
4	GND 1	19	5 V
5	D2	20	A7
6	D3	21	A6
7	D4	22	A5
8	D5	23	A4
9	D6	24	A3
10	D7	25	A2
11	D8	26	A1
12	D9	27	A0
13	D10	28	AREF
14	D11 / MOSI	29	3.3. V
15	D12 / MISO	30	D13 / SCK

**Fuente:** (TheoryCIRCUIT, 2018)

### 3.2.4 Equipos

Los recursos necesarios para el diseño y desarrollo del software y circuito electrónico son los siguientes:

#### Hardware

Computadora Portátil COMPAQ

Impresora HP Deskjet

#### Software

Processing APP

Arduino IDLE

Paquete de Microsoft Office 2013 (Word, Excel y Power Point)

## Materiales

### De campo

Microcontrolador Arduino UNO

Módulo Bluetooth HM-11

Cable USB

Brazalete Myo

Rollo de estaño

Cautín de Soldadura

Cables de red

Batería Recargable portátil

### De oficina

Resma de Papel tamaño Carta

Lápiz

Borrador

### Recursos humanos

Autor de la Tesis

Asesores de la tesis

Docente de Redacción

## 3.2.5 Variables

### Señales mioeléctricas

Definición Conceptual: Bioseñales que reflejan las variaciones de la actividad eléctrica de los músculos cuando reciben una estimulación (contracción-relajación).



Definición Operacional: Señales que se toman en cuenta para que medir las variaciones de cada movimiento de los músculos y asignarle un código para su reconocimiento.

Tiempo de captura

Definición Conceptual: Es el tiempo que media entre la estimulación del musculo y el inicio del nuevo estímulo.

Definición Operacional: Se evaluara el tiempo de captura de reconocimiento de un movimiento a otro.

Combinaciones de movimientos

Definición Conceptual: Capacidad de ejecutar dos o más conjuntos de gestos, para crear una característica.

Definición Operacional: Se creara combinaciones de los cinco movimientos que reconoce el brazalete para darle un código a cada letra escogida.

Coordinación

Definición Conceptual

Es una capacidad física complementaria del ser humano, que le permite realizar movimientos en orden y con un fin de gesto teórico.

Definición Operacional

Se evaluara la coordinación de las combinaciones creadas para establecer las correctas que se le asignaran a cada letra.

### 3.2.6 Retos tecnológicos

De acuerdo al diseño del equipo y sus especificaciones técnicas se presentaron las siguientes dificultades técnicas:

Dispositivo electrónico para medir la actividad eléctrica del musculo. Durante el diseño del prototipo se mantenían presentes varias opciones en cuanto a la escogencia del dispositivo de lectura de señales bioeléctricas ya que, diseñar un dispositivo de lectura, tomaría un tiempo considerable para su construcción, prueba y puesta en marcha. Por lo tanto se consideró adquirir un dispositivo ya diseñado y configurado para su utilización.

El dispositivo escogido para capturar las señales bioeléctricas contaba con cinco movimientos predeterminados, a los que se le intento añadir nuevos comando (Labs, 2013).

Encontrar la posición exacta del brazalete Myo, en el antebrazo, para obtener la medición de las señales bioeléctricas necesarias. Por el gran número de músculos que conforman el antebrazo se debió ubicar en el grupo de músculos de los cuales podríamos recibir la mayor cantidad de señal posible para cada movimiento que se desea realizar (Bastián, 2017). Se hicieron diferentes pruebas e investigaciones hasta lograr ubicar la posición exacta y capturar las señales deseadas.

La ejecución de las señas por parte de la población escogida también apporto un reto, ya que, la contextura de cada persona, tipo de piel y velocidad con que

ejecuta la señas fueron factores que representaron dificultad en el momento de captura de las señales bioeléctricas (Bastián, 2017).

Fase III: Diseño preliminar

### 3.3 Circuito Electrónico del equipo

Los componentes electrónicos que conforman el circuito de captación de señal son los siguientes: Módulo Bluetooth HM-11, Arduino Uno, Brazalete Myo

#### 3.3.1 Configuración del Arduino Uno

Para la comunicación y transferencia de datos se configuraron los siguientes pines de salidas digitales y analógicas:

Los pines digitales 2 y 3 se configuraron como entradas de tensión, para recibir la información del módulo cuando el brazalete está emitiendo una señal (Labs, 2013). Estos pines se conectan respectivamente con los pines RX y TX del módulo HM-11(Ver en Anexo Figura N°9).

#### 3.3.2 Instrumentos y/o técnicas de recolección de datos

La técnica de investigación utilizada fue de tipo observacional. La muestra a la cual se le estará poniendo a prueba el prototipo tendrá que realizar una serie de movimientos determinados de los cuales se tomarán los datos obtenidos en cuanto a su funcionamiento y eficacia (Bastián, 2017). Así se registrarán en un formato de evaluación diseñado para calificar el funcionamiento del mismo.

Esta prueba aplicada a los estudiantes consta de realizar, en lengua de señas, una serie de letras para comprobar la funcionalidad del brazalete y la aplicación del computador para mostrar la respuesta deseada (Bastián, 2017).

Cabe destacar que lograr el funcionamiento de los dispositivos que integra el prototipo de interpretación de la lengua de señas a letras mejora la comunicación entre personas con sordera y personas oyentes (Bastián, 2017).

### 3.3.3 Encuesta

La encuesta fue respondida por colaboradores de la empresa Electrónica Médica S.A., escogidas para valorar la funcionalidad y capacidad de respuesta del prototipo y su aplicación de computadora al ejecutar las señas.

## Fase IV: Diseño de detalles

### 3.4 Descripción del diseño del Prototipo

El prototipo diseñado, por tratarse de un intérprete de lenguaje de señas, requiere de elementos que permitan captar la respuesta motriz del antebrazo del usuario y enviar información de manera inalámbrica (Bastián, 2017). Para realizar estas acciones escogimos componentes electrónicos diseñados específicamente para estas funciones, de los cuales mencionamos el Brazalete Myo Armband (sensor electromiográfico), módulo bluetooth (envío de datos) y microcontrolador Arduino UNO (procesamiento de señal).

El brazalete Myo estará ubicado en el antebrazo del usuario, de manera que pueda captar los estímulos eléctricos del músculo y que la computadora logre recibir la señal y la muestre en pantalla (Bastián, 2017).

### 3.4.1 Procedimiento realizado para la comunicación entre Brazalete Myo y el Microcontrolador Arduino Uno

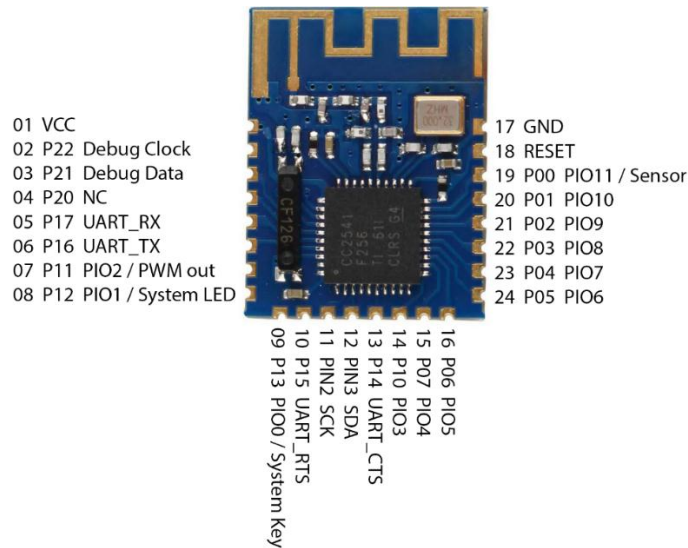
#### 3.4.1.2 Descarga del Firmware al Módulo HM-11

El módulo HM-11 cuenta con características específicas para su funcionamiento, entre ellas está la posibilidad de configurarlo para que logre una conexión con el brazalete Myo a través de Bluetooth (TheoryCIRCUIT, 2018) (Jaramillo, 2015). Para esto se debe cargar un Firmware específico para este dispositivo Myo.

El Firmware se instala al módulo bluetooth HM-11 a través del microcontrolador Arduino Uno. El Firmware, para poder ser instalado en el HM-11, debe ser cargado a manera de código en el Arduino Uno (Jaramillo, 2015). Dicho código de programación lleva el nombre de CCLoader. A continuación se detallan los pasos a seguir:

1. Antes de iniciar la descarga del Firmware se deben soldar tres cables a los siguientes pines del módulo HM-11, mostrado en la Figura N° 9, Debug Data, Debug Clock, Reset (Jaramillo, 2015).

**Figura N°10.** Datasheet Módulo HM-11



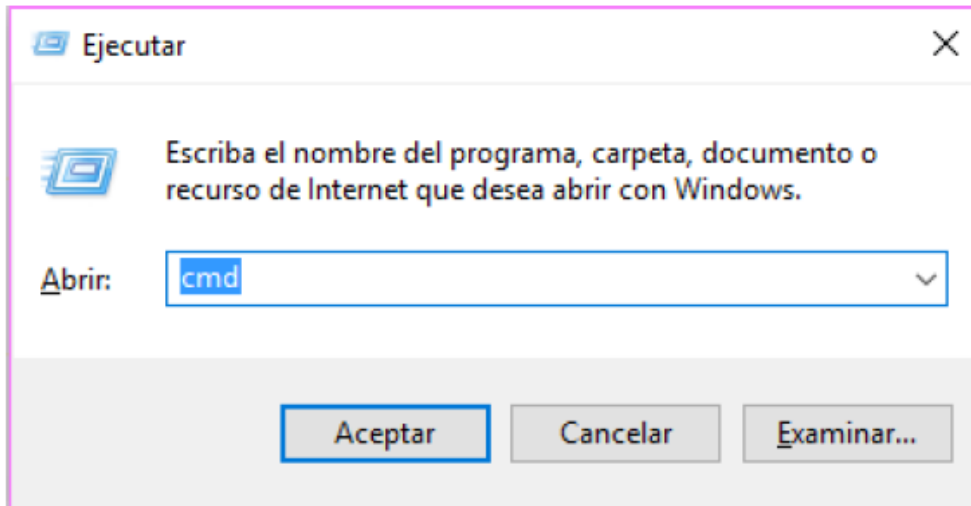
**Fuente:** (TheoryCIRCUIT, 2018)

2. Se procede a descargar la carpeta ZIP del programa CCLoader-master en la computadora (Jaramillo, 2015).
3. Dentro la carpeta CCLoader-master, está el programa CCLoader.ino, este programa se carga al microcontrolador Arduino Uno (Jaramillo, 2015).

Se sueldan los pines: Debug Data, Debug Clock, Reset, del módulo HM-11. Estos pines van conectados al Arduino Uno en los pines: D6, D5, D4, los cuales fueron declarados en el código de CCLoader en la placa Arduino (Jaramillo, 2015).

4. Conectados ya los pines del HM-11 y el Arduino Uno, procedemos a abrir el Símbolo del Sistema (Jaramillo, 2015), por medio del buscador, escribiendo cmd como se muestra en la Figura N° 10.

**Figura N° 11.** Símbolo del sistema cmd.



**Fuente:** *Estudiante graduanda Itza González*

5. Cuando el sistema reconoce la ubicación de CcLoader.exe, pedirá la ubicación del puerto donde está conectado el Arduino UNO (Jaramillo, 2015).

Dirección del archivo CcLoader.exe, #de puerto donde se encuentra la tarjeta de Arduino UNO, Dirección del archivo .Bin – 1 al utilizar Arduino Leonardo, sino 0 al usar otra placa de Arduino (Jaramillo, 2015). Podemos observar en la Figura N° 11, que el sistema reconoce el código CcLoader.exe y ya está listo para comunicarse con el brazalete Myo.

**Figura N° 12.** Código CcLoader.exe mostrándose listo para crear la comunicación entre el módulo y el brazalete.

```
D:\home\anduin\ccloader\CcLoader_x86_64_5\CC2541hm10v540.bin 1
Copyright (c) 2013 RedMarlab.com
CcLoader_x86_64 version 0.3
Comport : COM5
Bin file: CC2541hm10v540.bin
Device: Leonardo

Comport open!
<Baud:115200> <data:8> <parity:none> <stopbit:1> <DTR:on> <RTS:off>

File open!
Block total: 512

Enable transmission...
Request sent already!
*****
! If there is no respond last for 3s, please press "Ctrl+C" to exit!
! And pay attention to :
! 1. The connection between computer and Arduino;
! 2. The connection between Arduino and CC2540;
! 3. Whether the device you using is Leonardo or not;
! 4. Other unexpected errors.
*****

Waiting for respond from Arduino...

Uploading firmware...
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48
8 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93
1 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130
131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166
167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202
203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238
239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274
275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310
311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346
347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382
383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418
419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454
455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490
491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 Upload successfully!

File closed!
Comport closed!
```

**Fuente:** Estudiante graduanda Itza Gonzalez

6. Luego de cargar el programa en el Módulo bluetooth HM-11 está listo para comunicarse con el brazalete Myo (Jaramillo, 2015).

### 3.4.1.3 Adaptación del brazalete Myo para el reconocimiento de los movimientos

El brazalete Myo cuenta con 5 movimientos programados. Los cuales utilizamos como base para crear las simulaciones de las letras escogidas y que conforman el alfabeto de la lengua de señas, para ser reconocidas por el brazalete (Bastián, 2017).

La plataforma Arduino cuenta con la librería MyoBridge. De esta librería compilamos el código de ejemplo llamado readposedata (Labs, 2013), el cual se



encarga de reconocer y mostrar cada una de las 5 poses que realiza el brazalete, Figura N°12.

**Figura N° 13.** Código Readposedata.

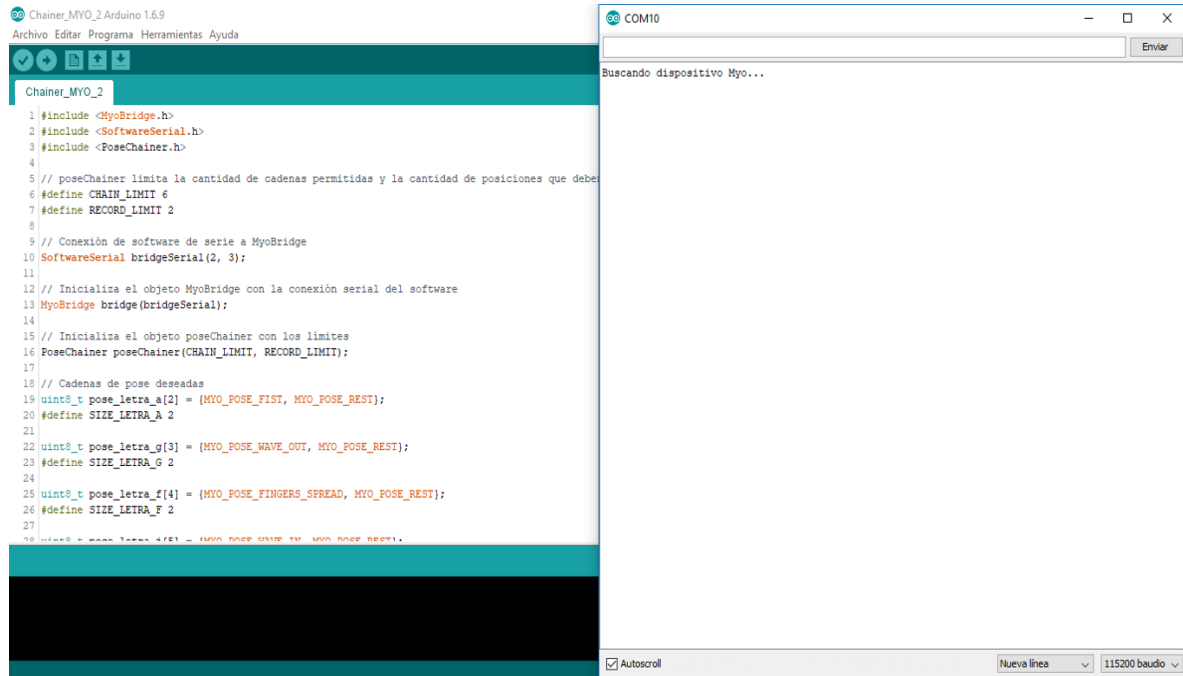
```
1 /**
2  * @file   readPoseData.ino
3  * @author Valentin Roland (webmaster at vroland.de)
4  * @date   September-October 2015
5  * @brief  Example file demonstrating the pose data reading.
6  *
7  * This file is part of the MyoBridge Project. For more information, visit https://github.com/vroland/MyoBridge.
8  *
9  * @include readPoseData.ino
10  */
11
12
13 #include <MyoBridge.h>
14 #include <SoftwareSerial.h>
15
16 //SoftwareSerial connection to MyoBridge
17 SoftwareSerial bridgeSerial(2,3);
18
19 //initialize MyoBridge object with software serial connection
20 MyoBridge bridge(bridgeSerial);
21
22 //declare a function to handle pose data
23 void handlePoseData(MyoPoseData& data) {
24
25     //convert pose data to MyoPose
26     MyoPose pose;
27     pose = (MyoPose)data.pose;
28
29     //print the pose
30     Serial.println(bridge.poseToString(pose));
31 }
```

**Fuente:** Estudiante graduanda Itza González

Cada pose muestra un nombre en específico (Labs, 2013). Hacemos las anotaciones de cada una. Luego tomando de referencia el alfabeto de la lengua de señas panameña y escogemos las letras a la que se le asignará una cadena de poses específicas.

Luego de tener las cadenas de poses definidas, agregamos a la lista de librerías de arduino la librería Posechainer. Esta librería registra los movimientos del brazalete Myo y verifica que la cadena (Labs, 2013), que previamente hemos definido en la programación, coincida con el registro que hemos establecido.

**Figura N° 14.** Código Posechainer utilizado para las pruebas de las cadenas de las cinco letras.



**Fuente:** Estudiante graduanda Itza Gonzalez

Luego de armar las cadenas de movimientos en el código Posechainer, se realizan las pruebas con el brazalete Myo.

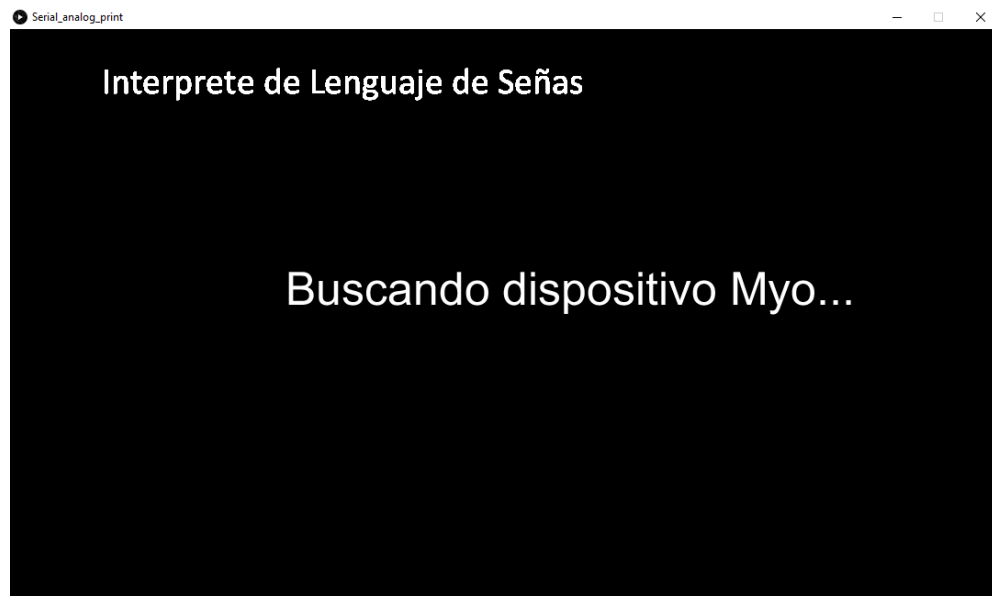
### 3.4.2 Diseño de Interfaz de visualización de las letras

La interfaz en la cual se mostrará las letras ejecutadas por las señas se realizó por medio del programa Processing (Labs, 2013).

Processing es un programa de código abierto, el cual trabaja con el lenguaje de programación Java (Labs, 2013). Este programa, además de permitirnos

obtener los datos enviados por serial del Arduino, nos permite crear una ventana de interface en la cual podemos configurarla a las características deseadas.

**Figura N° 15.** Ventana del programa Processing mostrando la búsqueda para el reconociendo del Brzalete Myo.



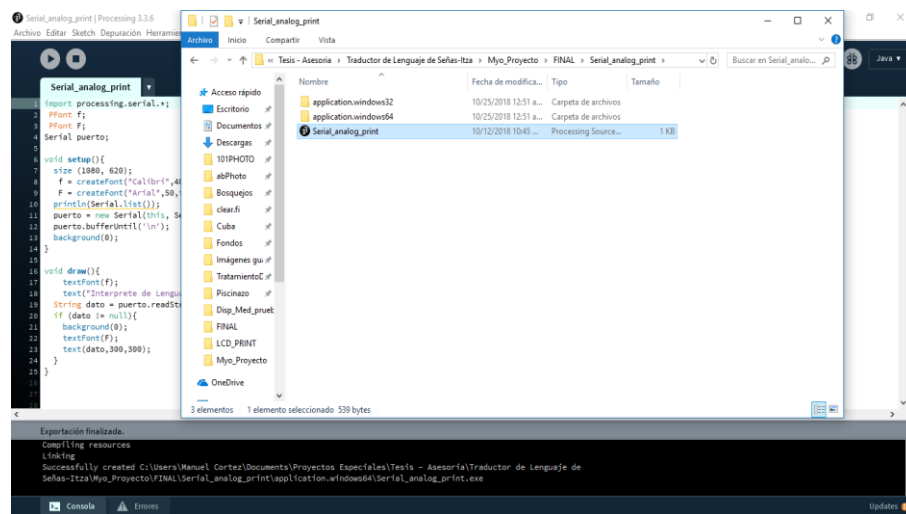
**Fuente:** Estudiante graduanda Itza Gonzalez

El código del programa realizado en Processing se basa principalmente en sincronización con el Arduino Uno por medio del reconocimiento del puerto serial en el cual esté conectado el Arduino (Bastián, 2017).

Luego de haber reconocido el Arduino uno, el código realiza la lectura constante de los valores recibidos por el puerto serial sincronizado. Posteriormente para mostrarlo en pantalla (Bastián, 2017).

Para un mejor funcionamiento de la aplicación diseñada y la seguridad ante modificaciones del código realizado, se crea un archivo tipo ejecutable (exe.) (Labs, 2013). De manera tal que funcione como acceso directo para ingresar de manera directa a la interfaz, sin necesidad de entrar al código de programación inicialmente.

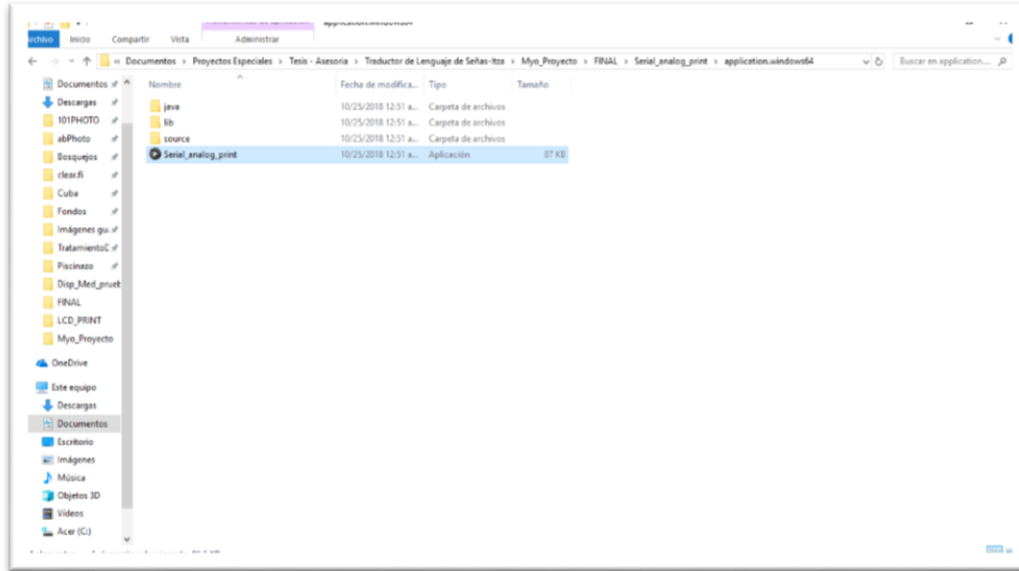
**Figura N° 16.** Ventana del acceso directo del código del programa Processing.



**Fuente:** Estudiante graduanda Itza Gonzalez

Como se puede observar en la figura, al exportar el código realizado para la interfaz, este genera dos carpetas de la aplicación, Windows 32 y Windows 64 (Bastián, 2017). De esta manera nos permite la compatibilidad con cualquier tipo de sistema Windows.

**Figura N° 17.** Acceso directo a la aplicación del programa Processing con el Windows 64, sistema correspondiente de la PC utilizada.



**Fuente:** Estudiante graduanda Itza González

### 3.4.3 Diseño de carcasa para Microncontrolador mediante Software CAD

El diseño de la carcasa fue realizada por medio de un software en línea CAD (Computer-Aided Design) llamado TinkerCad. Su estructura se diseñó con características ergonómicas y estéticas en cuanto a su tamaño y geometría. La carcasa tiene forma rectangular con 72 mm de largo y 63 mm de ancho (Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3, 2017). En la parte frontal se encuentran distribuidos los orificios para las entradas USB y fuente de voltaje para el Arduino Uno. Para la protección del dispositivo en la parte superior también diseñamos una tapa. (Ver Figura N° 18)

Para la fabricación de las partes que componen la carcasa del módulo utilizamos una impresora 3D. Este equipo nos permitió la impresión de la

carcasa y la tapadera de la misma, así como las aberturas que se requerían para la entrada de USB y fuente de voltaje. (Ver Figura N° 19)

Las ventajas de esta impresora 3D es su bajo costo comparación a modelos con las mismas características. La calidad de impresión para la construcción de la carcasa y tapadera resulta apropiada, ya que provee de resistencia y una adecuada fijación entre las aristas.

## **CAPÍTULO IV**

## **CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS**

Al completar el primer paso el cual era crear la comunicación entre el brazalete Myo y el Arduino UNO, como procesador de señales, pasamos a lo que fue colocarle el código a las combinaciones de movimientos, para las 5 letras escogidas del alfabeto de la lengua de señas panameña (Bastián, 2017).

Cada letra proporciona datos que se adquieren en cada movimiento. Los datos se analizan y evalúan, por medio del Arduino, verificando que fuesen correspondientes a los códigos asignados en la programación (Labs, 2013).

Para conocer si las letras estaban siendo reconocidas se utilizó el monitor serial de Arduino (Labs, 2013).

### **4.1 Pruebas – Formas de Ejecución de la Lengua de Señas Panameña**

Para las pruebas tomamos como referencia las letras A, G, F, J y T del alfabeto de la lengua de señas panameña (Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3, 2017). Las combinaciones, de los cinco movimientos pre programados del brazalete, asignadas a cada letra fueron las siguientes:



**Figura N° 21.** Combinaciones utilizadas y asignadas a cada letra para el reconocimiento de las formas de Ejecución de la Lengua de Señas.

LETRA	CODIGO
A	MYO_POSE_FIST, MYO_POSE_REST
G	MYO_POSE_WAVE_OUT, MYO_POSE_REST
F	MYO_POSE_FINGERS_SPREAD, MYO_POSE_REST
J	MYO_POSE_WAVE_IN, MYO_POSE_REST
T	MYO_POSE_DOUBLE_TAP, MYO_POSE_REST

*Fuente:* Estudiante graduanda Itza González

#### 4.1.2 Señal de la Letra A

El gesto de la letra A hace referencia como si fuese un puño y el dedo pulgar levantado un poco hacia arriba ((SENADIS), 2015). Lo cual utilizamos la combinación de puño y descanso para crear la letra A.

**Figura N° 22.** Letra A del Alfabeto de Señas Panameñas.



A

*Fuente:* ((SENADIS), 2015)

#### 4.1.3 Señal de la Letra F

Esta señal tiene cierto parecido a la mano extendida y el la unión del dedo pulgar con el dedo índice ((SENADIS), 2015). Se crea la combinación de mano abierta y descanso para crear la letra F.

**Figura N° 23.** Letra F del Alfabeto de Señas Panameñas.



F

**Fuente:** ((SENADIS), 2015)

#### 4.1.4 Señal de la Letra G

Comparamos este gesto como el toque o unión del dedo pulgar con el dedo índice ((SENADIS), 2015). Para darle un código a la letra G utilizamos la pose mano hacia afuera y descanso.

**Figura N° 24.** Letra G del Alfabeto de la Lengua de Señas Panameñas.



G

**Fuente:** ((SENADIS), 2015)

#### 4.1.5 Señal de la Letra J

Observamos que esta señal se hace cerrando el puño y alzando el dedo meñique con un giro del mismo en dirección contraria a las manecillas del reloj ((SENADIS), 2015). Combinar mano hacia adentro y descanso nos ayuda a crear la letra J.

**Figura N° 25.** Letra J del Alfabeto de la Lengua de Señas Panameñas.



J

**Fuente:** ((SENADIS), 2015)

#### 4.1.6 Señal de la letra T

Esta señal se realiza elevando los dedos medio, anular y meñique junto con el cierre del dedo índice arriba del pulgar ((SENADIS), 2015). Indicamos que los movimientos para esta letra son mano hacia adentro y descanso.

**Figura N° 26.** Letra G del Alfabeto de la Lengua de Señas Panameñas.



**Fuente:** ((SENADIS), 2015)

#### 4.2 Análisis Económico

El análisis económico nos permitió conocer la factibilidad económica de realizar un transductor de la lengua de señas por medio del brazalete Myo. Fueron muchos los dispositivos que se tomaron en cuenta para ser utilizados en este proyecto pero el más beneficioso fue el brazalete Myo. Se muestra en la siguiente tabla los precios de los componentes electrónicos utilizados para este proyecto.

**Figura N° 27.** Cuadro de Presupuesto y precios de cada componente utilizado para el proyecto.

	DISPOSITIVO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Brazalete Myo	1	\$199.00	\$199.00
2	HM-11 Bluetooth	1	\$9.99	\$13.00
3	Microcontrolador Arduino Nano	1	\$11.99	\$11.99
4	Carcasa 3D	2	6.50	13.00
<b>TOTAL:</b>				<b>\$256.00</b>

*Fuente:* Estudiante graduanda Itza Gonzalez

### 4.3 Análisis y Discusión de los resultados de la encuesta

La encuesta se aplicó a un total de 15 personas mayores de 18 años, colaboradores de la empresa electrónica médica S.A. Cabe destacar que ninguna de las 15 personas a la cual se aplicó esta prueba posee discapacidad auditiva, sin embargo, a los mismos se le capacitó para realizar las formas de ejecución de las señas de manera correcta y así lograr obtener los datos de manera apropiada.

De la encuesta realizada se logró obtener los siguientes resultados:

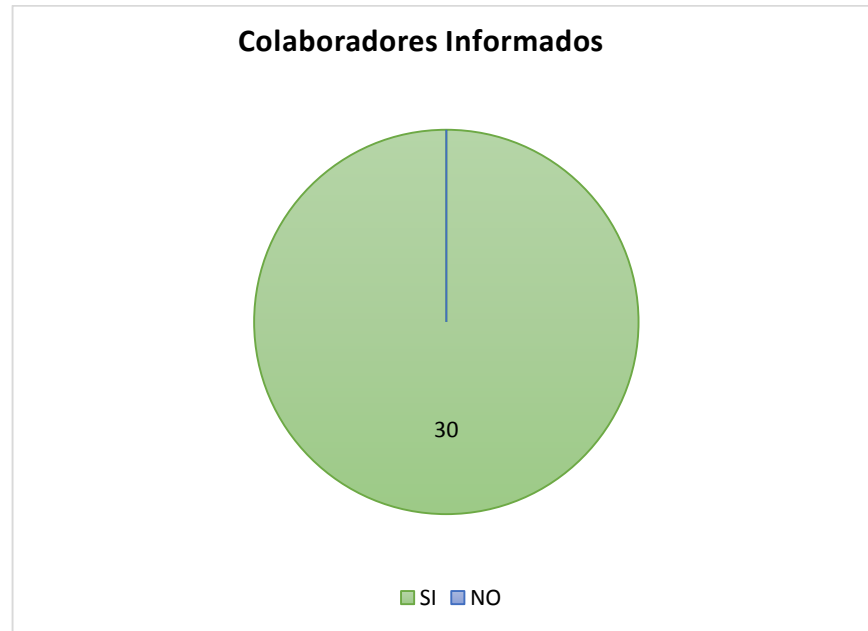
**En cuanto a la introducción del objetivo del prototipo de Interprete de Lenguaje de Señas.**

**Cuadro N°4:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que recibieron la inducción acerca del objetivo del proyecto presentado.

Categoría	Frecuencias	Porcentaje
Sí	15	100%
No	0	0%
TOTALES	15	100%

**Fuente:** Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interpretador de Lengua de Señas, 2018

**Gráfica N°1:** Resultados en gráficos del total de colaboradores que fueron informados acerca de los objetivos del proyecto antes de realizar las pruebas de funcionamiento.



**Fuente:** Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interpretador de Lengua de Señas, 2018

De 15 colaboradores encuestados el 100% de ellos fueron informados con respecto al objetivo que tiene el prototipo del Intérprete de Lengua de Señas.

Se puede observar que todos los colaboradores que participaron en la prueba del equipo intérprete de lenguaje de señas fueron debidamente informados del objetivo del prototipo.

En cuanto a la capacitación del usuario acerca del funcionamiento del prototipo de Interpretador de Lengua de Señas.

**Cuadro N°5:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que recibieron la capacitación acerca del funcionamiento del proyecto presentado.

Categoría	Frecuencias	Porcentaje
Sí	15	100%
No	0	0%
TOTALES	15	100%

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°2:** Resultados en gráficos del total de colaboradores que fueron capacitados acerca del funcionamiento del proyecto antes de realizar las pruebas.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

De los 15 colaboradores encuestados el 100% de ellos fueron capacitados con respecto al funcionamiento que tiene el prototipo del Intérprete de Lenguaje de Señas.

Se puede observar que todos los colaboradores que participaron en la prueba del equipo intérprete de lenguaje de señas fueron debidamente capacitados acerca del funcionamiento del prototipo.

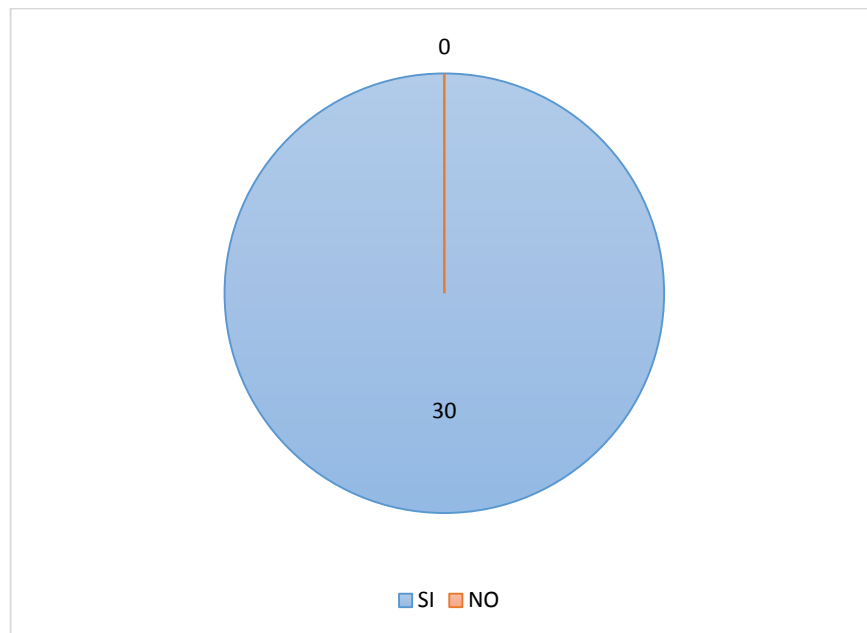
**Práctica: ¿Pudo realizar prácticas con el brazalete previo a las pruebas finales?**

**Cuadro N°6:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que realizaron pruebas de práctica con el prototipo desarrollado.

Categoría	Frecuencias	Porcentaje
Sí	15	100%
No	0	0%
TOTALES	15	100%

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°3:** Resultados en gráficos del total de colaboradores que realizaron prácticas de entrenamiento con respecto al uso del prototipo.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018



De 15 colaboradores encuestados el 100% de ellos lograron realizar prácticas con el prototipo del Interprete de Lenguaje de Señas.

Se puede observar que todos los colaboradores que participaron en la prueba del equipo interprete de lenguaje de señas realizaron debidamente la práctica de funcionamiento.

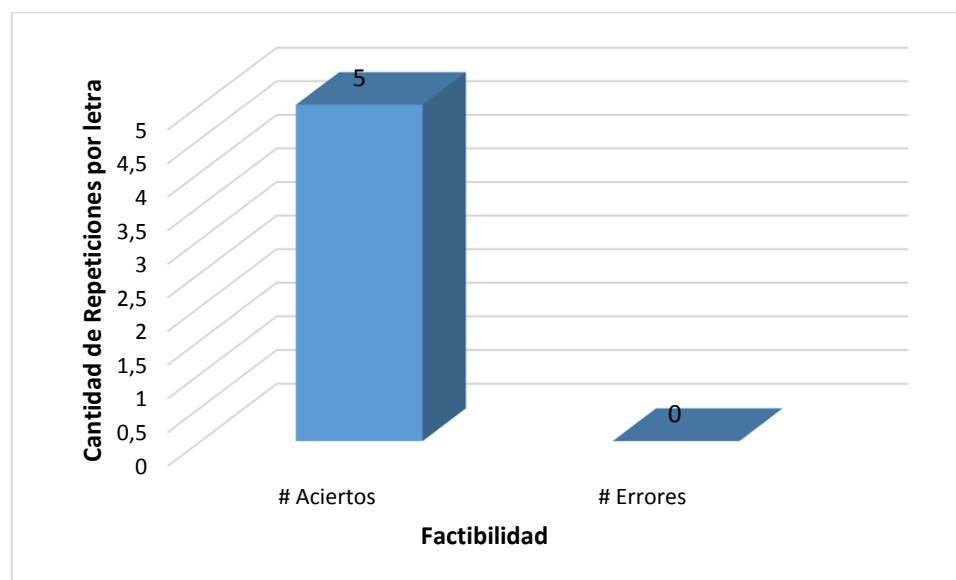
**De acuerdo a la prueba #1, para la impresión de la letra A, anote los siguientes resultados del usuario:**

**Cuadro N°7:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que realizaron las pruebas en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra A.

Categoría	Promedio
#Aciertos	<b>5</b>
#Errores	<b>0</b>

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°4:** Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra A con el Interprete de Lenguaje de Señas.



**Fuente:** Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

Con un total de 15 colaboradores que realizaron la prueba se calculó el promedio de los resultados, los cuales son la mayor cantidad de aciertos y una mínima cantidad de errores cometidos.

Siendo la mayoría de los colaboradores los que pudieron realizar la prueba de impresión de la letras A, con una totalidad de aciertos y ninguna cantidad de errores cometidos.

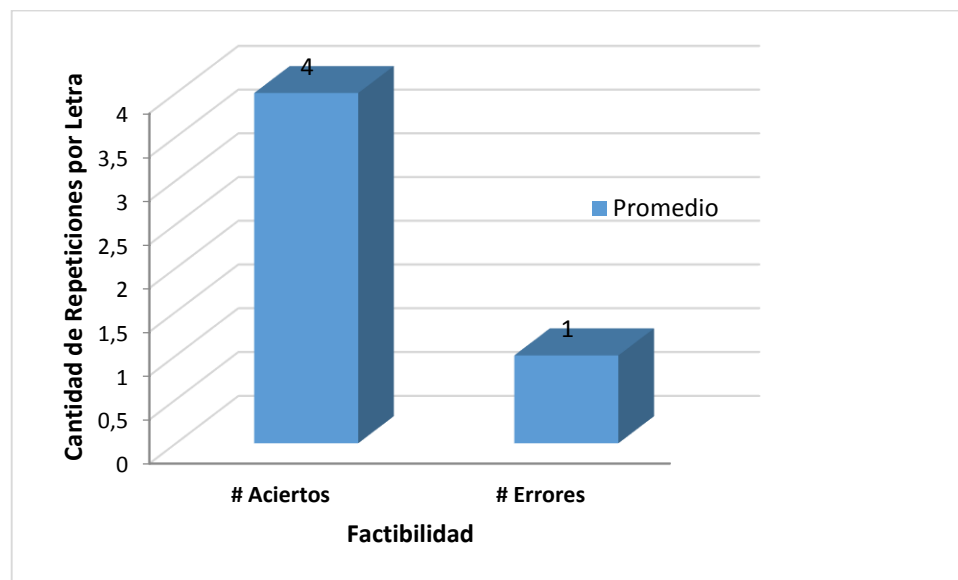
De acuerdo a la prueba N° 2, para la impresión de la letra G, anote los siguientes resultados del usuario:

**Cuadro N°8:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra G.

Categoría	Promedio
# Aciertos	4
# Errores	1

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°5:** Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra G con el Interprete de Lenguaje de Señas.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

Con un total de 15 colaboradores que realizaron la prueba se calculó el promedio de los resultados, los cuales son la mayor cantidad de aciertos y una mínima cantidad de errores cometidos.

Siendo la mayoría de los colaboradores los que pudieron realizar la prueba de impresión de la letras G, con una totalidad de aciertos y una cantidad mínima de errores cometidos.

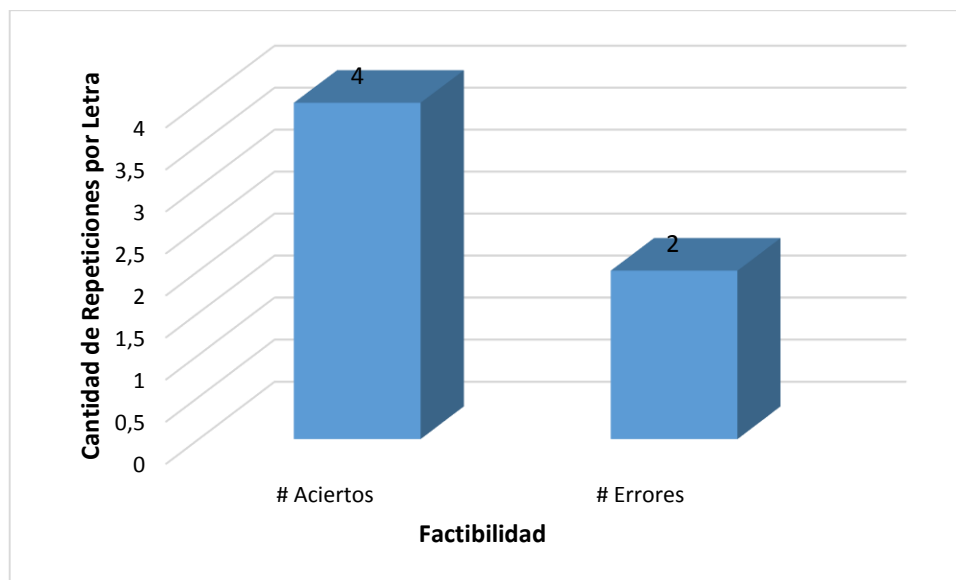
De acuerdo a la prueba #3, para la impresión de la letra F, anote los siguientes resultados del usuario:

**Cuadro N°9:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra F.

Categoría	Promedio
# Aciertos	4
# Errores	2

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°6:** Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra F con el Interprete de Lenguaje de Señas.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

Con un total de 15 colaboradores que realizaron la prueba se calculó el promedio de los resultados, los cuales son la mayor cantidad de aciertos y una mínima cantidad de errores cometidos.

Siendo la mayoría de los colaboradores los que pudieron realizar la prueba de impresión de la letras F, con una totalidad de aciertos y una cantidad mínima de errores cometidos.

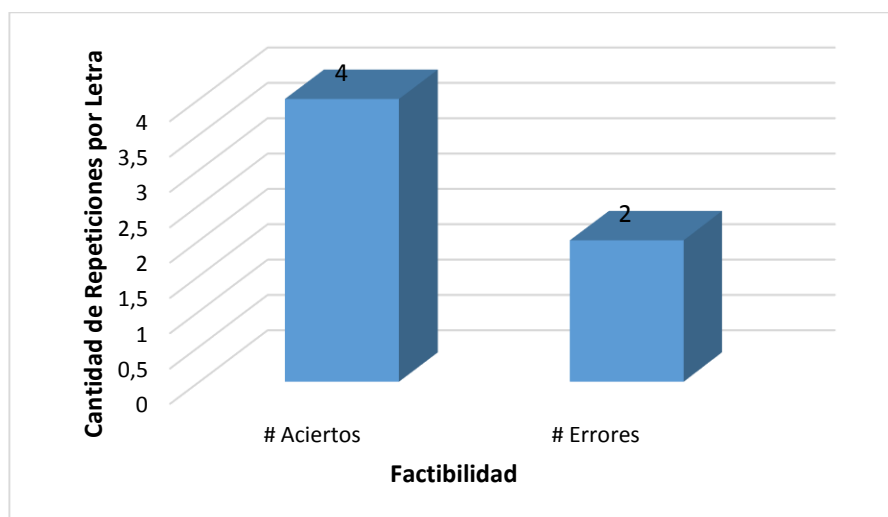
De acuerdo a la prueba #4, para la impresión de la letra J, anote los siguientes resultados del usuario:

**Cuadro N°10:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra J.

Categoría	Promedio
# Aciertos	4
# Errores	2

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°7:** Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra J con el Interprete de Lenguaje de Señas.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

Con un total de 15 colaboradores que realizaron la prueba se calculó el promedio de los resultados, los cuales son la mayor cantidad de aciertos y una mínima cantidad de errores cometidos.

Siendo la mayoría de los colaboradores los que pudieron realizar la prueba de impresión de la letras J, con una totalidad de aciertos y una cantidad mínima de errores cometidos.

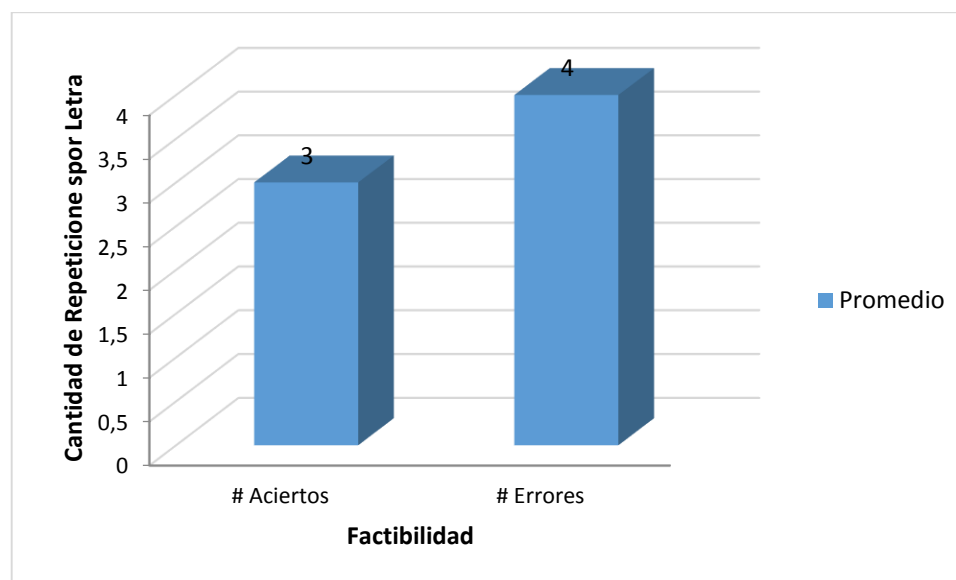
**De acuerdo a la prueba #3, para la impresión de la letra T, anote los siguientes resultados del usuario:**

**Cuadro N°11:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra F.

Categoría	Promedio
# Aciertos	<b>3</b>
# Errores	<b>4</b>

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°8:** Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra T con el Interprete de Lenguaje de Señas.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

Con un total de 15 colaboradores que realizaron la prueba se calculó el promedio de los resultados, los cuales son la mayor cantidad de errores y una cantidad regular de aciertos.

Siendo la mayoría de los colaboradores los que pudieron realizar la prueba de impresión de la letras T, con una cantidad mínima de aciertos y una cantidad considerable de errores cometidos.



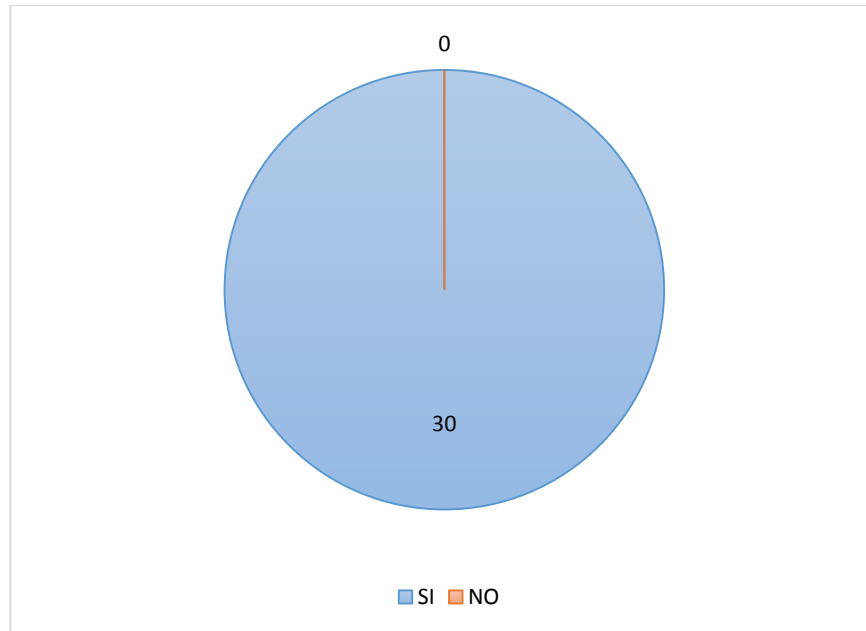
**¿Pudo ud. Visualizar los resultados de las pruebas realizadas en la aplicación de ordenador?**

**Cuadro N°12:** Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que lograron visualizar los datos en la aplicación de ordenador.

Categoría	Frecuencias	Porcentaje
Sí	15	100%
No	0	0%
TOTALES	15	100%

**Fuente:** Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°9:** Resultados en gráficos del total de colaboradores que lograron visualizar los datos en la aplicación de ordenador



**Fuente:** Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

De 15 colaboradores encuestados el 100% de ellos lograron visualizar los datos en la aplicación de ordenador con el prototipo del Interprete de Lenguaje de Señas.

Se puede observar que todos los colaboradores que participaron en la prueba del equipo interprete de lenguaje de señas lograron visualizar los datos en la aplicación de ordenador.

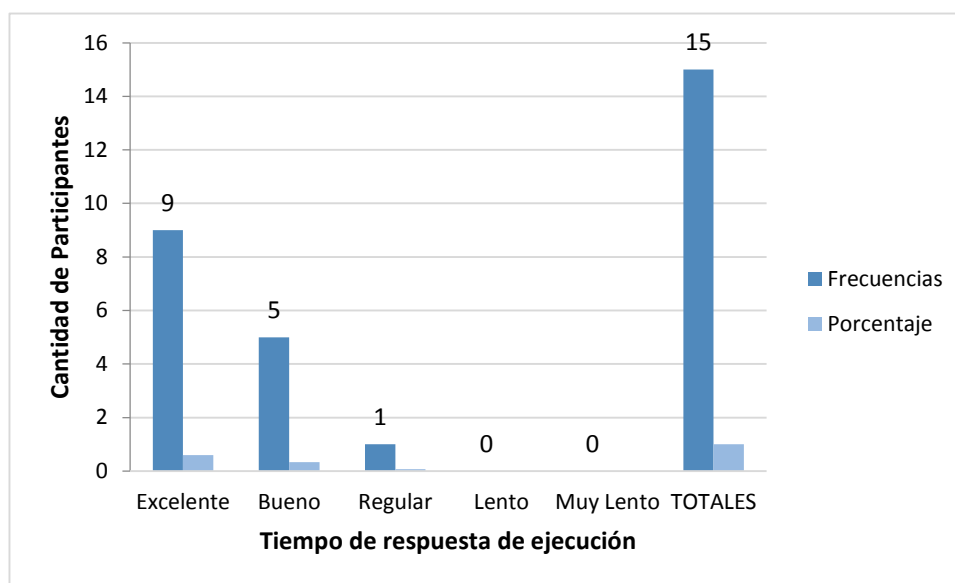
**En una escala del 1 al 5, ¿cómo observó el tiempo de respuesta desde la ejecución del movimiento hasta la aparición en pantalla?**

**Cuadro N°13:** Respuesta de los colaboradores con respecto a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla.

Categoría	Frecuencias	Porcentaje
Excelente	9	60%
Bueno	5	33.3%
Regular	1	6.7%
Lento	0	0%
Muy Lento	0	0%
TOTALES	15	100%

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°10:** Respuesta de los colaboradores en relación a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

De un total de 15 colaboradores, un 60% respondió que el tiempo de respuesta del prototipo fue excelente, un 33.3% piensa que fue bueno y un 6.7%% respondió que fueron regular.

Podemos observar que del total de los colaboradores encuestados, la mayoría de ellos encontró excelente el tiempo de respuesta del prototipo, mientras que un grupo que era bueno, mientras que un encuestado respondió que fue regular.

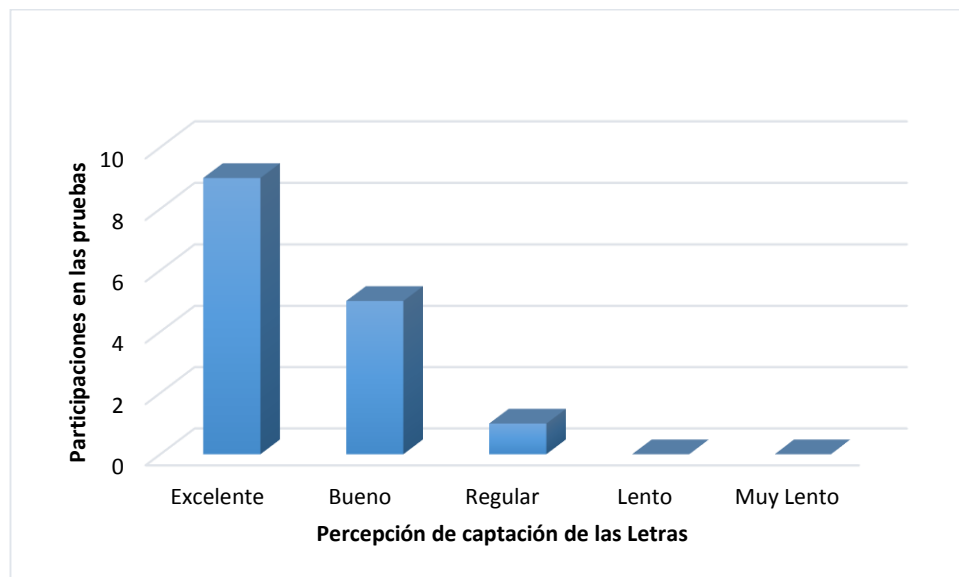
**En una escala del 1 al 5, ¿cómo calificaría su experiencia con el brazalete Myo?**

**Cuadro N°14:** Respuesta de los colaboradores con respecto a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla.

Categoría	Frecuencias	Porcentaje
Excelente	9	60%
Bueno	5	33.3%
Regular	1	6.7%
Lento	0	0%
Muy Lento	0	0%
TOTALES	15	100%

Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

**Gráfica N°11:** Respuesta de los colaboradores en relación a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla.



Fuente: Encuesta de Satisfacción de Funcionamiento del Interprete de Lenguaje de Señas, 2018

De un total de 15 colaboradores, un 60% respondió que el tiempo de respuesta del prototipo fue excelente, un 33.3% piensa que fue bueno y un 6.7% respondió que fueron regular.

Podemos observar que del total de los colaboradores encuestados, la mayoría de ellos encontró excelente el tiempo de respuesta del prototipo, mientras que un grupo que era bueno, mientras que un encuestado respondió que fue regular.

**1. Agregaría otras opciones a la aplicación de visualización, de contestar sí ¿Cuáles recomendaría agregar?**

- No
- Sí
- Recomendaciones:

---

---

**2. ¿Presentó algún inconveniente al utilizar el Interprete de Lenguaje de Señas?**

- No
- Sí
- Mencione los inconvenientes presentados:

---

---

## CONCLUSIONES

Se realizó la síntesis de un prototipo para la captación de las señales eléctricas emitidas por los músculos del antebrazo, cuando se ejecutaran, las señas de cinco letras de la lengua de señas panameña. Enfocado en las personas con discapacidad auditiva, específicamente, con sordera. De la realización de este prototipo llegamos a las siguientes conclusiones:

El prototipo traductor de lenguaje de señas se logró por medio de la intercomunicación entre el Brazalete Myo y el Arduino UNO, utilizando el módulo bluetooth HM-11. Con la finalidad de no utilizar cableado en las conexiones para el procesamiento de las señales que se utilizarían al momento de ejecutar las señas de la lengua de señas.

Por medio del uso de microcontroladores de software libre, como lo es el Arduino UNO y el brazalete Myo, tuvimos la posibilidad de realizar un prototipo de bajo costo, pero con todas las características funcionales de un equipo estándar. Entre las características están el acceso a la conexión a la base de datos para el almacenamiento y obtención de información para los resultados durante las pruebas y adaptándose así a las necesidades del proyecto.

Poder obtener el reconocimiento de los gestos de las letras establecidas para la lectura del brazalete fue por medio de sus cinco movimientos pre programados. Nos benefició en gran parte, ya la ejecución de las señas y la captación de las mismas fueron más asertivas.

El prototipo está creado para realizar cinco letras del alfabeto de la lengua de señas panameña, con la capacidad de ser adaptado para mejoras.

El diseño del equipo, liviano y armable, brinda las ventajas para ser transportado fácilmente y que su instalación sea lo más sencilla posible para el especialista o personal a cargo del equipo.

## RECOMENDACIONES

Se propone implementar un prototipo que interprete el lenguaje de señas de las personas con discapacidad auditiva el cual se utilizó en la presente investigación, puesto que se demostró su efectividad en cuanto al uso, seguridad y comodidad de este equipo.

Por lo tanto se recomienda que se tome este prototipo como idea inicial que pueden ser mejoradas e implementadas, teniendo en cuenta siempre el uso eficaz de tecnología de costos accesibles para mejorar la comunicación entre personas con discapacidad auditiva y personas oyentes en nuestro país, las cuales no tienen la facilidad de adquirir este tipo de sistemas por el costo de los mismos.

El prototipo desarrollado, como etapa inicial, se limita al diseño y desarrollo de la funcionalidad del prototipo con 5 letras del abecedario del lenguajes de señas panameño y no involucra la lectura de palabras que contengan gestos complejos.

Existen limitaciones en el prototipo en cuanto a la disponibilidad de visualización de las letras en una pantalla ya que, de no poseer una computadora, el prototipo no podrá mostrar las letras que son captadas por el microcontrolador. Esto impide que las señas realizadas por las persona no puedan ser vistas por otras personas. Sin embargo, al prototipo se le puede adaptar, en futuras mejoras, una pantalla LCD. De manera tal que el usuario y otras personas puedan visualizar las letras.



Es importante mencionar que, por trabajar con una plataforma de código abierto, se pueden realizar mejoras en el código del prototipo, es decir, añadir más letras del abecedario del lenguaje de señas panameño y palabras que contengan gestos espaciales.

Para hacer el prototipo más interactivo y funcional, se le puede crear una aplicación de dispositivo móvil como celulares o Tablet, en los cuales la persona pueda realizar las señas y visualizar en tiempo real.

Debe implementarse el uso del Intérprete del lenguaje de señas, pues es un prototipo de fácil manejo y muy útil para la comunicación con personas oyentes, y de esa manera ampliar su experiencia en la sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

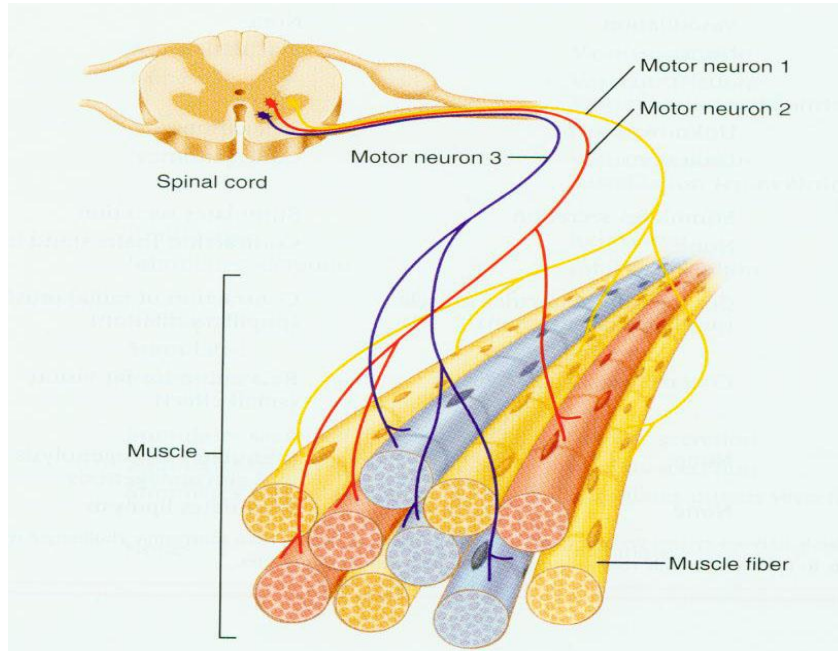
- J. L Gallego Ortega & I. A. Gómez. (2015). *Necesidades Educativas Especiales Asociadas a la Discapacidad Auditiva y Respuestas Educativas*. Madrid: EOS.
- (SENADIS), S. N. (2015). *Lengua de Señas Panameñas*. Panamá.
- Alain L. y Vejarano, R. (2016). Alternativas tecnológicas para mejorar la comunicación de personas con discapacidad auditiva en la educación superior Panameña. *Educación de la Universidad de Granada*, 219-235.
- Bastián, I. (2017). *Desarrollo de una API para el dispositivo MYO*. Xalapa.
- Borau, L. B. (2016).
- Castañeda, R., & Gallardo, A. (2017).
- Duque Arias, D. F., & Ibarra Caicedo, M. R. (2014).
- Elizabeth Parks, H. W. (2014). *Perfil Sociolingüístico de los Sordos de Panamá*. Panamá: SIL Electronic Survey Report 2014-008.
- Espinoza Aguilar, P. A., & Pogo León, H. A. (2013).
- Gila, L., Malanda, A., Rodríguez Carreño, I., Rodríguez Falces, J., & Navallas, J. (2009). *Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas*. Navar: An. Sist. Saint.
- Guzmán, D. (2017).
- Guzmán, D. A. (2017). *Guante Electrónico para Traducir de Lenguaje de Señas a Caracteres con Voz Artificial y Conexión Inalámbrica a Dispositivos Móviles para Personas con Discapacidad Auditiva y de Lenguaje en la Universidad Técnica de Ambato*. Ecuador.
- Jaramillo, C. (2015). *Diseño me Implementación de un sistema de electromiografía computarizada*. Sangolqui.
- Labs, T. (2013). *Thalamic Labs Inc*. Obtenido de Thalamic Labs Inc.: <http://www.thalamic.com/en/myo/>
- León, F., León Montoya, F. A., & Merino Miño, X. D. (2011).
- Leonardo Molina, M. J. (2011). Competencia social en niños con sordera profunda. *CES Psicología*, 1-15.
- Lewis, M. (2009). *Ethnologue: Languages of the World*. Dallas,, Texas, E.U: Sixteenth edition.

- Marieb, E. N. (2008). *Anatomía y Fisiología Humana*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Maza, D., & Erraez, J. (2016).
- Paul, L. M. (2009). *Ethnologue: Languages of the World*. Dallas.
- Pomboza, W. (2017). *Granada, España Patente nº 978-84-9163-538-3*.
- Sinchi, J. P. (2011).
- Srhoj-Egekher, V., Cifrek, M., & Medved, V. (2011). The application of Hilbert-Huang transform in the analysis of muscle fatigue during cyclic dynamic contractions. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 659-669.
- TheoryCIRCUIT. (18 de Septiembre de 2018). Obtenido de TheoryCIRCUIT: <http://www.theorycircuit.com/myoware-muscle-sensor-interfacing-arduino/>
- Varela-Benitez, J., Rivera-Delgado, J., Espinoza-Hernández, J., & De la Rosa-Vázquez, J. (2015). Electrodo capacitivo de alta sensibilidad para la detección de biopotenciales eléctricos. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 131-142.

# **ANEXOS**

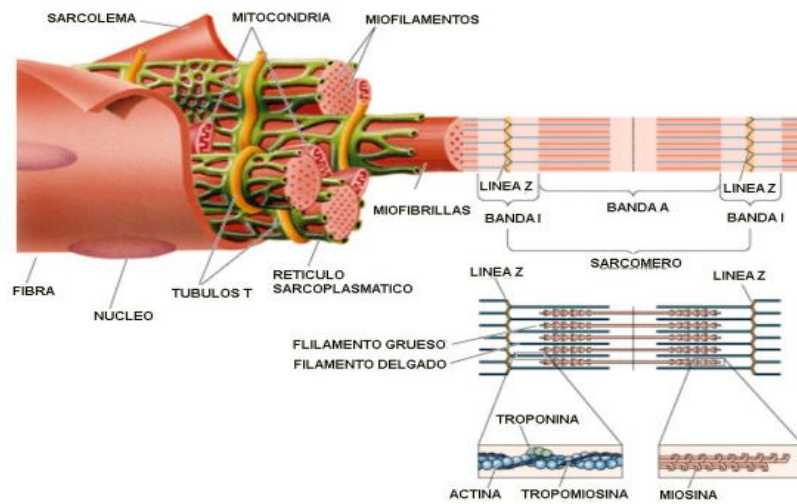
## ANEXOS

Figura N°1. Unidad Motora



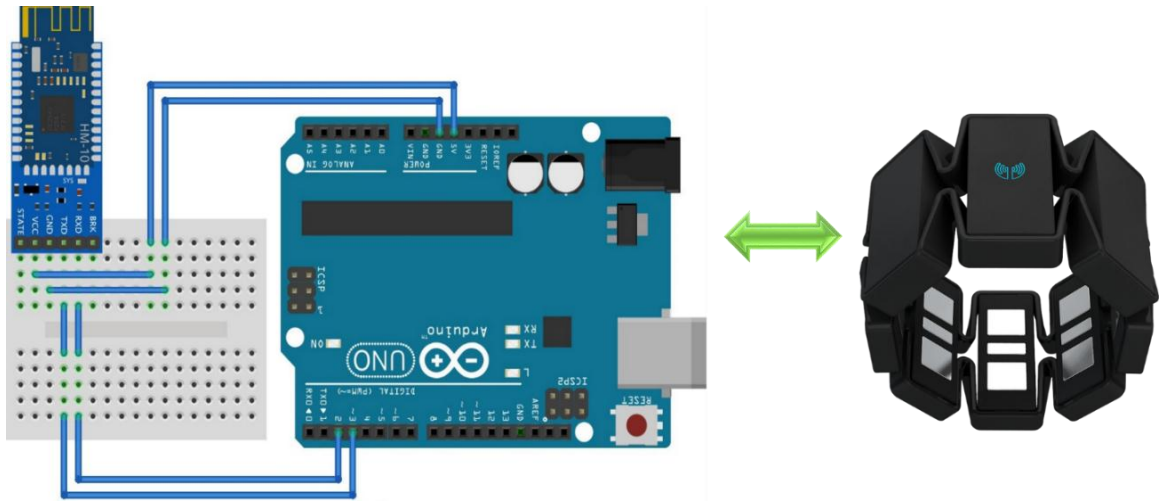
Fuente: (Marieb, 2008)

Figura N°2. Organización de la Fibra Muscular



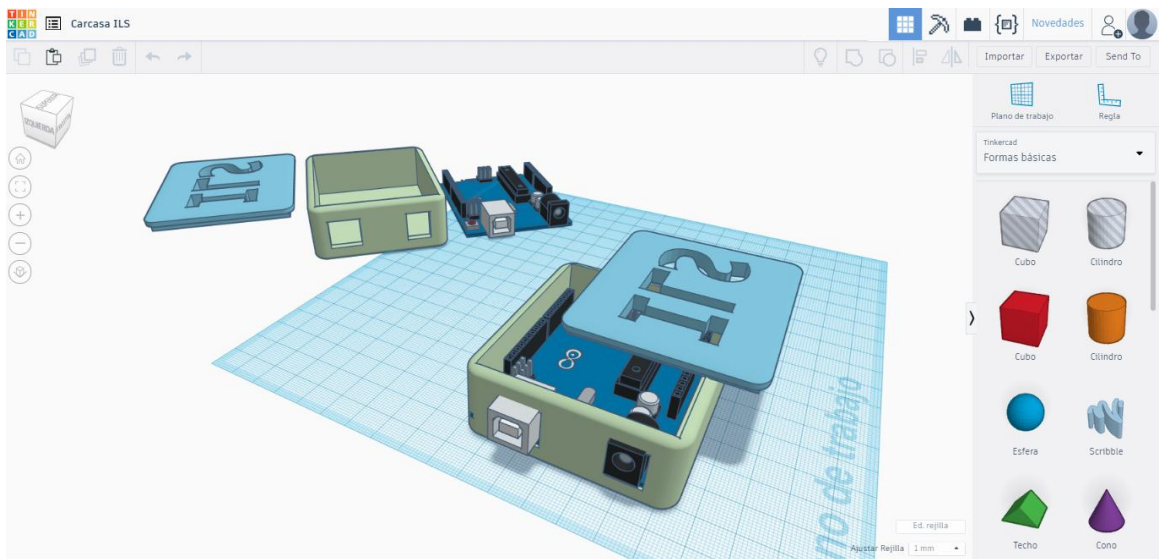
Fuente: (Marieb, 2008)

**Figura N°9.** Circuito del prototipo Interprete de la Lengua de señas – Myo



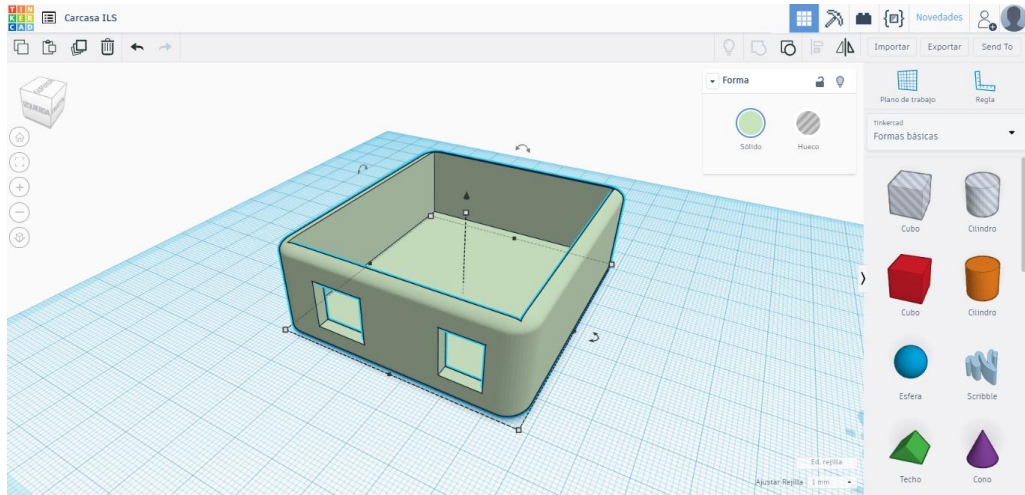
*Fuente:* Estudiante graduanda Itza Gonzalez

**Figura N°18.** Carcasa del Arduino Uno – Dimensiones (72 mm) (L) de largo x (63 mm) (An)



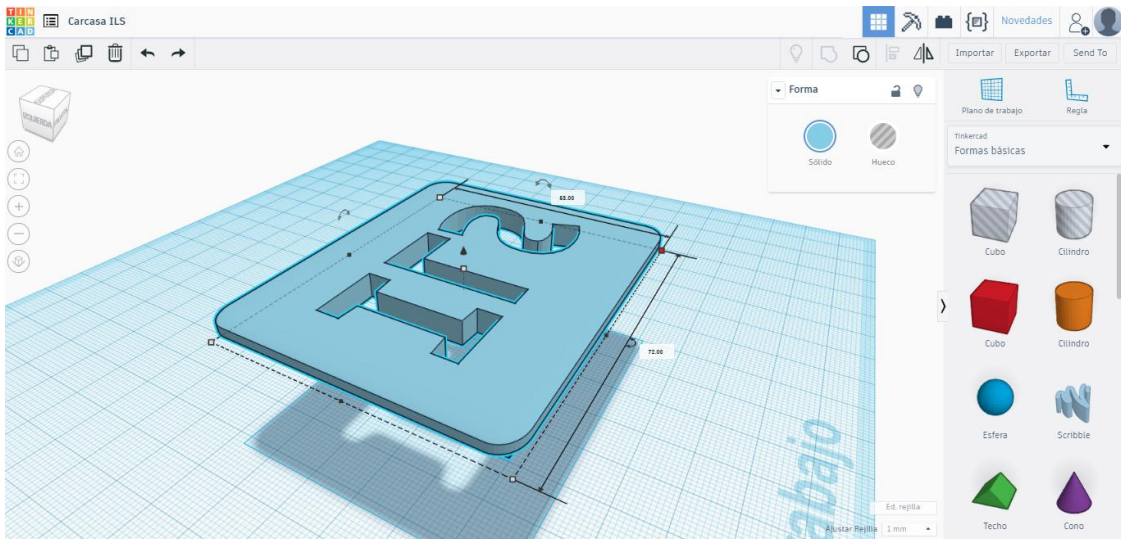
*Fuente:* Estudiante graduanda Itza Gonzalez

**Figura N°19:** Base para colocar el Arduino uno y las aberturas para la entrada de USB y fuente de voltaje.



**Fuente:** Estudiante graduanda Itza Gonzalez

**Figura N°20:** Tapadera para cubrir y proteger la carcasa.



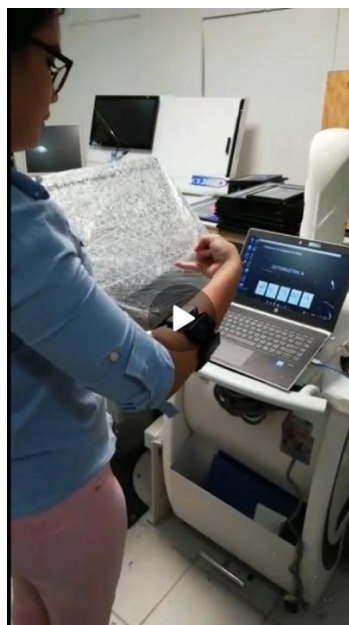
**Fuente:** Estudiante graduanda Itza Gonzalez

**Figura N°28:** Usuario en la prueba de reconocimiento de gestos



*Fuente:* Estudiante graduanda Itza Gonzalez

**Figura N°29:** Usuario ejecutando los gestos de las letras de la Lengua de Señas



*Fuente:* Estudiante graduanda Itza Gonzalez



## **Anexo #1** Programación de las cadenas de movimientos para el reconocimiento de las letras

```
#include <MyoBridge.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <PoseChainer.h>

//poseChainer limits on how many chains allowed and how many poses should
be kept in the record
#define CHAIN_LIMIT 7
#define RECORD_LIMIT 2
//SoftwareSerial connection to MyoBridge
SoftwareSerial bridgeSerial(2, 3);

//initialize MyoBridge object with software serial connection
MyoBridge bridge(bridgeSerial);

//initialize poseChainer object with the limits
PoseChainer poseChainer(CHAIN_LIMIT, RECORD_LIMIT);

//desired pose chains
uint8_t pose_letra_a[2] = {MYO_POSE_FIST, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_A 2

uint8_t pose_letra_g[3] = {MYO_POSE_WAVE_OUT, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_G 2

uint8_t      pose_letra_f[4]      =      {MYO_POSE_FINGERS_SPREAD,
MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_F 2
```

```

uint8_t pose_letra_j[5] = {MYO_POSE_WAVE_IN, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_J 2

uint8_t pose_letra_t[6] = {MYO_POSE_DOUBLE_TAP, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_T 2

//declare a function to handle pose data
void handlePoseData(MyoPoseData& data) {

    //convert pose data to MyoPose
    MyoPose pose;
    pose = (MyoPose)data.pose;

    //poseChainer doesn't care if the pose is MYO_POSE_REST or not, so let's
make sure we don't record REST poses
    if (pose != MYO_POSE_UNKNOWN) {
        //insert the registered pose to the record
        poseChainer.insertPoseToChainRecord(pose);
        //check if any chain matches our record
        sVibeChain vibeChain = poseChainer.whichChain();

        //check which chain matches or about to match the record
        switch (vibeChain.found_chain) {
            //-1 means no chain, 0 is the first chain we added to the record, 1 the second
etc.
            case -1:
                //no match, break and do noting
                break;

            case 0:

```

```

//check if full match happened
if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_A) {
  //LED ON
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  Serial.println("LETRA: A");
  //level 2 myo vibration to signal completion
  bridge.vibrate(2);
  //empty record
  poseChainer.emptyRecord();
  break;
}

```

case 1:

```

//check if full match happened
if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_G) {
  //LED OFF
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  Serial.println("LETRA: G");
  //level 2 myo vibration to signal completion
  bridge.vibrate(2);
  //empty record
  poseChainer.emptyRecord();
  break;
}

```

case 2:

```

//check if full match happened
if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_F) {
  //LED OFF
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  Serial.println("LETRA: F");
}

```

```

//level 2 myo vibration to signal completion
bridge.vibrate(2);
//empty record
poseChainer.emptyRecord();
break;
}
case 3:
//check if full match happened
if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_J) {
//LED OFF
digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
Serial.println("LETRA: J");
//level 2 myo vibration to signal completion
bridge.vibrate(2);
//empty record
poseChainer.emptyRecord();
break;
}
case 4:
//check if full match happened
if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_T) {
//LED OFF
digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
Serial.println("LETRA: T");
//level 2 myo vibration to signal completion
bridge.vibrate(2);
//empty record
poseChainer.emptyRecord();
break;
}

```

default:

```
//in the past cases we didn't use break when a full match didn't happen  
//switch falls to default, and does a level 1 myo vibration to signal progress  
bridge.vibrate(1);
```

```
}  
}  
}
```

```
void setup() {
```

```
  //initialize both serial connections
```

```
  Serial.begin(115200);
```

```
  bridgeSerial.begin(115200);
```

```
  //wait until MyoBridge has found Myo and is connected. Make sure Myo is not  
  connected to anything else and not in standby!
```

```
  Serial.println("Buscando Dispositivo Myo...");
```

```
  bridge.begin();
```

```
  Serial.println("Conectado");
```

```
  //set the function that handles pose events
```

```
  bridge.setPoseEventCallback(handlePoseData);
```

```
  //tell the Myo we want Pose data
```

```
  bridge.enablePoseData();
```

```
  //make sure Myo is unlocked
```

```
  bridge.unlockMyo();
```

```
  /*You have to perform the sync gesture to receive Pose data!*/
```

```
  //add the chains we defined earlier to our poseChainer
```

```
  poseChainer.addChain(pose_letra_a, 2);
```

```
poseChainer.addChain(pose_letra_g, 3);  
poseChainer.addChain(pose_letra_f, 4);  
poseChainer.addChain(pose_letra_j, 5);  
poseChainer.addChain(pose_letra_t, 6);  
}
```

```
void loop() {  
  //update the connection to MyoBridge  
  bridge.update();  
}
```

## **Anexo #2 Programación del registro de las letras ejecutadas en Processing.**

```
#include <MyoBridge.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <PoseChainer.h>

//poseChainer limits on how many chains allowed and how many poses should
be kept in the record
#define CHAIN_LIMIT 7
#define RECORD_LIMIT 2
//SoftwareSerial connection to MyoBridge
SoftwareSerial bridgeSerial(2, 3);

//initialize MyoBridge object with software serial connection
MyoBridge bridge(bridgeSerial);

//initialize poseChainer object with the limits
PoseChainer poseChainer(CHAIN_LIMIT, RECORD_LIMIT);

//desired pose chains
uint8_t pose_letra_a[2] = {MYO_POSE_FIST, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_A 2

uint8_t pose_letra_g[3] = {MYO_POSE_WAVE_OUT, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_G 2

uint8_t      pose_letra_f[4]      =      {MYO_POSE_FINGERS_SPREAD,
MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_F 2
```

```

uint8_t pose_letra_j[5] = {MYO_POSE_WAVE_IN, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_J 2

uint8_t pose_letra_t[6] = {MYO_POSE_DOUBLE_TAP, MYO_POSE_REST};
#define SIZE_LETRA_T 2

//declare a function to handle pose data
void handlePoseData(MyoPoseData& data) {

    //convert pose data to MyoPose
    MyoPose pose;
    pose = (MyoPose)data.pose;

    //poseChainer doesn't care if the pose is MYO_POSE_REST or not, so let's
    make sure we don't record REST poses
    if (pose != MYO_POSE_UNKNOWN) {
        //insert the registered pose to the record
        poseChainer.insertPoseToChainRecord(pose);
        //check if any chain matches our record
        sVibeChain vibeChain = poseChainer.whichChain();

        //check which chain matches or about to match the record
        switch (vibeChain.found_chain) {
            // -1 means no chain, 0 is the first chain we added to the record, 1 the second
            etc.
            case -1:
                //no match, break and do nothing
                break;

```



```
case 0:
  //check if full match happened
  if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_A) {
    //LED ON
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
    Serial.println("LETRA: A");
    //level 2 myo vibration to signal completion
    bridge.vibrate(2);
    //empty record
    poseChainer.emptyRecord();
    break;
  }
```

```
case 1:
  //check if full match happened
  if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_G) {
    //LED OFF
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
    Serial.println("LETRA: G");
    //level 2 myo vibration to signal completion
    bridge.vibrate(2);
    //empty record
    poseChainer.emptyRecord();
    break;
  }
```

```
case 2:
  //check if full match happened
  if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_F) {
    //LED OFF
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
```

```

Serial.println("LETRA: F");
//level 2 myo vibration to signal completion
bridge.vibrate(2);
//empty record
poseChainer.emptyRecord();
break;
}
case 3:
//check if full match happened
if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_J) {
//LED OFF
digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
Serial.println("LETRA: J");
//level 2 myo vibration to signal completion
bridge.vibrate(2);
//empty record
poseChainer.emptyRecord();
break;
}
case 4:
//check if full match happened
if (vibeChain.vibe_level == SIZE_LETRA_T) {
//LED OFF
digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
Serial.println("LETRA: T");
//level 2 myo vibration to signal completion
bridge.vibrate(2);
//empty record
poseChainer.emptyRecord();
break;
}

```

```
}  
default:  
    //in the past cases we didn't use break when a full match didn't happen  
    //switch falls to default, and does a level 1 myo vibration to signal progress  
    bridge.vibrate(1);  
  
}  
}  
}
```

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura N°1:</b> Unidad Motora	<b>85</b>
<b>Figura N°2:</b> Organización de la Fibra Muscular	85
<b>Figura N°3:</b> Sensor Mioeléctrico Myoware	29
<b>Figura N°4:</b> Brazalete Myo	30
<b>Figura N°5:</b>	35
Componentes externos del brazalete Myo	
<b>Figura N°6:</b>	36
Proceso de comunicación del Brazalete Myo con el Arduino uno utilizando el modulo HM-11	
<b>Figura N°7:</b> Datasheet Módulo HM-11	37
<b>Figura N°8:</b> Datasheet Arduino uno	38
<b>Figura N°9:</b> Circuito del prototipo Interprete de la Lengua de señas – Myo	86
<b>Figura N°10:</b> Datasheet Módulo HM-11	46
<b>Figura N°11:</b> Símbolo del sistema cmd	47
<b>Figura N°12:</b> Codigo CcLoader.exe mostrandose listo para crear la comunicación entre el modulo y el brazalete	48
<b>Figura N°13:</b> Código Readposedata	49
<b>Figura N°14:</b> Código Posechainer utilizado para las pruebas de las cadenas de las cinco letras	50
<b>Figura N°15:</b> Ventana del programa Processing mostrando la búsqueda para el reconociendo del Brzalete Myo	51
<b>Figura N°16:</b> Ventana del acceso directo del	52

	código del programa Processing	
<b>Figura N°17:</b>	Acceso directo a la aplicación del programa Processing con el Windows 64, sistema correspondiente de la PC utilizada	53
<b>Figura N°18:</b>	Carcasa del Arduino Uno – Dimensiones (72 mm) (L) de largo x (63 mm) (An)	86
<b>Figura N°19:</b>	Base para colocar el Arduinio uno y las aberturas para la entrada de USB y fuente de voltaje	87
<b>Figura N°20:</b>	Tapadera para cubrir y proteger la carcasa	87
<b>Figura N°21:</b>	Combinaciones utilizadas y asignadas a cada letra para el reconocimiento de las formas de Ejecución de la Lengua de Señas	57
<b>Figura N°22:</b>	Letra A del Alfabeto de Señas Panameñas	57
<b>Figura N°23:</b>	Letra F del Alfabeto de Señas Panameñas	58
<b>Figura N°24:</b>	Letra G del Alfabeto de la Lengua de Señas Panameñas	59
<b>Figura N°25:</b>	Letra J del Alfabeto de la Lengua de Señas Panameñas	59
<b>Figura N°26:</b>	Letra G del Alfabeto de la Lengua de Señas Panameñas	60
<b>Figura N°27:</b>	Cuadro de Presupuesto y precios de cada componente utilizado para el proyecto	61

<b>Figura N°28:</b>	Usuario en la prueba de reconocimiento de gestos	89
<b>Figura N°29:</b>	Usuario ejecutando los gestos de las letras de la Lengua de Señas	89

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro N°1:</b> Movimientos predeterminados del Brazalete Myo	35
<b>Cuadro N°2:</b> Pines Módulo HM-11	37
<b>Cuadro N°3:</b> Pines del Microprocesador Arduino uno	<b>39</b>
<b>Cuadro N°4:</b> Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que recibieron la inducción acerca del objetivo del proyecto presentado	62
<b>Cuadro N°5:</b> Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que recibieron la capacitación acerca del funcionamiento del proyecto presentado	63
<b>Cuadro N°6:</b> Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que realizaron pruebas de práctica con el prototipo desarrollado	65
<b>Cuadro N°7:</b> Porcentajes de resultados por parte de los estudiantes en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra A	66
<b>Cuadro N°8:</b> Porcentajes de resultados por parte de los estudiantes en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra G	68
<b>Cuadro N°9:</b> Porcentajes de resultados por parte de los estudiantes en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra F	69
<b>Cuadro N°10:</b> Porcentajes de resultados por parte de los estudiantes en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra J	71

<b>Cuadro N°11:</b>	Porcentajes de resultados por parte de los estudiantes en cuanto a la cantidad de aciertos y errores obtenidos en la prueba de impresión de la letra F	72
<b>Cuadro N°12:</b>	Porcentajes de resultados por parte de los colaboradores que lograron visualizar los datos en la aplicación de ordenador	74
<b>Cuadro N°13:</b>	Respuesta de los colaboradores con respecto a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla	75
<b>Cuadro N°14:</b>	Respuesta de los colaboradores con respecto a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla	77



## INDICE DE GRÁFICAS

	<b>Página</b>
<b>Gráfica N°1:</b> Resultados en gráficos del total de colaboradores que fueron informados acerca de los objetivos del proyecto antes de realizar las pruebas de funcionamiento	62
<b>Gráfica N°2:</b> Resultados en gráficos del total de colaboradores que fueron capacitados acerca del funcionamiento del proyecto antes de realizar las pruebas	64
<b>Gráfica N°3:</b> Resultados en gráficos del total de colaboradores que realizaron prácticas de entrenamiento con respecto al uso del prototipo	65
<b>Gráfica N°4:</b> Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra A con el Intérprete de Lenguaje de Señas	67
<b>Gráfica N°5:</b> Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra G con el Interprete de Lenguaje de Señas	68
<b>Gráfica N°6:</b> Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la	70

	letra F con el Interprete de Lenguaje de Señas	
<b>Gráfica N°7:</b>	Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra J con el Interprete de Lenguaje de Señas	71
<b>Gráfica N°8:</b>	Gráficos de los resultados obtenidos por los colaboradores en la prueba de impresión de la letra T con el Interprete de Lenguaje de Señas	73
<b>Gráfica N°9:</b>	Resultados en gráficos del total de colaboradores que lograron visualizar los datos en la aplicación de ordenador	74
<b>Gráfica N°10:</b>	Respuesta de los colaboradores en relación a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla	76
<b>Gráfica N°11:</b>	Respuesta de los colaboradores en relación a la percepción del tiempo de respuesta desde que se ejecuta el movimiento hasta la aparición del dato en pantalla	77

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>Anexo N°1:</b> Programación de las cadenas de movimientos para el reconocimiento de las letras	90
<b>Anexo N°2:</b> Programación del registro de las letras ejecutadas en Processing	96