



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PAR DE GUANTES
INTÉRPRETES DEL LENGUAJE DE SEÑAS ELEMENTALES A
LENGUAJE ESCRITO MEDIANTE SOFTWARE LIBRE PARA
FACILITAR EL APRENDIZAJE EN LA UNIDAD EDUCATIVA
ESPECIALIZADA COTOPAXI**

**AUTORES: LUIS CRISTÓBAL ALMEIDA POZO
PAÚL ANTONIO VITERI VILLACÍS**

DIRECTOR: ING. FAUSTO ACUÑA

LATACUNGA

2016



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PAR DE GUANTES INTÉRPRETES DEL LENGUAJE DE SEÑAS ELEMENTALES A LENGUAJE ESCRITO MEDIANTE SOFTWARE LIBRE PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA COTOPAXI**”, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **LUIS CRISTÓBAL ALMEIDA POZO** y **PAÚL ANTONIO VITERI VILLACÍS** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 22 de mayo del 2016

ING. FAUSTO ACUÑA

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA

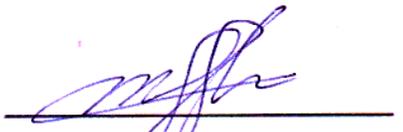
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Luis Cristóbal Almeida Pozo**, con cédula de identidad N° 050313993-3 y **Paúl Antonio Viteri Villacís**, con cédula de identidad N° 180412834-4 declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PAR DE GUANTES INTÉRPRETES DEL LENGUAJE DE SEÑAS ELEMENTALES A LENGUAJE ESCRITO MEDIANTE SOFTWARE LIBRE PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA COTOPAXI**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 22 de mayo del 2016



Luis Cristóbal Almeida Pozo
C.C.: 050313993-3



Paúl Antonio Viteri Villacís
C.C.: 180412834-4



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Luis Cristóbal Almeida Pozo** y **Paúl Antonio Viteri Villacís**, autorizamos la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PAR DE GUANTES INTÉRPRETES DEL LENGUAJE DE SEÑAS ELEMENTALES A LENGUAJE ESCRITO MEDIANTE SOFTWARE LIBRE PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA COTOPAXI**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 22 de mayo del 2016

Luis Cristóbal Almeida Pozo

C.C.: 050313993-3

Paúl Antonio Viteri Villacís

C.C.: 180412834-4

DEDICATORIA

Dedico el proyecto en primer lugar a Dios por darme muchas bendiciones. A mi familia entera por apoyarme en todo momento. A mis familiares que me ven y me dan sus bendiciones desde el cielo. A mis padres por guiarme en los instantes complicados de mi vida, en especial a mi mami Angelita por estar siempre presente en la felicidad y la tristeza, con sus consejos, por demostrarme el valor del trabajo, por ser un ejemplo de liderazgo, generosidad y amor, por enseñarme que lo primero en la vida es Dios y lo más importante es la familia. A mis ñañas hermosas Johana y Evelyn que a pesar de las peleas tenemos un lazo muy fuerte de amor. A todos mis amigos y amigas que han estado en las buenas y en las malas demostrándome su apoyo incondicional.

Lucho

A mis padres y mi hermana que desde el cielo me dan su fuerza para seguir adelante, a mi hermano que con sus palabras de aliento y de apoyo, jamás me dejan rendirme, a Fidel un hermano más que día a día hemos sabido afrontar las situaciones duras de la vida, y a mi amada compañera de vida, que todos los días me ha brindado su apoyo confianza y amor, a Uds. les dedico mi nueva profesión.

Paúl

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida, a nuestra familia por estar siempre pendiente en los buenos y malos momentos. A todos los docentes que nos han enseñado buenos valores y conocimiento que nos servirá en la vida profesional. A todas la personas que conforman la Universidad de las Fuerzas Armadas por darnos la oportunidad de formarnos como profesionales en esta prestigiosa Institución. A nuestro director de proyecto, Ing. Fausto Acuña que nos ha sabido guiar de manera correcta en todo el desarrollo de la tesis y nos ha brindado su amistad. A las personas que conforman la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi por darnos apertura en todo momento. A todas nuestras amistades que dieron una voz de aliento y buenos consejos.

Lucho y Paúl

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi

CAPÍTULO I

1	ESTADO DEL ARTE	1
1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	1
1.3	Planteamiento del problema	1
1.4	Justificación	2
1.5	Objetivos	3
1.5.1	Objetivo General	3
1.5.2	Objetivos Específicos	3
1.6	Guantes sensorizados	3
1.6.1	Guantes sensorizados en la interpretación del lenguaje señas	4
1.7	Tipos de guantes sensorizados	7
1.7.1	DataGlove	7
1.7.2	PowerGlove	8
1.7.3	AcceleGlove	8
1.7.4	CyberGlove II	9
1.7.5	CyberGlove III	10
1.8	Discapacidad auditiva	10
1.9	Intérpretes de señas	11
1.10	Lenguaje de señas	11

1.11	Lenguaje de señas ecuatoriano	12
1.11.1	Lenguaje de señas básicas ecuatorianas	12
1.12	Aprendizaje del lenguaje de señas	14
1.13	Anatomía básica de la mano humana.....	15
1.14	Software para la simulación de circuitos electrónicos.....	15
1.14.1	ISIS Proteus.....	15
1.14.2	Eagle.....	16
1.14.3	Qucs.....	16
1.15	Sensores.....	16
1.15.1	Flex sensor.....	16
1.15.2	Sensor inercial.....	17
1.16	Transmisión de datos.....	19
1.16.1	Bluetooth	19
1.16.2	Zigbee	21
1.17	Interfaz de usuario	21
1.17.1	Software para interfaz de usuario	22
1.17.2	Visual Basic	22
1.17.3	LabVIEW.....	22
1.17.4	Java	22
1.17.5	Aplicaciones Android.....	23
1.18	Dispositivo móvil con sistema operativo android	23

CAPÍTULO II

2	DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS.....	24
2.1	Análisis de parámetros de diseño	24
2.2	Diseño de hardware.....	25
2.3	Diseño del sistema electrónico	28
2.3.1	Sensores.....	28
2.3.2	Dispositivos de transmisión de datos.....	31
2.4	Selección de la fuente de energía	33
2.5	Selección de la tarjeta controladora.....	35
2.6	Simulación del circuito electrónico	37
2.7	Diagramas electrónicos	38
2.8	Algoritmo de la programación	38

2.8.1	Diagrama de flujo del algoritmo de la programación.....	39
2.9	Diseño de la interfaz gráfica	41
2.9.1	Selección del software para el diseño de la interfaz gráfica	41
2.10	Integración de los diseños y elementos seleccionados	42

CAPÍTULO III

3	IMPLEMENTACIÓN	44
3.1	Implementación del Hardware	45
3.2	Implementación del sistema electrónico	45
3.2.1	Montaje de los sensores	45
3.2.2	Montaje de las baterías.....	46
3.2.3	Montaje de las tarjetas controladoras	47
3.2.4	Montaje de dispositivos de función inalámbrica	47
3.3	Implementación del algoritmo de programación	48
3.3.1	Configuración de la plataforma Arduino.....	48
3.4	Implementación de la interfaz gráfica	50
3.5	Implementación del sistema total.....	52

CAPÍTULO IV

4	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	53
4.1	Pruebas del sistema electrónico	53
4.2	Pruebas de la interpretación de señas	54
4.2.1	Repetitividad.....	55
4.3	Pruebas de funcionamiento	58
4.4	Prueba de aprendizaje.....	62
4.5	Resultados de aceptación.....	63
4.6	Validación de la hipótesis	64
4.7	Costo del proyecto.....	69

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1	Conclusiones	71
5.2	Recomendaciones	72

BIBLIOGRAFÍA.....	74
LINKOGRAFÍA.....	76
ANEXOS.....	80
ANEXO 1: Simulación del circuito electrónico del guante intérprete izquierdo	
ANEXO 2: Simulación del circuito electrónico del guante intérprete derecho	
ANEXO 3: Diagrama electrónico del guante intérprete izquierdo	
ANEXO 4: Diagrama electrónico del guante intérprete derecho	
ANEXO 5: Folleto. Señas para guantes intérpretes	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Característica principales de los diseños de hardware.	27
Tabla 2	Tipos de flex sensor.....	28
Tabla 3	Especificaciones técnicas del Flex sensor 2.2”	29
Tabla 4	Tipos de acelerómetros.....	30
Tabla 5	Especificaciones técnicas del acelerómetro IMU MPU 6050.	31
Tabla 6	Series de módulos Xbee	31
Tabla 7	Especificaciones técnicas del módulo Xbee S1.	32
Tabla 8	Versiones del módulo Bluetooth.	32
Tabla 9	Especificaciones técnicas del módulo Bluetooth HC06.....	33
Tabla 10	Tipos de baterías recargables portátiles.	34
Tabla 11	Especificaciones técnicas de la batería portátil tipo case.	35
Tabla 12	Especificaciones de los controladores.	35
Tabla 13	Especificaciones técnicas de la Tarjeta Arduino Nano w/ATmega328.....	36
Tabla 14	Valores de sensores para formar la seña de la letra A y el número 8.....	40
Tabla 15	Software para la interfaz gráfica.....	42
Tabla 16	Datos de repetibilidad.	55
Tabla 17	Pruebas de funcionamiento.	60
Tabla 18	Pruebas de aprendizaje.	62
Tabla 19	Frecuencia Esperada.....	67
Tabla 20	Valores calculados de chi-cuadrado.	68
Tabla 21	Costo del proyecto.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: DataGlove.....	8
Figura 2: PowerGlove.	8
Figura 3: AcceleGlove.....	9
Figura 4: Guante CyberGlove II.	9
Figura 5: Guante CyberGlove III.	10
Figura 6: Personas Interpretes de señas.	11
Figura 7: Señas de las cuatro primeras letras del alfabeto dactilográfico.	12
Figura 8: Señas de los números naturales.	13
Figura 9: Señas de tres días de la semana.....	13
Figura 10: Señas de los dos primeros meses de año.	13
Figura 11: Señas de un saludo y una despedida.	14
Figura 12: Señas de la palabra mamá y papá.	14
Figura 13: Anatomía básica de la mano Humana. 1) Dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular, 5) dedo meñique, 6) dorso, 7) muñeca y 8) antebrazo.....	15
Figura 14: Flex sensor.	17
Figura 15: Acelerómetro.	18
Figura 16: Giroscopio.....	19
Figura 17: Bluetooth.....	20
Figura 18: XBee.	21
Figura 19: Primer diseño de hardware del guante interprete.	26
Figura 20: Segundo diseño del hardware de los guantes intérpretes.	26
Figura 21: Tercer diseño del hardware de los guantes intérpretes.	27
Figura 22: Flex sensor 2.2”.....	29
Figura 23: Funcionamiento físico del flex sensor.	29
Figura 24: Acelerómetro IMU MPU 6050.	30
Figura 25: Módulo Xbee S1.	32
Figura 26: Módulo Bluetooth HC06.....	33
Figura 27: Batería portátil tipo case.	34

Figura 28: Vista frontal de la Tarjeta Arduino Nano w/ATmega328.	36
Figura 29: Diagrama de flujo de adquisición de valores para la base de datos.....	39
Figura 30: Señal de la letra A. 1) dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular y 5) dedo meñique.....	40
Figura 31: Señales del número 8. 1) Dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular y 5) dedo meñique de la mano derecha, 6) dedo pulgar, 7) dedo índice, 8) dedo medio, 9) dedo anular y 10) dedo meñique de la mano izquierda.....	40
Figura 32: Diagrama Integración de los diseños y elementos seleccionados... ..	43
Figura 33: Montaje de los componentes.....	44
Figura 34: Implementación de los flex sensor y acelerómetro. 1) Dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular, 5) dedo meñique y 6) dorso de la mano.....	46
Figura 35: Montaje de las baterías. 1) Batería en el guante izquierdo y 2) batería en el guante derecho.....	46
Figura 36: Montaje de las tarjetas controladoras. 1) Tarjeta controladora del guante izquierdo y 2) tarjeta controladora del guante derecho....	47
Figura 37: Montaje de dispositivos inalámbricos. 1) Xbee serie 1 guante izquierdo, 2) Xbee serie 1 guante derecho, 3) Bluetooth guante derecho.....	47
Figura 38: Ventana principal del programador de Arduino.....	48
Figura 39: Elección de la tarjeta Arduino Nano w/ATmega328.....	49
Figura 40: Selección del puerto usb.....	50
Figura 41: Ventanas de la interfaz gráfica. 1) Ventana de presentación, 2) ventana principal de menú y 3) ventana de visualización.....	51
Figura 42: Implementación del sistema total.....	52
Figura 43: Comprobación del voltaje de entrada.	53
Figura 44: Diagrama de flujo para realizar pruebas de la interpretación de señas.....	54
Figura 45: Valores en porcentaje de repetibilidad y error relativo.	58

Figura 46: Prueba de funcionamiento.	62
Figura 47: Resultado de aprendizaje.	63
Figura 48: Resultados de tamaño y forma.	63
Figura 49: Resultados de uso.	64
Figura 50: Prueba de conocimiento inicial de los alumnos.	65
Figura 51: Taller de aprendizaje con los alumnos.....	66
Figura 52: Evaluación del aprendizaje.	66

RESUMEN

En el presente proyecto se diseñó e implementó un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas elementales a lenguaje escrito que constó de las siguientes etapas. En primer lugar se realizó el diseño del hardware que se basa en la flexibilidad, durabilidad y comodidad del material que ayuda al buen funcionamiento y fácil adaptación para el usuario. En la segunda etapa se utilizó sensores flex sensor y acelerómetros para la adquisición de datos y para el procesamiento una tarjeta electrónica Arduino Nano Atmega328, la batería es recargable y su comunicación inalámbrica es por Bluetooth que permite la interacción con un dispositivo móvil para la visualización de las señas elementales. En la tercera etapa se realizó el algoritmo de funcionamiento del dispositivo electrónico desarrollado en la plataforma libre de Arduino, permite establecer una interfaz amigable entre el dispositivo y el usuario, dispone de diferentes modos para facilitar el aprendizaje de las señas elementales. Se programó una aplicación android en la plataforma de software libre AppInventor en la web. La última etapa fue las pruebas de funcionamiento de los intérpretes dirigidos a los alumnos con discapacidad auditiva, permitieron determinar que el dispositivo se adapta a las necesidades de aprendizaje y cumple el funcionamiento propuesto. Se realizó la interpretación de las señas elementales como números naturales, alfabeto dactilográfico, meses del año, días de la semana y saludos básicos. Los guantes intérpretes tienen una ergonomía aceptable por su flexibilidad, comodidad y hacen que el usuario se adapte físicamente.

PALABRAS CLAVE:

- **COMUNICACION NO VERBAL**
- **LENGUAJE DE SORDOMUDOS**
- **TECNOLOGÍA ARDUINO**
- **SOFTWARE APPINVENTOR**

ABSTRACT

In the present project it was designed and implemented a pair of sign language interpreter's gloves to written language elementary that consisted of the following stages. First the hardware design based on flexibility, durability and comfort of the material that helps the proper functioning and easy adaptation to the user was made. The flex sensor and accelerometers for data acquisition and processing an electronic card Arduino Nano Atmega328 was used in the second stage, the battery is rechargeable and wireless communication is via Bluetooth that allows interaction with a mobile device for viewing elementary signs. In the third stage the algorithm operation of the electronic device developed in the free Arduino platform was made, can establish a friendly interface between the device and the user has different ways to facilitate learning of elementary signs. An Android application is programmed into free software platform AppInventor on the web. The last stage was the performance testing of interpreters aimed at students with hearing disabilities, allowed to determine that the device adapts to the learning needs and meets the proposed operation. The interpretation of elementary signs as natural numbers, typing alphabet, months, days of the week and was made basic greetings. The gloves have an acceptable ergonomics interpreters for their flexibility, comfort and make the user physically fit.

KEY WORDS:

- **NON-VERBAL COMMUNICATION**
- **DEAF MUTE LANGUAGE**
- **ARDUINO TECHNOLOGY**
- **APPINVENTOR SOFTWARE**

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE

1.1 Introducción

La discapacidad es un gran problema en el país, existes distintas clases de discapacidad así como son las personas privadas de escuchar y hablar, esta discapacidad no permite que una persona sobresalga en la sociedad, para eso se ve la necesidad de crear un par de guantes intérpretes de señas que ayuda en el aprendizaje del lenguaje de señas, en la escritura y en la lectura.

1.2 Antecedentes

El primer guante sensorizado fue creado por el Laboratorio de Visualización Electrónica en el año de 1977 en los Estados Unidos de Norteamérica. En 1982 se creó la primera patente de un guante con sensores de flexión óptica, que posteriormente se incorporó sensores ultrasónicos para crear el Power Glove y Data Glove, los cuales fueron utilizados para los juegos de video.

En la actualidad existen diversos tipos de guantes sensorizados con diferentes aplicaciones, como en el área de personas con discapacidad visual y discapacidad auditiva.

1.3 Planteamiento del problema

Las personas con discapacidad auditiva tienen su propio lenguaje de comunicación, el lenguaje de señas, que consiste en realizar movimientos con las manos y dedos en conjunto para palabras elementales, además del uso de

expresiones faciales en palabras de contenido complejo, el cual se lo aprende mediante la práctica constante.

En la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi existe una aula de aprendizaje escolar para personas con discapacidad auditiva, comprendida desde el primer año hasta el séptimo año de educación básica con dos profesores de nombramiento y un auxiliar, que consta de 21 alumnos, que van desde los 5 años hasta los 18 años de edad, teniendo como principal inconveniente realizar una práctica constante de las señas aprendidas por parte de los niños sordos, dentro de la cual se ha visto la necesidad de tener un dispositivo que realice la interpretación del lenguaje de señas a lenguaje escrito para facilitar el aprendizaje mediante el aumento de la práctica, por lo cual se ha tenido la apertura de la institución.

1.4 Justificación

Existen diferentes tipos de capacidades especiales en las personas, algunas casi invisibles como la auditiva. Por este motivo sólo cuando vemos que una persona utiliza sus manos para expresar con señas sus necesidades e inquietudes, nos percatamos que tiene una discapacidad auditiva.

Debido a la falta de un número adecuado de docentes en el área de enseñanza del lenguaje de señas en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi, lo cual conlleva una baja enseñanza personalizada para los alumnos con discapacidad auditiva, se ha visto la necesidad de diseñar e implementar un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas elementales al lenguaje escrito para el aumento de la práctica.

Es muy importante implementar este dispositivo ya que ayudará a facilitar el aprendizaje del lenguaje de señas de los alumnos de la institución y de esta manera mejorar su calidad de vida.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas elementales a lenguaje escrito mediante software libre para facilitar el aprendizaje en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Establecer alternativas de diseño del par de guantes intérpretes del lenguaje de señas a lenguaje escrito.
- Diseñar un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas a lenguaje escrito.
- Seleccionar los materiales adecuados para el funcionamiento correcto.
- Realizar el algoritmo de programación para la adquisición y procesamiento de datos para el correcto funcionamiento de los guantes intérpretes.
- Diseñar la aplicación para el sistema operativo android, que será la interfaz gráfica entre el usuario y el dispositivo.
- Implementar los guantes intérpretes del lenguaje de señas a lenguaje escrito.
- Realizar pruebas de funcionabilidad del dispositivo para una mayor fiabilidad del sistema.
- Obtener resultados favorables en las pruebas realizadas del proyecto.
- Realizar un análisis de costo beneficio del trabajo realizado.

1.6 Guantes sensorizados

Son guantes, a los cuales se le colocaron una serie de sensores para poder captar la posición de los dedos de la mano al estirar y comprimir los mismos,

además del movimiento y orientación la muñeca, de esta manera captar magnitudes físicas y transformarlos en variables eléctricas. Los guantes sensorizados se pueden utilizar en diferentes aplicaciones, como para la teleoperación, control de prototipos de brazos robóticos, entretenimiento en juegos de video, interpretación del lenguaje de señas, entre otras.

1.6.1 Guantes sensorizados en la interpretación del lenguaje señas

En nuestro medio no existen empresas dedicadas al desarrollo de guantes sensorizados en la interpretación del lenguaje señas, pero por otro lado algunas de las instituciones de educación superior privadas y públicas de nuestro país han desarrollado proyectos en este campo, de igual forma que en otros países, los cuales van a ser resumidos a continuación.

a. Principales investigaciones relacionadas con el desarrollo de guantes intérpretes del lenguaje de señas

En el mundo recientemente se conoce la preocupación que se debe tener para las personas con capacidades especiales, existen diversos proyectos que se relacionan a las personas privadas de escuchar y hablar. A continuación se detalla algunos proyectos que se realizaron en América, con el mismo fin de ayudar a esta clase de personas especiales.

“Traducción automática del lenguaje dactilológico de sordos y sordomudos mediante sistemas adaptativos” Daniel Betancur Betancur, Mateo Vélez Gómez, Alejandro Peña Palacio, Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA). Envigado-Colombia, Noviembre 2012.

Resumen: Este proyecto es para las personas sordas y sordomudos, tiene un guante que ayuda a convertir el lenguaje de señas a lenguaje escrito, en su

base de datos consta traducciones que solo se hacen con una sola mano como las vocales, números naturales, etc.

b. Principales investigaciones relacionadas con el desarrollo de guantes intérpretes del lenguaje de señas en la Educación Superior en el Ecuador

“Diseño e implementación de un guante electrónico que permite transformar el lenguaje de señas en caracteres y reproducción sonora de voz artificial.” D. Duque – M. Ibarra. Universidad Politécnica Salesiana. Quito – Ecuador, Febrero – 2014.

Resumen: Este proyecto es un prototipo de guante electrónico que transforma el lenguaje de señas en caracteres y reproducción sonora de voz artificial, utiliza sensores flexibles, una tarjeta arduino Mega 2560, una LCD 2x16 y sintetizador de voz Emic2. El funcionamiento consiste en comparar el estado de las señales de entrada con las existentes en el código de control para obtener el carácter correspondiente a las letras del abecedario. La finalidad de este proyecto es que utilicen personas que tienen conocimiento del abecedario del lenguaje de señas y mediante el sintetizador de voz y el display se pueda escuchar y ver la letra del abecedario.

“Diseño y Construcción de un guante prototipo electrónico capaz de traducir el lenguaje de señas de una persona sordomuda al lenguaje de letras.” P. Espinosa – H. Pogo. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador, Febrero 2013.

Resumen: El proyecto consiste en un traductor de movimientos de la mano a través de un guante, que traduce el lenguaje dactilológico (abecedario en símbolos) usados por las personas privadas del habla para comunicarse. Utilizada una tarjeta de adquisición de datos con comunicación usb que utiliza un microcontrolador, donde son procesados los datos y posteriormente descifrados

y mostrados en el ordenador en una interfaz gráfica diseñada en el software Matlab R2010a. El programa consta de varias lecciones de deletreo de colores, animales y frutas. El primer modelo fue realizado en tela, obteniendo como resultado que al poco tiempo se deteriora con facilidad. Realizaron diferentes pruebas variando el número de sensores, el material, la forma y corte del guante. El segundo modelo lo realizaron en cuero fino, donde se pudo notar que se conserva en buen estado. Además se percataron que la ubicación de los sensores debe permanecer inmóviles para que la calibración sea competente.

“Desarrollo de una interfaz para el reconocimiento automático del lenguaje de signos.” E. Chacón. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito – Ecuador, Noviembre 2013.

Resumen: Este proyecto está basado en un guante electrónico denominado AcceleGlove, que tiene su propia tarjeta AcceleGlove V2.1 con conexión usb, modulo comunicación Bluetooth y software basado en lenguaje de programación Java. El guante se compone de seis giroscopios ubicados uno por dedo y el sexto en la palma de la mano, obteniendo los valores de cada sensor y comparándolos con una base de datos de cada signo, para esto han realizado una asociación grafica entre el signo realizado con el guante y una imagen que representa la letra, generando el sonido correspondiente a la palabra reconocida. El material del guante es nylon transpirable ajustable con las puntas abiertas para poder escribir.

“Guante con sensores para reproducir el sonido de las letras por medio del lenguaje sordo mudo con soporte de tecnología java.” F. León – X. Merino. Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil - Ecuador, Agosto 2011.

Resumen: Este proyecto consiste en un sistema para traducir las señas a un carácter del alfabeto español, de una persona con deficiencia auditiva,

detectando la posición de los dedos mediante sensores fotoelectrónicos colocados en un guante de cuero, los datos serán interpretados por una API de Java en un celular que permite reproducir sonidos por medio de un altavoz.

c. Descripción de diseños alternativos para los guantes intérpretes de señas

- **Guante virtual**

Se usa visión artificial por medio de una cámara se capta los movimientos que se realizan con las manos, y se los transforma a lenguaje escrito.

- **Aplicación android para personas con discapacidad auditiva**

Se necesita un Smartphone y mediante una base de datos por internet y una aplicación android. Se dibuja en el Smartphone el lenguaje de seña que se necesita. Y esta se transforma a lenguaje escrito.

1.7 Tipos de guantes sensorizados

Existen varios tipos de guantes sensorizados provistos de diferentes sensores para el uso en diversas aplicaciones, en esta sección se mencionará los más importantes.

1.7.1 DataGlove

Son guantes de datos utilizados en la robótica y en la realidad virtual, se asemejan a los guantes que se lleva en la mano como se ve en la Figura 1, incluyen la capacidad de percibir la presión, fuerza lineal, temperatura. El control implica el uso de sensores para detectar los movimientos de la mano y los dedos del usuario.



Figura 1: DataGlove.

Fuente: (Schönbrunner, 2000)

1.7.2 PowerGlove

Es un mando o accesorio para Nintendo Entertainment System como se muestra en la Figura 2, sirve para recrear movimientos de la mano humana sobre una pantalla de televisión o computadora en tiempo real.



Figura 2: PowerGlove.

Fuente: (Game, 2008)

1.7.3 AcceleGlove

Es un guante sensorizado, en el principio iba ser usado para el control de robots a distancia, pero se encontraron muchas más aplicaciones para este guante como videojuegos, traducir el lenguaje de signos, es capaz de reconocer el movimiento de la mano, la clave está en los acelerómetros que lleva integrado en los dedos y la palma de la mano, Se conecta a un ordenador por medio de un cable USB, a través de cual también recibe la energía, evitando tener que ponerle baterías. Además, es programable, de tal manera que cualquiera con conocimientos de informática podrá crear sus propias aplicaciones que

aprovechen las funciones del guante. En la Figura 3 se muestra el guante sensorizado AcceleGlove.



Figura 3: AcceleGlove.

Fuente: (Fayerwayer, 2009)

1.7.4 CyberGlove II

En la Figura 4 se muestra el guante CyberGlove II. Este sistema ha sido utilizado en aplicaciones como la evaluación digital de prototipos, la biomecánica, en la realidad virtual y animación. Tiene entre 18 y 22 sensores, es compatible con los sistemas operativos Windows 2000 y Xp, utiliza la tecnología wireless con una cobertura de 15m, la duración de la batería es de tres horas (CYBERGLOVESYSTEMS, 2015).



Figura 4: Guante CyberGlove II.

Fuente: (Cyberglovesystem, 2015)

1.7.5 CyberGlove III

El guante CyberGlove III tiene un diseño de tipo industrial como se muestra en la Figura 5, optimiza y permite captar una movilidad rigurosa. Se utiliza en animaciones gráficas. Consta de 18 a 22 sensores, tiene una gran capacidad de almacenamiento de datos con memoria expandible, su batería tiene una duración de dos horas, utiliza la tecnología inalámbrica mediante wireless con una cobertura de hasta 30m. (CYBERGLOVESYSTEMS, 2015).



Figura 5: Guante CyberGlove III.

Fuente: (Cyberglovesystem, 2015)

1.8 Discapacidad auditiva

Es un déficit total o parcial en la percepción auditiva. Si se pierde esta capacidad de forma parcial se denomina hipoacusia y si se pierde por completo se llama cofosis. Además puede ser unilateral o bilateral. Las personas que sufren esta discapacidad tendrán problemas para oír y se verá afectada su la capacidad de comunicación.

Se detecta a través de una prueba de audiometría para percibir los problemas de intensidad y frecuencia con la que se detectan los sonidos. La discapacidad auditiva puede ser un rasgo hereditario se puede sufrir a consecuencia de un traumatismo, una enfermedad, una larga exposición al ruido

o por la ingesta de medicamentos demasiados agresivos para el nervio auditivo (Universia, 2016).

1.9 Intérpretes de señas

Los intérpretes de señas son aquellas personas que le transmite un mensaje emitido en lenguaje oral a la personal con discapacidad auditiva, por lo general a través del lenguaje manual o de señas, este proceso no es tarea fácil debido a que está marcado por muchas complejidades, el mensaje que se quiere dar en ocasiones no es entendido o es mal comprendido. Este obstáculo se lo puede superar con la práctica, experiencia y aprendizaje. En la Figura 6 se muestra a tres personas intérpretes de señas.



Figura 6: Personas Intérpretes de señas.

Fuente: (Criollo, 2014)

1.10 Lenguaje de señas

La identidad de cada grupo humano está marcada por su cultura. Parte fundamental de la cultura es el idioma porque con él nos comunicamos con nuestro entorno. El idioma de una persona con discapacidad auditiva no es uno que emita sonidos, sino que se expresa con señas. Así como hay una lengua castellana, inglesa o china, también hay una Lengua de Señas (Moreno, 2013).

1.11 Lenguaje de señas ecuatoriano

Como cada idioma en el mundo, el lenguaje de señas también tiene su propio dialecto, variando en cada país y cultura. Es por eso que en Ecuador existe su propio dialecto en el lenguaje de señas, aprobado y estandarizado por el FENASEC (Federación Nacional de Personas Sordas del Ecuador), denominado Diccionario oficial de Lengua de Señas Ecuatoriano, del cual se ha extraído el alfabeto dactilográfico, los números naturales, los meses del año, las expresiones más comunes del uso diario de una persona, etc., que se enmarca en el Glosario Básico de Lengua de Señas Ecuatoriana (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriano, 2012).

1.11.1 Lenguaje de señas básicas ecuatorianas

A continuación se mostrará el modo de realizar las señas básicas ecuatorianas tomado de (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriana, 2012) . Las señas principales que una persona con discapacidad auditiva debe conocer son el alfabeto dactilográfico. La Figura 7 muestra las señas de las cuatro primeras letras del alfabeto dactilográfico.

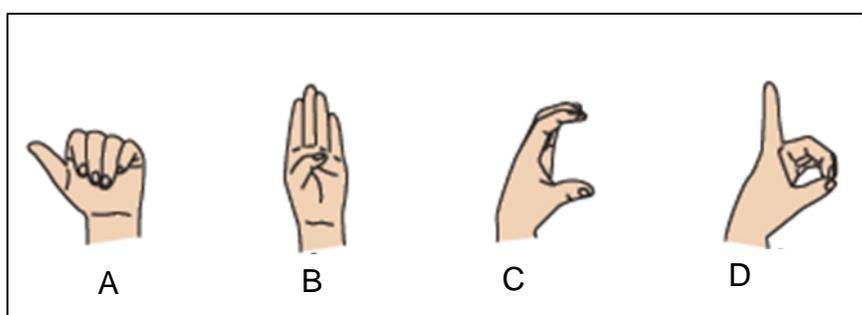


Figura 7: Señas de las cuatro primeras letras del alfabeto dactilográfico.

Fuente: (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriano, 2012)

En la Figura 8 podemos observar las señas de los números naturales.

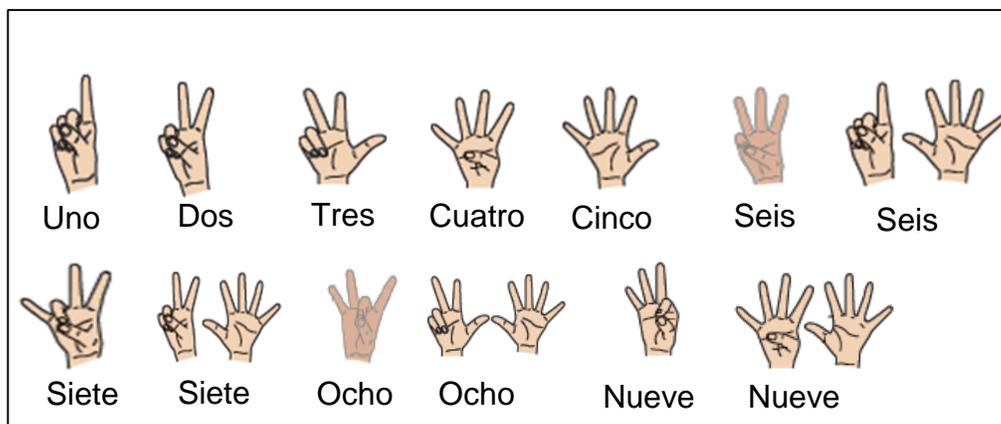


Figura 8: Señas de los números naturales.

Fuente: (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriano, 2012)

A continuación la Figura 9 muestra las señas de tres días de la semana.

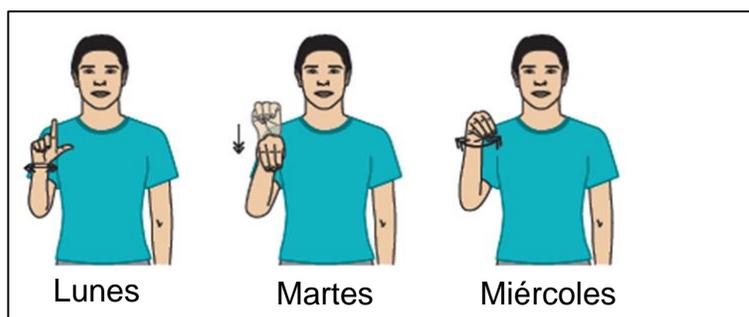


Figura 9: Señas de tres días de la semana.

Fuente: (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriana, 2012)

La Figura 10 muestra las señas de los dos primeros meses del año.

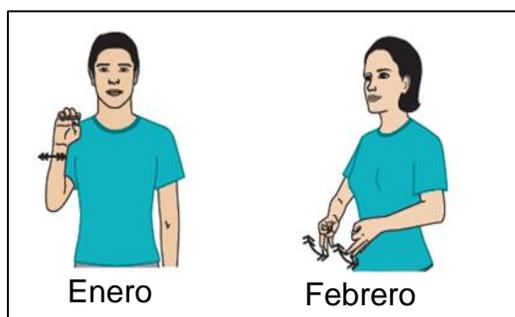


Figura 10: Señas de los dos primeros meses de año.

Fuente: (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriano, 2012)

La Figura 11 muestra las señas de un saludo y una despedida.

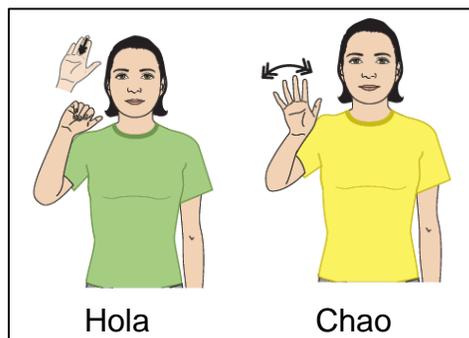


Figura 11: Señas de un saludo y una despedida.

Fuente: (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriana, 2012)

Por último la Figura 12 muestra las señas de la palabra mamá y papá.

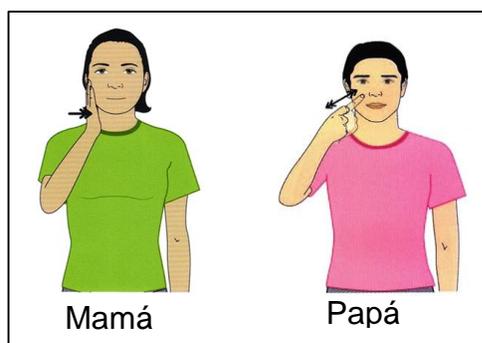


Figura 12: Señas de la palabra mamá y papá.

Fuente: (FENASEC, Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriana, 2012)

1.12 Aprendizaje del lenguaje de señas

El aprendizaje de lenguaje de señas se puede adquirir mediante institutos que tienen profesores para la enseñanza, robots imitadores de señas que ejecutan las posiciones de las manos y dedos, guantes que ayudan a ejecutar la posición correcta y libros que describen la postura en cada dedo.

1.13 Anatomía básica de la mano humana

Es importante saber las partes y los movimientos que puede realizar la mano al hacer un prototipo de la misma, como se observa en la Figura 13 la mano se compone de siete partes, cinco dedos, el dorso y la muñeca. Además se muestra el antebrazo (Sociedad Anatómica Española, 2001).

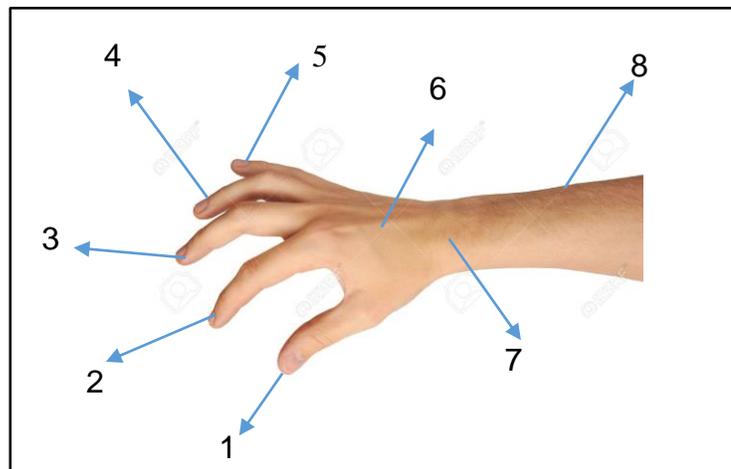


Figura 13: Anatomía básica de la mano Humana. 1) Dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular, 5) dedo meñique, 6) dorso, 7) muñeca y 8) antebrazo.

Fuente: (Alencar, 2013)

1.14 Software para la simulación de circuitos electrónicos

Los simuladores para circuitos electrónicos son de ayuda, permite saber cómo se comportan los diseños electrónicos que hemos creado.

1.14.1 ISIS Proteus

Con Proteus se puede realizar circuitos impresos con la mayor calidad. Si se está trabajando en el desarrollo de algún producto electrónico, esta aplicación

será de gran ayuda. Junto a ella se diseña y simula PCB (Printed Circuit Board) con las mejores herramientas y en un entorno completamente funcional (PROTEUS, 2014).

1.14.2 Eagle

Una potente aplicación con la que se puede diseñar circuitos impresos y realizar esquemas electrónicos. Eagle son las siglas de Easily Aplicable Graphical Layout Editor. Gracias a este editor se logrará diseñar esquemas y placas de circuito impreso con autorouter, es decir con la función que automatiza el dibujo de pistas en la placa de circuitos impresos, y todo esto en un entorno ergonómico. (CadSoft, 2014).

1.14.3 Qucs

Qucs es un simulador de circuitos integrados, lo que significa que puede crear un circuito a través de una interfaz gráfica de usuario, y simular las señales y el ruido del circuito. Cuando esa simulación finaliza, puede ver los resultados en una presentación o en una ventana. (UCA, 2015).

1.15 Sensores

Los sensores son dispositivos capaces de percibir las magnitudes física o químicas del entorno y transformarlas en señales eléctricas cuantificables mediante un acondicionador de señal.

1.15.1 Flex sensor

En la Figura 14 se muestra los flex sensor, son sensores flexo resistivo que cambian su resistencia dependiendo de la cantidad de dobléz que presenten. Convierten el cambio de flexión en valor de resistencia, es decir que a más dobléz

la variación de la resistencia es mayor (Khwaja, 2013). Normalmente su forma es de una tira delgada de 1 a 5 pulgadas de longitud. Puede ser usado de manera unidireccional donde aumenta la resistencia y bidireccional donde aumenta y disminuye la resistencia. En el mercado un flex sensor puede ser adquirido en los valores de $1\text{k}\Omega$ a $20\text{k}\Omega$, $20\text{k}\Omega$ a $50\text{k}\Omega$ y de $50\text{k}\Omega$ a $100\text{k}\Omega$.



Figura 14: Flex sensor.

Fuente: (Spectrasymbol, 2014)

a. Aplicaciones

En robótica los flex sensor pueden ser utilizados para determinar el movimiento desplazamiento de articulaciones. En los gripper como interruptores de presión. En biomédica, el sensor puede ser colocado en la articulación de movimiento y así controlar un funcionamiento correcto. En los guantes sensorizados, para el uso en realidad virtual, entre otras. Este sensor tiene un sin número de aplicaciones como en control automático, productos deportivos, tecnología de asistencia, instrumentos musicales, etc.

1.15.2 Sensor inercial

El sensor inercial capta los movimientos físicos de un objeto que están relacionados con la aceleración, y se lo utiliza en análisis y captura del movimiento. Los sensores inerciales son los acelerómetros y giroscopios. Un

acelerómetro mide la fuerza específica a lo largo de un eje sensible. El giroscopio mide la velocidad angular alrededor de un solo eje.

a. Acelerómetro

Los acelerómetros son dispositivos electromecánicos que detectan las fuerzas de aceleración, estática o dinámica. Las fuerzas estáticas incluyen la gravedad, mientras que las fuerzas dinámicas son las vibraciones y el movimiento. Pueden medir la aceleración en uno, dos o tres ejes. Un acelerómetro está conformado internamente por placas capacitivas, fijas o unidas a resortes minúsculos que se mueven conforme las fuerzas de aceleración actúan sobre el sensor, al moverse las placas generan capacitancia, y estos cambios permiten determinar la aceleración. En la Figura 15 se puede observar el acelerómetro.

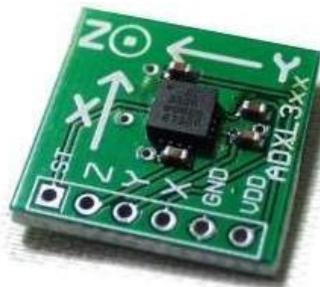


Figura 15: Acelerómetro.

Fuente: (Ecured, s.f.)

b. Giroscopio

En la Figura 16 se muestra el giroscopio o girómetro, son sensores que miden el movimiento de rotación mediante la velocidad angular. Se pueden utilizar para detectar la orientación y se encuentran en la mayoría de sistemas de navegación autónomos. Como por ejemplo, para equilibrar un robot mediante la medición de la rotación y enviando las correcciones al motor.

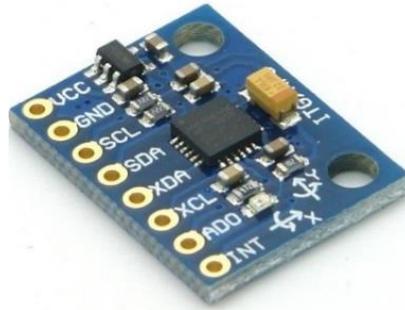


Figura 16: Giroscopio.

Fuente: (Bigtronica, s.f.)

1.16 Transmisión de datos

Es la transferencia física de datos (flujo digital de bits) por un canal de comunicación punto a punto o punto a multipunto. Los canales pueden ser cables de par trenzado, fibra óptica, canales de comunicación inalámbrica y medios de almacenamiento.

La transmisión de datos puede ser analógica o digital. La transmisión analógica se caracteriza por el continuo cambio de amplitud de la señal. La transmisión digital se caracteriza porque las señales no cambian de forma continua ya que se transmite mediante paquete de datos discretos, los cuales no son interpretados de manera inmediata ya que deben ser decodificada por el receptor (García, 2011). A continuación se describirá los canales de comunicación inalámbricos como son Bluetooth y ZigBee.

1.16.1 Bluetooth

Es una tecnología de red de área personal inalámbrica, una tecnología de red inalámbrica de corto alcance, se utiliza para conectar dispositivos entre sí sin una conexión por cable. El objetivo del Bluetooth es transmitir voz o datos entre equipos con circuitos de radio de bajo costo, su topología es punto a punto a

través de un rango aproximado de entre diez y cien metros, utilizando poca energía.

La tecnología Bluetooth se diseñó principalmente para conectar dispositivos (como impresoras, teléfonos móviles, artículos para el hogar, auriculares inalámbricos, ratón, teclados, etc.), sin utilizar una conexión por cable. La tecnología inalámbrica Bluetooth está orientada a aplicaciones de voz y datos. En la Figura 17 se puede observar el Bluetooth. Según (Inproes, 2008), el Bluetooth tiene las siguientes características:

- Funciona en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, que no precisa de ninguna licencia.
- Tiene un radio de acción de 10 o 100 metros dependiendo de la clase del dispositivo Bluetooth. La máxima velocidad de transmisión es de 3 Mbps.
- Los objetos sólidos no suponen ningún obstáculo para la tecnología inalámbrica Bluetooth.
- Tampoco es necesario que los dispositivos estén situados en la misma línea de visión, es decir, orientados uno frente a otro, ya que se transmite en todas direcciones.
- Brinda una seguridad confiable en el manejo de datos, ya que siempre ha sido una de las prioridades en el desarrollo de la tecnología Bluetooth.

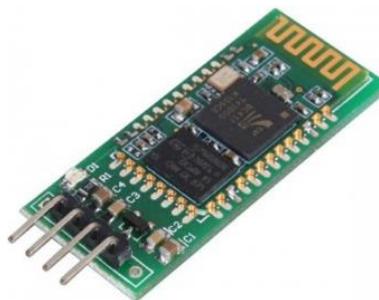


Figura 17: Bluetooth.

Fuente: (Botscience, 2013)

1.16.2 Zigbee

Es una red inalámbrica que tiene como objetivo aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, utiliza el dispositivo Xbee que se puede observar en la Figura 18. Su topología es de tipo malla, se puede conectar a más de un punto a la vez para enviar datos. Según (Ortega, 2008), el Zigbee tiene las siguientes características:

- ZigBee, también conocido como "HomeRF Lite", es una tecnología inalámbrica con velocidades comprendidas entre 20 kB/s y 250 kB/s.
- Los rangos de alcance son de 10 m a 75 m.
- Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas.
- Reduce tiempos de espera en el envío y recepción de paquetes.



Figura 18: XBee.

Fuente: (García J. , 2010)

1.17 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario es muy importante porque es la comunicación que existe entre los guantes intérpretes y el usuario, es la forma de comunicarse entre el dispositivo electrónico y la persona.

1.17.1 Software para interfaz de usuario

Es un programa o una aplicación que permite interactuar entre un dispositivo electrónico y el usuario, deben ser amigables y fáciles de entender e incluyen ventanas, contenido gráfico, menús y en general aquellos canes que permiten la comunicación entre hombre-máquina.

1.17.2 Visual Basic

Visual Basic (MICROSOFT, 2016) está diseñado para la creación de aplicaciones de manera productiva con seguridad de tipos y orientado a objetos. Visual Basic permite a los desarrolladores centrar el diseño en Windows, la web y dispositivos móviles. Como ocurre con todos los lenguajes destinados a Microsoft .NET Framework, los programas escritos en Visual Basic se benefician de la seguridad y la interoperabilidad de los lenguajes.

1.17.3 LabVIEW

Según (National Instrument, 2015) LabVIEW es un entorno de desarrollo integrado para informática industrial y científica, que permite el desarrollo de programas informáticos complejos utilizando librerías de funciones dedicadas a la adquisición de datos, instrumentación, análisis matemático y la visualización de las mismas. Con LabVIEW se puede crear aplicaciones de medida y control.

1.17.4 Java

Es un lenguaje de programación orientado a objetos donde se puede realizar programas con la posibilidad de ejecutarse en cualquier ambiente, contexto, por lo que su principal característica es su portabilidad. Puede ser modificado por cualquier persona, a esto se denomina código abierto. Su uso principal es en dispositivos móviles.

1.17.5 Aplicaciones Android

Android es un sistema operativo que se basa en el núcleo de Linux. Se lo utiliza principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como son los teléfonos inteligentes, tablets, relojes inteligentes, televisores y automóviles.

Las aplicaciones Android se desarrollan en el lenguaje Java con Android Software Development kit (Android SDK), Google App Inventor con entorno visual. Android, al contrario que otros sistemas operativos para dispositivos móviles como iOS o Windows Phone, se desarrolla de forma abierta y se puede acceder tanto al código fuente como a la lista de incidencias donde se pueden ver problemas todavía no resueltos y reportar problemas nuevos (ANDROID, 2016).

1.18 Dispositivo móvil con sistema operativo android

Son aparatos electrónicos de alta y baja calidad que son fáciles de conseguir y con un precio accesible, entre ellos están:

a. Teléfono celular

Son aparatos electrónicos que sirven para hacer llamadas inalámbricamente, pero también sirven para soportar aplicaciones que actúan como interface con el usuario. Se puede conectar a redes inalámbricas como wifi y Bluetooth.

b. Tablet

Son dispositivos electrónicos con pantalla táctil y de mayor tamaño que los teléfonos celulares, sirve para tomar fotos, escuchar música, soporta aplicaciones que usan interfaz de comunicación con el usuario. Se conectan a redes inalámbricas como wifi y Bluetooth.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

Los guantes intérpretes de lenguaje de señas elementales a lenguaje escrito, tiene la finalidad de ayudar en el aprendizaje a los niños con discapacidad auditiva de la “UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA COTOPAXI”. Este sistema contará con una interfaz gráfica en un dispositivo móvil de sistema operativo android, donde se visualizará letras, números y palabras básicas que se interpretara con el movimiento de las manos. En este capítulo se realizará el diseño y selección de hardware, software y dispositivos electrónicos.

2.1 Análisis de parámetros de diseño

A continuación se detallará las características necesarias acerca de los parámetros de diseño:

- Debido a que será utilizado por los alumnos con deficiencia auditiva de la institución beneficiaría, se debe tomar en cuenta las sugerencias proporcionadas por el docente encargado: que sea fácil de utilizar, el dispositivo tenga una larga vida útil, el mantenimiento no sea complicado, la batería debe tener una duración prolongada.
- El prototipo deberá ser de un material flexible, duradero, estético. Flexible debido a que tiene que captar los movimientos exactos de cada dedo la mano. Para que sea duradero debe ser de un buen material y no se deteriore con facilidad con su uso constante. Además debe ser estético, puesto que su aspecto debe llamar la atención para que los niños que son los principales usuarios tengan gusto de usarlos.

- Se necesitará realizar un sistema electrónico, conformado por sensores, tarjetas controladoras, dispositivos de función inalámbrica, que permitirá el funcionamiento correcto del dispositivo. Los sensores se utilizarán para receptar los movimientos de los dedos de las manos. Se debe seleccionar una tarjeta controladora adecuada con el número de entradas y salidas necesarias. Su tamaño deberá ser pequeño y con una velocidad de transmisión alta. Los dispositivos de comunicación inalámbrica ayudarán a conectar los dos guantes, y enviarán los datos al receptor, que será un dispositivo con sistema operativo android.
- Para el desarrollo del prototipo se realizará dos placas electrónicas mediante Software ISIS lo que compactará la disposición de cables y elementos electrónicos.
- La interfaz gráfica deberá ser adecuada para niños y adolescentes. Con una programación fácil y clara para una buena interacción en el momento de usar los intérpretes.
- La fuente deberá ser de 5 voltios, de alto amperaje, con un fácil y rápido modo de carga.

2.2 Diseño de hardware

Se puede diseñar los guantes en diferentes tipos de materiales como tela, licra, lana, cuerina, cuero, pero se debe tomar en cuenta su duración, elasticidad, comodidad, deben ser estéticos y que la disposición de los sensores en los guantes sea la apropiada.

Para el primer diseño se utilizó un par de guantes normalizados de electricista, con un material tipo licra, que se ajusta a la mano del usuario. Para

la colocación de los sensores flex sensor se elaboraron portasensores de cuerina negra y se cocieron en la parte superior de cada uno de los dedos como muestra la Figura 19. En este diseño se presentó dificultades al momento de colocarse y sacarse los guantes.



Figura 19: Primer diseño de hardware del guante interprete.

En el segundo diseño se utilizó el material de microfibra de cuero, donde se observó el inconveniente que tenía poca flexibilidad al momento de utilizarlo como se observa en la Figura 20. En cuanto a la durabilidad se apreció que iba a ser alta por el tipo de material, ya que es resistente.



Figura 20: Segundo diseño del hardware de los guantes intérpretes.

La Figura 21 presenta el tercer y último diseño donde se utilizó la tela licra-stretch, con la cual se apreció la fácil maniobrabilidad, alta durabilidad y flexibilidad

con el uso constante. Además que los sensores se colocó en portasensores de cuerina negra para su mayor durabilidad.



Figura 21: Tercer diseño del hardware de los guantes intérpretes.

La Tabla 1 resume las características principales de cada uno de los diseños del hardware realizado, las medidas se las ha tomado en base a la experiencia durante el uso de los mismos.

Tabla 1
Característica principales de los diseños de hardware.

N°	Diseño del hardware	Material	Durabilidad	Maniobrabilidad	Flexibilidad
1	Guantes normalizados de electricista	Tela licra	Media	Media	Alta
2	Guantes de microfibra de cuero	Microfibra de cuero	Alta	Baja	Baja
3	Guantes de tela licra stretch	Licra stretch	Alta	Alta	Alta

En base a la Tabla 1 se seleccionó el tercer diseño que consiste en los guantes de material tipo tela licra stretch, que tienen una durabilidad, maniobrabilidad y flexibilidad alta que son necesarias para el proyecto.

2.3 Diseño del sistema electrónico

El diseño del sistema electrónico está basado en la selección de la tarjeta controladora para la adquisición y procesamiento de datos, sensores para adquirir señales de los dedos, acelerómetros para obtener señales de los movimientos de las manos, dispositivos inalámbricos para poder enlazar los guantes y fuentes de energía para poder energizar los intérpretes.

2.3.1 Sensores

Los flex sensor pueden medir la flexibilidad mediante la variación de resistencia, al igual que otros proyectos mencionados en el capítulo uno se ocupará estos sensores. Los factores que se necesita para seleccionar un flex sensor adecuado son su tamaño y el valor de resistencia. La Tabla 2 muestra los tipos de flex sensor.

Tabla 2
Tipos de flex sensor.

Tipo de sensor	Tamaño [in]	Resistencia [K Ohms]
Flex sensor 2.2"	2.2	De 45 hasta 125
Flex sensor 4.5"	4.5	De 60 hasta 125

Fuente: (Khwaja, 2013)

La selección del flex sensor se basó en el tamaño de los dedos, los intérpretes serán usados por niños y adolescentes, por lo cual se ha escogido el flex sensor de 2.2" que son los de menor dimensión como muestra la Figura 22, además trabajan con 5Vcc, esta tensión es la más común que proporciona las fuentes de energía.



Figura 22: Flex sensor 2.2”.

Fuente: (Khwaja, 2013)

El funcionamiento del flex sensor se basa en la flexión del sensor la cual genera una variación de resistencia que va desde 45K Ohms hasta 125K Ohms como muestra la Figura 23.

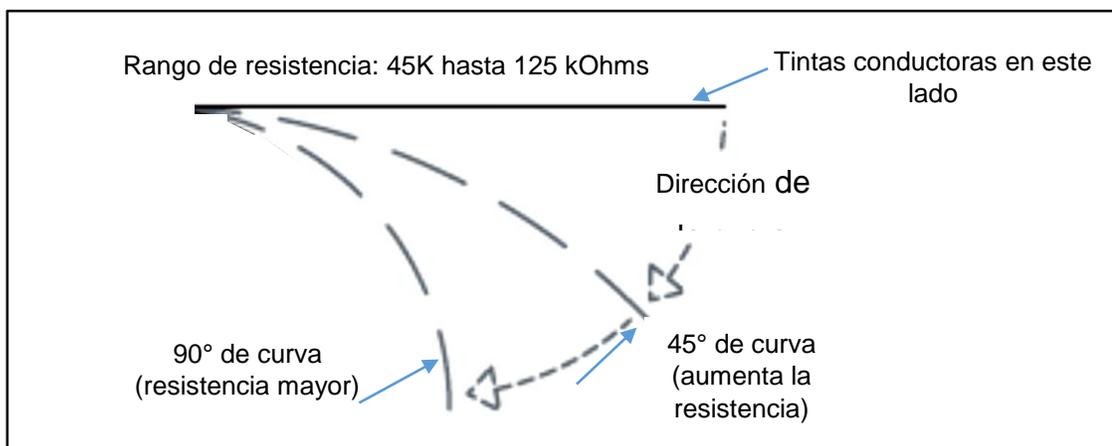


Figura 23: Funcionamiento físico del flex sensor.

Fuente: (Khwaja, 2013)

En la Tabla 3 se indica las especificaciones técnicas del flex sensor 2.2”.

Tabla 3

Especificaciones técnicas del Flex sensor 2.2”.

Especificación	Descripción
Rango de resistencia	45 hasta 125 [K Ohms]
Ciclo de vida	> 1 millón
Longitud total	73.66 [mm]
Longitud activa	55.37 [mm]
Ancho	6.35 [mm]

Fuente: (Khwaja, 2013)

El acelerómetro es un dispositivo que tiene un amplio campo de aplicaciones debido a que combina un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes en el mismo chip, dando como resultado el reconocimiento de movimientos complejos en 9 ejes. El objetivo del acelerómetro es para el reconocimiento de los movimientos de la mano en los tres ejes x, y, z. La Tabla 4 indica los acelerómetros que se encuentran en el mercado.

Tabla 4

Tipos de acelerómetros.

Tipos de acelerómetros	Dimensiones	Ejes	Consumo	Voltaje Vcc
IMU MPU 6050	14 x 21 [mm]	X, Y, Z	165 μ A	2.0 a 3.3
Módulo GY-61	2.1x1.6 [cm]	X, Y, Z	350 μ A	1.8 a 3.3
MMA7361L	28 x 17 [mm]	X, Y, Z	400 μ A	2.2 a 3.3

Fuente: (Arduino, 2015)

El requerimiento que se necesita para el acelerómetro es menor consumo de corriente, voltaje de 3.3 VDC, menor tamaño físico, y que sea compatible con los demás elementos electrónicos seleccionados, por esta razón se seleccionó el acelerómetro IMU MPU 6050 como indica la Figura 24, además su precisión es muy alta y da valores con total exactitud, la mayoría de los acelerómetros que se encuentra en el mercado realizan la misma función de medir los tres ejes x, y, z.



Figura 24: Acelerómetro IMU MPU 6050.

Fuente: (Botsience, 2013)

La Tabla 5 detalla las especificaciones técnicas del acelerómetro seleccionado.

Tabla 5
Especificaciones técnicas del acelerómetro IMU MPU 6050.

Especificación	Descripción
Tensión de alimentación	3 hasta 5 [Vcc]
Interfaz digital	I2C Digital
Dimensiones	14x21 [mm]

Fuente: (Botscience, 2013)

2.3.2 Dispositivos de transmisión de datos

Para la transmisión de datos entre el guante izquierdo al guante derecho se utilizó la comunicación inalámbrica por Zigbee, la cual nos permite la fluidez y rapidez de paso de datos. Existen varias clases de módulos inalámbricos Xbee, la

Tabla 6 detalla las series existentes.

Tabla 6
Series de módulos Xbee

Series	Cobertura [m]	Alimentación [Vcc]	Transmisión de datos [Kbps]
Xbee Pro	24000	3.3	10
Xbee s1	100	3.3	250
Xbee s2	150	3.3	250

Fuente: (Thayer, s.f.)

Las series son muy parecidas y son compatibles con los elementos electrónicos seleccionados, la diferencia es la cobertura, la velocidad de transmisión de datos. Se seleccionó el Xbee serie S1 cómo se observa en la Figura 25. Su protocolo de comunicación es IEEE 802.15.4 Son los más fáciles para trabajar, no necesitan configuración, vienen con una configuración ya predeterminada punto a punto, son los más accesibles en el mercado por su costo. Y su cobertura es la ideal para los intérpretes.



Figura 25: Módulo Xbee S1.

Fuente: (Khwaja, 2013)

La Tabla 7 muestra las características técnicas del módulo Xbee S1.

Tabla 7

Especificaciones técnicas del módulo Xbee S1.

Especificación	Descripción
Tensión de alimentación	3.3 [Vcc]
Velocidad máxima de transmisión de datos	250 [Kbps]
Rango de cobertura	100 [m]
Frecuencia	2.4 [GHz]
Pines de entrada I	6
Pines I/O digitales	8

Fuente: (Khwaja, 2013)

Para el enlace inalámbrico entre los intérpretes con el dispositivo móvil se seleccionó el módulo Bluetooth porque la mayoría de los teléfonos, tablets y computadoras tienen este sistema inalámbrico y es fácil de conectar para el intercambio de datos. La Tabla 8 detalla las versiones existentes en el mercado.

Tabla 8

Versiones del módulo Bluetooth.

Versiones	Voltaje [Vcc]	Velocidad de transmisión [Mbps]	Cobertura [m]	Consumo [mA]
Bluetooth HC05	3.3	2.1	8.0	8.0
Bluetooth HC06	3.3	1.0	10.0	7.0

Fuente: (Neoteo, 2015)

Las dos versiones son adecuadas y compatibles para los intérpretes, la comunicación que ocupa es IEEE 802.15.1, su configuración es punto a punto, tienen el mismo tamaño físico y su consumo de corriente es muy bajo, pero debido a la fácil adquisición en el mercado se ha seleccionado el módulo bluetooth HC06 como se observa en la Figura 26.

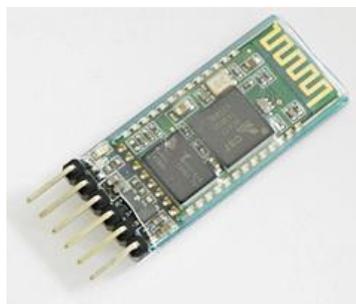


Figura 26: Módulo Bluetooth HC06.

Fuente: (Botsience, 2013)

La Tabla 9 muestra las características técnicas del Bluetooth HC06.

Tabla 9
Especificaciones técnicas del módulo Bluetooth HC06.

Especificación	Descripción
Protocolo Bluetooth	V2.0
Voltaje	3.3 [Vcc]
Frecuencia	2.4 [Ghz]
Rango de distancia	10 [m]
Tamaño	Compacto

Fuente: (Abcelectrónica, s.f.)

2.4 Selección de la fuente de energía

El principal problema en un dispositivo electrónico es la fuente de energía, donde se debe considerar la intensidad de voltaje y la cantidad de corriente que consume el dispositivo, al integrar la tarjeta arduino nano, los sensores, los

módulos inalámbricos y los diferentes componentes electrónicos. La Tabla 10 muestra distintas baterías a seleccionar.

Tabla 10

Tipos de baterías recargables portátiles.

Baterías	Voltaje [Vcc]	Capacidad almacenamiento [mAh]	Tamaño [mm]	Vida útil [número de cargas]
Batería portátil tipo case	5	2000	70x140	1000
Pilas Nicd (nickel cadmium)	5	3300	30x90	300-500
Pilas NiMH (Níquel-Metal Hydride)	5	1000	50x60	400
Batería xtratech	5	2600	22x96	500

Fuente: (Top-rcm, 2014)

Por las características indicadas en la Tabla 10 se seleccionó la batería tipo case debido a su capacidad de almacenamiento de energía, tamaño apropiado y la principal característica es la facilidad de carga, ya que no es necesario desmontarla de los guantes para cargarlas. La Figura 27 muestra la batería portátil tipo case.



Figura 27: Batería portátil tipo case.

Fuente: (Ebay, 2015)

La Tabla 11 indica las características técnicas de la batería portátil tipo case.

Tabla 11
Especificaciones técnicas de la batería portátil tipo case.

Especificación	Descripción
Voltaje I/O	5 [Vcc]
Corriente I/O	500 [mAh]
Capacidad de almacenamiento	2000 [mAh]
Tamaño	Compacto

Fuente: (Ebay, 2015)

2.5 Selección de la tarjeta controladora

Para adquirir y procesar los datos de los flex sensor y acelerómetros se ha descartado la idea de utilizar microcontroladores, debido a que cuando existen varias líneas de programación su tiempo de respuesta es muy lento, esto produciría el mal funcionamiento de los intérpretes.

Las tarjetas controladoras vienen en distintos tamaños con varias entradas análogas y digitales, esto facilita y mejora la implementación, puede soportar varias líneas de programación ejecutando en tiempo real, además es una tarjeta compacta y mucho más duradera. Existen varias tarjetas controladoras a seleccionar como muestra la Tabla 12.

Tabla 12
Especificaciones de los controladores.

Nombre	Procesador	Entrada de voltaje [Vcc]	I/O analógicas	I/O digitales	Tamaño [mm]
2560 mega	Atmega 2560	5 y 7 a 12	16	54	102x54
Yun	Atmega 32U4	5	12	20	53x53
nano	w/Atmega 328	5 y 7 a 9	8	14	45x18
ARD-DUE	Atmel	3.3	12	54	70x90

Fuente: (Arduino, 2015)

Se seleccionó la tarjeta Arduino Nano w/ATmega328 como se observa en la Figura 28, debido a que es la adecuada por su dimensión, no ocupa mucho espacio en el circuito electrónico, además que tiene 8 entradas analógicas que son suficientes para la obtención de valores de los 6 sensores por cada guante. Además proporciona una salida propia de tensión de 3.3Vcc y 5Vcc, que se podrá utilizar para energizar los módulos inalámbricos y los acelerómetros. Se utilizó una tarjeta en cada guante para facilitar la adquisición y procesamiento de datos. Además que tiene su propia plataforma de programación.



Figura 28: Vista frontal de la Tarjeta Arduino Nano w/ATmega328.

Fuente: (Arduino, 2015)

La Tabla 13 indica las especificaciones técnicas de la tarjeta Arduino Nano w/ATmega328.

Tabla 13

Especificaciones técnicas de la Tarjeta Arduino Nano w/ATmega328.

Especificación	Descripción
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación (nivel lógico)	5 [V]
Voltaje de entrada (recomendada)	7-12 [V]
Voltaje de entrada (límite)	6-20 [V]
Entradas y salidas digitales pines I/O	14
Entradas analógicas pines I	8
Corriente DC para pines de I/O	40 [mA]
Flash Memory	32 [KB]
Longitud	45 [mm]
Ancho	18 [mm]
Peso	5 [g]

Fuente: (Arduino, 2015)

2.6 Simulación del circuito electrónico

En el capítulo uno se describió los software para la simulación de circuitos electrónicos de los cuales se seleccionó Proteus 8 Profesional, donde se puede encontrar diversos elementos electrónicos necesarios para la simulación del circuito. Debido a que son dos guantes intérpretes, uno para la mano derecha y uno para la mano izquierda, se necesita realizar dos circuitos electrónicos.

La primera simulación corresponde al circuito electrónico que se ha utilizado para el guante de la mano izquierda y se puede observar en el Anexo 1, en donde se tiene una fuente de voltaje de 5Vcc para energizar el sistema, el pin (+) conectado a la tarjeta arduino nano en el pin VIN y (-) a GND. Los cinco flexsensor se conectan a los pines de entrada analógica A1, A2, A3, A6, A7 y el acelerómetro al pin A4 y A5 de la arduino nano para recibir y procesar los datos. Además se tiene conectado un indicador luminoso tipo led de color verde al pin de entrada digital D13 que nos servirán para identificar la inicialización correcta de los valores del guante izquierdo. El módulo Xbee se alimenta de la salida de tensión de 3.3V propia en la tarjeta controladora, su función es de transmitir los datos del guante izquierdo al derecho de forma inalámbrica. El acelerómetro se alimenta con los cinco voltios de la fuente principal. Todos los componentes electrónicos tienen una conexión común a tierra. Además la tarjeta arduino nano tiene un pulsador que permite resetear e inicializar el sistema.

La segunda simulación corresponde al circuito electrónico que se ha utilizado para el guante de la mano derecha y se observa en el Anexo 2, en donde se tiene una fuente de voltaje de 5Vcc para energizar el sistema, el pin (+) conectado a la tarjeta arduino nano al pin VIN y (-) a GND. Los cinco flexsensor se conectan a los pines de entrada analógica A0, A1, A2, A3, A6 y el acelerómetro al pin A4 y A5 de la arduino nano para recibir y procesar los datos. Además se tiene conectados cuatro indicadores luminosos tipo leds de color verde a los pines de entradas digitales D9, D10, D11, D12 que nos servirán para identificar los modos

de trabajo. En el pin D8 se conecta un pulsador para seleccionar el modo. El módulo Xbee se alimenta de la salida de tensión de 3.3V propia en la tarjeta controladora, su función es de recibir los datos del guante izquierdo de forma inalámbrica. El módulo Bluetooth está conectado al pin D3 de la tarjeta arduino, su función es enviar los datos al dispositivo móvil. El Bluetooth y el acelerómetro se alimentan con los cinco voltios de la fuente principal. Todos los componentes electrónicos tienen una conexión común a tierra. Además la tarjeta arduino nano tiene un pulsador que permite resetear e inicializar el sistema.

2.7 Diagramas electrónicos

Es necesario realizar los diagramas electrónicos correspondientes para reconocer las conexiones físicas e inalámbricas del sistema y en caso de presentarse algún inconveniente se puede guiar con los diagramas. El Anexo 3 muestra el diagrama electrónico del intérprete izquierdo y el Anexo 4 indica el diagrama electrónico del intérprete derecho. El funcionamiento del sistema es el mencionado en la sección 2.6.

2.8 Algoritmo de la programación

Para realizar la programación se debe inicializar los valores de resistencia de los flex sensor, cuando la posición del sensor está en su forma natural la resistencia tiende a ser la mínima y cuando está totalmente flexionado la resistencia tiende a ser máxima. Se hace un arreglo matemático con los valores de resistencia, donde el valor mínimo (45Kohms) es 0% y el valor máximo (125Kohms) es 100%. Luego se procede a crear la base de datos donde se guardará los valores de cada señal que se desea obtener, siguiendo el proceso de diagrama de flujo que se indica continuación.

2.8.1 Diagrama de flujo del algoritmo de la programación

Para crear la base de datos se debe seguir el procedimiento detallado en la Figura 29.

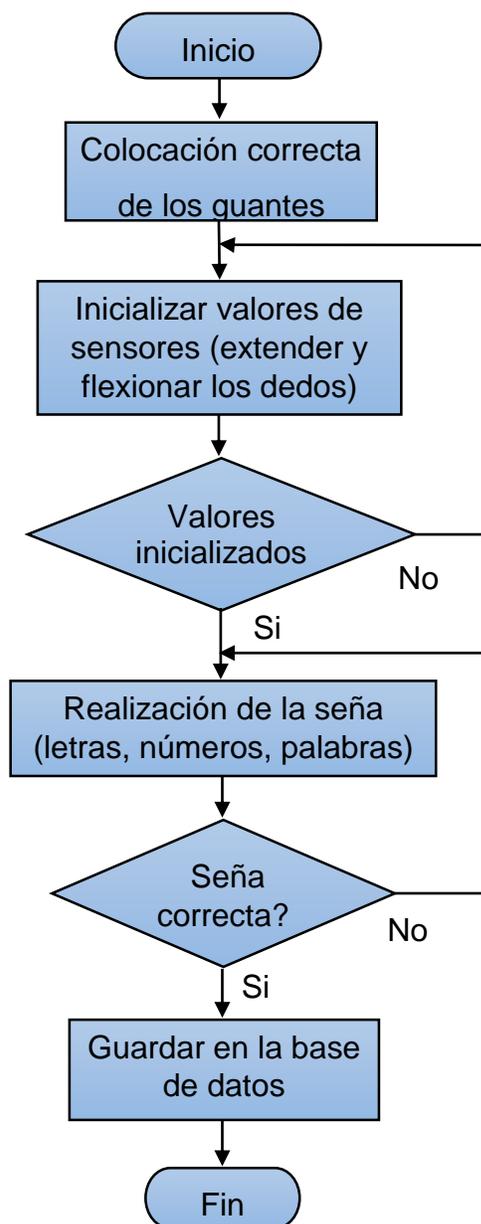


Figura 29: Diagrama de flujo de adquisición de valores para la base de datos.

La Figura 30 muestra la seña de la letra A, donde se usará únicamente la mano derecha y Figura 31 se indica la seña del número 8 utilizando las dos manos.

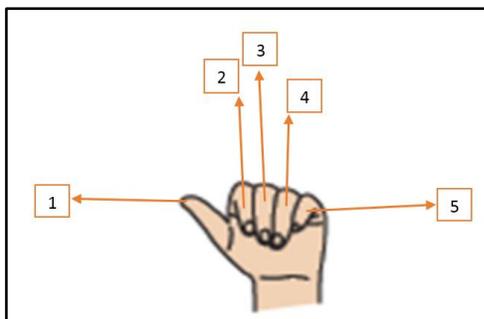


Figura 30: Señal de la letra A. 1) dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular y 5) dedo meñique.

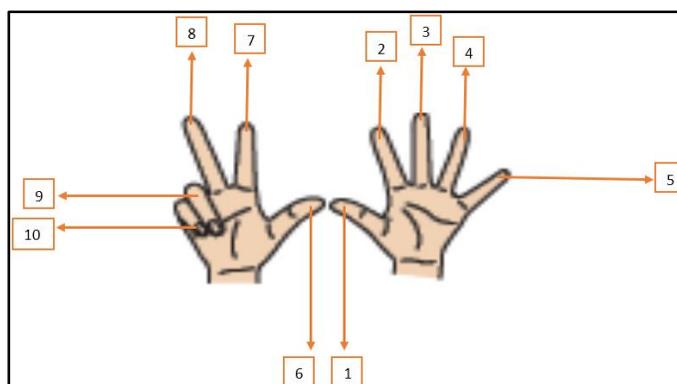


Figura 31: Señas del número 8. 1) Dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular y 5) dedo meñique de la mano derecha, 6) dedo pulgar, 7) dedo índice, 8) dedo medio, 9) dedo anular y 10) dedo meñique de la mano izquierda.

En la Tabla 14 se puede observar los valores de los sensores para formar las dos señas mencionadas anteriormente.

Tabla 14
Valores de los sensores para formar la señal de la letra A y el número 8.

		Valores (%)									
		Dedos de la mano derecha					Dedos de la mano izquierda				
Seña		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Letra A		<10	>80 <100	>80 <100	>80 <100	>80 <100	No se utiliza				
Número 8		<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	>80 <100	>80 <100

La Tabla 14 indica dos ejemplos de los valores de resistencia en porcentaje al realizar dos señas, los cuales nos servirán para generar la base de datos. Los valores de resistencia para formar la letra A en el dedo pulgar debe ser menor a 10%; para el índice, medio, anular y meñique oscilan entre 80 y 100%. Se realizó el mismo procedimiento para crear una base de datos de las 26 letras del alfabeto, 9 números naturales, 7 días de la semana, 12 meses del año, 2 saludos, 4 nombres de familia. En total se tiene 60 señas distribuidas en 9 modos.

2.9 Diseño de la interfaz gráfica

La interfaz gráfica son todos los elementos que ayuda a comunicar al usuario con un sistema, por lo cual los aspectos principales que se tomarán en cuenta son los siguientes:

- La interfaz gráfica debe ser amigable, interactiva e intuitiva con el usuario debido a que será utilizado para el aprendizaje de niños y adolescentes bajo la supervisión del docente.
- El uso de botones, cajas de textos, títulos, subtítulos en la interfaz de usuario debe ser muy ordenada y clara.
- El color, tamaño y fuente de letra así el uso de imágenes y fondos de pantalla deben ser atractivos y llamativos para el usuario, evitando el uso excesivo de colores fuertes que cansen a la vista.
- El aspecto más fundamental de la interfaz gráfica es que será utilizado para la enseñanza, es decir que la aplicación será de tipo educativa; por lo tanto debe estar relacionado con la capacidad cognitiva de los estudiantes.

2.9.1 Selección del software para el diseño de la interfaz gráfica

Para realizar el diseño de la interfaz gráfica existen diversos programas de computador. La Tabla 15 presenta las características principales y el tipo de lenguaje de programación que utilizan los tres tipos de software, Visual Basic,

App Inventor y Java. De los cuales se seleccionará el más adecuado tomando en cuenta el tipo de aplicación y los aspectos principales mencionados anteriormente.

Tabla 15

Software para la interfaz gráfica.

Software	Lenguaje de programación	Descripción
Visual Basic	Programación orientada a objetos	Es un diseñador de entorno de datos. Dispone de asistente para formularios que sirven para administrar registros de tablas o consultas de base de datos. Permite centrar el diseño en Windows, la web y dispositivos móviles.
App Inventor	Programación por bloques	Plataforma de google que sirve para crear aplicaciones de sistema operativo android de forma visual. El usuario puede ir enlazando una serie de bloques para crear distintas estructuras y formas de programación.
Java	Programación orientada a objetos	Esta plataforma es poco amigable, la programación es compleja. Permite escribir aplicaciones para gráficos, multimedia, la web, bases de datos.

Como se observa en la Tabla 15, de acuerdo a las características mencionadas se seleccionó AppInventor debido a que la interfaz de usuario es mediante un dispositivo móvil. Este software permite la creación de aplicaciones amigables en dispositivos con sistema operativo Android. Además que utiliza la programación por bloques lo que facilita el proceso de creación de la interfaz.

2.10 Integración de los diseños y elementos seleccionados

En esta sección se realizó la integración de los diseños y elementos seleccionados como se muestra en la Figura 32.

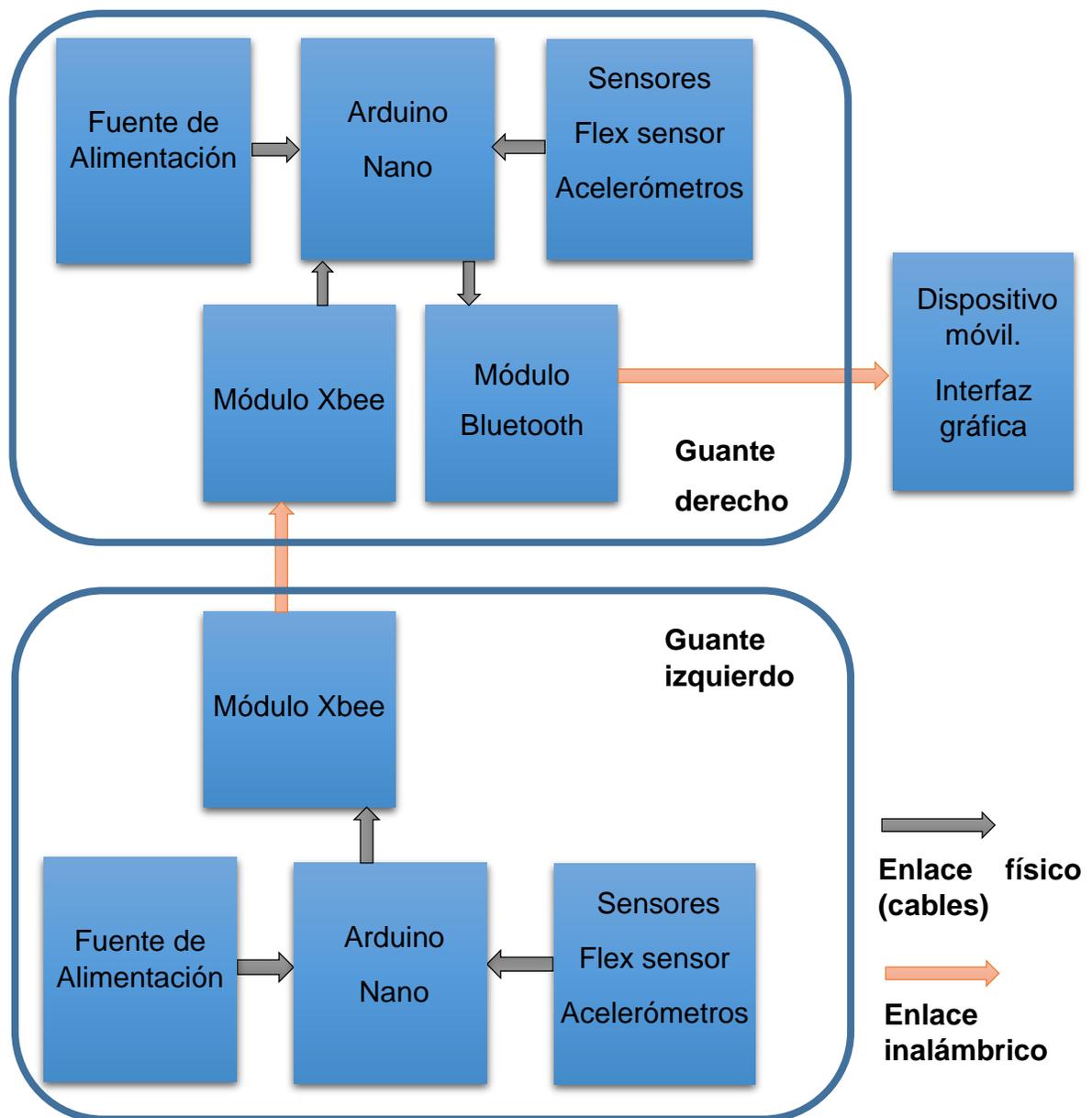


Figura 32: Diagrama Integración de los diseños y elementos seleccionados.

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN

Una vez seleccionado el diseño del hardware, el sistema electrónico, los elementos electrónicos y el diseño de la interfaz de usuario, se procede a realizar el ensamble de todos los componentes como muestra la Figura 33. En el presente capítulo se detallará las actividades realizadas.



Figura 33: Montaje de los componentes.

3.1 Implementación del Hardware

La elaboración de los guantes fue realizada por una persona experta en el campo de diseño de modas, tomando en cuenta el promedio de las manos entre un niño, adolescente y adulto. Se utilizó el mejor material existente en el mercado para que la durabilidad sea prolongada, se cubrió el cableado y los sensores de forma que sean lo menos visible para el usuario. El espacio que ocupa el circuito electrónico y la batería en el antebrazo es de una medida promedio para que todas las personas lo puedan utilizar. Además se colocó un cierre de cremallera en el costado derecho que se prolonga hasta la altura del dedo meñique, y una tira de velcro en la parte final de los guantes para ajustar y desajustar. Con esto se facilita la acción de colocarse y sacarse los guantes. De esta forma se logró obtener una buena estética y ergonomía.

3.2 Implementación del sistema electrónico

Los elementos del sistema electrónico son, sensores, fuente (baterías recargables), tarjetas controladoras, dispositivos de función inalámbrica, que fueron distribuidas de manera ordenada y eficiente para que ocupe el menor espacio posible y su funcionamiento sea correcto.

3.2.1 Montaje de los sensores

Los flex sensor han sido colocados en cada dedo del guante a una altura determinada para que la recolección de datos sea la correcta y el acelerómetro esté ubicado a la altura del dorso de la mano como muestra la Figura 34. Este proceso se lo realiza para los dos guantes, derecho e izquierdo.

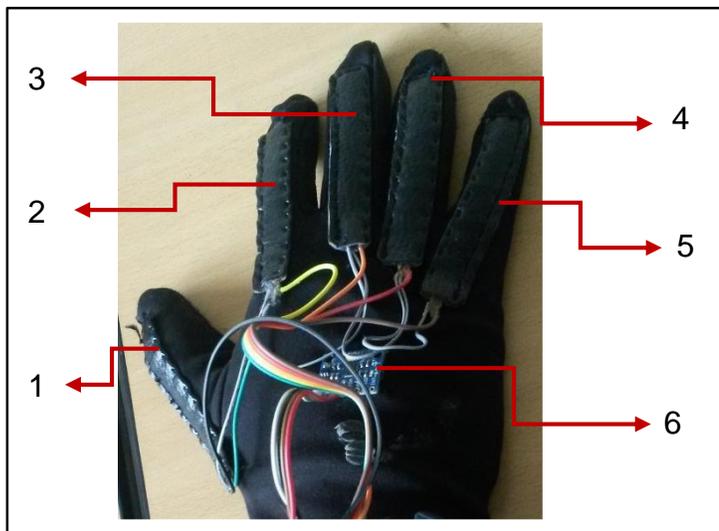


Figura 34: Implementación de los flex sensor y acelerómetro. 1) Dedo pulgar, 2) dedo índice, 3) dedo medio, 4) dedo anular, 5) dedo meñique y 6) dorso de la mano.

3.2.2 Montaje de las baterías

Las baterías fueron montadas una en cada guante a la altura de la muñeca y del antebrazo como se observa en la Figura 35, basándose en las características mencionadas en la sección 2.4.



Figura 35: Montaje de las baterías. 1) Batería en el guante izquierdo y 2) batería en el guante derecho.

3.2.3 Montaje de las tarjetas controladoras

Las tarjetas controladoras se las colocó sobre las baterías de los guantes izquierdo y derecho como indica la Figura 36.



Figura 36: Montaje de las tarjetas controladoras. 1) Tarjeta controladora del guante izquierdo y 2) tarjeta controladora del guante derecho.

3.2.4 Montaje de dispositivos de función inalámbrica

La Figura 37 muestra los dispositivos Xbee serie 1 que se colocaron junto a la tarjeta controladora sobre la batería del guante derecho e izquierdo. El dispositivo Bluetooth se ubicó a lado del dispositivo Xbee serie 1 en el guante derecho.



Figura 37: Montaje de dispositivos inalámbricos. 1) Xbee serie 1 guante izquierdo, 2) Xbee serie 1 guante derecho, 3) Bluetooth guante derecho.

3.3 Implementación del algoritmo de programación

Para iniciar con la implementación del algoritmo es necesario haber realizado el montaje de los componentes electrónicos descritos en la sección 3.1. El algoritmo será realizado en la plataforma de programación propia que tiene la tarjeta controladora Arduino nano w/Atmega 328 seleccionada en la sección 2.5.

3.3.1 Configuración de la plataforma Arduino

La plataforma de arduino se utilizará para adquisición y procesamiento de datos de los flex sensor y acelerómetros. Además se configura la red inalámbrica mediante ZigBee y el enlace de comunicación entre los intérpretes y el dispositivo móvil mediante bluetooth. En la Figura 38 se observa la ventana principal del programador de arduino.

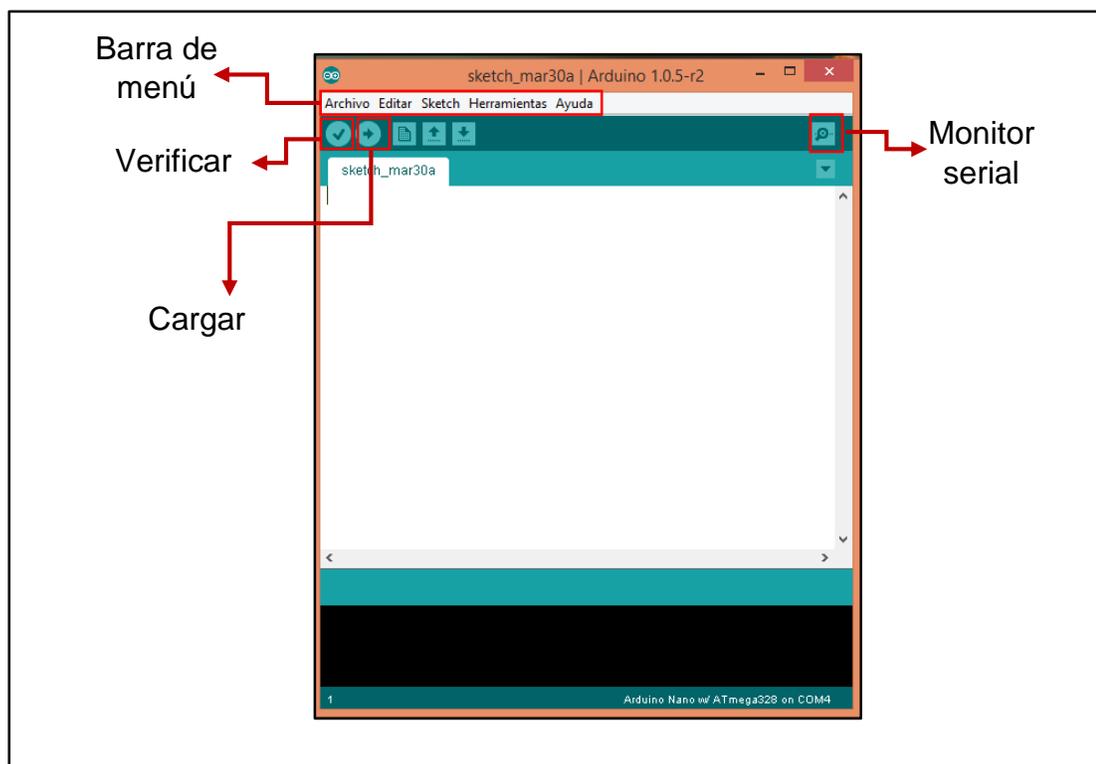


Figura 38: Ventana principal del programador de Arduino.

La Figura 39 muestra como seleccionar la tarjeta Arduino Nano w/ATmega 328 para grabar la programación realizada.

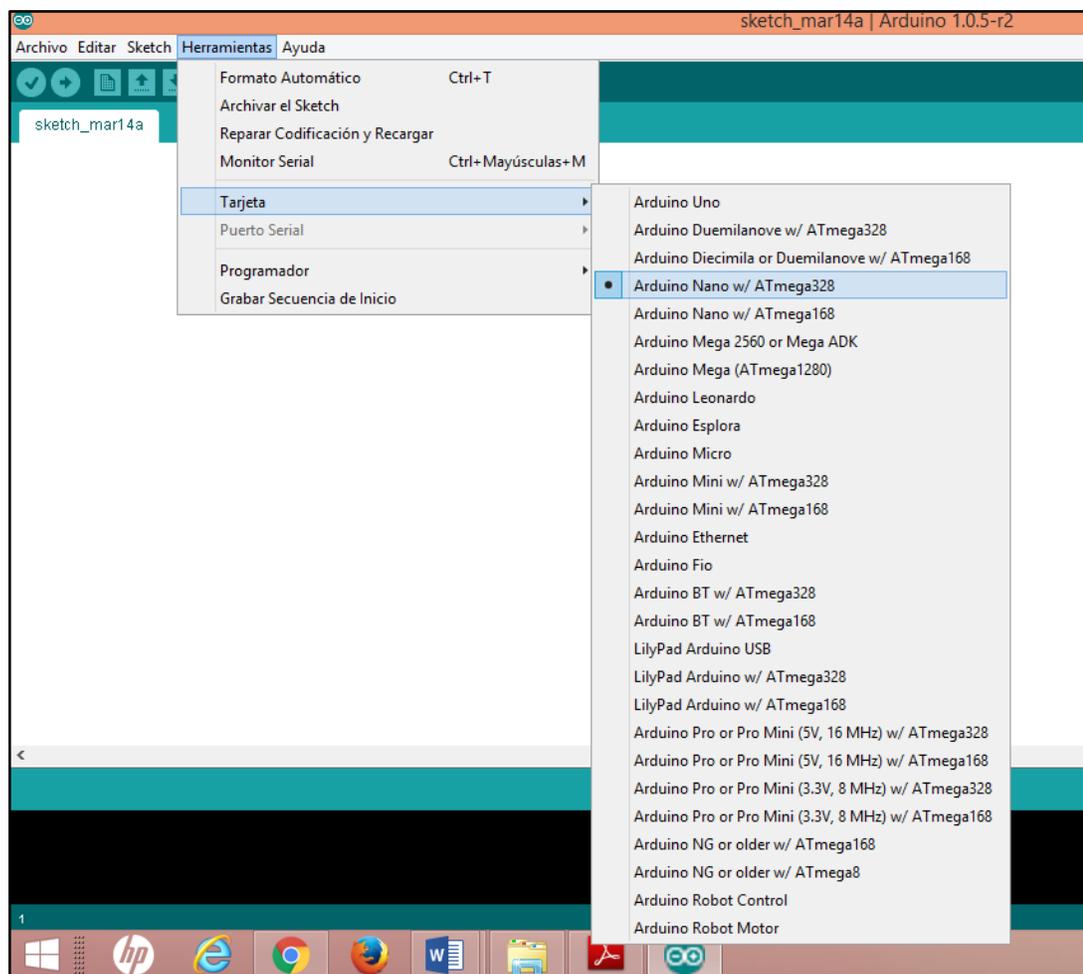


Figura 39: Elección de la tarjeta Arduino Nano w/ATmega328.

Una vez seleccionada la tarjeta de control Arduino Nano w/Atmega 328 en el programador, se precede a realizar el algoritmo. Para compilar la programación y comprobar que no exista errores se debe dar clic en el botón verificar que muestra la Figura 38. Para grabar la programación en la tarjeta Arduino debe conectar el cable usb y seguir los siguientes pasos. Primero debe encontrar y seleccionar el puerto usb como indica la Figura 40. Lo segundo es dar clic en el botón cargar que se indica en la Figura 38. Para realizar el código de programación se basó en el capítulo II, sección 2.8.

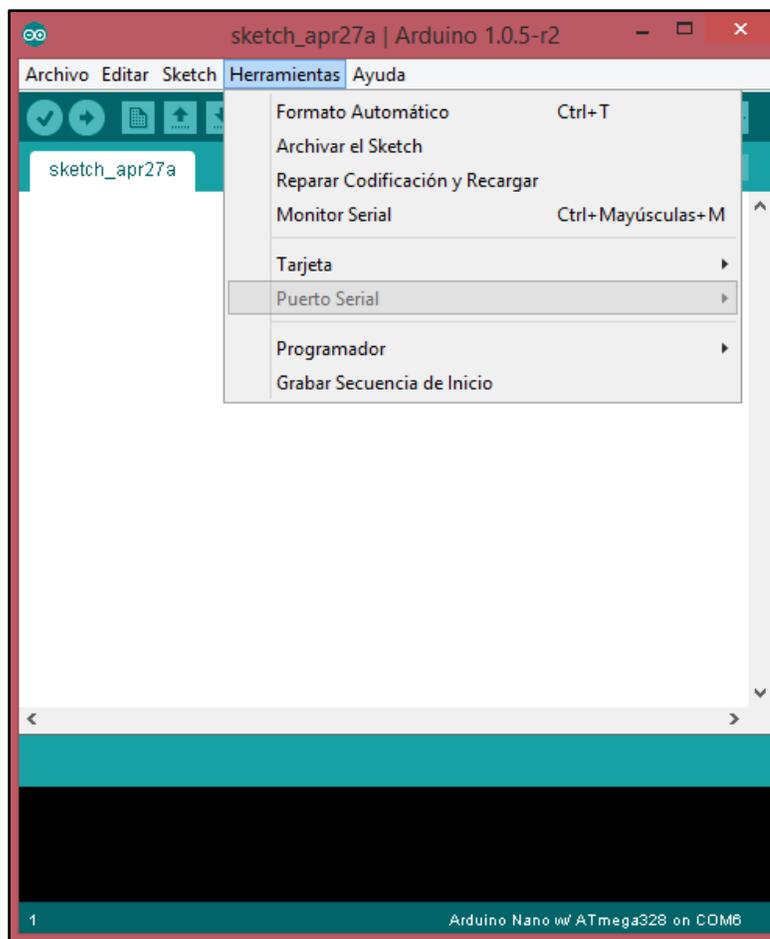


Figura 40: Selección del puerto usb.

3.4 Implementación de la interfaz gráfica

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utiliza el programador AppInventor seleccionado en el capítulo II, sección 0. Este programa no necesita instalación en el ordenador, puesto que se lo utiliza mediante una conexión a internet. Programar una aplicación Android en esta plataforma es sencillo, debido a que usa la programación orientada a objetos. La Figura 41 muestra las ventanas de la interfaz gráfica.



Figura 41: Ventanas de la interfaz gráfica. 1) Ventana de presentación, 2) ventana principal de menú y 3) ventana de visualización.

Además de la interfaz gráfica se realizó un folleto con los gráficos de las señas que los intérpretes pueden traducir que observa en el Anexo 5.

3.5 Implementación del sistema total

Para la implementación de los guantes intérpretes se requiere el correcto funcionamiento de cada uno de los sistemas. A continuación en la Figura 42 se muestra el esquema de funcionamiento del sistema de los guantes intérpretes.

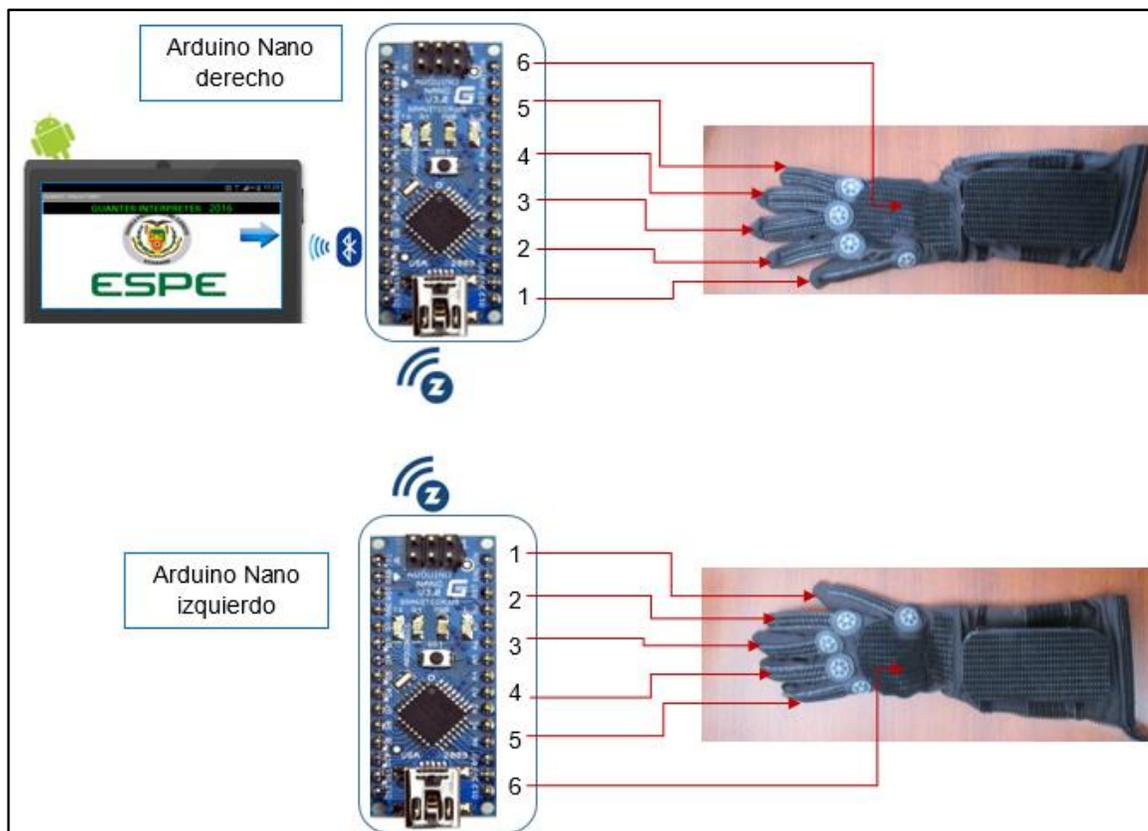


Figura 42: Implementación del sistema total.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se detallará las pruebas realizadas para la ejecución correcta de los intérpretes, se verificará el funcionamiento del sistema electrónico, la interpretación correcta de señas, la verificación de la hipótesis y análisis de costo del proyecto.

4.1 Pruebas del sistema electrónico

Para comprobar el buen funcionamiento del sistema electrónico primero se realizó la medición y se verificó que el voltaje de entrada se aproxime a 5V en plena carga, para que los elementos electrónicos trabajen correctamente en el guante izquierdo y derecho como muestra la Figura 43 . Posteriormente se revisa la continuidad de voltaje en cada conexión.

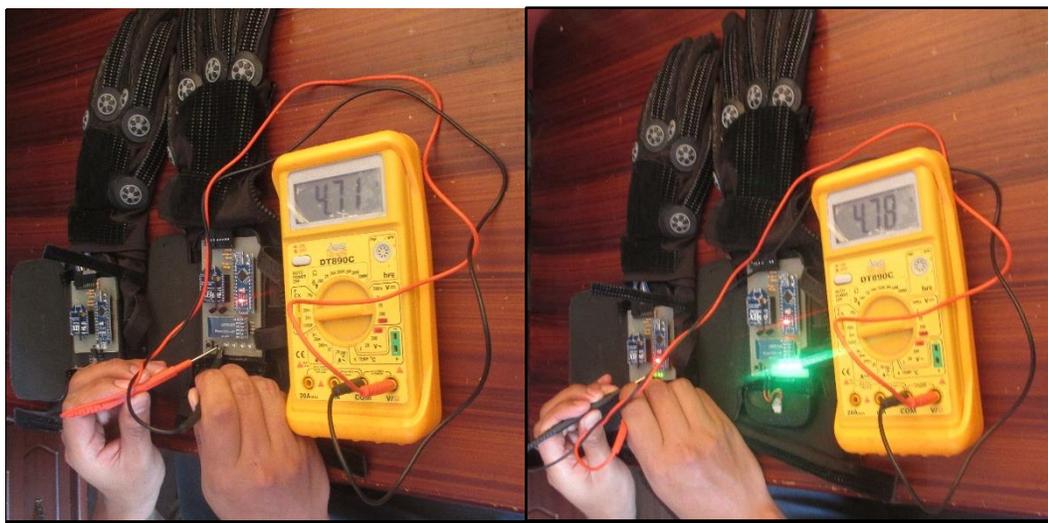


Figura 43: Comprobación del voltaje de entrada.

Para el guante izquierdo el voltaje es ± 4.78 V y para el guante derecho es de ± 4.71 V.

4.2 Pruebas de la interpretación de señas

Para realizar las pruebas de la interpretación de señas se debe seguir los pasos detallados en el diagrama de flujo de la Figura 44.

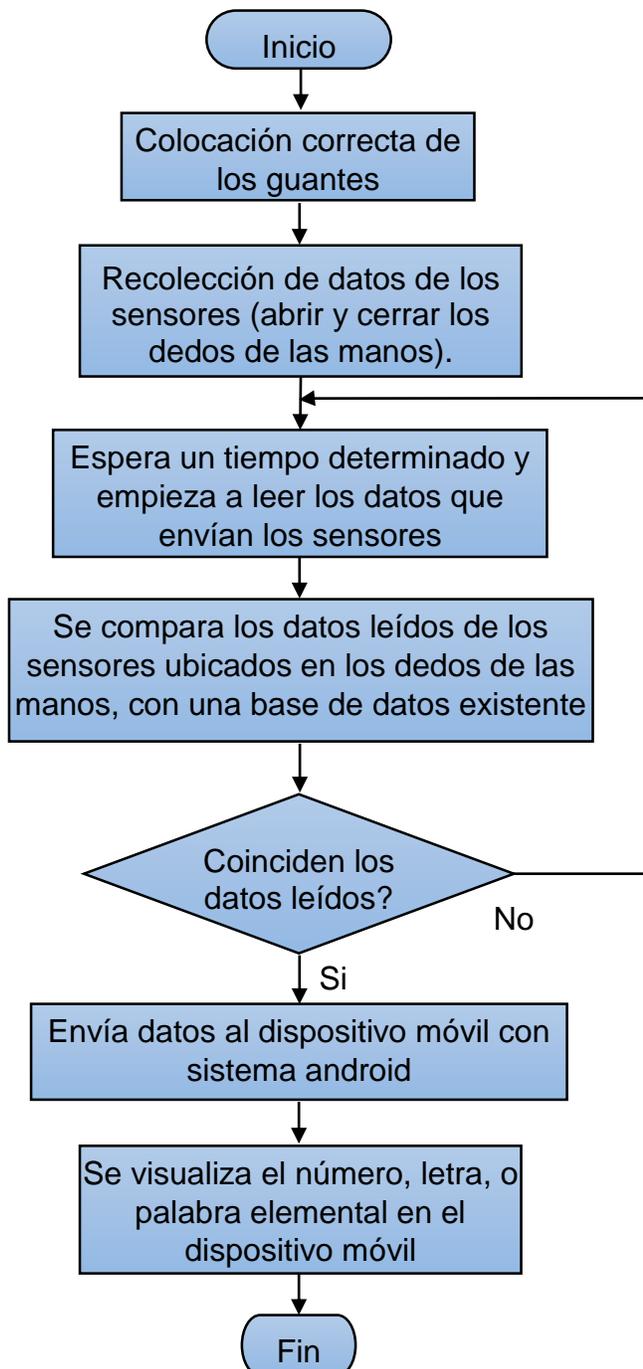


Figura 44: Diagrama de flujo para realizar pruebas de la interpretación de señas

4.2.1 Repetibilidad

Se ha realizado pruebas para obtener la repetibilidad del sistema, las cuales consisten en ejecutar el movimiento de extender y flexionar (abrir y cerrar) los dedos varias veces para obtener los valores de los sensores. La Tabla 16 muestra los valores de cada una de las iteraciones.

Tabla 16

Datos de repetibilidad.

Guante	Valor de flexión (%)	Muestra	Iteraciones (%)	Error absoluto (%)
Derecho	Abierto \approx 0	Dedo pulgar	a1=10	10
			a2=5	5
			a3=8	8
			a4=9	9
		Dedo índice	a1=7	7
			a2=9	9
			a3=5	5
			a4=8	8
		Dedo medio	a1=7	7
			a2=6	6
			a3=5	5
			a4=7	7
		Dedo anular	a1=5	5
			a2=7	7
			a3=5	5
			a4=4	4
		Dedo meñique	a1=6	6
			a2=5	5
			a3=9	9
			a4=8	8
		Error da=	6.75	
		Dedo pulgar	c1=89	11
			c2=90	10
			c3=90	10

CONTINÚA 

Izquierdo	Cerrado \approx 100%			c4=95	5
			Dedo índice	c1=83	17
				c2=88	12
				c3=85	15
				c4=88	12
			Dedo medio	c1=83	17
				c2=80	20
				c3=80	20
				c4=88	12
			Dedo anular	c1=87	13
				c2=87	13
				c3=84	16
		c4=89	11		
	Dedo meñique	c1=90	10		
		c2=90	10		
		c3=90	10		
		c4=88	12		
		Error dc=	12.8		
		Dedo pulgar	a1=6	6	
			a2=9	9	
			a3=5	5	
			a4=6	6	
		Dedo índice	a1=8	8	
			a2=10	10	
		a3=8	8		
		a4=6	6		
	Dedo medio	a1=6	6		
		a2=5	5		
		a3=7	7		
		a4=7	7		
	Dedo anular	a1=9	9		
		a2=9	9		
		a3=7	7		
		a4=4	4		
	Dedo meñique	a1=5	5		
		a2=8	8		
		a3=9	9		
	Abierto \approx 0%				

CONTINÚA 

	a4=8	8	
	Error ia=	7.1	
 <p>Cerrado ≈ 100%</p>	Dedo pulgar	c1=89	11
		c2=89	11
		c3=90	10
		c4=92	8
	Dedo índice	c1=87	13
		c2=88	12
		c3=86	14
		c4=90	10
	Dedo medio	c1=93	7
		c2=89	11
		c3=94	6
		c4=91	9
	Dedo anular	c1=95	5
		c2=89	11
		c3=90	10
		c4=96	4
Dedo meñique	c1=91	9	
	c2=94	6	
	c3=90	10	
	c4=89	11	
	Error ic=	9.4	
	Error promedio	9.01	

De la Tabla 16 se puede observar que se ha tomado 4 medidas de los dedos de la mano izquierda y derecha, donde al extender cada dedo los valores tiende a 0% y al flexionar se aproximan a 100%. Con lo que se obtiene el error promedio de 9.01% y una repetibilidad del 90.99%, como indica la Figura 45.

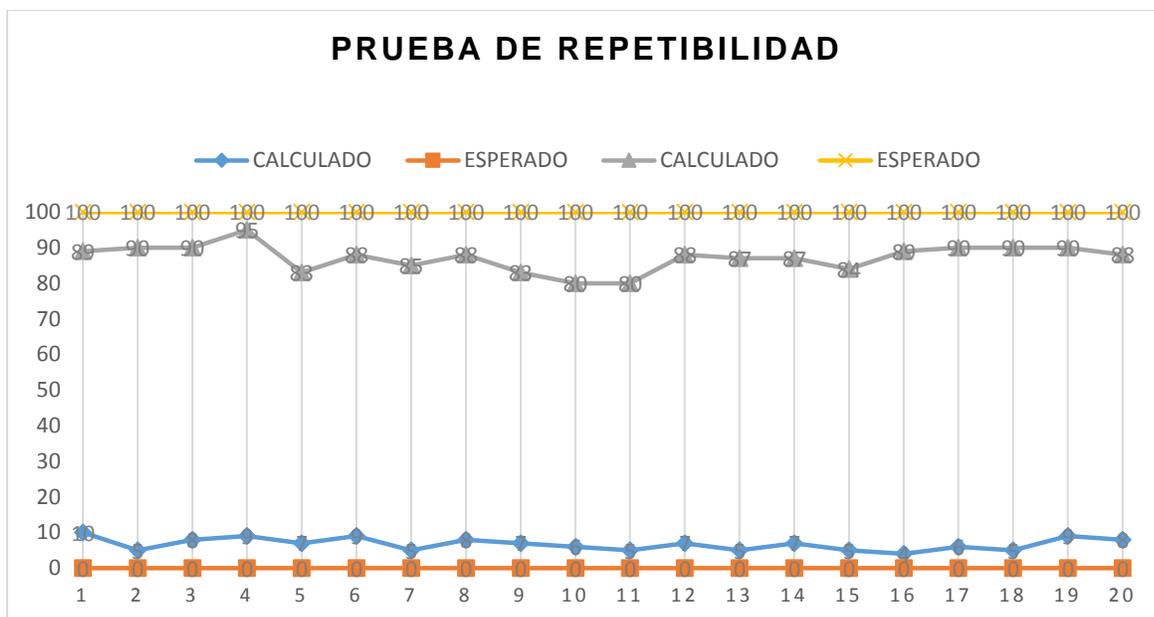


Figura 45: Valores en porcentaje de repetibilidad y error relativo.

Para evaluar la repetibilidad se ha tomado los valores máximos y mínimos de los sensores, se determinó que los intérpretes tienen una confiabilidad alta y la obtención de datos es el esperado.

4.3 Pruebas de funcionamiento

Para evaluar el funcionamiento de los guantes intérpretes se calculó la muestra del número de señas a ser ejecutadas y la cantidad de niños a ser evaluados, según (Navidi, 2006) se debe usar la Ecuación 4.1.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Ecuación 4.1

Donde:

n = Tamaño muestral

Z_{α} = Distribución de Gauss

N = Población

$p = \text{Prevalencia esperada del parámetro evaluado}$

$q = 1 - p$

$i = \text{Error que se prevé cometer}$

Para encontrar el tamaño de la muestra de niños se utiliza un porcentaje de confiabilidad del 90%. La muestra es de 4 niños como se comprueba a continuación.

$$n = \frac{1,65_{0,10}^2 * 20 * 0,7 * 0,3}{0,2^2(20 - 1) + 1,65_{0,10}^2 * 0,7 * 0,3}$$

$$n = 4.29$$

El valor de la muestra de señas obtenida es 10, como se calcula a continuación.

$$n = \frac{1,65_{0,10}^2 * 60 * 0,7 * 0,3}{0,2^2(60 - 1) + 1,65_{0,10}^2 * 0,7 * 0,3}$$

$$n = 10.42$$

La Tabla 17 indica 10 señas seleccionadas de forma aleatoria para encontrar el error relativo (Ecuación 4.2), correspondiente a los valores medidos y calculados según (Navidi, 2006).

$$e_{relativo} = \frac{Valor_{real} - Valor_{medido}}{Valor_{real}} * 100\%$$

Ecuación 4.2

Tabla 17

Pruebas de funcionamiento.

N°	Señas	Número de repeticiones	Seña correcta	Seña incorrecta	Error (%)
1	Letra A 	10	7	3	30
2	Letra I 	10	7	3	30
3	Letra S 	10	6	4	40
4	Número 2 	10	10	0	0
5	Número 6 	10	8	2	20
6	Día lunes 	10	10	0	0
7	Mes abril 	10	8	2	20

CONTINÚA 

					
	Mes septiembre				
8		10	9	1	10
	Palabra hola				
9		10	8	2	20
	Palabra hermano				
10		10	7	3	30
				Error promedio	20

El error promedio es de 20% en la ejecución de las señas, es un error aceptable ya que fue evaluado por el docente de la institución beneficiada.

En la Figura 46 se observa los índices correctos e incorrectos de las pruebas de funcionamiento, donde se obtuvo el resultado del 80% con lo cual el docente encargado proporcionó buenas expectativas para este proyecto.

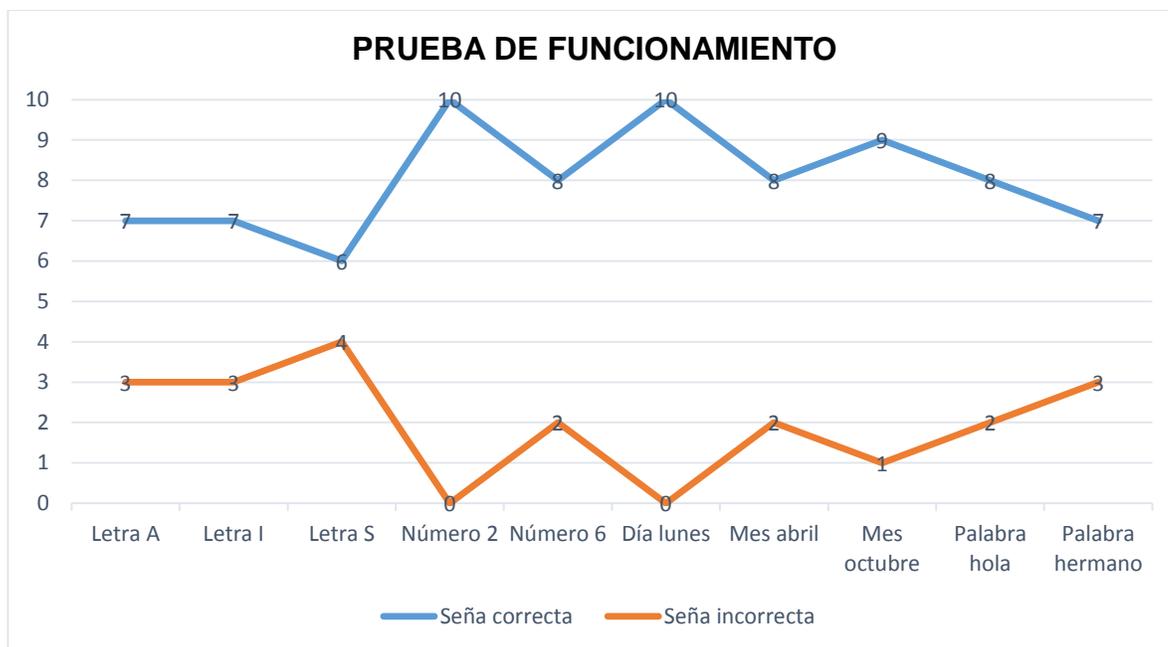


Figura 46: Prueba de funcionamiento.

4.4 Prueba de aprendizaje

Para realizar las pruebas de aprendizaje se seleccionó diez señas y tres ponderaciones y se evaluó la capacidad de los estudiantes para aprender las señas con los guantes como se observa la Tabla 18.

Tabla 18

Pruebas de aprendizaje.

Seña	Ponderación			Total
	Alto	Medio	Bajo	
Letra A	4	0	0	4
Letra l	3	0	1	4
Letra S	2	0	2	4
Número 2	2	2	0	4
Número 6	2	1	1	4
Día lunes	3	0	1	4
Mes abril	2	2	0	4
Mes septiembre	0	4	0	4
Palabra hola	1	1	2	4
Palabra hermano	1	0	3	4
Total	20	10	10	40

De la Figura 47 se obtuvo como análisis que el aprendizaje depende mucho de los niños debido a que su grado de discapacidad no es el mismo, sin embargo tenemos un aprendizaje alto del 50%, medio del 25% y bajo del 25% de señas. Con estos valores se observó el interés por practicar y estudiar de esta forma.

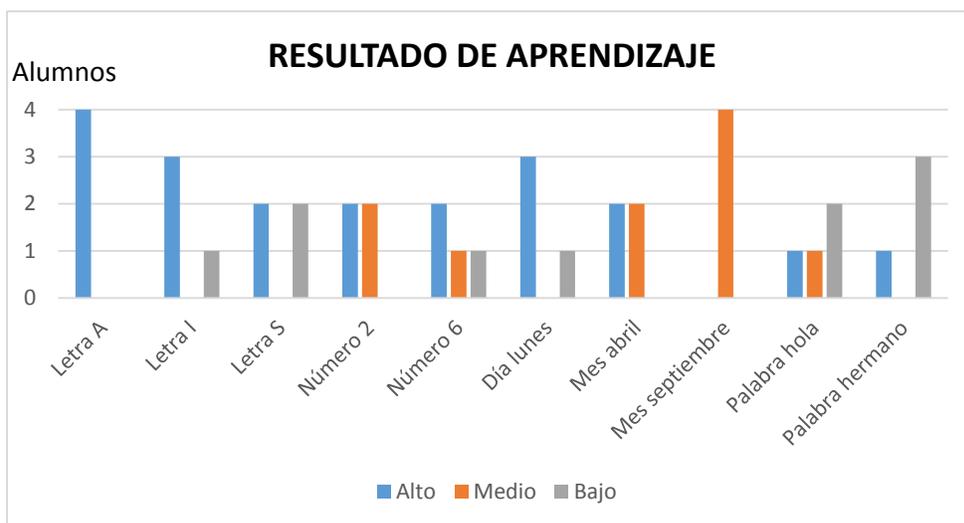


Figura 47: Resultado de aprendizaje.

4.5 Resultados de aceptación

Para esta sección se realizó una encuesta y evaluación del tamaño, forma y facilidad de uso. La Figura 48 indica que el 60% de los alumnos tuvieron una buena aceptación, el 30% una aceptación media y el 10% una baja. En los docentes que manipularon los intérpretes tuvieron una aceptación del 100%.

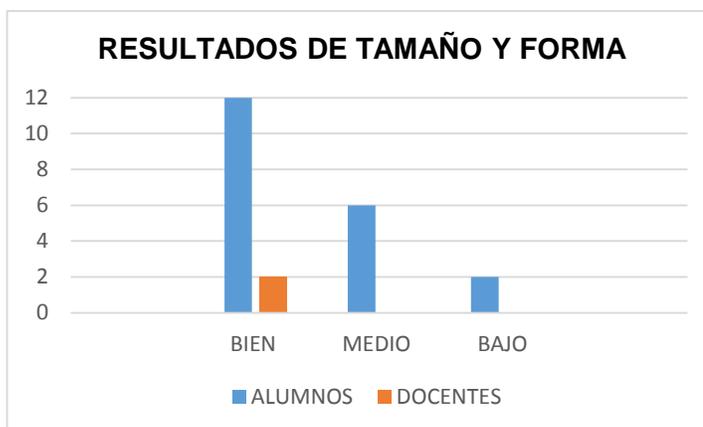


Figura 48: Resultados de tamaño y forma.

El 75% de los alumnos y el 100% de los docentes que manipularon los intérpretes dieron a conocer que les pareció fácil y entretenido como muestra la Figura 49, así se puede decir que el proyecto está bien estructurado y da interés por utilizar y aprender.

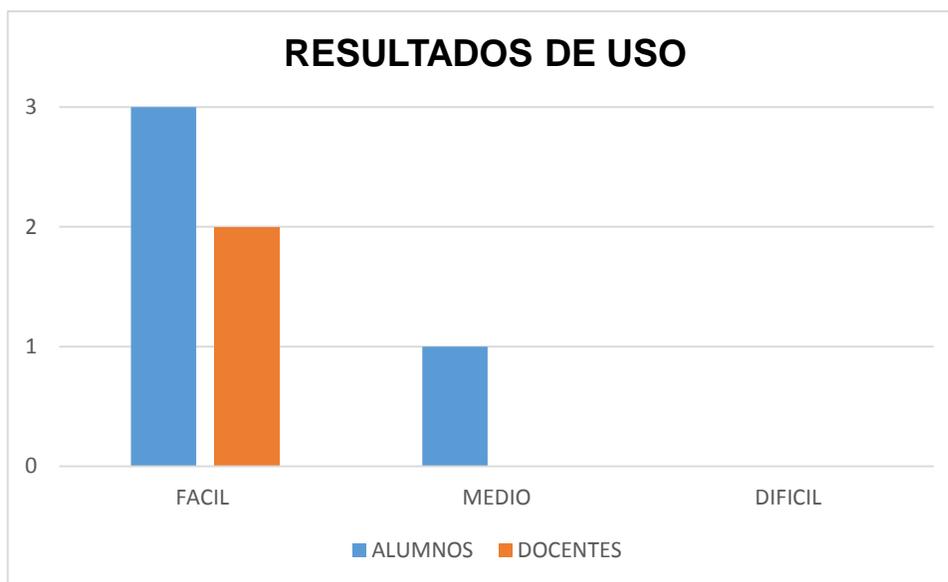


Figura 49: Resultados de uso.

La creación de los guantes intérpretes es una ayuda para los estudiantes y docentes, los resultados de las pruebas realizadas son positivos, el tamaño, la forma, la comodidad y facilidad de uso fueron aspectos primordiales para la aceptación del proyecto.

4.6 Validación de la hipótesis

La hipótesis planteada para el proyecto es:

¿Es posible diseñar e implementar un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas al lenguaje escrito para facilitar el aprendizaje de los alumnos con discapacidad auditiva en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi?

Para la validación de la hipótesis se utiliza la distribución chi-cuadrado (Navidi, 2006), esta prueba consiste en un grupo de contrastes de hipótesis que permiten comprobar afirmaciones acerca de las funciones de una o dos variables aleatorias. A continuación se obtiene el valor de chi-cuadrado.

El primer paso es establecer la hipótesis nula e hipótesis de trabajo.

Hipótesis Nula (Ho).- Los guantes intérpretes no facilitarán el aprendizaje del lenguaje de señas en los alumnos con discapacidad auditiva.

Hipótesis de Trabajo (H1).- Los guantes intérpretes facilitarán el aprendizaje del lenguaje de señas en los alumnos con discapacidad auditiva.

Una vez establecidas las hipótesis Ho y H1 se aplica las pruebas a los estudiantes de la unidad educativa.

En la primera prueba se obtuvo el conocimiento inicial de los alumnos. Como se observa en la Figura 50.



Figura 50: Prueba de conocimiento inicial de los alumnos.

En la segunda prueba se realizó el taller de aprendizaje y funcionamiento de los guantes intérpretes como se observa en la Figura 51.



Figura 51: Taller de aprendizaje con los alumnos.

Para la tercera prueba se evaluó el aprendizaje de señas como se observa en la Figura 52.



Figura 52: Evaluación del aprendizaje.

Se trabajó con 4 niños, que es el número de muestras y con 10 señas como se calcula en la sección 4.3. Los valores obtenidos en la tercera etapa de la frecuencia observada se muestran en la sección 4.4.

Para realizar las pruebas de aprendizaje se seleccionó diez señas y tres ponderaciones y se evaluó la capacidad de los estudiantes para aprender las señas con los guantes como se observa en la Tabla 18.

Posteriormente se calcula la frecuencia esperada con la Ecuación 4.3. La Tabla 19 indica los valores de frecuencia esperada.

$$E_{ij} = \frac{O_i * O_j}{O}$$

Ecuación 4.3

En donde:

O_i : Frecuencia observada

E_{ij} : Frecuencia esperada

Tabla 19

Frecuencia Esperada.

	Ponderación			Total
	Alto	Medio	Bajo	
Seña				
Letra A	2	1	1	4
Letra I	2	1	1	4
Letra S	2	1	1	4
Número 2	2	1	1	4
Número 6	2	1	1	4
Día lunes	2	1	1	4
Mes abril	2	1	1	4
Mes septiembre	2	1	1	4
Palabra hola	2	1	1	4
Palabra hermano	2	1	1	4
Total	20	10	10	40

Por último se obtiene los valores de chi cuadrado parcial y total utilizando la Ecuación 4.4 , como se observa en la Tabla 20.

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Ecuación 4.4

En donde:

 x_c^2 : Chi cuadrado calculado

I: Número de filas

J: Número de columnas

Tabla 20**Valores calculados de chi-cuadrado.**

Seña	Ponderación		
	Alto	Medio	Bajo
Letra A	2.00	1.00	1.00
Letra l	0.50	1.00	0.00
Letra S	0.00	1.00	1.00
Número 2	0.00	1.00	1.00
Número 6	0.00	0.00	0.00
Día lunes	0.50	1.00	0.00
Mes abril	0.00	1.00	1.00
Mes septiembre	2.00	9.00	1.00
Palabra hola	0.50	0.00	1.00
Palabra hermano	0.50	1.00	4.00
Total	6.00	16.00	10.00
Chi-cuadrado			32.00

A continuación se calcula los grados de libertad, que es un estimador de número de categorías independientes en una prueba, se obtuvo mediante la Ecuación 4.5.

$$G_D = (I - 1) * (J - 1)$$

Ecuación 4.5

$$G_D = (10 - 1) * (3 - 1)$$

$$G_D = 18$$

El nivel de confianza o nivel de significación alfa para el proyecto fue de 0.1 según (Navidi, 2006) es un rendimiento aceptable, el grado de libertad G_D calculado es 18. Con estos datos se observó el chi-cuadrado tabulado (x_t^2) en la tabla del Anexo 6 (Valores Críticos de la Distribución Chi Cuadrado) que fue de 25.989. El valor calculado del chi-cuadrado (x_c^2) fue de 32.00, entonces como (x_c^2) es mayor que (x_t^2) la hipótesis nula se rechazó y la hipótesis de trabajo fue aceptada.

Se verificó el cumplimiento de la hipótesis planteada, después de realizar las diferentes pruebas y obtener los resultados positivos, los guantes intérpretes de señas facilitaron el aprendizaje del lenguaje en los alumnos con discapacidad auditiva.

4.7 Costo del proyecto

Al finalizar el diseño, implementación y pruebas del funcionamiento del sistema, es indispensable dar a conocer el valor económico que se ha utilizado para el desarrollo del proyecto de investigación como muestra la Tabla 21.

Tabla 21
Costo del proyecto.

Descripción	Cantidad	Precio U.	Total
FLEX SENSOR 2.2"	10	30	300
ACELERÓMETROS IMU MPU 6050	2	30	60
ARDUINO NANO W/ AT-MEGA 328	2	80	160
MODULOS XBEE S1 IMW	2	80	160
MODULO BLUETOOTH HC06	1	30	30
Fuente	2	60	120
Guates de licra-strchalemán	2	100	200
Material para placas electrónicas	2	100	200
Dispositivo móvil (Tablet)	1	250	250
TOTAL			1480

El costo de inversión del proyecto “Diseño e implementación de un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas elementales a lenguaje escrito mediante software libre para facilitar el aprendizaje en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi” fue de 1480 dólares.

En el mercado existen dispositivos como el DataGlove, AcceleGlove, CyberGlove II, como indica la sección 1.7, tienen un costo de más de 1800 dólares y no existen en Ecuador.

Al comparar los costos de los guantes se determina que el valor es menor y tienen más funcionalidad para esta aplicación. Razón por la cual se puede investigar más sobre el dispositivo y fabricarlos de forma industrial.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se diseñó e implementó un par guantes intérpretes del lenguaje de señas elementales a lenguaje escrito, el procesamiento de datos se realizó mediante una tarjeta electrónica Arduino Nano Atmega328 que tiene como fuente una batería recargable y su comunicación es inalámbrica por bluetooth, permite la interacción con un dispositivo móvil para la visualización de la señas elementales.
- La información recopilada en el estado del arte fue de vital importancia para conocer las ventajas, requerimientos y limitaciones en el desarrollo del proyecto.
- El diseño del hardware se basa en la flexibilidad, durabilidad, y comodidad del material que ayuda al buen funcionamiento y fácil adaptación para el usuario.
- El algoritmo de funcionamiento del dispositivo electrónico fue desarrollado en la plataforma libre de Arduino, permite establecer una interfaz amigable entre el dispositivo y el usuario. Dispone de diferentes modos para facilitar el aprendizaje de las señas elementales.
- Las pruebas de funcionamiento de los intérpretes dirigidos a los alumnos con discapacidad auditiva permitieron determinar que el

dispositivo se adapte a las necesidades de aprendizaje y cumple funcionamiento propuesto.

- Los guantes intérpretes pueden ser utilizados en la mayoría de tamaño de manos de niños, jóvenes y adultos debido a que si se cambia el usuario siempre se debe inicializar los valores.
- Se validó la hipótesis del presente proyecto mediante la prueba de Chi-cuadrado, determinado que es posible implementar un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas al lenguaje escrito para facilitar el aprendizaje de los alumnos con discapacidad auditiva en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi.
- Se obtuvo una ergonomía aceptable de los guantes intérpretes por su flexibilidad, comodidad y hacen que el usuario se adapte físicamente.

5.2 Recomendaciones

- Para la mejora del presente proyecto se puede considerar implementación de una tarjeta arduino de características superiores y de igual tamaño con mayor espacio de almacenamiento.
- Para futuros proyectos se recomienda realiza un análisis físico de robustez y flexibilidad de cables para asegurar que el dispositivo no sufra fallas en el funcionamiento.
- Se puede considerar la implementación de la interfaz gráfica en otros sistemas operativos como Windows, IOS Apple.

- Al emparejar los intérpretes con el dispositivo móvil no tener abierta aplicaciones adicionales para una mayor fluidez de transmisión de datos.
- Se recomienda inicializar los valores cada vez que se vaya a utilizar los intérpretes para obtener mejores resultados.
- Se debe tener actualizado el sistema operativo android para que pueda ser compatible la aplicación y se pueda instalar si ningún inconveniente.
- Se recomienda no manipular de forma brusca los intérpretes.
- Se recomienda mantener los guantes en un lugar seco, debido a que la presencia de humedad tiende a corroer los elementos electrónicos.
- Se recomienda no mojar los guantes debido a que no son a prueba de agua y se pueden averiar.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. (2011). El puente entre dos mundos: Intérpretes de la lengua de señas. Quito.
- Chacón, E. (2013). Desarrollo de una interfaz para el reconocimiento automático del lenguaje de signos. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Espinosa, P., & Hernán , P. (2013). Diseño y construcción de un guante protipo electrónico capaz de traducir el lenguaje de señas de una persona sordo muda a lenguaje de letras. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- FENASEC. (2012). Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriana. Quito.
- García, J. R. (2011). Teleinformática y redes de computadores. España: Marcombo.
- Herrera, F., & Zambrano, O. (2013). Diseño e implemetación de un guante sensorizado para el control teleoperado de un prototipo de brazo robótico. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Navidi, W. (2006). Estadística para ingenieros y científicos. México D.F.: McGraw-Hill.
- Núñez, H. (2014). Diseño e implementación de un guante electrónico que permite transformar el lenguaje de señas en caracteres y reproducción sonora de voz artificial. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- Salgado, I. V. (2012). Zigbee Y Sus Aplicaciones. Comunicaciones Industriales Avanzadas. Madrid.
- Sociedad Anatómica Española. (2001). Terminología anatómica: terminología anatómica internacional. Madrid: Médica Panamericana.

LINKOGRAFÍA

- Abcelectrónica. (s.f.). Recuperado el 22 de Julio del 2015. De <http://www.abcelectronica.net/productos/wireless/bluetooth/>
- Alencar, J. (2013). *Biología*. Recuperado el 22 de Julio del 2015. De <http://www.ebah.com.br/content/ABAAe4UEAK/apostila-4-miologia?part=2>
- ANDROID. (2016). *Aplicaciones Android*. Recuperado el 10 de Febrero del 2016. De <http://source.android.com/>
- Arduino. (2015). *Arduino*. Recuperado el 15 de Agosto del 2015. De <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- Augustine, R. (2013). *EHOWENESPAÑOL*. Recuperado el 25 de Julio del 2015. De http://www.ehowenespanol.com/descripcion-anatomia-mano-humana-hechos_333124/
- Bigtronica. (s.f.). *Bigtronica*. Recuperado el 14 de Septiembre del 2015. De <http://bigtronica.com/acelerometro-giroscopio/34-acelerometro-y-giroscopio.html>
- Botscience. (2013). *Botscience*. Recuperado el 27 de Julio del 2015. De http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&product_id=70id=70
- CadSoft. (2014). *EAGLE SIMULADOR*. Recuperado el 12 de Noviembre del 2015. De <http://www.cadsoft.de/>

- Criollo, F. (Octubre de 2014). *El Comercio*. Recuperado el 04 de Diciembre del 2015. De <http://www.elcomercio.com/tendencias/lenguadesenas-television-mediosdecomunicacion-inclusion-sordos.html>
- Cyberglovesystem. (2015). *Cyberglovesystem*. Recuperado el 15 de Enero del 2016. De <http://www.cyberglovesystems.com/>
- CYBERGLOVESYSTEMS. (2015). *CyberTouchII*. Recuperado el 22 de Noviembre del 2015. De <http://www.cyberglovesystems.com/cybertouch2/>
- Ebay. (2015). Recuperado el 23 de Noviembre del 2015. De <http://i.ebayimg.com/images/g/OssAAOSw-vlVhAv~/s-l500.jpg>
- Ecured. (s.f.). *Ecured*. Recuperado el 21 de Enero del 2016. De <http://www.ecured.cu/Aceler%C3%B3metro>
- Fayerwayer. (Julio de 2009). *AcceleGlove: Guante programable con acelerómetro*. Recuperado el 22 de Julio del 2015. De <https://www.fayerwayer.com/2009/07/acceleglove-guante-programable-con-acelerometro/>
- FENASEC. (2012). *Glosario Básico de Lenguaje de Señas Ecuatoriano*. Recuperado el 28 de Julio del 2015. De <https://dl.dropboxusercontent.com/u/89448753/Glosario%20B%C3%A1sico%20de%20Lengua%20de%20Se%C3%B1as.pdf>
- Game, G. (Mayo de 2008). *Backwards Compatible - The Power Glove*. Recuperado el 25 de Julio del 2015. De <http://www.abc.net.au/tv/goodgame/stories/s2248843.htm>

- García, J. (Agosto de 2010). *Ingeniosolido*. Recuperado el 26 de Marzo del 2016. De <http://www.ingeniosolido.com/blog/2010/08/zigbee-vs-bluetooth-vs-wi-fi-parte-2/>
- Inproes. (2008). *Marketing Bluetooth*. Recuperado el 24 de Marzo del 2016. De <http://www.marketing-bluetooth.com/bluetooth-caracteristicas.html>
- Khwaja. (2013). *Sparkfun*. Recuperado el 23 de Noviembre del 2015. De <https://www.sparkfun.com/products/10264>
- MICROSOFT. (2016). *Visual Basic*. Recuperado el 17 de Febrero del 2016. De <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/2x7h1hfk.aspx?f=255&MSPPEError=-2147217396>
- Neoteo. (2015). *Apuntes*. Recuperado el 21 de Enero del 2016. De <http://www.aquihayapuntes.com/indice-practicas-pic-en-c/bluetooth-hc-05.html>
- Ortega, C. (2008). *Zigbee: El nuevo estándar global para la domótica e inmótica*. Recuperado el 15 de Febrero del 2016. De <http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml>
- PROTEUS, P. (2014). *Proteus Professional v8.1 SP1, Suite Profesional de Simulación de Circuitos Electrónicos*. Recuperado el 15 de Enero del 2016. De <http://www.intercambiosvirtuales.org/software/proteus-professional-v8-0-151417-sp0-suite-profesional-de-simulacion-de-circuitos-electronicos>

- Ramos, A. G. (03 de Febrero de 2016). *APUNTES DE ANATOMÍA*. Recuperado el 10 de Marzo del 2016. De <http://www.iqb.es/cbasicas/anatomia/es005.htm#metacarpo>
- Schönbrunner, O. (Abril de 2000). *Human-Computer Interface in the CAVE*. Recuperado el 05 de Febrero del 2016. De <http://www.cescg.org/CESCG-2000/OSchoenbrunner/node8.html>
- Spectrasymbol. (2014). *Flex sensor*. Recuperado el 24 de Noviembre del 2015. De <http://www.spectrasymbol.com/flex-sensor>
- Thayer, L. (s.f.). *Xbee*. Recuperado el 17 de Diciembre del 2015. De <http://xbee.cl/que-es-xbee/>
- Top-rcm. (2014). *Las baterías recargables*. Recuperado el 22 de Noviembre del 2015. De http://www.top-rcm.com/skin/common_files/pages/en/page_008.html
- UCA. (2015). *SOFTWARE LIBRE*. Recuperado el 03 de Abril del 2016. De <http://servicio.uca.es/softwarelibre/programas/ciencias/qucs>

ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **LUIS CRISTÓBAL ALMEIDA POZO** y **PAÚL ANTONIO VITERI VILLACÍS**
En la ciudad de Latacunga, a los **25 días del mayo del 2016**.

Aprobado por:

Ing. Fausto Acuña
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Vicente Hallo
DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Juan Carlos Díaz Álvarez
SECRETARIO ACADÉMICO

