

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERIA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN GUANTE ELECTRÓNICO QUE
PERMITE TRANSFORMAR EL LENGUAJE DE SEÑAS EN
CARACTERES Y REPRODUCCIÓN SONORA DE VOZ ARTIFICIAL**

AUTORES:

DIEGO FERNANDO DUQUE ARIAS

MARCOS RODRIGO IBARRA CAICEDO

DIRECTOR:

HAMILTON LEONARDO NÚÑEZ VERDEZOTO

Quito, febrero del 2014

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACION DE USO
DEL TRABAJO DE GRADO**

Nosotros, Diego Fernando Duque Arias y Marcos Rodrigo Ibarra Caicedo autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, febrero del 2014

Diego Fernando Duque Arias
CC: 171802088-4

Marcos Rodrigo Ibarra Caicedo
CC: 080284379-7

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

Diego Duque

Esta tesis se la dedico a Dios, a mi madre y mi abuela por el apoyo brindado.

Rodrigo Ibarra

AGRADECIMIENTO

A mi compañero de tesis con quien he compartido momentos difíciles y logros en todo este tiempo de amistad, gracias por ese apoyo incondicional de siempre.

Al Ing. Hamilton Núñez, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Diego Duque

Rodrigo Ibarra

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | |
| CAPÍTULO 1 | 2 |
| ANTECEDENTES..... | 2 |
| 1.1 Objetivo general..... | 2 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 2 |
| 1.3 Alcance del proyecto..... | 3 |
| 1.4 Justificación..... | 4 |
| 1.5 Beneficiarios | 4 |
| 1.6 Limitaciones del proyecto | 5 |
| CAPÍTULO 2..... | 6 |
| LA ESTRUCTURA DE LA MANO HUMANA | 6 |
| 2.1 La mano Humana | 6 |
| 2.1.1 Partes de la mano humana | 7 |
| 2.1.2 Dedos..... | 8 |
| 2.1.3 Ángulos de los dedos..... | 8 |
| 2.2 Movimientos de la mano..... | 9 |
| 2.3 Tecnología Asistencial..... | 11 |
| 2.4 Guantes Sensorizados..... | 11 |
| 2.4.1 Guante CyberGlove II | 11 |
| 2.4.2 Guante CyberGlove III..... | 12 |
| 2.4.3 5DT Ultra Wireless Kit | 13 |
| 2.4.4 Guante CyberTouch | 13 |
| 2.4.5 5DT Data Glove 5 Ultra | 14 |
| 2.4.6 5DT Data Glove 5 MRI..... | 15 |
| 2.5 Proyecto de guante electrónico a nivel nacional..... | 15 |
| CAPÍTULO 3..... | 17 |
| DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE | 17 |
| 3.1 Lenguaje de señas | 17 |
| 3.2 Sensor Flexible..... | 18 |
| 3.2.1 Justificación del sensor seleccionado..... | 19 |

| | | |
|------------------------------|--|----|
| 3.2.2 | Circuito comparador de acondicionamiento para el sensor flexible | 20 |
| 3.2.3 | Valores de las resistencias flexibles | 20 |
| 3.2.4 | Calculo para la obtención de los valores de las resistencias de acondicionamiento para el sensor flexible | 21 |
| 3.3 | Sensor de Fuerza | 22 |
| 3.4 | Arduino | 23 |
| 3.4.1 | Arduino Mega 2560..... | 23 |
| 3.5 | Sintetizador de voz Emic 2 | 25 |
| 3.6 | Speaker (Parlante) | 26 |
| 3.7 | Dispositivo de visualización LCD 2x16 | 26 |
| 3.8 | Diseño del guante electrónico | 27 |
| 3.8.1 | Primer diseño..... | 27 |
| 3.8.1.1 | Construcción del primer prototipo | 29 |
| 3.8.2 | Segundo diseño..... | 31 |
| 3.8.2.1 | Construcción del segundo prototipo..... | 33 |
| 3.8.3 | Diseño final del prototipo..... | 39 |
| 3.8.3.1 | Construcción del prototipo | 40 |
| 3.9 | Características y uso del prototipo | 44 |
| 3.9.1 | Esquematación de la secuencia de uso del producto | 46 |
| 3.9.2 | Forma de guardar y trasladar el guante | 47 |
| 3.9.3 | Seguridad del usuario | 47 |
| 3.10 | Tabla de datos | 48 |
| 3.11 | Diagramas de flujo del prototipo..... | 50 |
| 3.12 | Características de alimentación..... | 52 |
| CAPÍTULO 4 | | 53 |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS | | 53 |
| 4.1 | Pruebas con el primer prototipo | 53 |
| 4.1.1 | Costos del primer prototipo | 55 |
| 4.2 | Pruebas con el segundo prototipo | 56 |
| 4.2.1 | Costos del segundo prototipo | 58 |
| 4.3 | Pruebas con el tercer prototipo..... | 59 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.3.1 | Costos del tercer prototipo | 60 |
| 4.4 | Medición de calidad del prototipo | 61 |
| | CONCLUSIONES | 63 |
| | RECOMENDACIONES | 65 |
| | LISTA DE REFERENCIAS | 66 |
| | Anexo 1. Manual de Usuario | 68 |
| | Anexo 2. Código de control Arduino Mega 2560..... | 70 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Diagrama de bloques del sistema | 3 |
| Figura 2 Anatomía de la mano humana | 6 |
| Figura 3 División de los huesos de la mano humana (Vista Dorsal) | 7 |
| Figura 4 Dedos de la mano..... | 8 |
| Figura 5 Ángulos formados por los dedos de la mano..... | 9 |
| Figura 6 Movimientos de la mano humana..... | 10 |
| Figura 7 Guante CyberGlove II..... | 12 |
| Figura 8 Guante CyberGlove III | 12 |
| Figura 9 5DT Ultra Wireless Kit..... | 13 |
| Figura 10 Guante CyberTouch..... | 14 |
| Figura 11 5DT Data Glove 5 Ultra | 14 |
| Figura 12 5DT Data Glove 5 MRI | 15 |
| Figura 13 Guante traductor | 16 |
| Figura 14 Lenguaje de señas | 18 |
| Figura 15 Sensor flexible y rango de ángulos..... | 19 |
| Figura 16 Circuito comparador de acondicionamiento..... | 20 |
| Figura 17 Sensor de Fuerza..... | 22 |
| Figura 18 a) Arduino Mega 2560 y b) Distribución de puertos..... | 24 |
| Figura 19 Sintetizador de voz Emic 2 | 25 |
| Figura 20 Speaker (Parlante)..... | 26 |
| Figura 21 LCD 2x16 | 27 |
| Figura 22 Distribución de sensores en el guante..... | 28 |
| Figura 23 Simulación del circuito en ISIS 7 PROFESSIONAL..... | 29 |
| Figura 24 Circuito en protoboard..... | 30 |
| Figura 25 Activación de entradas..... | 30 |
| Figura 26 Distribución de sensores en el guante..... | 32 |
| Figura 27 a) Guante con cubierta y b) Guante sin cubierta..... | 33 |
| Figura 28 Simulación del circuito en ISIS 7 PROFESSIONAL..... | 34 |
| Figura 29 Circuito en protoboard..... | 35 |

| | |
|--|----|
| Figura 30 Simulación para colocación de dispositivos | 36 |
| Figura 31 a) Diseño del circuito completo en ARES y b) Placa física..... | 37 |
| Figura 32 Elementos colocados en la placa | 38 |
| Figura 33 Acoplamiento..... | 38 |
| Figura 34 Distribución de sensores en el guante..... | 40 |
| Figura 35 Simulación del circuito en ISIS 7 PROFESSIONAL..... | 41 |
| Figura 36 a) Guante, b) Cubierta del circuito y c) Acoplamiento de guante y cubierta . | 42 |
| Figura 37 Circuito en protoboard..... | 43 |
| Figura 38 a) Diseño del circuito completo en ARES y b) Placa física . | 43 |
| Figura 39 Prototipo final | 44 |
| Figura 40 Colocación del guante..... | 46 |
| Figura 41 Encendido del prototipo..... | 46 |
| Figura 42 Diagrama de flujo de Hardware..... | 50 |
| Figura 43 Diagrama de flujo de Software | 51 |
| Figura 44 Baterías | 52 |
| Figura 45 Prueba con el primer prototipo | 53 |
| Figura 46 Prueba con el segundo prototipo..... | 56 |
| Figura 47 Prueba con el tercer prototipo..... | 59 |
| Figura 48 Encuesta de medición de calidad..... | 61 |
| Figura 49 Medición de calidad..... | 62 |
| Figura 50 Realización de señas con el prototipo..... | 62 |
| Figura 51 Señal de espacio..... | 69 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Valor de las resistencias flexibles | 20 |
| Tabla 2 Resultados de R2 para cada sensor | 22 |
| Tabla 3 Valores lógicos..... | 48 |
| Tabla 4 Código de cada letra del lenguaje de señas..... | 49 |
| Tabla 5 Semejanza de códigos I, J, Z..... | 54 |
| Tabla 6 Semejanza de códigos U, V | 54 |
| Tabla 7 Semejanza de códigos P, W | 54 |
| Tabla 8 Semejanza de códigos F, T | 54 |
| Tabla 9 Costos del primer prototipo..... | 55 |
| Tabla 10 Costos del segundo prototipo..... | 58 |
| Tabla 11 Costos del tercer prototipo | 60 |

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo desarrollar un prototipo capaz de transformar el lenguaje de señas en caracteres y reproducción sonora de voz artificial, utilizando para ello sensores flexibles, los cuales al ser flexionados varían su resistencia. Por medio de un circuito acondicionador se regula la sensibilidad de los sensores, una tarjeta Arduino Mega 2560 adquiere las señales de salida del circuito acondicionador, para luego ser convertidas en texto y audio a través de un dispositivo LCD 2x16 y un sintetizador de voz Emic2 respectivamente. La alimentación del prototipo se la realiza con dos baterías de 9V de 350mA recargables.

El código de control fue desarrollado en la plataforma Arduino, el cual compara el estado de las señales de entrada con las existentes en el código y si estas comparaciones son equivalentes se obtendrá el carácter correspondiente a la letra del abecedario caso contrario no se conseguirá ningún carácter o el mismo no será el deseado.

El Hardware está diseñado e implementado de manera uniforme y de fácil colocación de tal manera que el usuario no tenga dificultades al momento de utilizarlo. Mediante un análisis ergonómico se muestra la utilidad, ventajas, cualidades y características que hacen de este un producto seguro y confiable para los usuarios.

El prototipo desarrollado en este proyecto se encarga de generar un canal de comunicación para las personas sordomudas mejorando su calidad de vida, disminuyendo sus limitaciones con el entorno social y su inclusión en la vida laboral.

ABSTRACT

The goal of the project is to develop a prototype able to translate sign language into characters that can be read and reproduced using an artificial voice, which in turn uses reflex-able sensors about 7.8cm long. These sensors can read hand motion and comprise of a circuit adapted in order to regulate the sensitivity of these sensors, and Arduino Mega 2560 card which reads the signals of these sensors and transmits them into a text version in an LCD format that later on will be reproduced by a speech synthesizer Emic 2 with two 9V rechargeable batteries.

The codes for the system were developed in an Arduino platform which compares the signs being made with the already stored ones and if they happen to match then an alphabetical letter will show up however if no match is found nothing will show up.

This hardware was designed in uniform manner in which the user will not have any difficulty while using it. Throughout this ergonomic analysis we notice the advantages and characteristics that make this product secure and reliable for its users.

The prototype developed in this project is in charge of generating a channel of communication for people who are deaf-mute, allowing them to have a better life style and by decreasing the limits they have with their social environment.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances tecnológicos dentro de la medicina han beneficiado a millones de personas a nivel mundial, especialmente a las que sufren algún tipo de discapacidad. Claro ejemplo son las personas sordomudas (personas sin la capacidad de hablar y escuchar), que a lo largo de la historia han sido excluidas de la sociedad (Zepeda, Vásquez, & Silveira, 2011).

Tratando de mejorar el nivel y calidad de vida de estas personas, se ha planteado diseñar e implementar un guante electrónico que permite transformar el lenguaje de señas en caracteres y reproducción sonora de voz artificial.

En el Capítulo 1: se presentan objetivos, justificaciones, alcances y limitaciones para el diseño y desarrollo de este proyecto.

En el Capítulo 2: se analizará la anatomía de la mano humana, fundamentos teóricos y de diseño que involucran la construcción de un guante electrónico.

En el Capítulo 3: se realizará el diseño de Hardware, desarrollo de Software y construcción del guante electrónico que permita transformar el lenguaje de señas en caracteres y reproducción de voz sonora.

En el Capítulo 4: se analizará los resultados de las pruebas realizadas con el guante electrónico y los costos del proyecto.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En este capítulo se presentan: objetivos, justificaciones, alcances y limitaciones del proyecto, dando a conocer los conceptos generales hacia a donde se encuentra orientada nuestra intención de desarrollo tanto en Hardware como en Software.

1.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un guante electrónico que permite transformar el lenguaje de señas en caracteres y reproducción sonora de voz artificial.

1.2 Objetivos Específicos

- Efectuar el levantamiento de información: de los sensores, tarjeta de desarrollo, sintetizador de voz, dispositivo de visualización y Software que se implementará.

- Analizar la ergonomía del guante electrónico.

- Diseñar los circuitos acondicionadores de señal para cada uno de los sensores utilizados con la finalidad de estabilizar la señal.

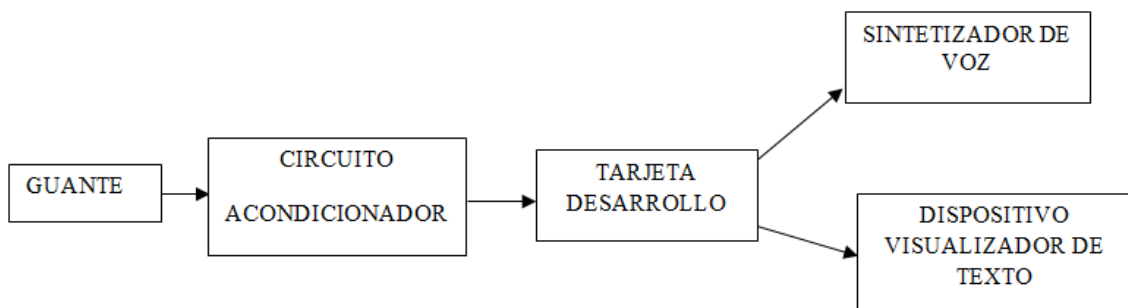
- Implementar el programa de control en el Software Arduino, el cual deberá permitir captar las señales de entrada que son emitidas por el guante, para obtener su posterior equivalente correspondiente a una letra o carácter.

- Simular el prototipo en un Software que permita cargar el programa de control, realizar las respectivas pruebas y análisis de resultados.

1.3 Alcance del proyecto

El guante contará con un circuito acondicionador, una tarjeta de desarrollo, un sintetizador de voz y un dispositivo de visualización: el primero que se encargará del acondicionamiento de la señal, el segundo permitirá la comunicación entre todos los dispositivos a utilizar, el tercero realizara la reproducción de voz artificial y el cuarto visualizara los caracteres.

Figura 1 Diagrama de bloques del sistema



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Los sensores a utilizarse deben permitir un fácil acoplo en el guante y deben de contar con características de flexibilidad. Al flexionar el sensor se produce un incremento o disminución de resistencia, dicha variación de resistencia debe de ser transformada en señales eléctricas que puedan ser interpretadas por la tarjeta Arduino, para lo cual se diseñara un circuito acondicionador que realice esta función.

Se generará el programa de control en el Software, el cual realizara las acciones necesarias de control a partir del estado en que se encuentren los puertos de la tarjeta Arduino. El código programado compara el estado de las señales de entrada con las existentes en el código y si estas comparaciones son equivalentes se obtendrá el carácter correspondiente a la letra del abecedario. El carácter obtenido se visualiza en un dispositivo LCD 2x16 y la reproducción de audio se realizara a través de un sintetizador de voz Emic2.

1.4 Justificación

Las personas privadas de hablar y escuchar aprenden a comunicarse mediante el lenguaje de señas (lenguaje mímico) con la sociedad, teniendo en cuenta este factor desfavorable para personas con capacidades especiales, hace necesario tener una aplicación que permita romper con el paradigma de la comunicación.

Se propone diseñar e implementar un guante electrónico para sordomudos, con el fin de contribuir a mejorar su estilo de vida, permitiendo romper con el paradigma de la comunicación, logrando unir dos mundos distintos por medio del lenguaje de señas y voz artificial.

Con la creación y configuración del guante se conseguirá que la comunicación entre una persona con capacidades especiales y personas sin discapacidades sea clara y concisa de una manera efectiva.

El valor es accesible con respecto a su utilidad porque tiene la capacidad de transformar el lenguaje de señas en texto el cual puede ser visualizado en un LCD y ser escuchado mediante voz artificial.

1.5 Beneficiarios

Con el objetivo de contribuir a que las personas discapacitadas puedan mejorar su calidad de vida, se creara un guante electrónico que permite a las personas sordomudas comunicarse con quienes no conocen el lenguaje de las señas. Con esto se espera que se faciliten las tareas que realizan cotidianamente.

Permite facilitar la comunicación a personas que sufran de deficiencias visuales y auditivas, centralizándose en promover el bienestar humano.

Brindar soluciones en electrónica, comunicaciones e informática que permitirá la innovación y aplicación de nuevas ideas, para atender este sector de la sociedad y contribuir al desarrollo tecnológico.

Resulta beneficioso para la Universidad incursionar en ámbitos de bioingeniería como temas de investigación y vincular sus proyectos hacia el ámbito médico.

1.6 Limitaciones del proyecto

El uso del guante es limitado, ya que al usar baterías de 9 voltios su tiempo máximo de duración es de 30 minutos.

El uso del guante en personas que tengan deformidades en las manos, carezcan de movilidad, problemas en las articulaciones, menores a 8 años de edad.

La talla del guante es #6, lo que imposibilita que personas que tengan distinta talla lo puedan usar correctamente.

Personas que no conozcan el lenguaje de señas, no podrán utilizar el guante.

CAPÍTULO 2

LA ESTRUCTURA DE LA MANO HUMANA

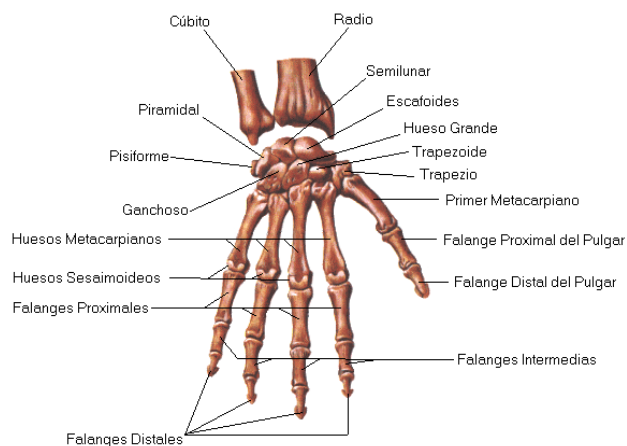
2.1 La mano Humana

Para el desarrollo del guante electrónico, es necesaria la comprensión de los movimientos, partes y estructura anatómica de la mano, para que el prototipo a diseñarse se acople de tal manera que permita que su funcionamiento sea óptimo.

El estudio de la mano humana es muy complejo, debido a la cantidad de huesos, nervios, tendones, arterias y músculos que intervienen en ella, por tal motivo se realizará una descripción breve de los conceptos básicos de la estructura de la mano, sus movimientos y partes de la misma.

Las manos forman parte de las extremidades del cuerpo humano, están localizadas en los extremos de los antebrazos y tienen cinco dedos cada una. Abarcan desde la muñeca hasta la yema de los dedos en los seres humanos y permiten la manipulación física del medio. (Palastanga, Field, & Soames, 2000, pág. 66)

Figura 2 Anatomía de la mano humana



Fuente: (Anatomía Humana, 2006)

2.1.1 Partes de la mano humana

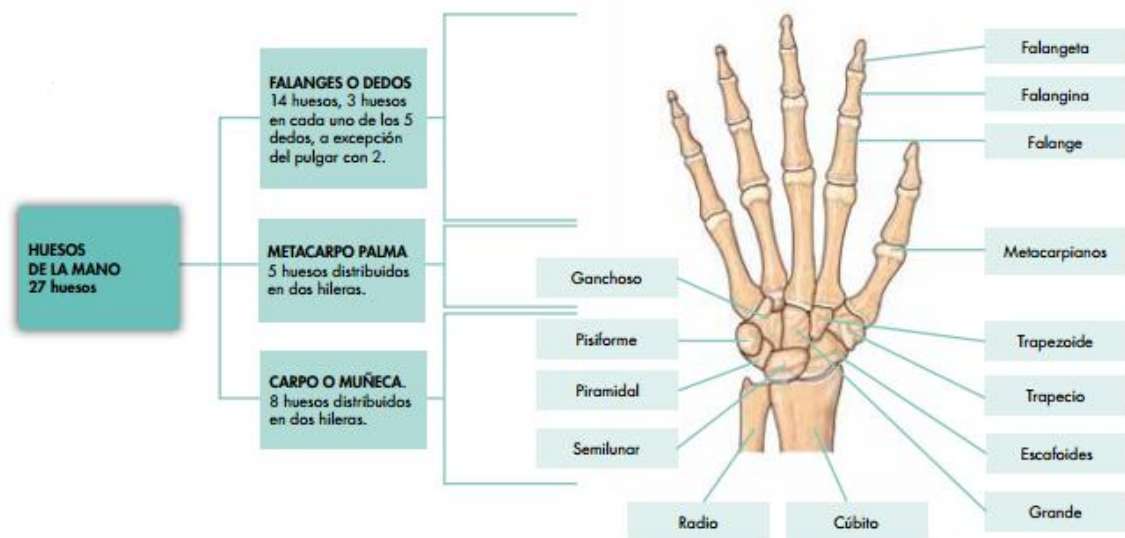
La mano humana consta de 27 huesos en total y se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

La muñeca está conformada por ocho huesos que son: Pisiforme, Piramidal, Semilunar, Ganchoso, Grande, Escafoides, Trapezoide y Trapecio.

La palma está conformado por cinco huesos que son: Primer metacarpiano, Segundo metacarpiano, Tercer metacarpiano, Cuarto metacarpiano y Quinto metacarpiano.

Los digitales o falanges se encuentran formados por catorce huesos que son: Primera falange proximal, Segunda falange proximal, Tercera falange proximal, Cuarta falange proximal, Quinta falange proximal, Segunda falange medial, Tercera falange medial, Cuarta falange medial, Quinta falange medial, Primera falange distal, Segunda falange distal, Tercera falange distal, Cuarta falange distal y Quinta falange distal. (McGauw Hill, 2010, p. 8-9)

Figura 3 División de los huesos de la mano humana (Vista Dorsal)



Fuente: (McGauw Hill, 2010, p. 8)

2.1.2 Dedos

“Son el principal órgano para la manipulación física del medio, son la principal fuente de información táctil sobre el entorno, por eso el sentido del tacto se asocia inmediatamente con las manos. En la Figura 4 se muestra la distribución de los dedos en la mano.” (Espinoza & Pogo, 2013)

La mano se encuentra conformada por cinco dedos:

- Pulgar (primer dedo de la mano).
- Índice (segundo dedo de la mano).
- Medio (tercer dedo de la mano).
- Anular (cuarto dedo de la mano).
- Meñique (quinto dedo de la mano).

Figura 4 Dedos de la mano

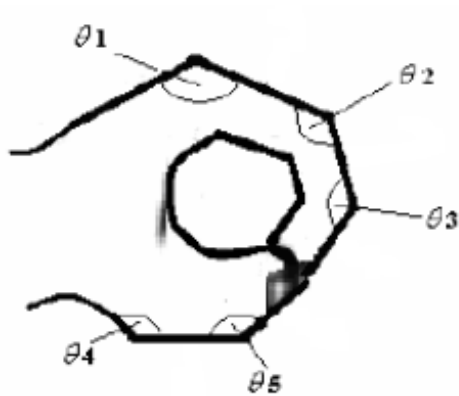


Fuente: (Recursos infantiles, 2012)

2.1.3 Ángulos de los dedos

Es importante visualizar los movimientos que realizan los dedos de la mano humana y los ángulos (θ) que forman al momento que la mano es flexionada, en la Figura 5 se muestra los ángulos (θ) formados por las partes de los dedos de la mano humana. (Espinoza & Pogo, 2013)

Figura 5 Ángulos formados por los dedos de la mano



Fuente: (Ciencia huesos de la mano, 2012)

1. Ángulo (θ_1), ángulo formado entre el hueso del metacarpo y la primera falange.
2. Ángulo (θ_2), ángulo formado entre la primera falange y la segunda falange.
3. Ángulo (θ_3), ángulo formado entre la segunda falange y la tercera falange.
4. Ángulo (θ_4), ángulo formado entre el hueso del metacarpo y la primera falange.
5. Ángulo (θ_5), ángulo formado entre la primera falange y la tercera falange.

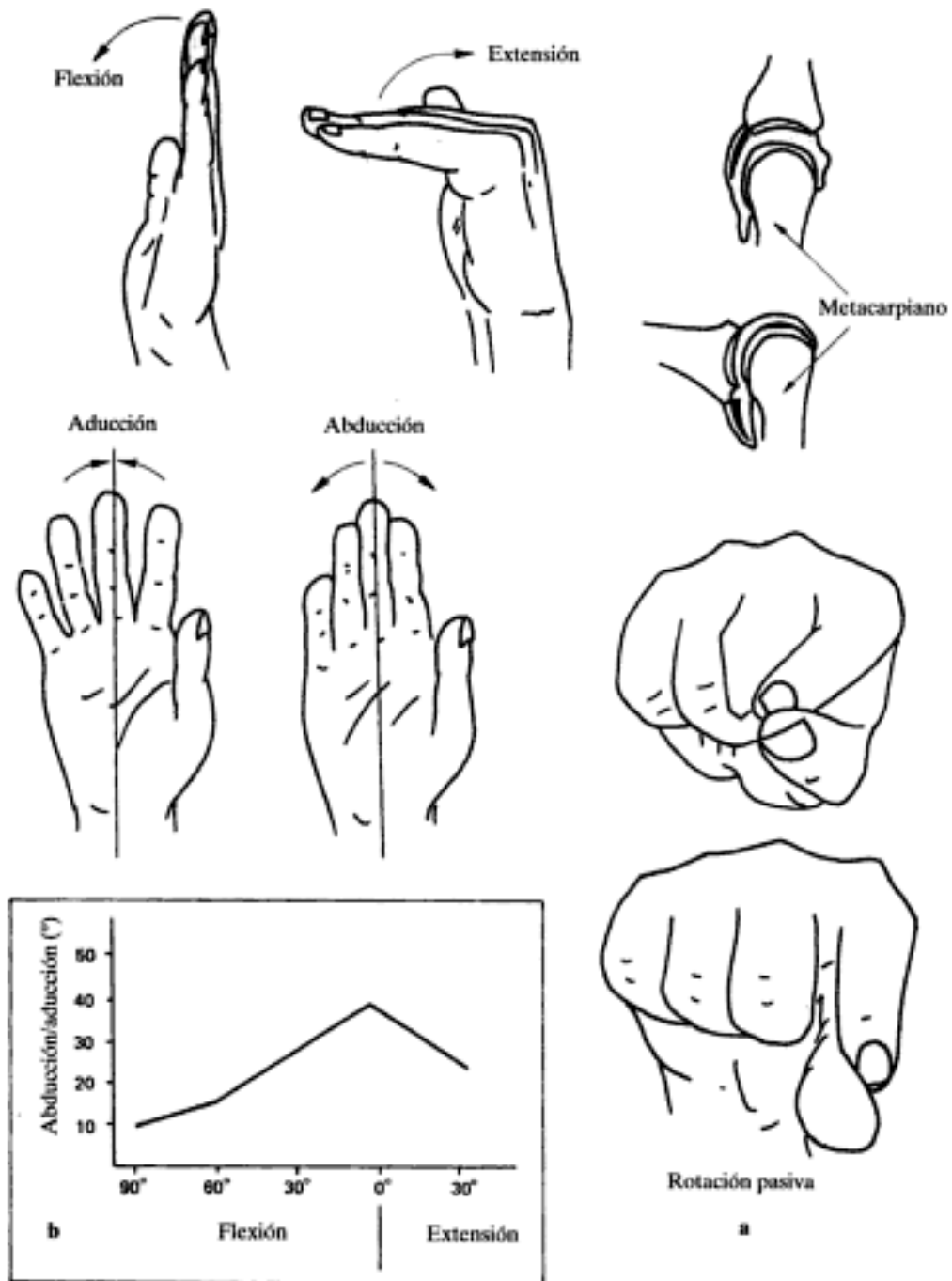
(Espinoza & Pogo, 2013)

2.2 Movimientos de la mano

Gracias al movimiento que se realiza con las manos podemos realizar una infinidad de trabajos y en especial poder establecer un medio de comunicación con el entorno social.

Un grado de libertad corresponde a los movimientos de abducción y aducción, movimientos laterales que permiten abrir los dedos, este movimiento es muy limitado. El otro grado de libertad corresponde a los movimientos de flexión y extensión los mismos tienen mayor movilidad. (Palastanga, Field, & Soames, 2000)

Figura 6 Movimientos de la mano humana



Fuente: (Palastanga, Field, & Soames, 2000, pág. 179)

2.3 Tecnología Asistencial

La tecnología asistencial es un término genérico que agrupa todos los equipos, dispositivos, instrumentos o programas utilizados para incrementar, mantener o mejorar la calidad de vida y la autonomía de las personas que tienen algún tipo de capacidades especiales.

La tecnología asistencial en el ámbito de la informática incluye los dispositivos y equipos de asistencia, adaptación y rehabilitación basados en un sistema informático o electrónico.

2.4 Guantes Sensorizados

En la actualidad se utilizan sensores resistivos flexibles lo cual facilita la obtención de datos sin un Hardware complicado, a continuación mostraremos guantes que se encuentran en el mercado.

2.4.1 Guante CyberGlove II

Características

- Software programable.
- Aplicaciones reales, realidad virtual biomecánica y animación.
- Temperatura de operación: 10-45 °C
- Tecnología inalámbrica de 2.4 GHz.
- Número de sensores: 18 o 22
- Batería: 3 horas de duración.
- Rango de cobertura: 15m. (BIENE-TEC, 2013)

Figura 7 Guante CyberGlove II



Fuente: (BIENE-TEC, 2013)

2.4.2 Guante CyberGlove III

Características

- Mayor almacenamiento de datos.
- Memoria expandible
- Tecnología inalámbrica.
- Número de sensores: 18 o 22
- Batería: 2 horas de duración.
- Rango de cobertura: 30m. (BIENE-TEC, 2013)

Figura 8 Guante CyberGlove III



Fuente: (BIENE-TEC, 2013)

2.4.3 5DT Ultra Wireless Kit

Características

- Kit de cinturón inalámbrico.
- Transmite simultáneamente.
- Baterías
- Un kit inalámbrico plug-and-play
- 4 kits inalámbricos pueden ser usados al mismo tiempo. (BIENE-TEC, 2013)

Figura 9 5DT Ultra Wireless Kit



Fuente: (BIENE-TEC, 2013)

2.4.4 Guante CyberTouch

Características

- Actuadores vibro-táctiles: 6 por cada dedo.
- Interacción con objetos virtuales.
- Software programable.
- Interface: RS-232
- Cable standard: 8 m. (BIENE-TEC, 2013)

Figura 10 Guante CyberTouch



Fuente: (BIENE-TEC, 2013)

2.4.5 5DT Data Glove 5 Ultra

Características

- Tamaño universal.
- Captura de movimientos.
- Librería SDK gratuita.
- Interface: RS-232 o USB.
- Alimentación mediante conexión USB. (BIENE-TEC, 2013)

Figura 11 5DT Data Glove 5 Ultra



Fuente: (BIENE-TEC, 2013)

2.4.6 5DT Data Glove 5 MRI

Características

- Número de sensores: 5.
- Comunicación mediante fibra óptica
- Distancia: 5 a 7 m.
- Tamaño universal.
- Interface: RS-232.
- Función: Imagen de resonancia magnética.

Figura 12 5DT Data Glove 5 MRI



Fuente: (BIENE-TEC, 2013)

2.5 Proyecto de guante electrónico a nivel nacional

Guante traductor

El Ing. Lenin Encalada diseñó un guante que permite traducir el lenguaje de señas a sonidos auditivos de las letras del abecedario. Consta de tres tipos de sensores y diez variables que son decodificadas a través de un microcontrolador y enviadas a una aplicación, vía bluetooth, a un teléfono o tablet que tenga la plataforma Android.

Tiene la capacidad de traducir 27 letras del abecedario español, incluyendo la letra "ñ", para que una persona con discapacidad auditiva (sordo/a) pueda elegir las letras para luego ser convertidas en sonido. (Doctor Tecno, 2013)

Figura 13 Guante traductor



Fuente: (Doctor Tecno, 2013)

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE

Se explica el proceso, parámetros y diseños realizados para la construcción del guante electrónico, sus diferentes circuitos de acondicionamiento que se acoplan al sistema, funcionamiento de cada uno de los elementos.

3.1 Lenguaje de señas

Es un lenguaje natural de expresión gesto espacial y de percepción visual, casi todo el mundo usa un grupo de señas para representar las letras del alfabeto con el que se escribe la lengua oral del país, se denomina alfabeto manual o alfabeto dactilológico. El alfabeto dactilológico o alfabeto manual es utilizado generalmente por personas sordo mudas y se usan para representar las letras de los alfabetos de las lenguas orales-escritas mediante las manos.

Las personas con deficiencia auditiva y de habla, establecen una comunicación con el entorno social de una manera rápida y fácil. En el caso de los países de habla hispana, donde se usa el alfabeto latino, las personas sordas usan un mismo alfabeto manual, común para todos los países (con algunas variaciones de índole menor en la forma de algunas letras).

En los países que usan alfabetos distintos al latino tal como el hebreo, árabe, amhárico, entre otros, existen diferentes formas de representación entre las personas sordas. En este mismo orden de ideas, un sistema diferente se aplica en los países donde se usan sistemas de escritura no alfabéticos como es el caso de Japón y China. (Discapacitados y Discapacidad, 2010)

Figura 14 Lenguaje de señas



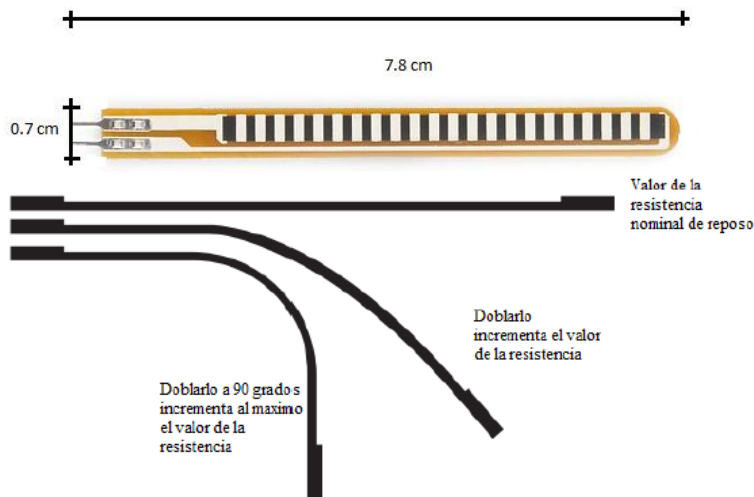
Fuente: (Asociación oirte, 2011)

3.2 Sensor Flexible

Los sensores piezoeléctricos se caracterizan por su flexibilidad y el cambio en su resistencia, son pasivos por lo que requieren de alguna polarización o excitación para poder convertir una energía en otra.

Posee una resistencia nominal de 20 K Ω , es decir, cuando el sensor se encuentra recto, a medida que el sensor se dobla en una dirección la resistencia aumenta gradualmente hasta un máximo de 50 K Ω cuando el sensor alcanza 90°, tiene una vida útil de hasta más de 1 millón de movimientos siempre que el sensor se encuentre en buen estado como se muestra en la Figura 15. (Adafruit Industries, 2006)

Figura 15 Sensor flexible y rango de ángulos



Fuente: (Adafruit Industries, 2006)

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

3.2.1 Justificación del sensor seleccionado

Se presentan varios parámetros que motivaron a la elección de este sensor.

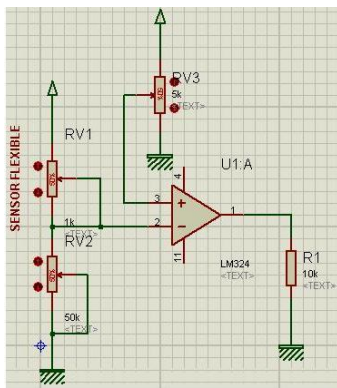
- Flexibilidad.- permite que los movimientos de la mano sean normales, sin ninguna dificultad al momento de mover los dedos y recupera su forma rápidamente después de ser flexionados.
- Rango de voltajes.- tiene un rango de 5V – 12V, por lo tanto se ajusta a la fuente externa de 9V que se utiliza para la alimentación.
- Resistencia.- tiene un amplio margen de variación de resistencia entre su máximo y su mínimo.

Por lo tanto es un sensor que se adecua a los parámetros y necesidades que el guante electrónico requiere, convirtiéndose en un elemento indispensable para el desarrollo de este proyecto.

3.2.2 Circuito comparador de acondicionamiento para el sensor flexible

“Su funcionamiento permite que sí la tensión de entrada en el borne positivo es mayor que la tensión conectada al borne negativo, la salida del voltaje (Vout) será igual a voltaje positivo (+V), caso contrario la salida tendrá un voltaje de cero.” (Maila Maila, 2013, p. 20)

Figura 16 Circuito comparador de acondicionamiento



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

3.2.3 Valores de las resistencias flexibles

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos de las resistencias flexibles.

Tabla 1 Valor de las resistencias flexibles

| | Sensor | Valor mínimo (K Ω) | Valor máximo (K Ω) |
|----------------|--------|----------------------------|----------------------------|
| Pulgar | S8 | 21 | 42 |
| | S7 | 22.7 | 38 |
| Índice | S6 | 18.8 | 45 |
| | S5 | 23.5 | 54 |
| Medio | S4 | 26.5 | 55 |
| | S2 | 24 | 44 |
| Anular | S1 | 25.2 | 43 |
| Meñique | S3 | 23.5 | 40 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

3.2.4 Cálculo para la obtención de los valores de las resistencias de acondicionamiento para el sensor flexible

Con el valor de la resistencia mínima de la tabla 1 se procede a reemplazar los valores en la siguiente fórmula:

Ecuación 1

$$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) * V_{in}$$

Tomando en cuenta que nuestra variable a encontrar es R2, se despeja de la EC. 1, R2 obteniendo la siguiente ecuación:

Ecuación 2

$$R_2 = \frac{V_{out} * R_1}{(V_{in} - V_{out})}$$

En la EC. 2, se reemplaza los valores de Vin por 5v, Vout por 3v, R1 por la resistencia mínima del sensor flexible mostrada en la tabla 1.

$$R_2 = \frac{3v * 25.2}{(5v - 3v)}$$

$$R_2 = 37.8\Omega$$

El resultado de la resistencia R2 se debe regular en un potenciómetro de precisión para la obtención del voltaje deseado a la salida, el cual permite controlar el ángulo de curvatura del sensor.

Tabla 2 Resultados de R2 para cada sensor

| Sensores (S) | Calculo de Resistencia |
|--------------|------------------------|
| S1 | 37.80 K Ω |
| S2 | 36.00 K Ω |
| S3 | 35.25 K Ω |
| S4 | 39.75 K Ω |
| S5 | 35.25 K Ω |
| S6 | 28.20 K Ω |
| S7 | 34.05 K Ω |
| S8 | 31.50 K Ω |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Al realizar la regulación del potenciómetro se lo puede hacer con un rango de $\pm 2K\Omega$ para encontrar el ángulo de curvatura correcto en cada dedo de la mano.

3.3 Sensor de Fuerza

La variación de resistencia es de 200 Ω a 100 K Ω , su mínima resistencia sin aplicar ninguna fuerza y su máxima resistencia al aplicar una fuerza en su área sensible (la parte circular del sensor), espesor delgado de 0.3 mm con superficie posterior adhesiva permitiendo que los movimientos de la mano sean normales y sin ninguna dificultad. (Adafruit Industries, 2006)

Figura 17 Sensor de Fuerza



Fuente: (Adafruit Industries, 2006)

3.4 Arduino

“Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en Software y Hardware flexible y fácil de usar, utiliza su propio lenguaje de programación Arduino.” (Arduino, 2010)

3.4.1 Arduino Mega 2560

Características

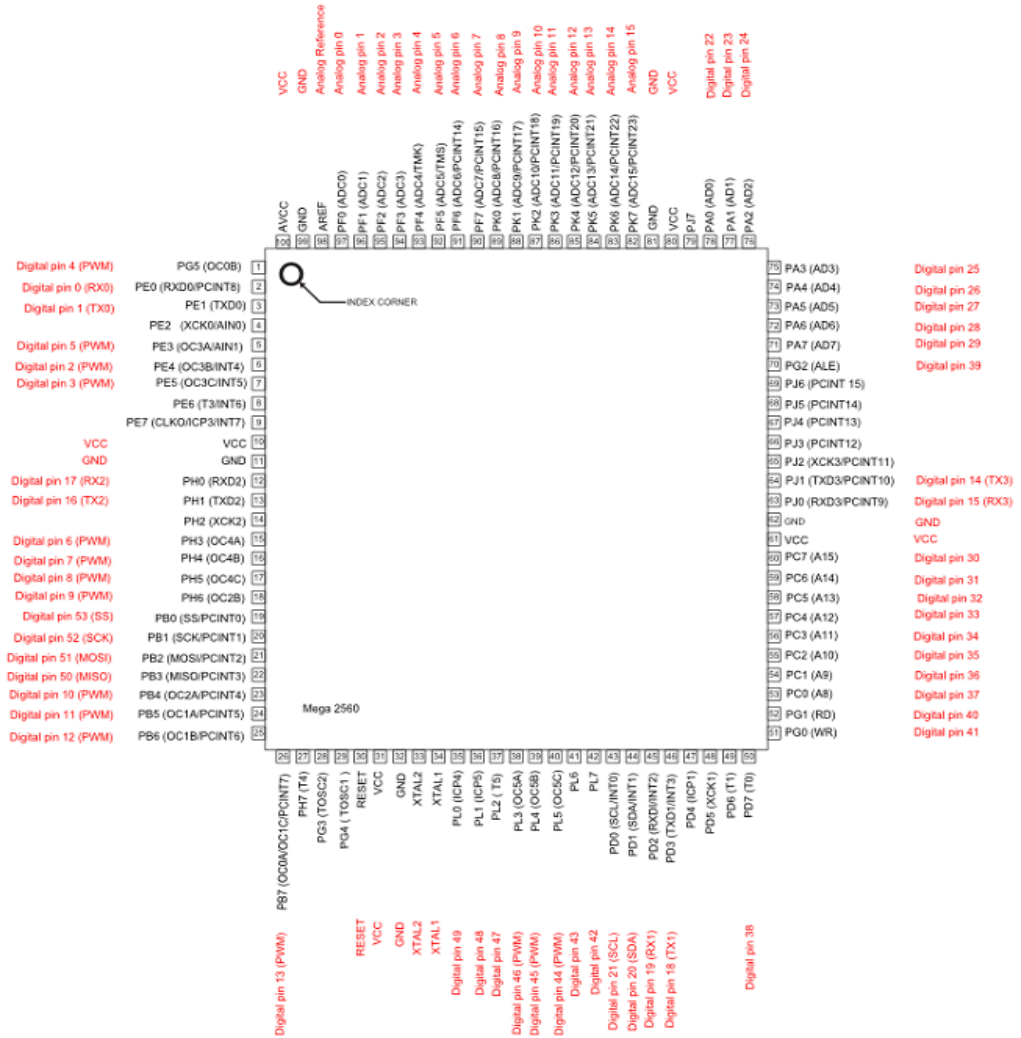
- Microcontrolador ATmega2560.
- Opera con 5V.
- Voltaje de entrada limite 20V.
- Voltaje de entrada recomendado 7-12V.
- Corriente por cada entrada y salida 40mA.
- Corriente por puertos 3.3V 50mA
- Velocidad de reloj 16MHz.
- Entradas o salidas digitales 54.
- Puertos de entrada analógicos 16.
- EEPROM 4KB.
- SRAM 8KB.
- Flash memory 256KB. (Arduino, 2010)

Figura 18 a) Arduino Mega 2560 y b) Distribución de puertos.

(a)



(b)



Fuente: (Arduino, 2010)

Se selecciona esta tarjeta por su cantidad de puertos digitales como se muestra en la figura 18 b), por su compatibilidad con diferentes dispositivos como el sintetizador de voz (Emic 2), LCD y manejo sencillo del Software.

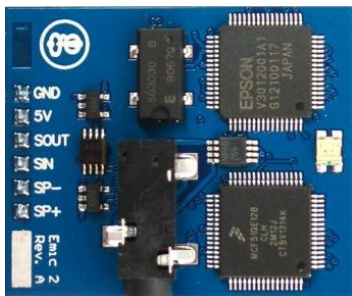
3.5 Sintetizador de voz Emic 2

Es un dispositivo que se encarga de la producción artificial del habla humana en varios idiomas mediante la conversión de texto a voz, presenta compatibilidad con las tarjetas Arduino y su tamaño es reducido.

Características

- 9 voces predefinidas y configurables: hombre, mujer y niño.
- Conector de tan solo 6 pines.
- Alimentación: 5V (DC).
- Consumo: 30 mA en reposo, 46-220 mA activo.
- Comunicación: Asíncrona 9600bps (8N1).
- Rango de temperatura: -20°C a 70°C.
- Dimensiones: 3.17 ancho x 3.81 largo x 0.94 espesor. (Adafruit Industries, 2006)

Figura 19 Sintetizador de voz Emic 2



Fuente: (Adafruit Industries, 2006)

3.6 Speaker (Parlante)

Altavoz portátil ultra compacto utilizado para la reproducción de sonido.

Figura 20 Speaker (Parlante)



Fuente: (Precio Landia, 2008)

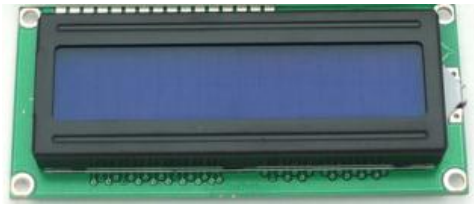
Características

- Potencia: 6w
- Dimensiones: 50 ancho x 50 largo x 35 alto (mm).
- USB 2.0.
- Control de volumen.
- Cable jack 3,5.
- Batería de litio (autonomía: 7-8 horas).
- Respuesta de frecuencias: de 100 Hz a 20 KHz.
- Voltaje de la batería: 3,7 V (Precio Landia, 2008).

3.7 Dispositivo de visualización LCD 2x16

Los módulos LCD (Liquid Cristal Display) son utilizados para visualizar mensajes e interactuar con el operario, dar instrucciones de manejo, mostrar valores, etc.

Figura N° 21 LCD 2x16



Fuente: (Adafruit Industries, 2006)

Características

- Consta de 16 pines.
- Ángulo de visión amplio y alto contraste.
- Opera con 5V DC.
- Diferente tipo de iluminación: verde, amarilla, azul.
- Ajuste de contraste.
- Muestra 16 caracteres por fila.
- Dispositivo económico.
- Fácil adquisición. (Adafruit Industries, 2006)

3.8 Diseño del guante electrónico

3.8.1 Primer diseño

Para el diseño se utilizó un guante diestro, el cual está confeccionado de elastano (lycra expandible) debido a la flexibilidad que se requiere para realizar movimientos, mostrados en la figura 6.

Se realizó con los siguientes materiales:

- Guante de elastano talla #6.
- 8 sensores flexibles de 2.2”.
- 3 sensores de fuerza.
- Bus de datos de 26 hilos.

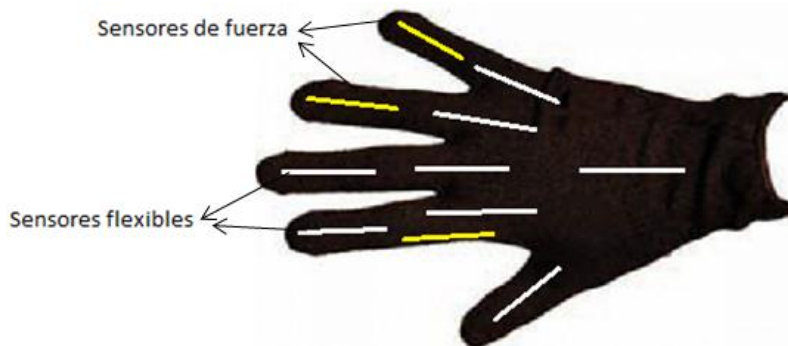
- LCD 2x16.
- Sintetizador de voz (Emic 2).
- Amplificador operacional LM324.
- Potenciómetros de 50K Ω

Se distribuyen los sensores de la siguiente manera en cada dedo de la mano:

- Pulgar.- Un sensor flexible.
- Índice.- Dos sensores flexibles y un sensor de fuerza.
- Medio.- Dos sensores flexibles.
- Anular.- Un sensor flexible y un sensor de fuerza.
- Meñique.- Un sensor flexible y un sensor de fuerza.
- Un sensor es ubicado en la muñeca de la mano.

En la figura 22 se muestra la distribución de los sensores, los sensores de color amarillo son de fuerza mientras que los sensores blancos son flexibles.

Figura 22 Distribución de sensores en el guante



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

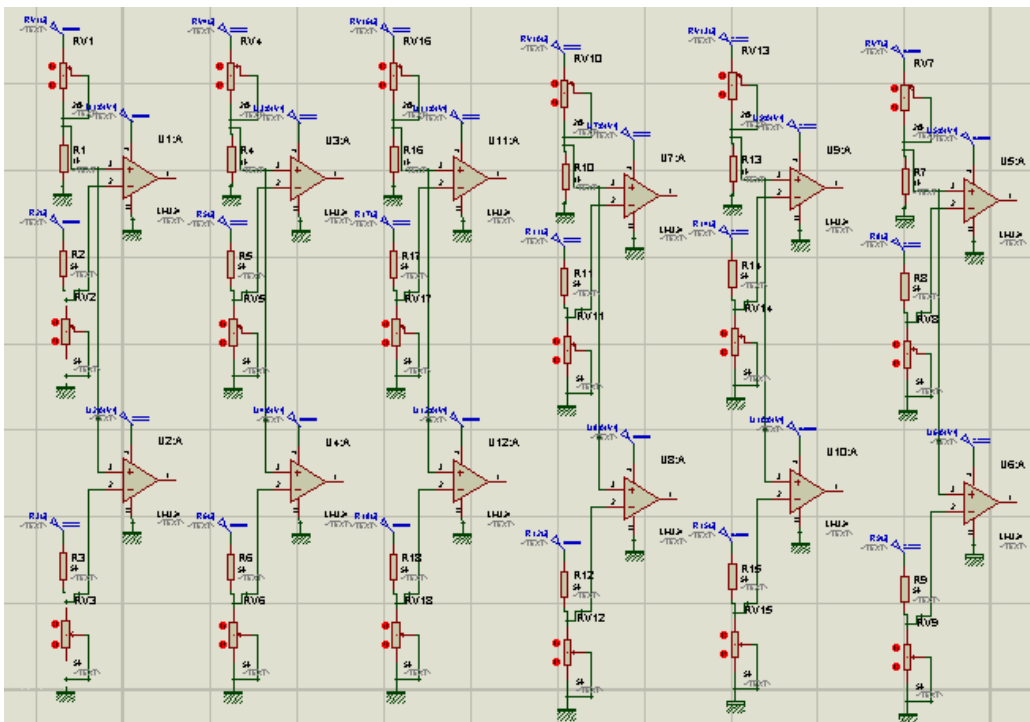
3.8.1.1 Construcción del primer prototipo

Para la construcción del primer prototipo se siguieron los siguientes pasos:

1. Diseño del circuito
2. Prueba del circuito en protoboard.
3. Activar las entradas del Arduino Mega 2560

Diseño del primer circuito: se realizó el diseño del circuito acondicionador basados en la figura 16, tanto para los sensores flexibles como los de fuerza. La simulación fue implementada en el Software ISIS 7 PROFESSIONAL, como se muestra en la figura 23.

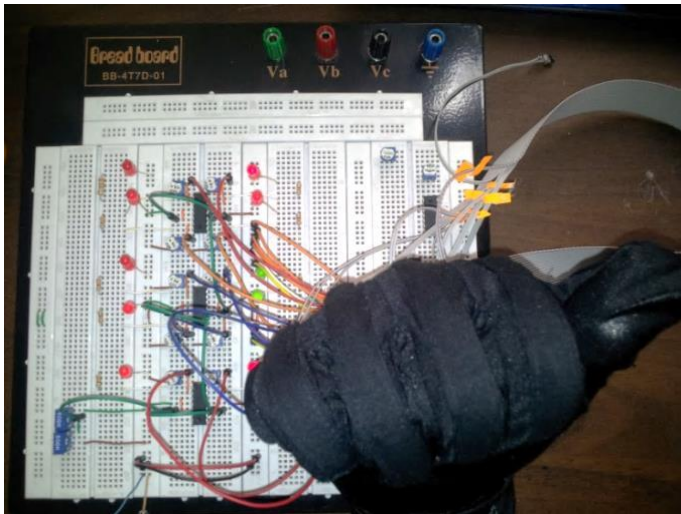
Figura 23 Simulación del circuito en ISIS 7 PROFESSIONAL



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Prueba del circuito en protoboard: para probar el correcto funcionamiento de los sensores y la regulación de los mismos se procede armar el Hardware en protoboard, como se muestra en la figura 24.

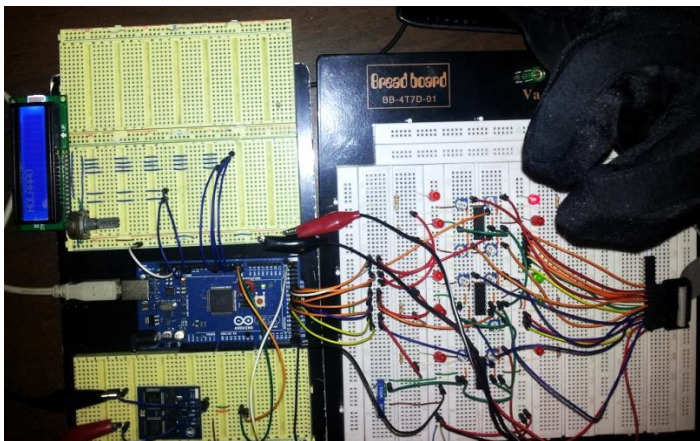
Figura 24 Circuito en protoboard



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Activar las entradas del Arduino Mega 2560: se realiza la activación de las entradas mediante el envío de las señales de los sensores hacia la tarjeta Arduino Mega 2560, verificando las señales de recepción mediante un LCD 2X16 y reproduciéndolas en el sintetizador de voz (Emic 2) como se muestra en la figura 25.

Figura 25 Activación de entradas



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

En este diseño los sensores tienden a desplazarse de sitio al momento de ser flexionados y posterior a esto varios de ellos se enredaban en la tela del guante, por tal razón se decidió elaborar otro modelo de guante de distinto material y diseño. La dificultad al

momento de obtener de datos fue compleja, produciendo confusión entre letras de aparente semejanza y poca estabilidad al momento de regular los sensores.

3.8.2 Segundo diseño

Para el diseño se tomaron las siguientes consideraciones:

- Disminución de errores.
- Evitar desplazamientos de sensores.
- Reducir costos.
- Eliminación de sensores de fuerza.

Por ergonomía del guante se recorta la tela excedente del primer diseño y se adiciona una codera en la cual se coloca el circuito acondicionador para los sensores, el guante ha sido confeccionado con cuero fino, tiene propiedades de resistencia y flexibilidad bastante apropiadas, además se le ha implementado cinta adhesiva de polipropileno para cubrir los sensores flexibles como se muestra en la figura 26 b).

Se realiza con los siguientes materiales:

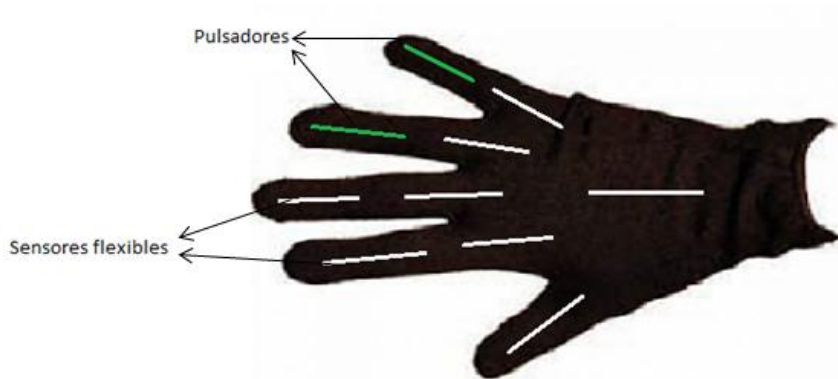
- Guante de cuero fino talla #6.
- 8 sensores flexibles de 2.2”.
- Bus de datos de 26 hilos.
- Cinta adhesiva de polipropileno.
- 2 Pulsadores.
- LCD 2x16.
- Sintetizador de voz (Emic 2).
- Amplificador operacional LM324.
- Potenciómetros de 50K Ω
- LEDs

Se distribuyen los sensores y pulsadores de la siguiente manera en cada dedo de la mano:

- Pulgar.- Un sensor flexible.
- Índice.- Dos sensores flexibles.
- Medio.- Dos sensores flexibles.
- Anular.- Un sensor flexible y un pulsador.
- Meñique.- Un sensor flexible y un pulsador.
- Un sensor es ubicado en la muñeca de la mano.

En la figura 26 se muestra la distribución de los sensores y pulsadores, los pulsadores de color verde mientras que los sensores blancos son flexibles.

Figura 26 Distribución de sensores en el guante

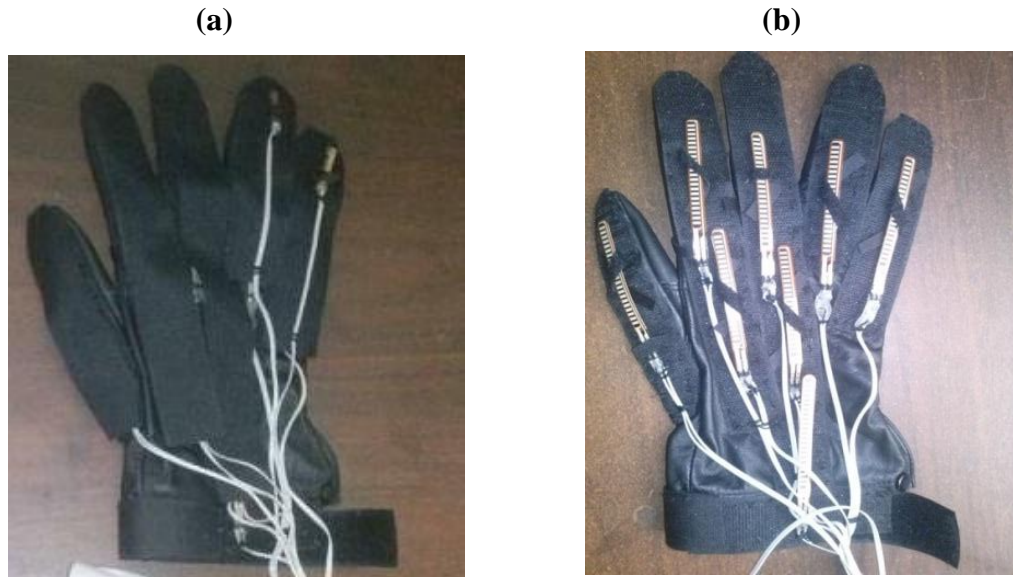


Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

El pulsador que se encuentra sobre el dedo meñique permite dar un espacio entre palabras, mientras que el pulsador del dedo anular es para dar paso a la reproducción de la voz artificial.

De esta manera se reduce la complejidad para obtener datos, disminuyendo la confusión de letras de igual semejanza, este diseño facilitó la obtención de datos por la correcta ubicación de los sensores en cada dedo de la mano, pero estéticamente no cumple las expectativas deseadas para la construcción del prototipo.

Figura 27 a) Guante con cubierta y b) Guante sin cubierta.



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

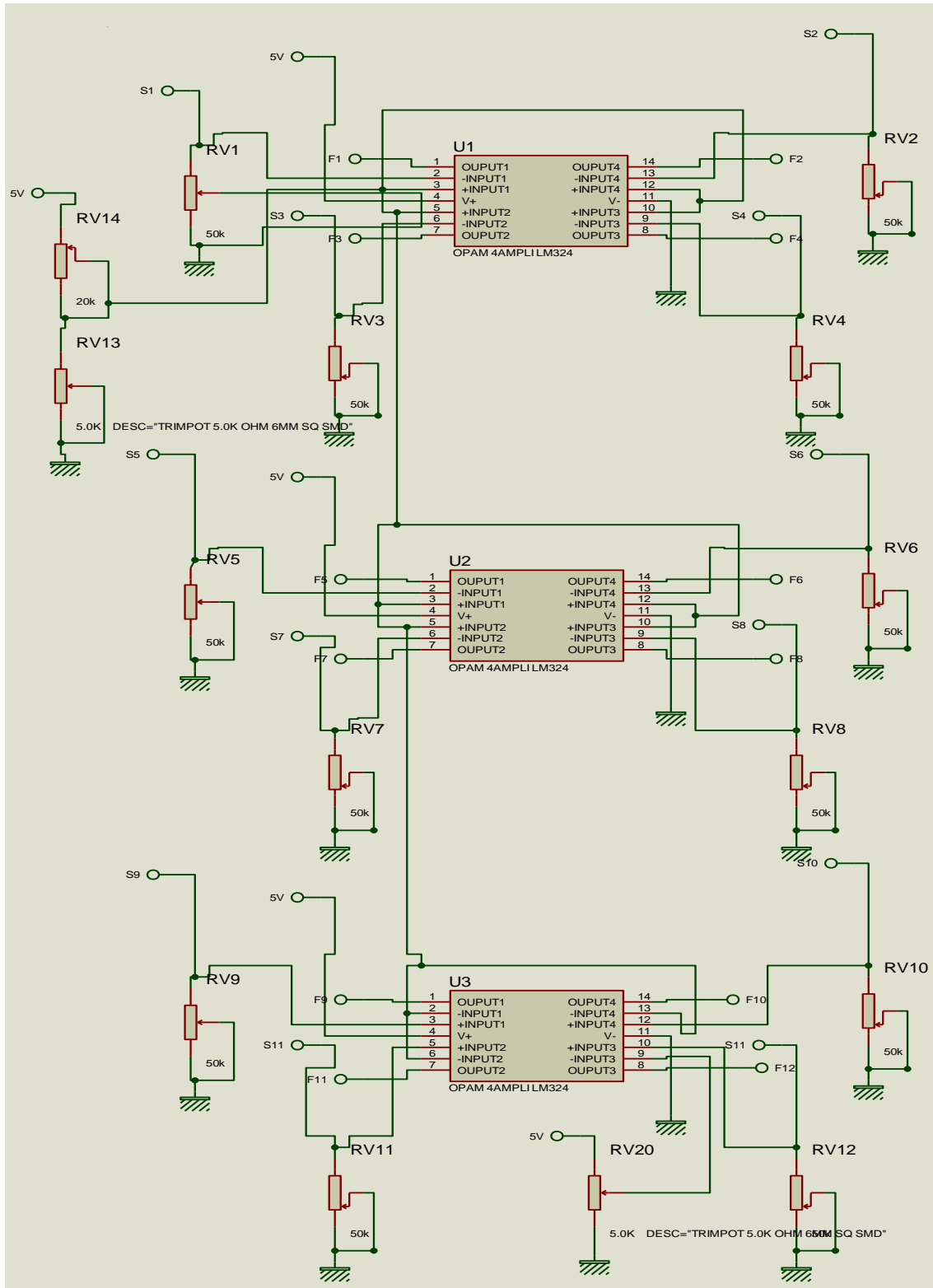
3.8.2.1 Construcción del segundo prototipo

Para la construcción del segundo prototipo se siguieron los siguientes pasos:

1. Diseño del circuito
2. Prueba del circuito en protoboard.
3. Diseño del circuito para colocación de dispositivos.
4. Diseño completo del circuito en ARES y placa física.
5. Colocación de dispositivos y elementos.
6. Acoplamiento de la tarjeta Arduino Mega 2560, placa física y guante.

Diseño del circuito: se realizó el diseño del circuito acondicionador basados en la figura 16, tanto para los sensores flexibles como los de fuerza. La simulación fue implementada en el Software ISIS 7 PROFESSIONAL, como se muestra en la figura 28.

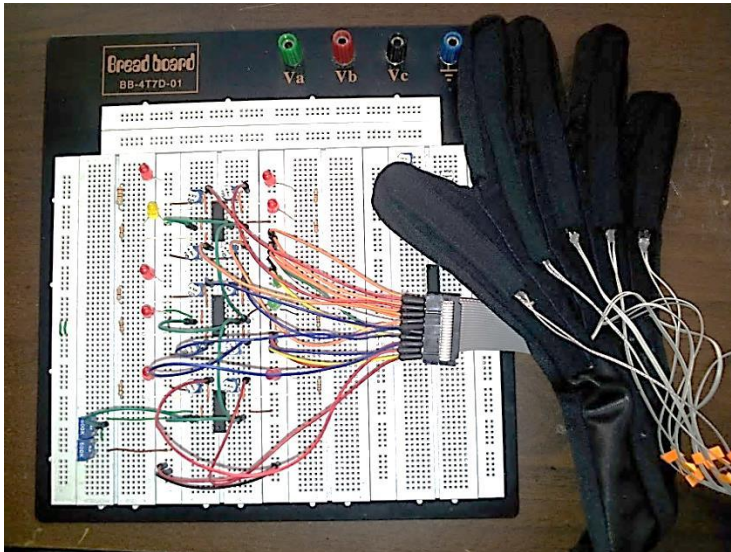
Figura 28 Simulación del circuito en ISIS 7 PROFESSIONAL



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Prueba del circuito en protoboard: en este paso se añadió el guante y además se colocaron LEDs a la salida de cada amplificador operacional para la regulación de los potenciómetros como se muestra en la figura 29.

Figura 29 Circuito en protoboard

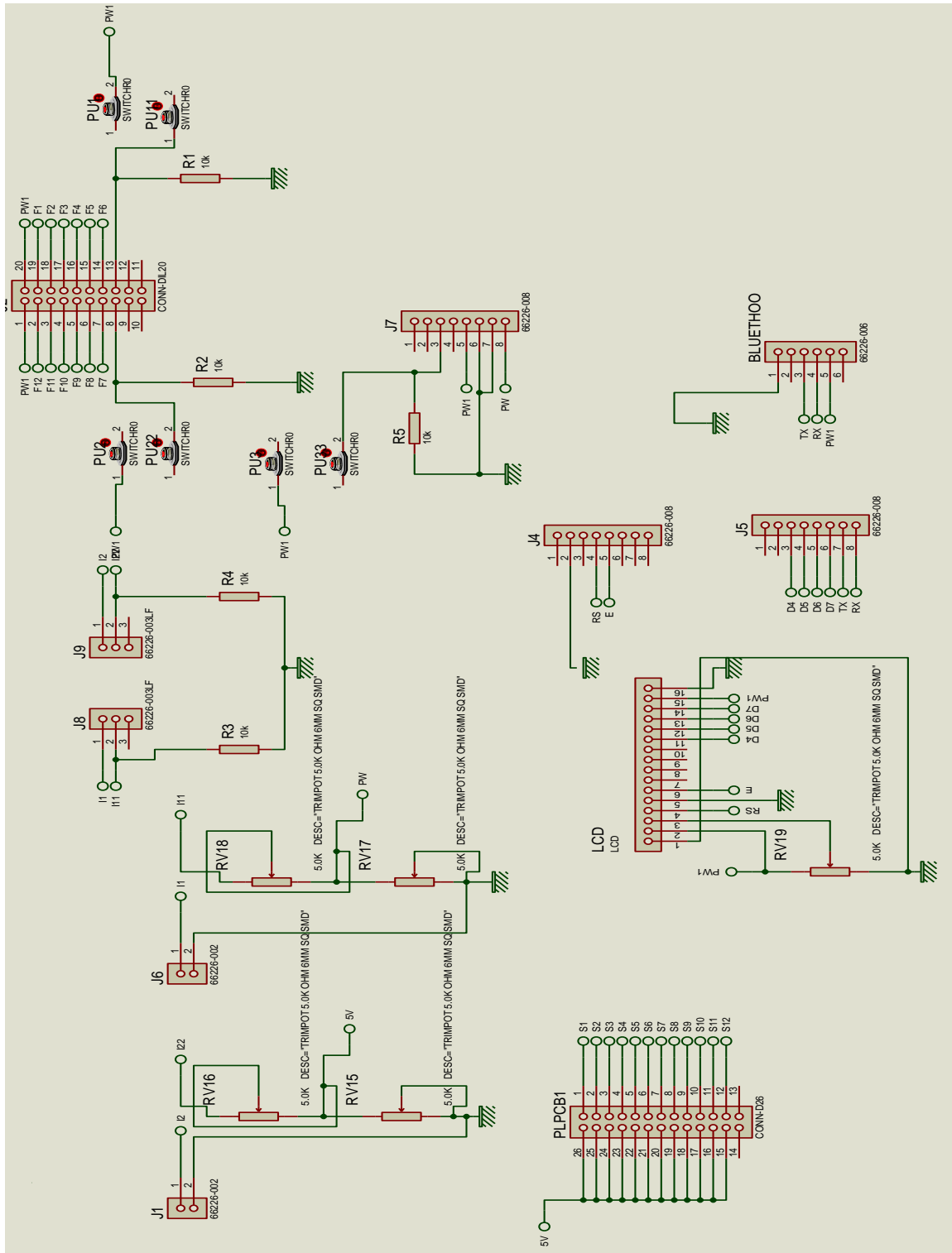


Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Diseño del circuito para colocación de dispositivos: este diseño permite la colocación de los siguientes elementos:

- LCD 2x16.
- Conector de 26 pines.
- Botón de encendido.
- Pulsadores de borrado total y unitario.
- Conexión con el módulo Arduino.
- 2 Conectores para baterías de 9V.

Figura 30 Simulación para colocación de dispositivos

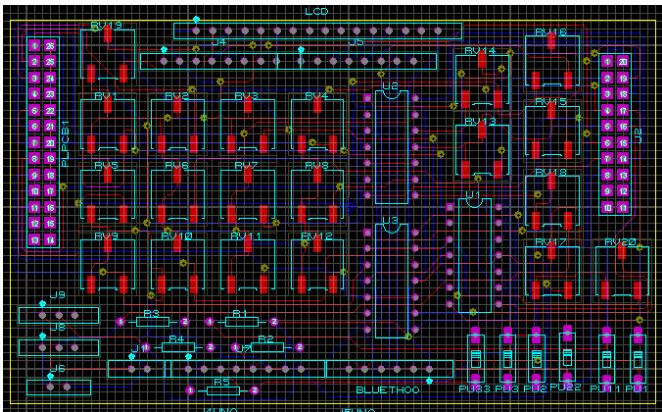


Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

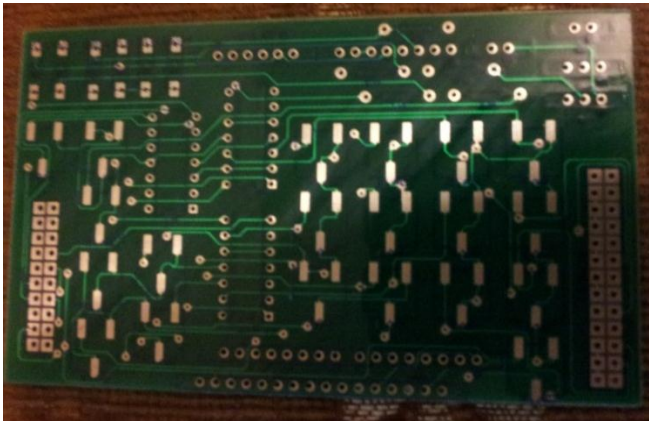
Diseño completo del circuito en ARES y placa física: el diseño fue realizado en base a las dimensiones de la tarjeta Arduino Mega 2550 (10.160 cm x 5.33 cm), para que los pines de la placa puedan ingresar correctamente en los puertos de la tarjeta Arduino. A continuación en la figura 31 a) se muestra el diseño en ARES y en la figura 31 b) se muestra la placa física.

Figura 31 a) Diseño del circuito completo en ARES y b) placa física

(a)



(b)



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Colocación de dispositivos y elementos: en la placa física se procede a soldar los elementos y a colocar los dispositivos antes mencionados en el paso 3, a continuación se lo muestra en la figura 32.

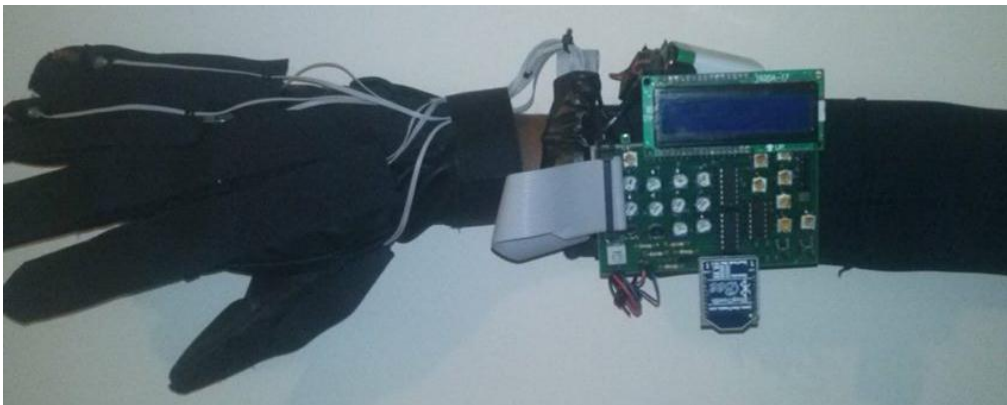
Figura 32 Elementos colocados en la placa



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Acoplamiento de la tarjeta Arduino Mega 2560, placa física y guante: se realiza el acoplamiento total entre la tarjeta Arduino Mega 2560, la placa física y el guante, mostrando el diseño del prototipo en la figura 33.

Figura 33 Acoplamiento



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

3.8.3 Diseño final del prototipo

Para el diseño final se tomaron las siguientes consideraciones:

- Evitar la visibilidad de los cables.
- Rediseñar el guante.
- Optimizar espacios y recursos.
- Mejorar la apariencia del prototipo.
- Ensamblar el guante con el circuito.
- Adaptar fácilmente el guante con la mano.

El guante ha sido confeccionado con cuero fino, tiene propiedades de resistencia y flexibilidad bastante apropiadas, además se evita la visibilidad de los cables mejorando la ergonomía del guante.

Se realiza con los siguientes materiales:

- Guante de cuero fino talla #6.
- 8 sensores flexibles de 2.2”.
- Bus de datos de 26 hilos.
- LCD 2x16.
- Sintetizador de voz (Emic 2).
- Amplificador operacional LM324.
- Potenciómetros de precisión 50K Ω
- Speaker
- 2 Baterías de 9V

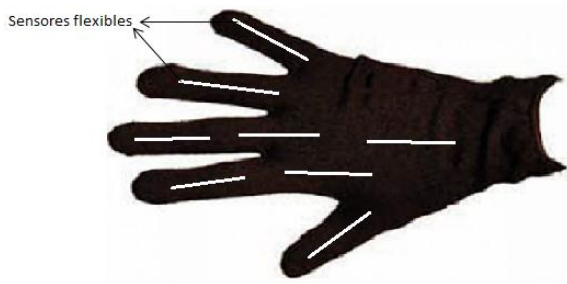
Se distribuyen los sensores de la siguiente manera en cada dedo de la mano:

- Pulgar.- Un sensor flexible.
- Índice.- Dos sensores flexibles.
- Medio.- Dos sensores flexibles.

- Anular.- Un sensor flexible.
- Meñique.- Un sensor flexible.
- Un sensor es ubicado en la muñeca de la mano.

En la figura 34 se muestra la distribución de los sensores flexibles representados de color blanco con un total de 8.

Figura 34 Distribución de sensores en el guante



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Se retiran los pulsadores del segundo diseño, solamente se conservan los sensores flexibles logrando mayor facilidad en la obtención de datos, una alta precisión en la regulación de los potenciómetros y la estética deseada para la construcción del prototipo.

3.8.3.1 Construcción del prototipo

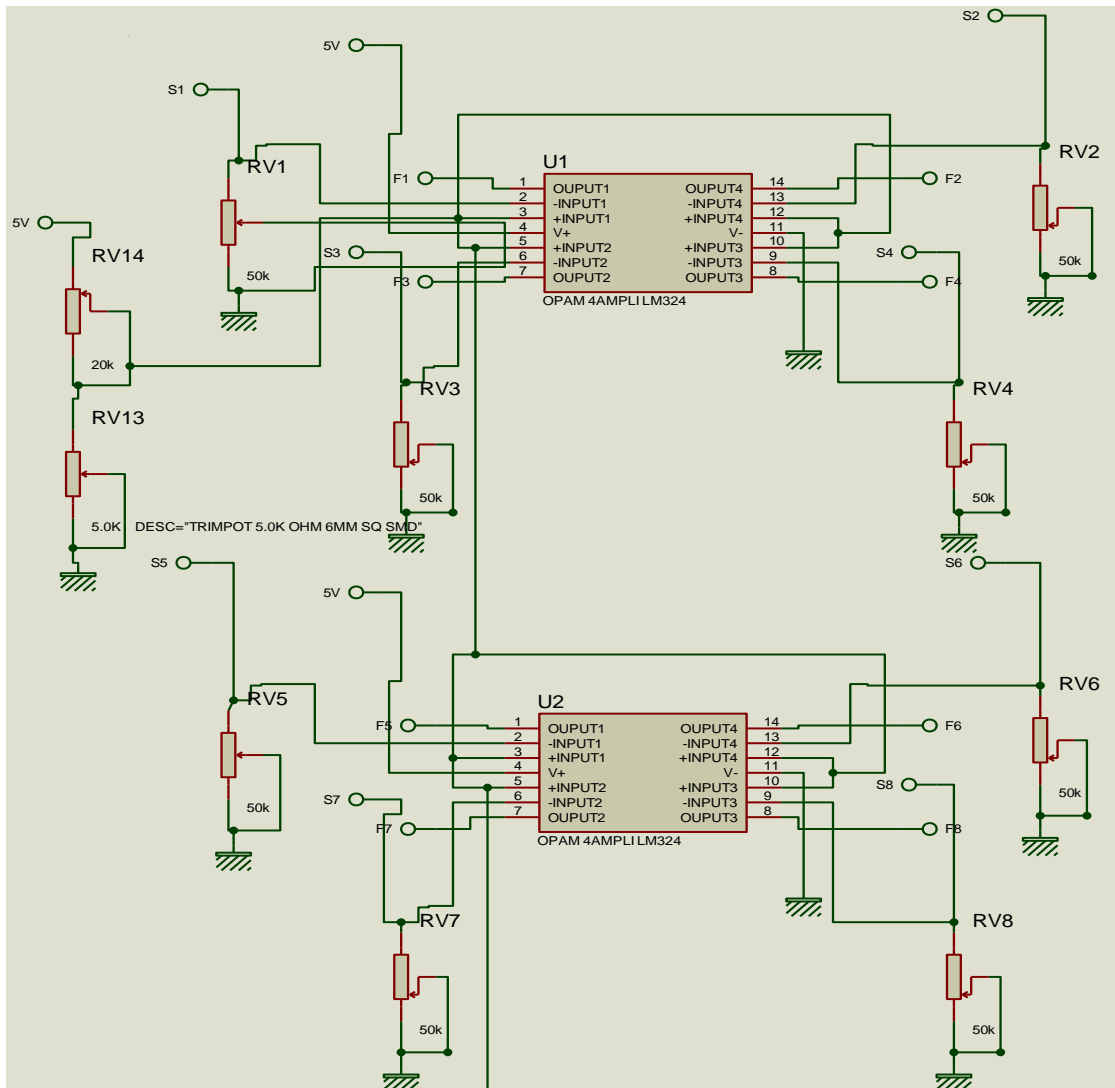
Para la construcción del prototipo se siguieron los siguientes pasos:

1. Diseño del circuito
2. Rediseño del guante y cubierta del circuito.
3. Prueba del circuito en protoboard.
4. Diseño completo del circuito en ARES y placa física simulada.
5. Prototipo final

Diseño del circuito: se realizó el diseño del circuito acondicionador basado en la figura 16, para los sensores flexibles, se utilizó dos amplificadores operacionales LM324 en configuración de comparador y potenciómetros de precisión 50 K Ω .

La simulación fue implementada en el Software ISIS 7 PROFESSIONAL, como se muestra en la figura 35.

Figura 35 Simulación del circuito en ISIS 7 PROFESSIONAL



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Rediseño del guante y cubierta del circuito: para evitar que se vean los cables y mejora de estética se implementó el siguiente guante como se muestra en la figura 36 a). En la figura 36 b) se muestra la cubierta del circuito.

Figura 36 a) Guante, b) Cubierta del circuito y c) Acoplamiento de guante y cubierta



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Prueba del circuito en protoboard: en este paso se añadió el guante, el LCD 2x16, la tarjeta Arduino Mega 2560, el sintetizador de voz (Emic 2), 2 baterías de 9V y speaker, logrando unificar el circuito completo como se muestra en la figura 37.

Figura 37 Circuito en protoboard



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

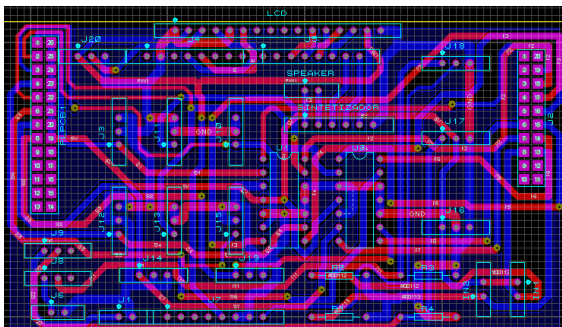
Diseño completo del circuito en ARES y placa física simulada: El diseño fue realizado en base a las dimensiones de la tarjeta Arduino Mega 2650 (10.160 cm x 5.33 cm), para que los pines de la placa puedan ingresar correctamente en los puertos de la tarjeta Arduino.

Este diseño se realizó para optimizar espacio y recursos para minimizar el costo, esto hace que el consumo de energía baje debido a la disminución de elementos.

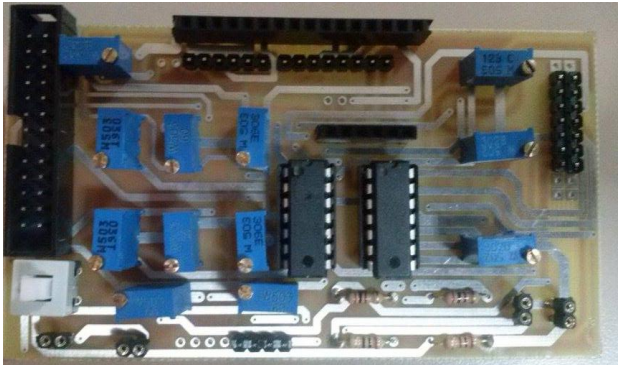
A continuación en la figura 38 a) se muestra el diseño en ARES y en la figura 38 b) se muestra la placa física.

Figura 38 a) Diseño del circuito completo en ARES y b) Placa física

(a)



(b)



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Prototipo finalizado: se realizó el acoplamiento de todos los elementos para ser ensamblados en el guante obteniendo el prototipo final mostrado en la figura 39.

Figura 39 Prototipo final



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

3.9 Características y uso del prototipo

La ergonomía de los productos es muy importante, ya que es el factor que determina si un objeto o producto es útil para el usuario así como también cómodo y seguro. El objetivo principal del Guante electrónico es permitir mediante texto y audio el entendimiento del lenguaje de señas.

Características del prototipo

- Batería: 9v /350 mA.
- Cubierta de fibra de vidrio para el circuito.
- Guante de cuerina.
- Guante talla 6.
- Pantalla LCD 2x16.
- Speaker de 5w recargable.
- Sensores flexibles.

Dimensiones

- Largo: 14 cm.
- Altura: 6.5 cm.
- Ancho: 8.8 cm.
- Grosor: 0.3mm.

Pulsadores

- Pulsador de encendido.
- Pulsador de envío.
- Pulsador de borrado.

Descripción de indicadores

Estos indicadores permiten conocer el uso del guante y hacia donde se encuentra orientado el prototipo.

- Entorno donde debe usarse: Útil en instituciones educativas, en conversaciones cortas.
- Perfil del usuario: mujeres de 18 a 60 años, hombres entre 16 y 65 años.
- Nivel educativo básico.
- Nivel socio económico: medio.

- Conocimiento previo del lenguaje de señas.
- Habilidad con las manos.

3.9.1 Esquematización de la secuencia de uso del producto

- 1 Asegúrese de que el switch de encendido se encuentre en la posición de “off” antes de conectar las baterías.
- 2 Encender el prototipo.
- 3 Colocarse el prototipo en la mano.

Figura 40 Colocación del guante



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

- 4 La luz del LCD indica que el prototipo se encuentra encendido.

Figura 41 Encendido del prototipo



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

- 5 Colocar el switch en la posición “off” cuando el prototipo no esté en uso para evitar el consumo de energía.

NOTA: Por características físicas, dimensiones y secuencia de operación del prototipo, el Hardware del proyecto está diseñado para ser utilizada por personas jóvenes o adultas que tienen conocimiento del lenguaje de señas y destreza en la mano derecha para la realización de las señas.

3.9.2 Forma de guardar y trasladar el guante

Para guardar y trasladar el prototipo se debe considerar que el guante no debe ser doblado para mantener la integridad de los sensores, para lo cual se recomienda utilizar una maleta que abarque todo el guante, en la que el prototipo no tenga ningún cambio en su contextura.

NOTA: No trasladar a grandes distancias el prototipo colocado en la mano, para evitar golpes y daños internos en los dispositivos del mismo.

3.9.3 Seguridad del usuario

Tomar en cuenta las siguientes normas básicas de seguridad:

1. Colocarse de manera apropiada el guante.
2. No sumergir el prototipo en ningún líquido para evitar cortocircuito.
3. Utilizarlo a temperatura ambiente.
4. No ingerir alimentos con el prototipo colocado.
5. Evitar que las baterías hagan contacto con superficies metálicas o calientes.
6. No utilizar el prototipo si el LCD no enciende.

3.10 Tabla de datos

Los datos seleccionados son en base a una tabla lógica, realizada para cada letra del alfabeto del lenguaje de señas en la figura 14, esto se realizó acorde al número de sensores que se encuentran en el guante como se muestra en la figura 33. Los valores lógicos son: “1” y “0”. A continuación son explicados en la tabla 3.

Tabla 3 Valores lógicos

| Función | Valor Lógico |
|----------------|---------------------|
| Activado | 1 |
| Desactivado | 0 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Estos valores se indican cuando se activa o se desactiva una entrada digital en la tarjeta Arduino Mega 2560, el estado de dicha entrada depende del flexionamiento del sensor. Se tomó cada letra del lenguaje de señas y se le dio su respectivo equivalente en código binario, como se muestra en la siguiente tabla 4.

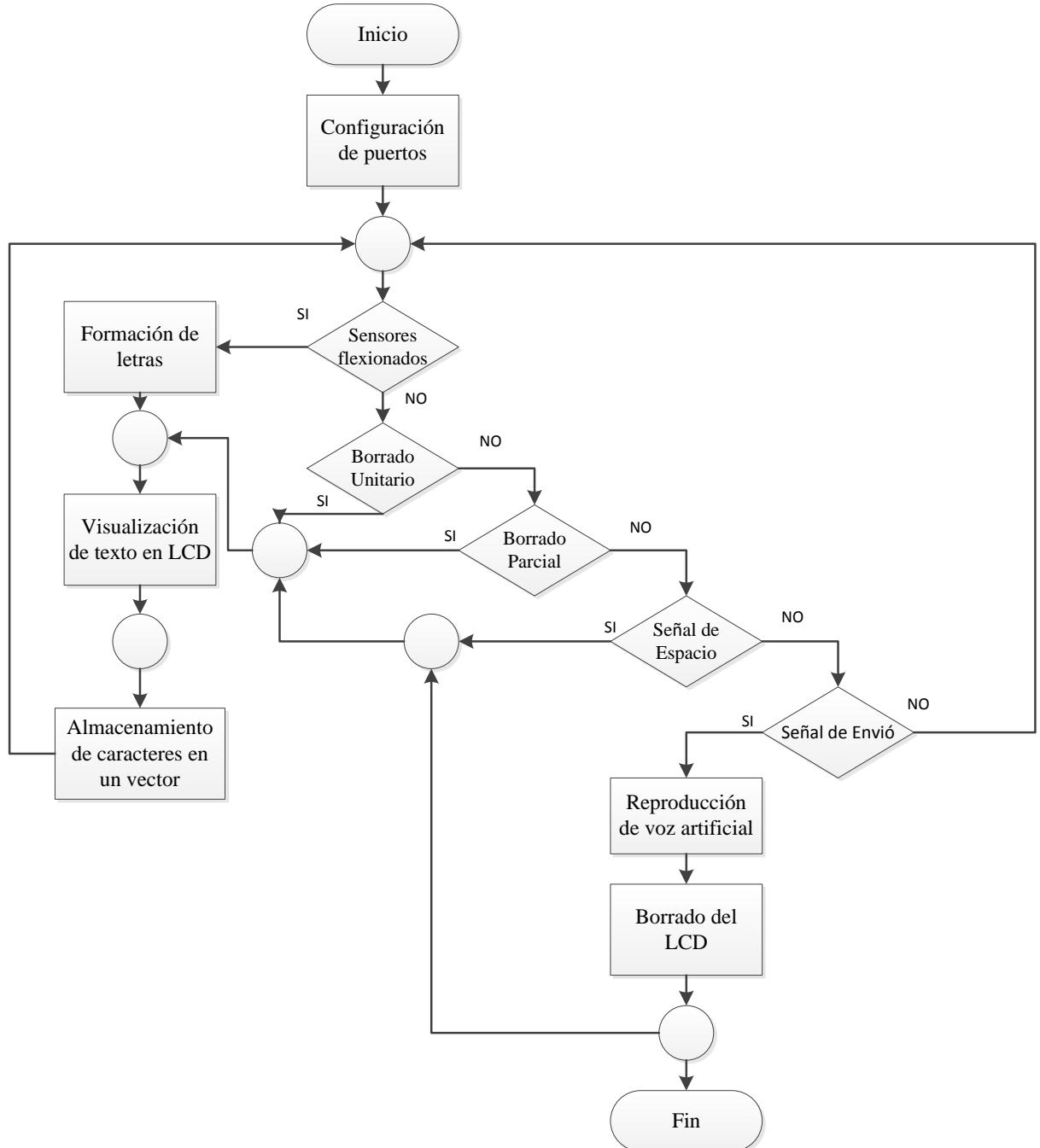
Tabla 4 Código de cada letra del lenguaje de señas

| | S8 | S7 | S6 | S5 | S4 | S3 | S2 | S1 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| B | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| C | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| D | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| E | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| F | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| G | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| I | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| J | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| K | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| L | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| O | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Q | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| R | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| S | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| V | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| W | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| X | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Y | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Z | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Esp | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

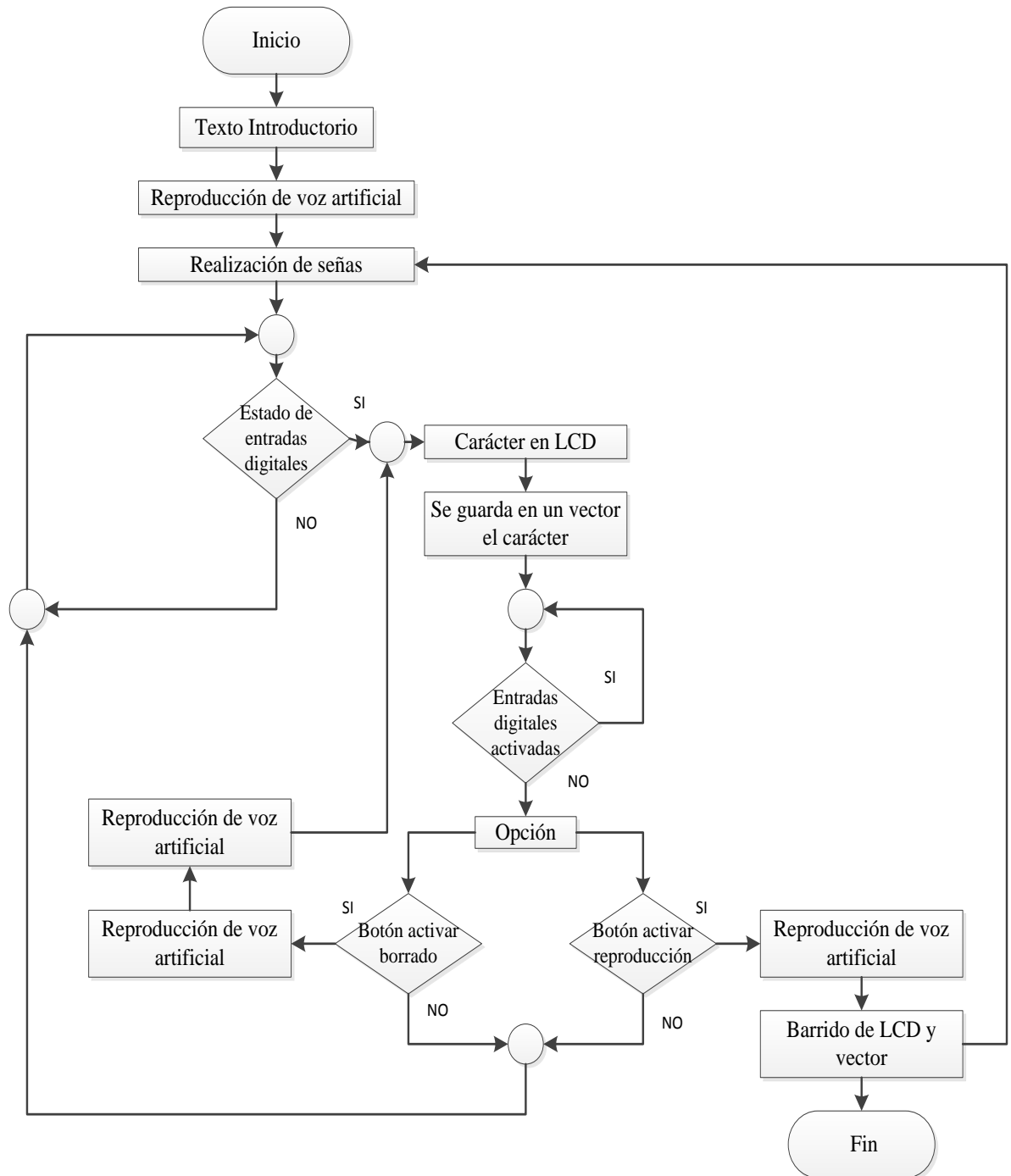
3.11 Diagramas de flujo del prototipo

Figura 42 Diagrama de flujo de Hardware



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Figura 43 Diagrama de flujo de Software



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

3.12 Características de alimentación

- Baterías de níquel hidruro metálico.
- Almacenamiento de 350mA/h.
- Tiempo: 4 horas de recarga.
- Vida útil: 1000 recargas.

Para alimentar el prototipo se usó dos baterías recargables de níquel hidruro metálico (Ni-MH), con una capacidad de almacenamiento de 350 mA/h (miliamperios/hora) por cada una, necesita un tiempo de 4 horas para la carga completa de las baterías, con una vida útil promedio de 1000 recargas.

La primera batería es utilizada para alimentar la tarjeta Arduino 2560, LCD 2X16 y el sintetizador de voz (Emic 2), dando un consumo energético menor a los 500 mA en pleno funcionamiento, determinando de esta manera que el tiempo de funcionamiento es de 30 minutos aproximadamente.

La segunda batería es utilizada para alimentar los sensores flexibles, el circuito comparador de acondicionamiento mostrado en la figura 17, dando un consumo energético menor a los 500 mA en pleno funcionamiento, determinando que el tiempo de funcionamiento es de 33 minutos aproximadamente.

Figura 44 Baterías



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

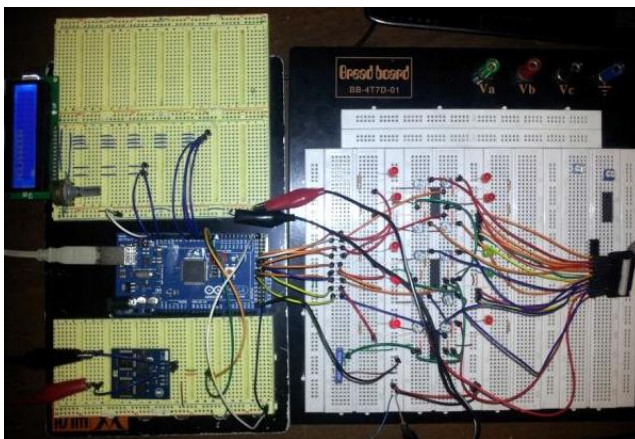
En este capítulo se muestran los costos de: Hardware y desarrollo de Software que alcanzó el proyecto de investigación, se describen las pruebas realizadas y los resultados obtenidos de cada diseño.

4.1 Pruebas con el primer prototipo

Se envió datos desde la tarjeta Arduino Mega 2560 hacia el dispositivo de visualización LCD 2X16, los cuales fueron reproducidos mediante el sintetizador de voz Emic 2.

Se efectuó la comunicación entre estos dispositivos y se añadió las señales de los sensores flexibles para darles un código binario equivalente a cada letra del alfabeto del lenguaje de señas. Se realizó las señas respectivas a cada letra del abecedario, para comprobar si los equivalentes del código binario coinciden al momento de formar la letra, pero la mala calibración de los potenciómetros y el desplazamiento de los sensores ocasionó que las letras no puedan ser visualizadas, es decir, que no coincida los equivalentes binarios con las letras del alfabeto del lenguaje de señas.

Figura 45 Prueba con el primer prototipo



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

La semejanza de forma de señas generó conflicto en la obtención de datos, de tal manera que las letras que se presentan a continuación no se las pudo obtener fácilmente.

- I,J,Z

Tabla 5 Semejanza de códigos I, J, Z

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| J | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Z | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

- U,V

Tabla 6 Semejanza de códigos U, V

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| V | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

- P,W

Tabla 7 Semejanza de códigos P, W

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| W | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

- F,T

Tabla 8 Semejanza de códigos F, T

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Por los siguientes motivos este diseño resultó inapropiado:

Desplazamiento de los sensores flexibles, visibilidad de cables, dificultad al momento de ser transportada, estética y ergonomía.

4.1.1 Costos del primer prototipo

Tabla 9 Costos del primer prototipo

| Cantidad | Descripción | Precio Unit. \$ | Precio Total \$ |
|-----------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 10 | Resistencias | 0.02 | 0.20 |
| 12 | Potenciómetros de precisión | 0.65 | 7.80 |
| 1 | Spadin Hembra | 0.80 | 0.80 |
| 2 | Spadin Macho | 0.90 | 1.80 |
| 8 | Sensor Flex | 11.70 | 93.60 |
| 3 | Sensor Fuerza | 12.50 | 37.50 |
| 1 | Guante (elastano) | 15.00 | 15.00 |
| 1 | Arduino Mega 2560 | 75.60 | 75.60 |
| 2 | Conectores de baterías | 0.45 | 0.90 |
| 1 | Cable UTP (metro) | 0.65 | 0.65 |
| 2 | Baterías 9V | 13.60 | 27.20 |
| 2 | Amplificador operacional LM324 | 0.37 | 0.74 |
| 2 | Sócalos 14 pines | 0.11 | 0.22 |
| 1 | LCD | 8.50 | 8.50 |
| 1 | Bus de datos | 1.10 | 1.10 |
| 1 | Conector de bus de datos macho | 0.70 | 0.70 |
| 1 | Conector de bus de datos hembra | 0.70 | 0.70 |
| 2 | Protoboard | 32.00 | 64.00 |
| 3 | Switches | 0.65 | 1.95 |
| 1 | Emic 2 | 82.50 | 82.50 |
| 1 | Speaker | 2.50 | 2.50 |
| 4 | Lagartos | 0.25 | 1.00 |
| 50 | Diseño de ingeniería | 10.00 | 500.00 |
| 50 | Mano de obra | 10.00 | 500.00 |
| 100 | Programación | 10.00 | 1,000.00 |
| | | TOTAL | 2,424.96 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

4.2 Pruebas con el segundo prototipo

Este diseño del guante evita que los sensores se desplacen de su sitio, reduce costos, disminuye variables para la obtención de datos.

Debido a la semejanza de los códigos de las letras mencionadas, se optó por temporizar cada una de ellas mostrándolas una a continuación de otra con tiempo suficiente para la realización de cada señal.

La letra Ñ y la CH fueron excluidas de nuestro prototipo por el motivo de:

La Ñ no puede ser reproducida en el sintetizador de voz Emic 2 por lo que se optó por unir las letras N e I para dar el sonido de Ñ, la CH puede ser generada por la integración de la C y la H.

Para las letras semejantes se debe realizar la señal y visualizarlas en el LCD 2x16, en la esquina inferior derecha pasado un tiempo.

Figura 46 Prueba con el segundo prototipo



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Con este diseño disminuyen variables ya que no intervienen sensores de fuerza, evitando la complejidad en la obtención de las letras del abecedario, reducción de costos al contar con menos dispositivos para el funcionamiento adecuado del prototipo.

El diseño del guante electrónico tiende a descalibrarse muy rápidamente por estar al aire libre, es decir, se observa circuitería y cables alrededor del guante haciéndolo vulnerable a daños.

Su estética lo hace muy poco agradable a la vista humana, por no ser compacto y usarlo resulta complicado porque se debe tener cuidado con manipular los elementos colocados en la placa física para evitar desconectar los cables que se encuentran al aire libre.

La ergonomía del guante no cumple con las características adecuadas para que el usuario pueda aprovechar el prototipo a toda su capacidad ya que causa dificultad al momento de realizar las señas.

Por la incomodidad de usar el prototipo, se decidió realizar un diseño para mejorar su estética y ergonomía con el fin de evitar la visualización de cables y circuitos que se encuentran vulnerables a daños.

4.2.1 Costos del segundo prototipo

Tabla 10 Costos del segundo prototipo

| Cantidad | Descripción | Precio Unit. \$ | Precio Total \$ |
|-----------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 10 | Resistencias | 0.02 | 0.20 |
| 12 | Potenciómetros de precisión | 0.65 | 7.80 |
| 1 | Spadin Hembra | 0.80 | 0.80 |
| 2 | Spadin Macho | 0.90 | 1.80 |
| 8 | Sensor Flex | 11.70 | 93.60 |
| 3 | Sensor Fuerza | 12.50 | 37.50 |
| 1 | Guante (cuerina) | 15.00 | 15.00 |
| 1 | Arduino Mega 2560 | 75.60 | 75.60 |
| 2 | Conectores de baterías | 0.45 | 0.90 |
| 1 | Cable UTP (metro) | 0.65 | 0.65 |
| 2 | Baterías 9V | 13.6 | 27.20 |
| 2 | Amplificador operacional LM324 | 0.37 | 0.74 |
| 2 | Sócalos 14 pines | 0.11 | 0.22 |
| 1 | LCD | 8.50 | 8.50 |
| 1 | Bus de datos | 1.10 | 1.10 |
| 1 | Conector de bus de datos macho | 0.70 | 0.70 |
| 1 | Conector de bus de datos hembra | 0.70 | 0.70 |
| 1 | Placa física | 80.00 | 80.00 |
| 3 | Switches | 0.65 | 1.95 |
| 1 | Emic 2 | 82.50 | 82.50 |
| 2 | Pulsadores | 0.15 | 0.30 |
| 1 | Speaker | 2.50 | 2.50 |
| 4 | Lagartos | 0.25 | 1.00 |
| 50 | Diseño de ingeniería | 10.00 | 500.00 |
| 50 | Mano de obra | 10.00 | 500.00 |
| 60 | Programación | 10.00 | 600.00 |
| | | TOTAL | 2,041.26 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

4.3 Pruebas con el tercer prototipo

Este diseño buscó hacer el prototipo compacto y seguro teniendo presente las siguientes consideraciones: Optimizar espacios y recursos, evitar la visibilidad de los cables, mejorar la apariencia del guante electrónico y facilidad de colocación del guante en la mano. El diseño final del prototipo se muestra en la figura 39.

De esta manera se determinó que el guante electrónico es útil para el usuario así como también cómodo y seguro

Figura 47 Prueba con el tercer prototipo



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

4.3.1 Costos del tercer prototipo

Tabla 11 Costos del tercer prototipo

| Cantidad | Descripción | Precio Unit. \$ | Precio Total \$ |
|-----------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 4 | Resistencias | 0.02 | 0.08 |
| 12 | Potenciómetros de precisión | 0.65 | 7.80 |
| 1 | Spadin Hembra | 0.80 | 0.80 |
| 2 | Spadin Macho | 0.90 | 1.80 |
| 8 | Sensor Flex | 11.70 | 93.60 |
| 1 | Guante (cuerina) | 45.00 | 45.00 |
| 1 | Arduino Mega 2560 | 75.60 | 75.60 |
| 2 | Conectores de baterías | 0.45 | 0.90 |
| 1 | Cable UTP (metro) | 0.65 | 0.65 |
| 2 | Baterías 9V | 13.60 | 27.20 |
| 2 | Amplificador operacional LM324 | 0.37 | 0.74 |
| 2 | Sócalos 14 pines | 0.11 | 0.22 |
| 1 | LCD | 8.50 | 8.50 |
| 1 | Bus de datos | 1.10 | 1.10 |
| 1 | Conector de bus de datos macho | 0.70 | 0.70 |
| 1 | Conector de bus de datos hembra | 0.70 | 0.70 |
| 1 | Placa física (Doble lado) | 75.00 | 75.00 |
| 3 | Switches | 0.65 | 1.95 |
| 1 | Emic 2 | 82.50 | 82.50 |
| 1 | Speaker | 10.00 | 10.00 |
| 1 | Cubierta del circuito | 50.00 | 50.00 |
| 50 | Diseño de ingeniería | 10.00 | 500.00 |
| 50 | Mano de obra | 10.00 | 500.00 |
| 80 | Programación | 10.00 | 800.00 |
| | | TOTAL | 2,284.84 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

4.4 Medición de calidad del prototipo

A continuación se presenta el formato de encuestas en la figura 48.

Figura 48 Encuesta de medición de calidad

El propósito de esta encuesta es ayudarnos a evaluar el prototipo “Guante electrónico” presentado. No hay respuestas correctas o equivocadas, nos interesa solo su opinión.

Según su experiencia con el guante electrónico, por favor, valore del 1 al 5 los siguientes aspectos (Siendo 5 la mejor puntuación y 1 la peor).

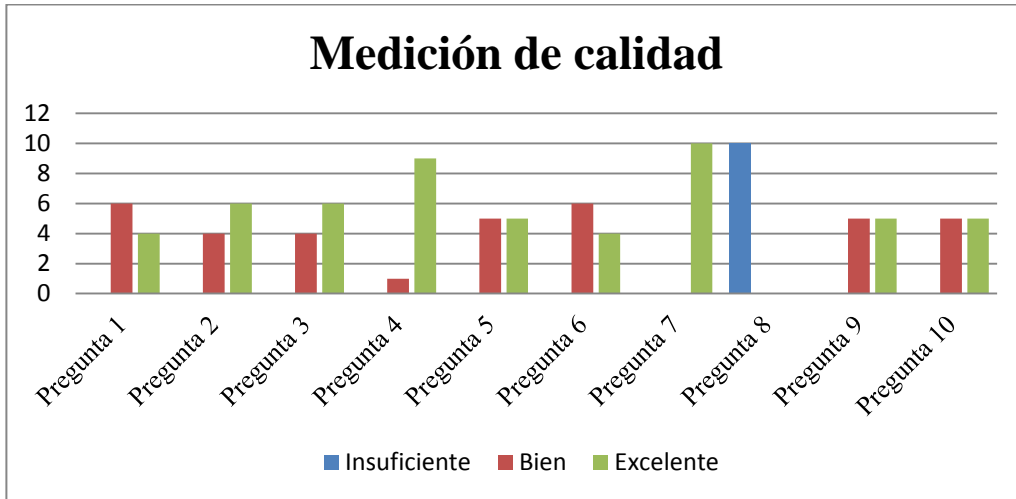
Para cada elemento identificado a continuación, rodee con un círculo el número de la derecha que considere más acorde con su criterio de calidad.

| | | | | | |
|---------|--|--|--|--|--|
| Nombre: | | | | | |
| Edad: | | | | | |

| Descripción o identificación de cada elemento del cuestionario | Insuficiente | Bien | | | Excelente |
|--|--------------|------|---|---|-----------|
| 1. Experiencia con el prototipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. Estética del prototipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. Comodidad del prototipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. El prototipo es resistente. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. El rendimiento del prototipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6. Es de su agrado el prototipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7. El prototipo es seguro. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8. Es molesto utilizarlo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9. Es conveniente utilizarlo para comunicarse con una persona sordomuda. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. La calidad del producto. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Figura 49 Medición de calidad



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

La figura 49, muestra el guante electrónico colocado en la mano del usuario de manera cómoda y segura, haciendo de este un guante compacto de fácil utilización.

Figura 50 Realización de señas con el prototipo



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

CONCLUSIONES

- Se investigó las características que debe cumplir el sensor las cuales son: flexibilidad y recuperación rápida de su forma, por este motivo se utilizó el sensor flex que cumple las cualidades antes mencionadas. Se empleó la tarjeta Arduino Mega 2560 por su compatibilidad con los dispositivos. Se analizaron los siguientes requerimientos para la elección del sintetizador de voz: idioma de reproducción en español, dimensiones no mayor a 4x4cm y voltaje de polarización que no supere los 9v, por sujetarse a estas exigencias se optó por el módulo Emic 2 que permitió la reproducción de voz artificial. Se seleccionó un dispositivo de visualización LCD 2x16. El software que se utilizó es Arduino por ser la herramienta virtual con la que trabaja el modulo controlador presentando la ventaja de ser Software libre.
- Se realizaron tres diferentes diseños del prototipo del guante electrónico en pos de buscar las mejores cualidades de funcionamiento, estética, seguridad y comodidad para el usuario. El primer diseño carecía de estética y comodidad debido a que el material del que estaba confeccionado hacia que los sensores no permanezcan fijos, lo que ocasionaba desperfectos en el sistema. El segundo diseño a pesar de tener un buen funcionamiento de todos los dispositivos no brindaba seguridad al usuario y era vulnerable a daños al tener elementos conductores visibles. El tercer diseño tiene un buen funcionamiento técnico de todos los dispositivos, mejora su calidad, su apariencia ante la vista del usuario, brinda cualidades: de seguridad, comodidad y facilidad de uso. Las características antes mencionadas están respaldadas por una encuesta que reveló resultados favorables con la ergonomía del guante.
- Los circuitos acondicionadores establecen las señales dentro de las condiciones deseadas, se reguló la estabilidad de las mismas por medio del amplificador operacional que actúa como un circuito comparador minimizando los efectos del ruido evitando datos incorrectos, de tal manera que se controló los valores de los datos ingresados a los puertos de la tarjeta Arduino Mega 2560.

- Se realizó el programa de control en el Software Arduino, mismo que se almacenó en la tarjeta Arduino Mega 2560 permitiendo controlar las señales que son enviadas desde el guante e interpretar la equivalencia de las señas con el código binario que representa cada caracter.
- En la etapa de diseño se simuló el funcionamiento electrónico del guante por medio de la herramienta virtual ISIS PROTEUS 7, para verificar que Hardware y Software interactúen de forma apropiada. Los resultados de simulación son semejantes a los obtenidos con el sistema implementado. Se transformó el lenguaje de señas en texto que es visualizado mediante un LCD 2x16 y reproducido en audio a través de un sintetizador de voz artificial Emic 2.
- Los usuarios que interactuaron con el prototipo, primero fueron capacitados para el uso del producto y mostraron no tener dificultad al operarlo.
- Se determinó que el material idóneo para la construcción del guante electrónico es el cuero suave, por sus características de textura y moldeabilidad, ya que facilita los movimientos de la mano para la ejecución de las señas, así mismo permite la instalación de los sensores en cada uno de los dedos del guante.
- En el Ecuador se tiene 43.405 personas con problemas de audio y 4.959 personas con problemas de lenguaje según el CONADIS en el año 2012, dichas discapacidades limitan a estas personas a tener un desenvolvimiento normal con el resto de la sociedad. El guante electrónico permitirá que las personas sordomudas mejoren su calidad de vida, sirviendo como medio comunicación con las personas que están a su alrededor.

RECOMENDACIONES

- Si se utiliza el guante por primera vez, acudir a los pasos de operación indicados en el capítulo 3.
- El guante debe ser utilizado por una persona que tenga la mano de talla #6, para evitar un mal funcionamiento del prototipo y utilizar baterías de 9V recargables para minimizar el costo de funcionamiento.
- No efectuar señas mientras el sintetizador de voz se encuentre reproduciendo voz artificial.
- Conservar el prototipo sobre una superficie plana para evitar deformaciones en los sensores y no colocar ningún objeto sobre el producto.
- Conservar en un ambiente seco menor a los 25 °C.
- No manipular el prototipo internamente.

LISTA DE REFERENCIAS

- Asociación oirte. (26 de agosto de 2011). *Lenguaje de signos (lenguaje de señas)*. Recuperado el 03 de febrero de 2013, Obtenido de <http://guayaquil.empleo.com.ec/asociacion-oirte-inicia-seminario-de-lenguaje-de-signos-lenguaje-de-senas-viii-105265-cursosclases>
- Adafruit Industries. (2006). *Adafruit Industries*. Recuperado el 13 de febrero de 2013. Obtenido de <http://www.adafruit.com/products/1070#Description>
- Alvarado Clavijo, F. A. (5 de mayo de 2013). *Mano robotica inalambrica*. Recuperado el 13 de febrero de 2013. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1681>
- Anatomía Humana. (2006). *Síntesis y resúmenes de anatomía humana*. Recuperado el 25 de febrero de 2013. Obtenido de <http://anatomia.org.cr/mano/>
- Arduino. (26 de septiembre de 2010). *ARDUINO*. Recuperado el 05 de mayo de 2013, Obtenido de www.arduino.cc
- Asociación de personas sordas de Pichincha. (2012). *Sordos Ecuador*. Recuperado el 14 de mayo de 2013. Obtenido de <http://www.sordosecuador.com/lengua-de-senas/>
- BIENE-TEC. (10 de abril de 2013). *Tecnología para su bienestar*. Recuperado el 14 de mayo de 2013. Obtenido de <http://www.bienetec.com/bienetec/jsp/web/catalogo/productos/cybertouch/index.jsp>
- BIENE-TEC. (11 de abril de 2013). *Tecnología para su bienestar*. Recuperado el 14 de mayo de 2013. Obtenido de <http://www.bienetec.com/bienetec/jsp/web/catalogo/productos/impulseglove/index.jsp>
- BIENE-TEC. (11 de abril de 2013). *Tecnología para su bienestar*. Recuperado el 14 de mayo de 2013. Obtenido de http://www.bienetec.com/bienetec/jsp/web/catalogo/productos/5dataglove_ultra_wireless_kit/index.jsp
- BIENE-TEC. (11 de abril de 2013). *Tecnología para su bienestar*. Recuperado el 14 de mayo de 2013. Obtenido de http://www.bienetec.com/bienetec/jsp/web/catalogo/productos/5dt_data_glove_5_ultra/index.jsp

- BIENE-TEC. (10 de abril de 2013). *Tecnología para su bienestar..* Recuperado el 14 de mayo de 2013 Obtenido de <http://www.bienetec.com/bienetec/jsp/web/catalogo/productos/cybergloveii/index.jsp>
- BIENE-TEC. (11 de abril de 2013). *Tecnología para su bienestar.* Recuperado el 14 de mayo de 2013. Obtenido de <http://www.bienetec.com/bienetec/jsp/web/catalogo/productos/cybergloveiii/index.jsp>
- Boylestad, R. L. (2004). Introducción al análisis de circuitos. En R. L. Boylestad, *Introducción al análisis de circuitos* (págs. 138,139,140). Mexico: Pearson.
- Discapacitados y Discapacidad. (29 de julio de 2010). Recuperado el 10 de septiembre de 2013. *Discapacitados y Discapacidad.* Obtenido de <http://www.discapacidadonline.com/lengua-signos-senas-manos-hablan.html>
- Doctor Tecno. (2013). *Jóvenes talentos sorprenden e inspiran en el Campus Party.* Recuperado el 11 de noviembre de 2013. Obtenido de <http://www.doortecno.com/noticia/jovenes-talentos-sorprenden-e-inspiran-campus-party>
- Espinoza Aguilar, P. A., & Pogo Leon, H. A. (5 de 5 de 2013). *Diseno y construccion de un guante prototipo electronico capaz de traducir el lenguaje de senas de una persona sordomuda al lenguaje de letras.* Recuperado el 08 de agosto de 2013. Obtenido de <http://dSPACE.ups.edu.ec/handle/123456789/4211>
- Maila Maila, F. O. (5 de mayo de 2013). *Diseno y construccion de un prototipo para captura de movimiento con un grado de libertad de los dedos de una mano y visualizacion en una PC en tiempo real.* Recuperado el 22 de agosto de 2013. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1037>
- Maloney, T. J. (2006). *Electronica Industrial Moderna.* En T. J. Maloney, *Electronica Industrial Moderna* (págs. 308, 309). México: Pearson.
- Malvino, A. P. (1999). *Principios de Electrónica.* Madrid: McGraw-Hil.
- McGraw Hill. (2010). *Morfología de manos y pies.* Recuperado el 15 de junio de 2013. Obtenido de <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448180747.pdf>
- Zepeda, M., Vásquez, A., & Silveira, E. M. (2011). *Organizacion panamericana de salud.* Recuperado el 8 de octubre de 2013. Obtenido de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=20910&Itemid

Anexo 1. Manual de Usuario

Colocación del Guante

1. Asegúrese que el switch de encendido se encuentre en la posición de “off” antes de conectar las baterías.
2. Colocarse el prototipo en la mano.
3. Encender el prototipo
4. La luz del LCD indica que el prototipo se encuentra encendido.
5. Colocar el switch en la posición “off” cuando el prototipo no esté en uso para evitar el consumo de energía.

NOTA: Por características físicas, dimensiones y secuencia de operación del prototipo, el Hardware del proyecto está diseñado para ser utilizada por personas diestras.

Pasos de operación del prototipo

Se realizan los siguientes pasos para operar el guante electrónico:

1. Colocar el prototipo cuando el equipo se encuentre apagado.
2. Encender el prototipo a mono abierta sin ningún sensor flexionado.
3. Realizar la letra deseada del lenguaje de señas, hasta que esta se muestre la letra en la esquina inferior derecha del LCD 2x16.
4. Volver abrir la mano para ingresar otra letra o utilizar las opciones de borrado unitario de caracteres, y envió de datos.

NOTA: Para las letras semejantes se debe realizar la seña y visualizar en el LCD 2x16 en la esquina inferior derecha hasta que aparezca la letra deseada para ser seleccionada abriendo la mano.

Almacenamiento del prototipo

El prototipo para ser guardado se debe considerar que el guante no debe ser doblado para mantener la integridad de los sensores.

1. Apagar y retirar el prototipo.
2. Retirar las baterías del prototipo.
3. Colocar el prototipo en una superficie plana o en una maleta.

NOTA: No trasladar a grandes distancias el prototipo colocado en la mano, para evitar golpes y daños internos en los dispositivos del mismo.

Precauciones

Tomar en cuenta las siguientes precauciones para evitar el daño del prototipo:

1. Colocarse de manera apropiada el guante.
2. No derramar líquido sobre el prototipo.
3. No ingerir alimentos con el prototipo colocado.
4. Evitar que las baterías hagan contacto con superficies metálicas o calientes.
5. No utilizar el prototipo si el LCD o el speaker no enciende.

Seña de espacio

Tomar en cuenta la siguiente seña para realizar espacios entre letras:

Figura 51 Señal de espacio



Elaborado por: Diego Duque & Rodrigo Ibarra

Anexo 2. Código de control Arduino Mega 2560

```
#include <LiquidCrystal.h>                                int P39 = 39;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

char abc;                                                P40 = 40;

char vector[150];                                       int P41 = 41;

int x=0;

int P22 = 22;                                           const int numRows = 2;

int P23 = 23;                                           const int numCols = 16;

int P24 = 24;

int P25 = 25;                                           int w=0;

int P26 = 26;                                           int y=0;

int P27 = 27;                                           int z=0;

int P28 = 28;

int P29 = 29;                                           void setup(){

int P30 = 30;                                           lcd.begin(numCols,numRows);

int P31 = 31;                                           Serial.begin(9600);

int P32 = 32;

int P33 = 33;                                           pinMode(P22,INPUT);

int P34 = 34;                                           pinMode(P23,INPUT);

int P35 = 35;                                           pinMode(P24,INPUT);

int P36 = 36;                                           pinMode(P25,INPUT);

int P37 = 37;                                           pinMode(P26,INPUT);

int P38 = 38;                                           pinMode(P27,INPUT);
```

```

pinMode(P28,INPUT);          delay(2000);
pinMode(P29,INPUT);          lcd.clear();
pinMode(P30,INPUT);          lcd.setCursor(1,0);
pinMode(P31,INPUT);          lcd.print("RODRIGO IBARRA");
pinMode(P32,INPUT);          lcd.setCursor(2,1);
pinMode(P33,INPUT);          lcd.print("DIEGO DUQUE");
pinMode(P34,INPUT);          delay(2000);
pinMode(P35,INPUT);          lcd.clear();
pinMode(P36,INPUT);
pinMode(P37,INPUT);          }
pinMode(P38,INPUT);
pinMode(P39,INPUT);          void loop()
pinMode(P40,INPUT);          {
pinMode(P41,INPUT);          teclado();
                               }
lcd.setCursor(1,0);          void teclado(){
    lcd.print("U.P.SALESIANA"); while(1){
    delay(1);                  delay(3000);
lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print("SEDE QUITO");   if(digitalRead(P26)==HIGH){
    delay(2000);                reproducor();
lcd.clear();                    }
lcd.setCursor(1,0);            if(digitalRead(P35)==HIGH){
    lcd.print("TESIS DE GRADO"); abc="\040";

```

```

delay(5);                                lcdd();

borrar1();

delay(5);

}

if(digitalRead(P34)==HIGH){

borrar();

delay(5);

}

if(digitalRead(P28)==HIGH){

    abc="\040";//ESPACIO

delay(5);

    lcdd();

}

//A

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P32)==HIGH &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P29)==HIGH &&
digitalRead(P23)==HIGH){

    abc='A';

delay(1);

lcd.setCursor(15,1);

lcd.print(abc);

delay(1);

}

if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P32)==LOW &&
digitalRead(P23)==LOW ){

    abc='B';

delay(1);

lcd.setCursor(15,1);

lcd.print(abc);

delay(1);

    lcdd();

}

if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P32)==HIGH &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P29)==LOW &&
digitalRead(P25)==HIGH &&
digitalRead(P23)==HIGH){

    abc='C';

delay(1);

lcd.setCursor(15,1);

lcd.print(abc);

delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if( digitalRead(P33)==LOW &&
digitalRead(P29)==HIGH &&
digitalRead(P23)==LOW ){

    abc='D';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P32)==HIGH &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P29)==LOW &&
digitalRead(P23)==HIGH ){

    abc='E';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P32)==LOW &&
digitalRead(P31)==HIGH &&

```

```

digitalRead(P29)==HIGH &&
digitalRead(P23)==HIGH){

    abc='G';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

```

```

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P31)==LOW &&
digitalRead(P29)==LOW &&
digitalRead(P27)==LOW &&
digitalRead(P25)==HIGH){

    abc='H';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P31)==LOW &&
digitalRead(P29)==HIGH &&
digitalRead(P25)==HIGH &&
digitalRead(P23)==HIGH ){

```

```

    abc='K';
    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);
    delay(1);

    lcdd();
}

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P32)==LOW &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P29)==LOW &&
digitalRead(P23)==HIGH ){

    abc='L';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

if( digitalRead(P27)==HIGH &&
digitalRead(P25)==LOW){

    abc='M';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

}

    lcdd();

}

if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P32)==HIGH &&
digitalRead(P23)==LOW ){

    abc='O';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P32)==LOW &&
digitalRead(P33)==HIGH &&
digitalRead(P29)==HIGH &&
digitalRead(P23)==LOW){

    abc='Q';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}
}

```

```

if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P32)==LOW &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P23)==HIGH ){

    abc='R';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P32)==HIGH &&
digitalRead(P31)==LOW &&
digitalRead(P23)==LOW ){

    abc='S';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P33)==LOW &&

```

```

digitalRead(P29)==HIGH &&
digitalRead(P23)==HIGH ){

    abc='X';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P32)==HIGH &&
digitalRead(P33)==HIGH &&
digitalRead(P31)==HIGH
&&digitalRead(P29)==HIGH &&
digitalRead(P25)==HIGH &&
digitalRead(P23)==HIGH){

    abc='Y';

    delay(1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

```

```

if(digitalRead(P33)==HIGH &&
digitalRead(P29)==LOW &&
digitalRead(P23)==LOW){

```

```

    abc='F';

```

```

delay(1);

lcd.print(abc);

delay(2000);

if(digitalRead(P33)==HIGH &&
digitalRead(P29)==LOW &&
digitalRead(P23)==LOW){

    abc='T';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

lcd.print(abc);

delay(1);

    lcdd();

}

lcdd();

}

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P23)==LOW){

    abc='I';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

delay(2000);

}

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P23)==LOW){

    abc='J';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(2000);

    if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P31)==HIGH &&
digitalRead(P23)==LOW){

        abc='Z';

        delay(1);

        lcd.setCursor(15,1);

        lcd.print(abc);

        delay(2000);

        lcdd();

    }

    lcdd();

}

}

lcdd();

}

if(digitalRead(P31)==LOW
&&digitalRead(P29)==LOW &&
digitalRead(P27)==HIGH &&

```



```

digitalRead(P25)==HIGH &&                                }
digitalRead(P26)==LOW){                                  lcdd();

    abc='N';                                             }

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(1);

    lcdd();

}

if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P31)==LOW
&&digitalRead(P23)==HIGH ){

    abc='U';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(2000);

    if( digitalRead(P30)==HIGH &&
digitalRead(P31)==LOW
&&digitalRead(P23)==HIGH){

        abc='V';

        delay(1);

        lcd.setCursor(15,1);

        lcd.print(abc);

        delay(1);

        lcdd();

}

}

}

if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P31)==LOW &&
digitalRead(P27)==LOW &&
digitalRead(P25)==LOW &&
digitalRead(P23)==HIGH){

    abc='P';

    delay(1);

    lcd.setCursor(15,1);

    lcd.print(abc);

    delay(2000);

    if( digitalRead(P30)==LOW &&
digitalRead(P31)==LOW &&
digitalRead(P27)==LOW &&
digitalRead(P25)==LOW &&
digitalRead(P23)==HIGH){

        abc='W';

        delay(1);

        lcd.print(abc);

        delay(1);

    }

    lcdd();

}

}

```

```

}
void lcd() {
  // while (Serial.available() > 0) {
  w=w+1;
  if(w<=32){
    delay(5);
    if(w<=16){
      lcd.setCursor(z,0);
      lcd.print(abc);
      delay(20);
      z=z+1;
      paro();
      delay(2);
    }
  }
  if(w>16 && w<30){
    delay(5);
    lcd.setCursor(y,1);
    lcd.print(abc);
    delay(20);
    y=y+1;
  }
}
void paro(){
  delay(1);
  vector[x]=abc;
  delay(3);
  x=x+1;
  while(1){
    if( digitalRead(P30)==LOW &&
    digitalWrite(P32)==LOW &&
    digitalWrite(P33)==LOW &&
    digitalWrite(P31)==LOW &&
    digitalWrite(P29)==LOW &&
    digitalWrite(P27)==LOW &&

```

```

    loop();

    delay(5);
void reproductor(){

    if(digitalRead(P26)==HIGH){

        Serial.println("L2");

        Serial.println("V14");

        Serial.print('S');

        delay(5);

        Serial.println(vector);

        delay(1000);

    }

    // vector[0]='\177';

    for (int limv = 0; limv < x; limv++) {

        vector[limv]='\040';

        delay(3);

    }

    x=0;

    y=0;

    z=0;

    w=0;

    lcd.clear();

    loop();

    delay(5);

}

void borrar(){

    delay(5);

    lcd.clear();

    for (int limv = 0; limv < x; limv++) {

        vector[limv]='\040';

        delay(3);

        x=0;

        y=0;

        z=0;

        w=0;

        loop();

        delay(3);

    }

    void borrarl(){

        if(w<=16){

            delay(3);

            z=z-1;

            lcd.setCursor(z,0);

            delay(3);

            lcd.print(abc);

            delay(20);

            w=w-1;

            delay(2);

        }
}

```

```
if(w>16 && w<32){  
    delay(3);  
    y=y-1;  
    lcd.setCursor(y,1);  
    lcd.print(abc);  
    delay(20);  
    w=w-1;  
    delay(2);  
}  
    }  
    delay(3);  
    x=x-1;  
    delay(3);  
    vector[x]='\040';  
    loop();  
    delay(3);  
}
```