



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



TITULO DE LA TESIS

Diseño y construcción de un prototipo de sistema electrónico para conversión
de lenguaje de señas a mensajes de voz para la
comunicación de personas sordomudas, en la ciudad de Chiclayo.

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO.

PRESENTADO POR

Kevin Jhonatan Fernández Suárez

Gustavo Sandoval Palacios

LAMBAYEQUE, PERÚ

2017

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



Diseño y construcción de un prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz para la comunicación de personas sordomudas, en la ciudad de Chiclayo.

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO.

Kevin Jhonatan Fernández Suárez

Gustavo Sandoval Palacios

Asesor:

Msc. Oscar Uchelly Romero Cortez

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

TITULO DE LA TESIS

Diseño y construcción de un prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz para la comunicación de personas sordomudas, en la ciudad de Chiclayo.

Como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.


**Aceptada por la Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica**



Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano
PRESIDENTE



Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera
SECRETARIO



Ing. Martín Augusto Nombra Lössio
VOCAL

LAMBAYEQUE, PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

TITULO DE LA TESIS

Diseño y construcción de un prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz para la comunicación de personas sordomudas, en la ciudad de Chiclayo.

Como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.

Sustentada por:



Bach. Kevin Jhonatan Fernández Suárez
TESISTA



Bach. Gustavo Sandoval Palacios
TESISTA

Asesorado por:



Msc. Oscar Uccelly Romero Cortez
ASESOR

LAMBAYEQUE, PERÚ

2017

A Dios.

Por haberme dado la vida y fortaleza para levantarme ante las pruebas diarias, así como permitirme el llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi abuelito Heriberto.

Por inculcarme la importancia del estudio y su ejemplo de trabajo con dedicación.

A mi abuelita Sirena.

Por su cariño, cuidado y preocupación a pesar de la distancia.

A mi Papá Homero.

Por su esfuerzo constante para que nada me falte y sus ganas de verme realizado un buen profesional.

A mi mamá Zenaida.

Por su ejemplo de superación a pesar de los obstáculos y enseñarme que Uno es lo que se propone ser en la vida.

A mis hermanos Lessly, Yomira y Eduar

Por verme como un ejemplo de estudio, esfuerzo y sobre todo de amor a Dios.

A mi comunidad Jóvenes de Bodas de Cana-Barsallo.

Por enseñarme que "Nadie que haya puesto su confianza en Dios se ha visto defraudado..."

A mis amigos y personas que siempre confiaron en mí.

Porque a lo largo de mi desarrollo como estudiante y futuro profesional estuvieron y seguirán a mi lado...

Kevin Jhonatan Fernández Suárez

A Dios.

*Es mi deseo dedicar esta tesis a mi creador, porque como escrito esta
"Porque de ti proceden todas las cosas, y de lo recibido de tu mano eso te
damos..."*

A mis padres Simon y Angélica

*Por no rendirse ante las dificultades y luchar para sacar adelante a
nuestra familia.*

A mis hermanos Alexander y Jessica

Por su ejemplo de superación y humildad.

Gustavo Sandoval Palacios

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la bendición de la vida y por su amor infinito manifestado en los seres que están a mi lado.

A la virgen María por sus oraciones de intercesión constantes y su amor como madre.

A mis abuelitos Heriberto y Serena, por cuidarme desde pequeño e inculcarme el estudio como algo esencial para la superación de una persona.

A mis padres Homero y Zenaida, por sus cuidados y esfuerzos en todos los aspectos y por ser ejemplo de padres y personas.

A mis hermanas y hermano, Lessly, Yomira y Eduar por su disposición para apoyarme en los momentos en que necesite de ellos.

A mi familia en general, que me apoyaron de diferentes formas, con la única intención de verme realizado un profesional y orgullo del apellido.

A mis hermanos de comunidad, por sus consejos y palabras de ánimo, siendo instrumentos del señor para ayudar a más jóvenes.

A mis amigos y personas que siempre confiaron en mi capacidad y estuvieron ahí en mis alegrías y tristezas.

Muchas Gracias a todos.

Kevin Jhonatan Fernández Suárez
Bachiller en Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2017

Agradecimientos

A Dios por su amor y gracia infinita al concederme la dicha de haber logrado la meta que me propuse, por el conocimiento e inspiración al desarrollar cada proyecto y por las fuerzas para superar cada dificultad a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis padres Simón y Angélica por enseñarme a no rendirme y a luchar por mis sueños, por alegrarse conmigo con cada logro obtenido y estar en los momentos más importantes de mi vida.

A mis hermanos Alexander y Jessica porque desde pequeño me motivaron a estudiar y a cultivar esta pasión en mí, por los consejos que hoy llevo conmigo, por el cariño y la confianza que me brindaron; sin ambos dudo mucho que hubiese decidido emprender este camino.

A mis compañeros de clase por enseñarme que solo basta la decisión para lograr algo.

Gustavo Sandoval Palacios
Bachiller Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2017

Resumen

En esta tesis se ha diseñado un prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz para facilitar el proceso de comunicación de personas sordomudas con su entorno sin la necesidad de que estas conozcan el lenguaje de señas.

Se ha desarrollado un análisis estadístico de las poblaciones con este tipo de limitación en el Perú, a nivel nacional y regional, para conocer la magnitud del problema, con la finalidad de poder desarrollar un sistema que permita integrar aún más a los sordomudos en la sociedad.

Mediante un estudio realizado a los sensores Flex, para la adquisición de datos y tomando en cuenta algunas características de la fibra óptica, fue motivo de inspiración en la creación de los Sensores Foto Flex, producidos a bajo costo y con un alto nivel de funcionamiento.

En lo que respecta al tipo de procesamiento, se realizó un estudio de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) llegando a la conclusión que la red neuronal artificial de Retropropagación es la más adecuada para el desarrollo del prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz.

Finalmente se ha logrado la construcción del Prototipo (Guante Electrónico), dando como resultado una herramienta de comunicación para las personas con esta limitación.

Abstract

In this thesis has been designed a prototype electronic system for conversion From sign language to voice messages to facilitate the process Of communication of deaf people with their environment without the need That they know the sign language.

A statistical analysis of populations has been developed with this Type of limitation in Peru, at the national and regional levels, to Magnitude of the problem, in order to be able to develop a system That allows to integrate still more the deaf-mute ones in the society.

Through a study of Flex sensors, for the acquisition of Data and taking into account some characteristics of the optical fiber, was Of inspiration for the creation of Flex Photo Sensors, produced at Low cost, with a high level of operation.

With regard to the type of processing, a study of the Artificial Neural Networks (RNA) concluding that the network Neuron of Retropropagacion is the most adequate for the development Of the prototype electronic sign language conversion system To voice messages.

Finally the construction of the Prototype (Electronic Glove) has been achieved, Resulting in a communication tool for the People with this limitation.

- *translation by google* -

Índice Abreviado

<i>Resumen</i>	IX
<i>Abstract</i>	XI
<i>Índice Abreviado</i>	XIII
1. Antecedentes	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Estadísticas	4
1.3. Formulación del Problema	7
1.4. Justificación e Importancia	8
1.5. Objetivos de la Investigación	8
1.6. Hipotesis	8
2. Marco Teorico	9
2.1. Lenguaje de señas	9
2.2. Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS)	14
3. Diseño y Construcción de Hardware	17
3.1. Componentes Electrónicos	17
3.2. Diagrama de Bloques	21
3.3. Conexión de Hardware	22
3.4. Diseño de placa electronica	24
3.5. Implementación del Guante	26
3.6. Costo de Diseño	34

4. Diseño de Software	37
4.1. Filtro de Kalman	37
4.2. Redes Neuronales Artificiales	39
4.3. Lenguajes de Programación	52
4.4. Reproducción de Mensajes de voz	53
5. Simulación y Pruebas de Desempeño	55
5.1. Métodos de adquisición de datos	55
5.2. Letras Y Palabras a Entrenar	58
5.3. Precisión del Sistema	63
6. Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones	65
6.1. Conclusiones	65
6.2. Limitaciones	66
6.3. Recomendaciones	66
Apéndice A. Lenguaje de señas peruano	67
Apéndice B. Componentes Electrónicos	81
<i>Índice de Figuras</i>	93
<i>Índice de Tablas</i>	97
<i>Bibliografía</i>	99

Índice

<i>Resumen</i>	IX
<i>Abstract</i>	XI
<i>Índice Abreviado</i>	XIII
1. Antecedentes	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Estadísticas	4
1.2.1. Estadísticas de discapacidades en la región	4
1.2.2. Estadísticas personas que usan lenguaje alternativo en la región Lambayeque	5
1.2.3. Estadísticas de los Diferentes Tipos de uso de Lenguaje alternativo en la región Lambayeque	6
1.3. Formulación del Problema	7
1.4. Justificación e Importancia	8
1.5. Objetivos de la Investigación	8
1.5.1. Objetivo General	8
1.5.2. Objetivos Específicos	8
1.6. Hipotesis	8
2. Marco Teorico	9
2.1. Lenguaje de señas	9
2.1.1. Origen del lenguaje de señas	9
2.1.2. Lengua de señas peruana (LSP)	11
Alfabeto de lenguaje de señas peruana (ALSP)	12

2.2.	Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS)	14
2.2.1.	Funciones	14
3.	Diseño y Construcción de Hardware	17
3.1.	Componentes Electrónicos	17
3.1.1.	Sensor LDR	17
3.1.2.	Diodo Led	18
3.1.3.	Arduino Nano	18
3.1.4.	MPU-6050	20
	Características del giroscopio	20
	Características del acelerómetro	20
3.1.5.	Módulo Bluetooth HC-06	21
	Características:	21
3.2.	Diagrama de Bloques	21
3.3.	Conexión de Hardware	22
3.3.1.	Conexión Arduino Nano y MPU6050	22
3.3.2.	Conexión Arduino Nano y Bluetooth HC-06	23
3.4.	Diseño de placa electronica	24
3.5.	Implementación del Guante	26
3.5.1.	Guante	26
3.5.2.	Elaboración del Sensores Foto-Flex	26
	Elaboración de cubierta	29
	Circuito del LDR	30
	Circuito del Diodo Led	30
3.5.3.	Fijado de sensores al Guante	31
3.5.4.	Pegado de Sensores	32
3.6.	Costo de Diseño	34
	Sensores Flex	34
	Sensores Foto-Flex	35
	Implementación en Guante	35
	Componentes Electrónicos	36
4.	Diseño de Software	37
4.1.	Filtro de Kalman	37
4.1.1.	Ejemplo usando filtro de kalman	38
4.2.	Redes Neuronales Artificiales	39

4.2.1.	Características	40
4.2.2.	Aplicaciones	41
	Reconocimiento de Imágenes	41
	Reconocimiento de Sonido	41
	Predicción de datos Estadísticos	43
	Aproximación de Funciones	44
4.2.3.	RNA de Retropropagación (Backpropagation)	44
	Función de activación Logarítmica Sigmoidea (Logsig)	45
4.2.4.	Lectura de Datos	46
4.2.5.	Arquitectura de la Red Neuronal Artificial	47
4.2.6.	Entrenamiento	48
4.2.7.	Lectura de Datos en tiempo Real	50
4.3.	Lenguajes de Programación	52
4.4.	Reproducción de Mensajes de voz	53
5.	Simulación y Pruebas de Desempeño	55
5.1.	Métodos de adquisición de datos	55
5.1.1.	Lectura de Sensores	55
	Prueba de funcionamiento de sensores Foto-Flex	55
	Lectura de sensores utilizados para establecer patrones de entrada	56
5.1.2.	Adquisición de patrones de entrada	58
	Tiempo de lectura por muestra	58
5.2.	Letras Y Palabras a Entrenar	58
	Patrones de entrada para el entrenamiento	58
5.3.	Precisión del Sistema	63
6.	Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones	65
6.1.	Conclusiones	65
6.2.	Limitaciones	66
6.3.	Recomendaciones	66
	Apéndice A. Lenguaje de señas peruano	67
	Apéndice B. Componentes Electrónicos	81
	<i>Índice de Figuras</i>	93
	<i>Índice de Tablas</i>	97

<i>Bibliografía</i>	99
---------------------	----

1 Antecedentes

Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber

ALBERT EINSTEIN

1.1 Situación Problemática

Según el último reporte del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del año 2013, en nuestro país, 262 mil personas presentan limitación de forma permanente para hablar o comunicarse, aun usando el lenguaje de las señas u otro. Entre los tipos de dificultades se presentan: el no poder comunicarse de manera fluida ni repetir lo que se le ha dicho, no poder pronunciar y entonar las palabras en forma correcta, dificultad para hablar o conversar largamente con voz fuerte. Ver Figura 1.1

Como origen de esta discapacidad están los siguientes problemas:

- Genético/congénito o nacimiento (50,8 %).
- Edad avanzada (13,0 %).
- Enfermedad crónica (10,4 %).

- Enfermedad común (4,6 %).
- Negligencia médica (2,4 %). Ver Figura 1.2

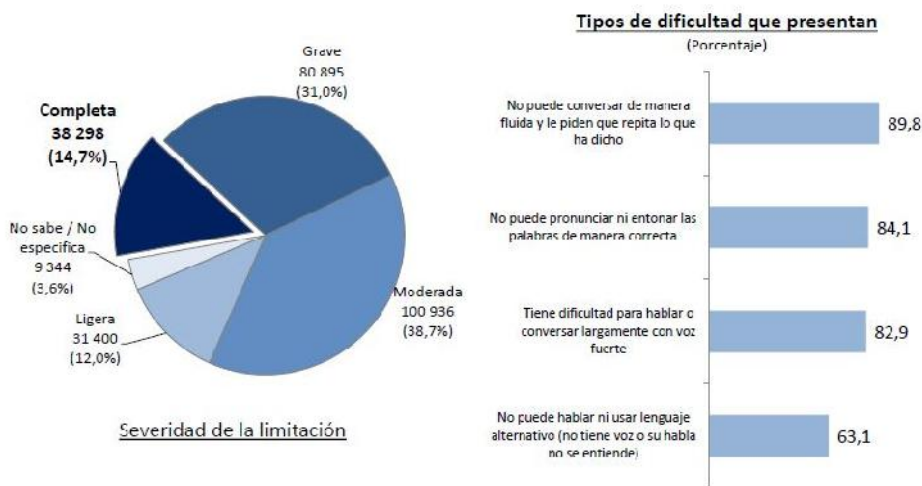


Figura 1.1 Dificultades presentadas.



Figura 1.2 origen de la limitación.

1.2 Estadísticas

1.2.1 Estadísticas de discapacidades en la región

Según reportes de INEI en la región Lambayeque encontramos 39446 personas que presentan algún problema de discapacidad (motriz,oído,habla,etc) como se muestra el siguiente cuadro. Ver cuadro 1.3

PERÚ: INDICADORES DE CONFIABILIDAD PARA LA PREVALENCIA DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD, 2012

Ámbito geográfico	Valor Estimado	Intervalo de confianza al 95%		Precisión Estadística	Número de casos observados
		Limite Inferior	Limite Superior		
Departamento:					
Amazonas	3,3	2,9	3,7	6,2	27 358
Ancash	4,0	3,6	4,5	5,8	34 192
Apurímac	5,0	4,4	5,8	7,3	26 761
Arequipa	6,6	6,0	7,4	5,5	29 299
Ayacucho	4,7	4,1	5,5	8,0	26 700
Cajamarca	3,9	3,5	4,5	6,6	30 979
Prov. Const. del Callao	6,2	5,5	7,0	6,3	30 708
Cusco	3,5	3,1	4,0	6,5	33 946
Huancavelica	4,7	4,0	5,6	8,7	24 111
Huánuco	4,7	4,1	5,3	7,0	29 616
Ica	5,5	4,6	6,5	8,7	28 099
Junín	3,4	3,1	3,9	6,1	31 786
La libertad	4,0	3,5	4,5	6,6	35 607
Lambayeque	3,5	3,1	3,9	6,0	39 446
Lima	6,7	6,2	7,3	3,8	89 878
Loreto	3,2	2,8	3,6	6,2	40 941
Madre de Dios	3,7	3,1	4,4	8,5	19 144
Moquegua	6,6	5,7	7,5	6,7	17 043
Pasco	4,9	4,3	5,5	6,3	17 559
Piura	4,6	3,9	5,3	7,6	39 377
Puno	5,9	5,2	6,7	6,3	22 547
San Martín	3,8	3,3	4,3	6,6	33 482
Tacna	6,2	5,5	7,1	6,5	19 004
Tumbes	5,7	5,1	6,4	5,5	34 395
Ucayali	4,2	3,5	5,1	9,8	36 330
Lima Metropolitana /1	6,8	6,3	7,3	3,8	95 992
Lima provincias /2	5,8	5,3	6,3	4,6	24 594

1/ Comprende la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.
2/ Excluye la provincia de Lima.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Primera Encuesta Nacional Especializada Sobre Discapacidad 2012

Figura 1.3 Total de Discapacitados por Región.

Como se observa en el cuadro 1.3, Lambayeque ocupa el tercer lugar con mayor cantidad de personas con problemas de discapacidad después de Lima Metropolitana/1 con 95992 casos y la Región de Loreto con 40941 casos.

1.2.2 Estadísticas personas que usan lenguaje alternativo en la región Lambayeque

Como observamos en el cuadro 1.4, se muestra el porcentaje de personas con diferentes discapacidades. Podemos observar que en Lambayeque del total de discapacitados el 4.7% hace uso del lenguaje de señas u otro modo de comunicación; lo cual equivale a 1854 personas que usan un lenguaje alternativo.

PERÚ: PERSONAS CON DISCAPACIDAD DE 3 Y MÁS AÑOS DE EDAD POR TIPO DE LIMITACIÓN, SEGÚN SEXO, ÁREA DE RESIDENCIA, REGIÓN NATURAL, DEPARTAMENTO Y CONOCIMIENTO DE ALGÚN LENGUAJE ALTERNATIVO O TÉCNICA DE COMUNICACIÓN, 2012
(Distribución porcentual)

Sexo, área de residencia, región natural, departamento y conocimiento de algún lenguaje alternativo o técnica de comunicación	Tipo de limitación						
	Total	Para ver, aún usando anteojos	Para moverse o caminar, usar brazos y manos / piernas y pies	Para oír, aún usando audífonos para sordera	Para entender o aprender (Concentrarse y Recordar)	Para hablar o comunicarse, aún usando lenguaje de señas u otro	Para relacionarse con los demás por sus sentimientos, emociones, conductas
Lambayeque	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Si conoce	1.6	2.0	1.1	2.7	2.2	4.7	1.8
No conoce	97.8	97.3	97.9	96.2	97.4	94.6	97.7
No especificado	0.6	0.7	1.0	1.0	0.3	0.8	0.8
Lima	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Si conoce	2.4	2.1	2.0	3.2	2.0	6.2	1.9
No conoce	96.8	97.1	97.2	96.0	97.1	92.7	97.7
No especificado	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	1.1	0.9
Loreto	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Si conoce	2.7	1.0	1.2	5.7	2.8	10.5	7.5
No conoce	97.3	99.0	98.8	94.3	97.2	89.5	92.5
Madre de Dios	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Si conoce	2.6	1.8	1.4	3.6	5.6	10.4	5.9
No conoce	97.4	98.2	98.6	96.4	94.4	89.6	94.1
Moquegua	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Si conoce	3.6	3.8	2.6	4.3	5.3	9.8	7.3
No conoce	96.1	96.0	97.2	95.3	94.7	90.2	92.7
No especificado	0.3	0.2	0.2	0.4	-	-	-
Pasco	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Si conoce	4.3	1.5	1.1	4.1	3.8	19.0	1.7
No conoce	95.7	98.5	98.9	95.9	96.2	81.0	98.3
Piura	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Si conoce	2.6	0.8	1.1	5.4	3.7	12.8	3.2
No conoce	96.5	98.1	97.8	94.2	96.3	86.7	96.8
No especificado	0.9	1.0	1.1	0.4	-	0.5	0.3

Figura 1.4 Total de Discapacitados que conocen lenguaje de señas.

1.2.3 Estadísticas de los Diferentes Tipos de uso de Lenguaje alternativo en la región Lambayeque

En el cuadro 1.5 se observa que el 57.2% de personas con discapacidad para comunicarse que utilizan lenguaje de señas o gestos son aproximadamente 1060 en la región Lambayeque.

PERÚ : PERSONAS CON DISCAPACIDAD DE LA VOZ Y EL HABLA POR MEDIOS QUE UTILIZA PARA COMUNICARSE, SEGÚN
ÁREA DE RESIDENCIA, REGIÓN NATURAL Y DEPARTAMENTO, 2012
(Porcentaje)

Área de residencia, región natural y departamento	Medios que utiliza para comunicarse							
	Gestos/ manos	Lee los labios	Un aparato	Programa especial de computación (software JAWS)	Lápiz y papel	Guía intérprete	Otro medio	No necesita
Departamento								
Amazonas	53,8	2,1	-	-	0,3	0,2	4,4	42,1
Ancash	38,7	8,7	-	0,3	2,3	2,0	12,2	38,3
Apurímac	32,3	2,2	0,7	0,6	1,6	1,7	22,2	37,6
Arequipa	31,1	3,1	0,2	-	0,3	2,8	12,4	47,6
Ayacucho	52,1	3,3	0,8	-	1,8	1,1	13,1	33,5
Cajamarca	67,9	5,1	-	-	0,6	-	6,4	23,3
Callao	39,0	2,8	-	-	2,7	1,5	15,6	38,1
Cusco	45,7	4,3	-	-	3,5	8,1	7,2	38,0
Huancavelica	55,9	2,0	-	-	0,7	1,6	8,0	33,7
Huánuco	60,9	0,5	-	-	1,4	8,2	9,9	24,7
Ica	35,9	2,4	-	-	2,5	6,3	5,4	43,0
Junín	51,0	6,4	-	-	1,8	5,1	12,8	34,8
La Libertad	62,3	13,1	0,6	-	1,0	12,9	5,2	27,4
Lambayeque	57,2	5,2	0,2	-	3,4	0,6	8,9	25,6
Lima	40,6	3,2	0,1	0,2	1,3	1,6	13,1	38,5
Loreto	61,2	8,0	-	0,3	4,2	9,0	15,7	21,7
Madre de Dios	39,7	3,5	-	-	1,2	1,4	15,7	29,6
Moquegua	29,5	1,6	0,6	0,5	1,4	-	5,4	55,5
Pasco	36,1	1,0	-	-	3,6	7,1	11,8	41,8
Piura	45,1	5,7	-	-	2,0	3,6	15,9	31,3
Puno	39,4	-	-	-	5,0	3,1	21,5	39,3

Figura 1.5 Total de Discapacitados que conocen lenguaje de señas.

PERÚ : INDICADORES DE CONFIABILIDAD PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD DE LA VOZ Y EL HABLA POR SEVERIDAD DE LA LIMITACIÓN, 2012

Ámbito geográfico	Estimación	Error típico	Intervalo de confianza al 95%		Coeficiente de variación	Número de casos observados
			Inferior	Superior		
Huanuco	100,0	-	100,0	100,0	-	236
Ligera	4,4	1,5	2,3	8,6	34,1	12
Moderada	27,5	3,4	21,3	34,6	12,4	69
Grave	39,8	4,1	32,1	48,0	10,3	90
Completa	27,2	4,3	19,6	36,5	15,9	61
No sabe	0,9	0,7	0,2	4,4	84,4	3
No especificado	0,2	0,2	0,0	1,5	100,8	1
Ica	100,0	-	100,0	100,0	-	223
Ligera	10,8	2,2	7,1	16,0	20,8	24
Moderada	42,3	3,7	35,3	49,7	8,7	90
Grave	27,2	3,4	21,1	34,3	12,4	60
Completa	13,3	3,1	8,3	20,6	23,2	34
No sabe	6,3	1,9	3,5	11,2	29,6	15
Junin	100,0	-	100,0	100,0	-	231
Ligera	8,5	2,0	5,3	13,4	23,8	23
Moderada	37,2	3,4	30,8	44,1	9,2	90
Grave	32,2	3,3	26,0	39,1	10,4	70
Completa	21,0	3,1	15,6	27,7	14,6	46
No especificado	1,0	0,7	0,3	3,9	69,3	2
La libertad	100,0	-	100,0	100,0	-	261
Ligera	8,0	2,2	4,7	13,4	27,1	23
Moderada	38,6	4,3	30,6	47,2	11,0	99
Grave	30,4	3,6	23,8	37,9	11,9	85
Completa	22,5	5,9	13,0	36,0	26,2	52
No sabe	0,2	0,2	0,0	1,6	101,0	1
No especificado	0,3	0,3	0,0	2,3	99,9	1
Lambayeque	100,0	-	100,0	100,0	-	332
Ligera	10,4	2,0	7,1	15,1	19,4	34
Moderada	41,0	2,9	35,4	46,8	7,1	138
Grave	30,0	2,9	24,6	36,0	9,7	96
Completa	17,4	2,1	13,7	22,0	12,2	60
No sabe	0,5	0,5	0,1	3,7	98,3	2
No especificado	0,6	0,4	0,2	2,3	69,8	2

Figura 1.6 Total de Discapitados que conocen lenguaje de señas.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo el uso del prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz ayudara a las personas sordomudas a comunicarse con su entorno?

1.4 Justificación e Importancia

Esta investigación es importante, porque:

- Facilitaremos el proceso de comunicación de personas sordomudas con su entorno, sin la necesidad de que las personas conozcan el lenguaje de señas.
- Con la creación de este prototipo electrónico se integrará aún más a los sordomudos en la sociedad.
- Utilización como herramienta de aprendizaje para el lenguaje de señas.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Diseño y construcción de un prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz para la comunicación de personas sordomudas, en la ciudad de Chiclayo.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Construir sensores fotoeléctricos capaces de producir señales a través de la flexión de los dedos.
2. Adquirir las señales provenientes de los sensores.
3. Procesar las señales para reconocimiento de lenguaje de señas.
4. Asignar a cada señal procesada un mensaje de voz pregrabado.
5. Realizar pruebas de funcionamiento y validación.

1.6 Hipotesis

Si se desarrolla un prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz, amigable con el usuario y preciso, entonces facilitara la comunicación de personas sordomudas en su entorno dando autonomía para una comunicación efectiva.

2 Marco Teorico

"Es mejor ser rey de tu silencio que esclavo de tus palabras"

WILLIAM SHAKESPEARE

2.1 Lenguaje de señas

2.1.1 Origen del lenguaje de señas

Es imposible determinar el inicio del uso de señas si tenemos claro que el hombre a pesar de sus limitaciones buscó siempre comunicarse. Esta comunicación se da inicialmente por gestos y más adelante evoluciona con palabras. A medida que el ser humano fue evolucionando, se buscó la forma de comunicarse sin contacto visual, probablemente es cuando se comienza a usar la voz. No existe razón válida para que los gestos excluyan al habla o viceversa, pero el habla tiene categoría de lenguaje estándar, y a quienes sus limitaciones biológicas les impidió desarrollarlo (sordos y mudos) se convirtieron en usuarios de señas como sistema lingüístico.

El monje benedictino, Pedro Ponce de León, es considerado el primer maestro de sordos y promotor de la primera escuela de sordos, en el monasterio de Sahagún cerca de 1530, su método era inverso al proceso de

aprendizaje de oyentes,el enseñaba la escritura y posteriormente el movimiento vocal. Muchos de sus alumnos se internaron en el monasterio, donde los benedictinos guardaban votos de silencio, esto favorecía la comunicación mediante un código de señas que desarrollaron los frailes benedictinos, por tal motivo San Benedicto es el patrón o santo oficial de los Sordos. Juan Pablo Bonet y LÁbbe de LÉpee extendieron y apoyaron el alfabeto manual hasta finales del siglo XVII. Laurent Clerc revolucionó el lenguaje de señas en Francia y posteriormente lo llevó a los Estados Unidos con Thomas Gallaudet; años después sus alumnos comenzaron a enseñar y a enriquecer de a pocos el código lingüístico hasta la formación del American Sign Language (ASL).

En 1864 la Universidad de Gallaudet,se convirtió en la primera y única Universidad del mundo diseñada para personas sordas, donde se reconoce como primera lengua el Lenguaje de Señas Americanas. En 1880 en la Conferencia de Milán fue rechazada la instrucción del Lenguaje de Señas y se decidió impartir el oralismo como método de enseñanza; esta metodología se esparció por todo Estados Unidos y Europa, pero los maestros de entonces no estaban de acuerdo al cien por ciento , empezando así a combinar el oralismo con las señas. Actualmente los educadores optan por seguir la filosofía de la Comunicación Total, o sea, incluir el uso de las señas y la oralización. Así los sordos logran adaptarse al mundo hablado sin perder su lenguaje propio.

El Lenguaje de Señas como la lengua materna de los sordos, hace bilingües a aquellos sordos que aprenden la lengua hablada en el lugar donde viven, que para ellos es una lengua aprendida. [Gamarra, 2009]



Figura 2.1 Pedro Ponce de Leon, promotor de la primera escuela de sordos.

2.1.2 Lengua de señas peruana (LSP)

La comunidad Sorda en nuestro país tiene como idioma la Lengua de Señas Peruana (LSP). La Lengua de Señas Peruana no es igual al que ejecutan en otros países aunque comparten grandes similitudes y el que se enseña en algunas instituciones está influenciado por el ASL (American Sign Language) por el origen de sus fundadores o contribuyentes. En el Perú, el Lenguaje de Señas es reconocido mediante la Ley N° 29535, Ley que Otorga el Reconocimiento Oficial a la Lengua de Señas Peruana, dispone el reconocimiento de la referida como lengua de las personas con discapacidad auditiva en todo el territorio nacional, dicha disposición no afecta la libre elección del sistema que desee utilizar la persona con discapacidad auditiva para comunicarse en su vida cotidiana.

Este es el idioma que los sordos utilizan para comunicarse diariamente y compartir las noticias del país y del mundo. Por tal motivo, es necesario que el gobierno lo reconozca como tal, por ende parte de lo que hace que nuestro país sea rico y culturalmente diverso. [Gamarra, 2009]

Alfabeto de lenguaje de señas peruana (ALSP)

Las siguientes imágenes son extraídas del manual que se realizó para el curso de discapacidad auditiva en Febrero del 2012 por el Ministerio de Educación. Ver Figura 2.2 Y Figura 2.3

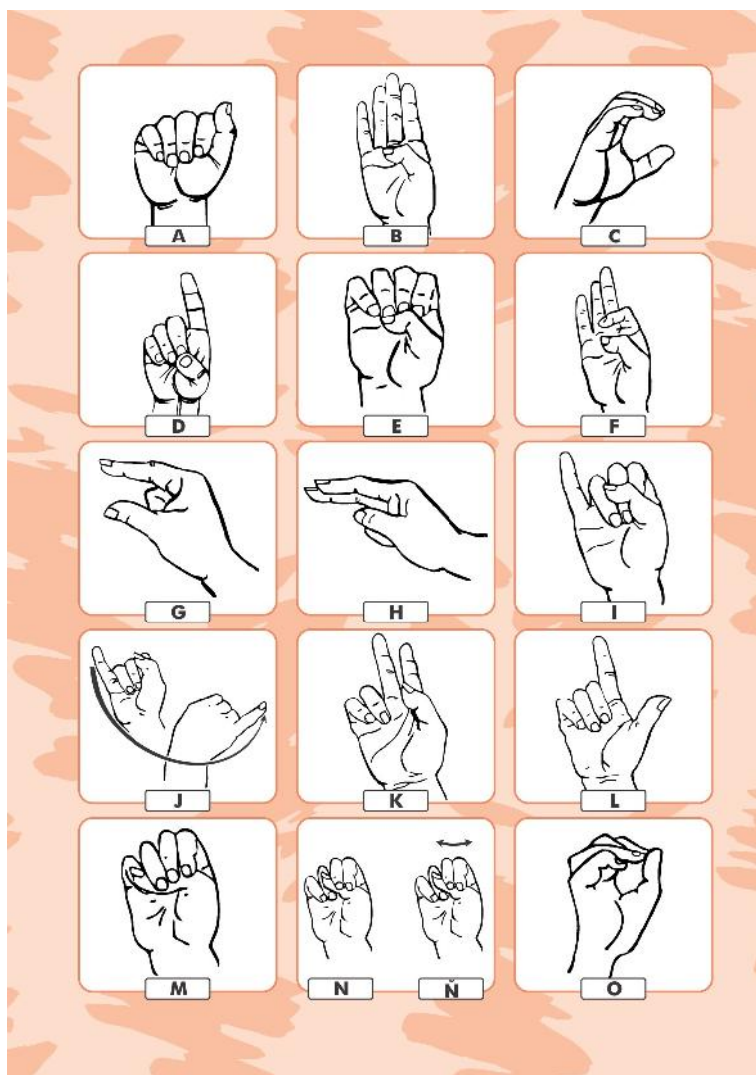


Figura 2.2 Imagen obtenida del curso de lenguaje de Señas, febrero 2012.



Figura 2.3 Imagen obtenida del curso de lenguaje de Señas, febrero 2012.

2.2 Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS)

Es el órgano especializado en cuestiones relativas a la discapacidad y ejerce la rectoría del Sistema Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad – SINAPEDIS. Cuenta con autonomía técnica, administrativa, de administración económica y financiera; y constituye pliego presupuestario. El Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad – CONADIS, está constituido como un organismo público ejecutor, adscrito al Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables – MIMP.

2.2.1 Funciones

- Formular, planificar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de discapacidad.
- Dictar normas y lineamientos técnicos para la adecuada ejecución y supervisión de las políticas nacionales y sectoriales en materia de discapacidad.
- Promover y proponer que, en la formulación, el planeamiento y la ejecución de las políticas y los programas de todos los sectores y niveles de gobierno, se tomen en cuenta, de manera expresa, las necesidades e intereses de la persona con discapacidad.
- Promover que, en la formulación y aprobación de los presupuestos sectoriales, se destinen los recursos necesarios para la implementación de políticas y programas transversales y multisectoriales sobre cuestiones relativas a la discapacidad.
- Proponer, formular, planificar, coordinar y supervisar la ejecución del Plan de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad y otros similares.
- Promover y organizar los procesos de consulta a las organizaciones de personas con discapacidad, en coordinación con los sectores y niveles de gobierno correspondientes.
- Promover y ejecutar campañas para la toma de conciencia respecto de la persona con discapacidad, el respeto de sus derechos y de su dignidad, y la responsabilidad del Estado y la sociedad para con ella.

2.2 Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS)

- Promover, coordinar y ejecutar investigaciones sobre cuestiones relativas a la discapacidad y al desarrollo de bienes, servicios, equipos e instalaciones de diseño universal.
- Difundir información sobre cuestiones relacionadas a la discapacidad, incluida información actualizada acerca de los programas y servicios disponibles para la persona con discapacidad y su familia, y de las organizaciones de personas con discapacidad.
- Prestar apoyo técnico sobre cuestiones relativas a la discapacidad a las entidades u organismos de todos los sectores y niveles de gobierno.
- Requerir información sobre cuestiones relacionadas a la discapacidad a las entidades u organismos de todos los sectores y niveles de gobierno.
- Interponer demandas de cumplimiento.
- Fiscalizar, imponer y administrar multas.
- Exigir coactivamente el pago de multas.
- Dirigir el Registro Nacional de la Persona con Discapacidad.
- Aprobar su plan operativo anual y su presupuesto.
- Elaborar su reglamento de organización y funciones.
- Ejercer la rectoría del Sistema Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad – SINAPEDIS.
- Ejercer la potestad sancionadora en el marco de lo dispuesto por la Ley 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General.
- Las demás que se asigne por ley y su reglamento. [de la Mujer y Poblaciones vulnerables, 2002]

3 Diseño y Construcción de Hardware

"La ciencia puede divertirnos y fascinarnos pero es la ingeniería la que cambia el mundo"

ISAAC ASIMOV

3.1 Componentes Electrónicos

A continuación se muestra la lista de los componentes electrónicos utilizados para la construcción del sistema prototipo electrónico con sus respectivas especificaciones técnicas.

3.1.1 Sensor LDR

Es un dispositivo electrónico sensible a las variaciones de luz y está diseñado para la detección, clasificación y posicionado de objetos. Este sensor varía su resistencia desde los 50 ohmios en un ambiente muy iluminado a varios megaohmios en un ambiente sin luz. Ver Figura 3.1



Figura 3.1 Sensor Fotoeléctrico (LDR).

3.1.2 Diodo Led

El LED por sus siglas en ingles *light emitting diode* es un dispositivo electrónico emisor de luz. A principio de su creación emitían solo luz roja; pero ahora emiten señales infrarrojas, ultravioletas y espectros reducidos. Ver Figura 3.2



Figura 3.2 Diodo Led.

3.1.3 Arduino Nano

Es una placa electrónica desarrollada por arduino de 18 x 45 mm basada en el ATmega328 con una velocidad de reloj de 16MHz; contiene pines de conversión análogo digital y comunicacion i2c. No cuenta con una toma de corriente continua, y funciona con un cable USB Mini-B. Ver Figura 3.3



Figura 3.3 MPU-6050.

Como se puede ebservar en la figura 3.4 se muestra a detalle los pines de Arduino Nano


Interrupt	COM	PWM	Arduino	AVR pin		AVR pin	Arduino	Other	COM
									
	RXD		D0	PD0			VIN		
	TXD		D1	PD1		GND	GND		
			Reset	PC6		PC6	Reset		
			GND	GND			5V		
INT0			D2	PD2		ADC7	A7		
INT1		Timer2B	D3	PD3		ADC6	A6		
			D4	PD4		PC5 (ADC5)	A5		SCL
		Timer0B	D5	PD5		PC4 (ADC4)	A4		SDA
		Timer0A	D6	PD6		PC3 (ADC3)	A3		
			D7	PD7		PC2 (ADC2)	A2		
			D8	PB0		PC1 (ADC1)	A1		
		Timer1A	D9	PB1		PC0 (ADC0)	A0		
	SS	Timer1B	D10	PB2		AREF	AREF		
	MOSI	Timer2A	D11	PB3			3V3		
	MISO		D12	PB4		PB5	D13	LED	SCK

Figura 3.4 Pines de Arduino Nano.

3.1.4 MPU-6050

El MPU-6050 un sensor IMU de seis ejes 6 DOF (grados de libertad) que contiene un acelerómetro y un giroscopio, ambos de 3 ejes X,Y y Z; plano tridimensional; contiene 16 bits de conversión analógico a digital para cada canal. El MPU-6050 utiliza el protocolo de comunicación I2C. Ver Figura 3.5

Características del giroscopio

- Sensores de velocidad angular de salida digital X, Y y Z con una escala completa programable a rango de ± 250 , ± 500 , ± 1000 y ± 2000 ° / s.
- Los ADC de 16 bits integrados permiten el muestreo simultáneo de giroscopios.
- Filtro de paso bajo digitalmente programable.

Características del acelerómetro

- Acelerómetro de triple eje de salida digital con un rango programable de escala completa de $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ y $\pm 16g$.
- Los ADC de 16 bits integrados permiten el muestreo simultáneo de acelerómetros sin necesidad de Multiplexor.
- Detección de orientación y señalización.

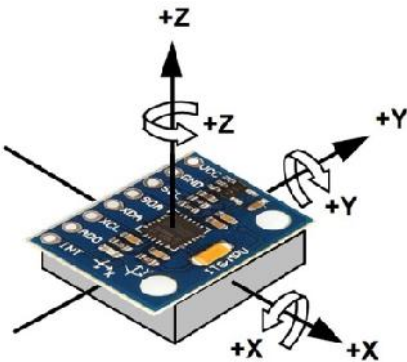


Figura 3.5 MPU-6050.

3.1.5 Módulo Bluetooth HC-06

El módulo bluetooth HC-06 permite comunicación inalámbrica. Esta configurado como esclavo, es decir, preparado para escuchar peticiones de conexión. Permite configuración de velocidad de transmisión, cambio de nombre y contraseña haciendo uso de comandos AT. Ver Figura 3.6

Características:

- 3.3 / 5 v.
- Chip BC417143
- Alcance 10 mts
- 1200bps a 1.3Mbps



Figura 3.6 bluetooth HC-06.

3.2 Diagrama de Bloques

En la imagen 3.7 se observa el diagrama de bloques del sistema electrónico de conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz. Los sensores se conectan a la tarjeta de adquisición de datos, envían información de señales de cambio. La tarjeta de adquisición de datos recibe esta información y la envía mediante el modulo bluetooth hacia el computador. El computador procesa la información y reproduce los mensajes de voz. El sistema de

alimentación se encarga administrar energía a la tarjeta de adquisición de datos, al modulo bluetooth y a los sensores.

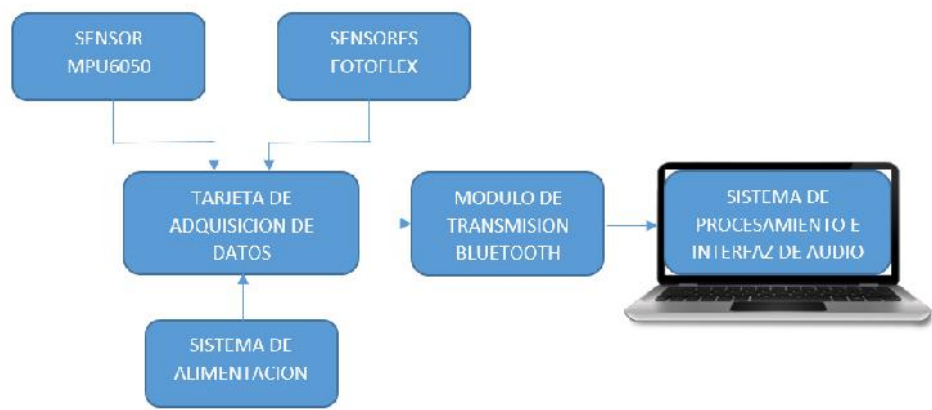


Figura 3.7 Diagrama de bloques del hardware del sistema.

3.3 Conexión de Hardware

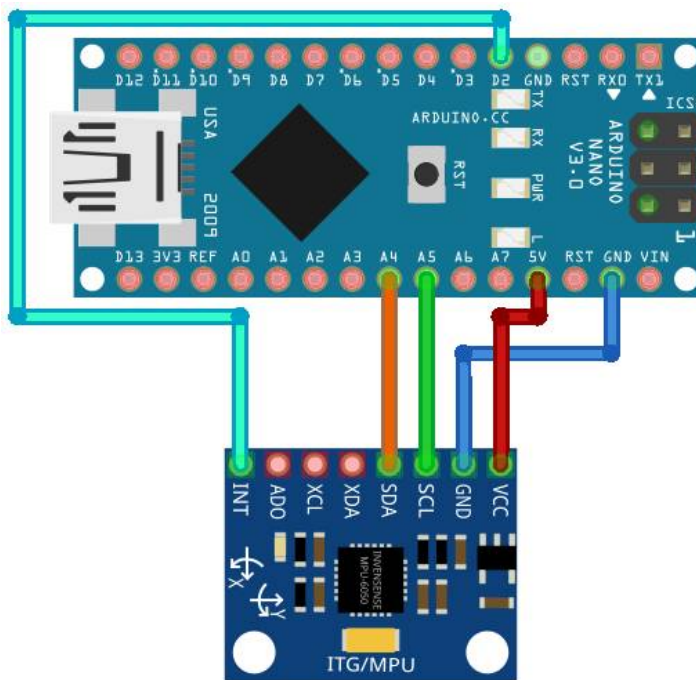
En esta sección se mostrará el diseño del prototipo de sistema electrónico conversor de lenguaje de señas a voz, las conexiones de los componentes electrónicos, la fabricación de los "sensores flex" para detección de movimiento de los dedos de la mano e implementación en el guante prototipo electrónico.

3.3.1 Conexión Arduino Nano y MPU6050

En la figura 3.8 se muestra la conexión entre arduino nano y la IMU MPU6050. Los pines SDA y SCL para la comunicación I2C; el pin INT en el MPU6050 y el pin 2 en arduino nano para la interrupción que permitirá el inicio de la lectura en arduino de los valores censados por el MPU6050.

Tabla 3.1 Pines de conexión entre arduino nano y el mpu6050.

Arduino Nano	MPU6050
A4	SDA
A5	SCL
5V	VCC
GND	GND

**Figura 3.8** Conexión entre Arduino Nano y el sensor MPU6050.

3.3.2 Conexión Arduino Nano y Bluetooth HC-06

Diagrama de conexión del modulo bluetooth y arduino para la comunicación entre el computador y arduino de manera remota. Ver figura 3.9

Tabla 3.2 Pines de conexión entre arduino nano y el mpu6050.

Arduino Nano	HC-06
TX1	RXD
RX0	TXD
5V	VCC
GND	GND

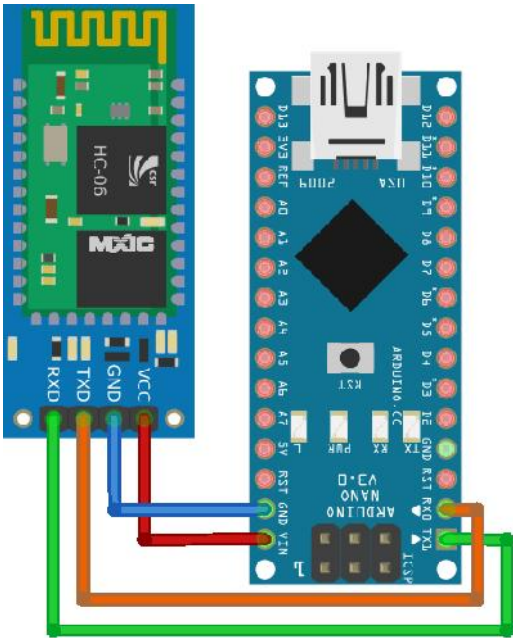


Figura 3.9 Conexión entre arduino nano y el modulo bluetooth HC-06.

3.4 Diseño de placa electronica

A continuación se mostrara el diseño de placa utilizado en la construcción de este proyecto, la distribución de los componentes electrónicos y sensores utilizados. Las conexiones fueron explicadas en la sección anterior.

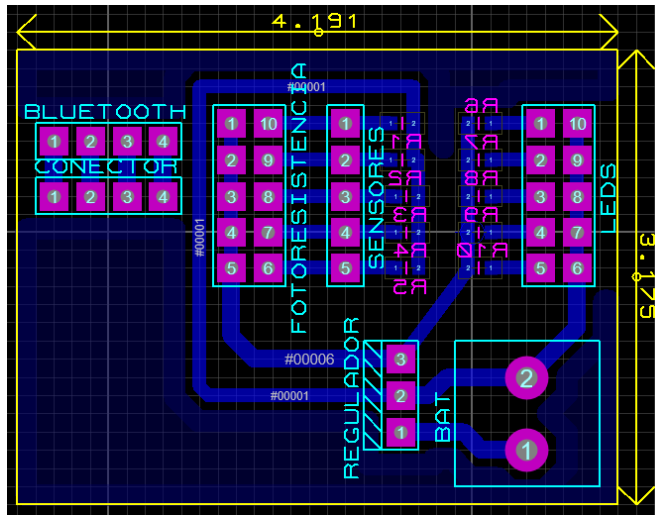


Figura 3.10 Diseño de placa en Ares-Proteus.

como se observa en la figura 3.10 se muestra las medidas de la placa en centímetros y la distribución de las conexiones de los componentes electrónicos.

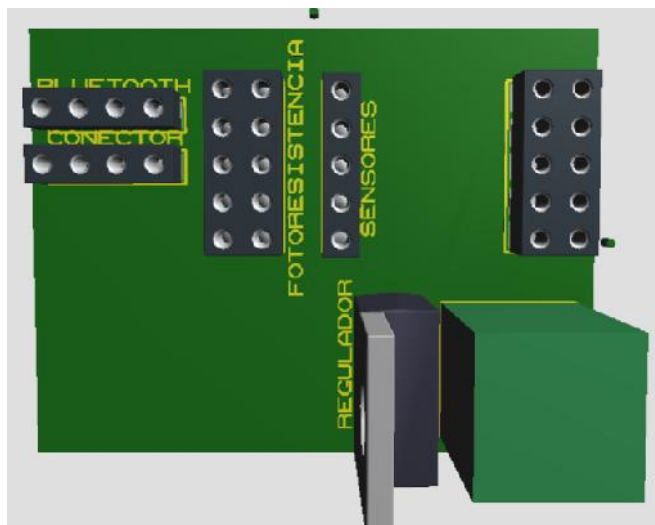


Figura 3.11 Imagen 3D de la placa electrónica del proyecto.

En las figuras 3.11 se puede apreciar el diseño en 3D del circuito electrónico.

3.5 Implementación del Guante

3.5.1 Guante

Para la elaboración del prototipo se hizo uso de un guante negro de tela (Figura 3.12) , el cual sirve como base para la sujeción de los sensores, a los cuales hemos dado por nombre Foto-Flex.



Figura 3.12 Guante para Fijar Sensores.

3.5.2 Elaboración del Sensores Foto-Flex

Para la elaboración de los sensores Foto-Flex necesitamos de 3 componentes (Mangueras,Diodos Leds y Fotorresistencias).

Las mangueras que se utilizaron se pueden obtener de los dispositivos de infusión de suero. Ver Figura 3.13.



Figura 3.13 Manguera Intravenoso utilizado para el Foto-Flex.

Las medidas de las mangueras variara dependiendo el tamaño de lo dedos de la mano mas unos centímetros antes de la muñeca.Ver Tabla 3.3

Tabla 3.3 Medida de las Mangueras.

Pulgar	13 cm
Indice	14.5 cm
Medio	14.5 cm
Anular	12 cm
Meñique	12 cm

Una vez obtenido las medidas se procedió a encintar, para que toda la luz que emitirá el diodo Led no salga y evitar que la luz que hay en el exterior ingrese a través de la manguera por ser transparente y perturbe la lectura de señales. Ver Figura 3.14



Figura 3.14 Encintado de Mangueras.

Una vez que se encinto la manguera, se procedió a colocar en cada extremo un Diodo Led (3mm) y una Fotorresistencia (4.3mm X 5.1 mm), para fijar ambos componentes al extremo de la manguera es necesario utilizar silicona .Figura 3.15



Figura 3.15 Sensor Foto-Flex.

Elaboración de cubierta

Para fijar los sensores Foto-Flex al guante es necesario colocarlos dentro de una cubierta de tela de nombre Sesgo de Buzo, el cual se obtuvo de una costurería (Ver Figura 3.16) y las medidas dependerán del tamaño de los dedos (Ver Tabla 3.3)



Figura 3.16 Tela para recubrir los sensores.



Figura 3.17 Sensor listo para ser implementado.

Circuito del LDR

El LDR es una resistencia que varia su valor en función de la luz recibida, cuanto más luz recibe, menor es su resistencia, la conexión se puede realizar de dos formas. Ver Figura 3.18



Figura 3.18 Circuito del LDR.

Para la construcción del Prototipo, se puede usar cualquiera de las dos conexiones mostradas; la conexión numero 1, tomara un máximo valor cuando se encuentre completamente a oscuras el LDR ;la conexión numero 2 por el contrario, tomara su máximo valor cuando reciba la mayor intensidad luminosa posible. Para la construcción del sistema se creyó conveniente usar la conexión numero 2.

Circuito del Diodo Led

La función del Led sera la de emitir luz, la cual viajara a través de la mangueras que se doblaran de acuerdo a las señas de las manos. Ver Figura 3.19

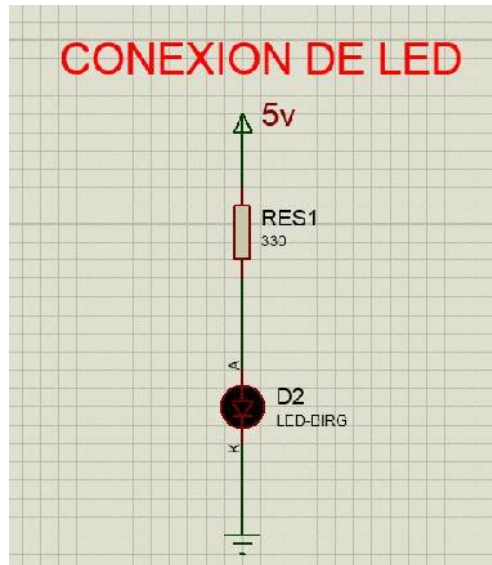


Figura 3.19 Circuito del LDR.

3.5.3 Fijado de sensores al Guante

Una vez obtenido los 5 Sensores y sus respectivas conexiones se procede a colocar cada sensor en el sesgo para luego pegarlo en el guante. Ver Figura 3.21



Figura 3.20 Cubierta para cada sensor.



Figura 3.21 Cubierta para cada sensor.

3.5.4 Pegado de Sensores



Figura 3.22 Sensores fijados al Guante..




Figura 3.23 Guante Prototipo Final.

3.6 Costo de Diseño

Lo característico de este prototipo para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz son las formas en como toma los valores al momento de hacer las señas; por lo cual se innovo con los sensores Foto-Flex (Valores de sensor dependen de la intensidad de luz). En el mercado se puede encontrar otros sensores que pueden utilizarse para el desarrollo del proyecto como son el caso de los sensores Flex (Valores del sensor dependen de cuanto sean doblados), pero presentan un costo elevado y se tienen que pedir del extranjero, lo cual implica gastos extras en envío o algunos cargos por importes.

Sensores Flex



Flex Sensor de 2.2 "medición Bending

S/. 54.53


¡Cómpralo ahora!

Envío internacional gratuito

383 vendidos

De China

Vendedor excelente



Flex Sensor De 4.5" de medición de plegado

S/. 80.98


¡Cómpralo ahora!

Envío internacional gratuito

53 vendidos

De China

Vendedor excelente



Sensor 2.2" Flex Sensor de plegado de flexión de medición

S/. 54.04

¡Cómpralo ahora!

Envío internacional gratuito

De China

Vendedor excelente

Figura 3.24 Pagina de importaciones: www.ebay.com.

Debido al costo y tiempo que demorarían en llegar, procederemos a realizar un presupuesto de cuanto nos costaría realizar nuestros propios sensores e implementarlo en un guante para así tener listo nuestro sistema para conversión de lenguaje de señas a mensajes de Voz.

Sensores Foto-Flex

Esta compuesto por 3 componentes: Diodo Led (3 mm), Fotorresistencia (4.3mm X 5.1 mm) y mangueras para intravenosa.

Tabla 3.4 Costo de elaboración de 5 sensores.

Cantidades	Componentes	Costos
5	Diodo Led	3 soles
5	Fotorresistencia	3 soles
1	Manguera intravenosa	2 soles
	TOTAL	8 SOLES

Implementación en Guante

Tabla 3.5 Costo para implementación de sensores en Guante.

Materiales	Costos
Guante de Tela	6 soles
Sesgo de Buzo	2 soles
Pegamentos	5 soles
TOTAL	13 SOLES

Componentes Electrónicos

Tabla 3.6 Costo de Componentes Electrónicos para toma de muestras. .

Componentes	Costos
Resistencias SMD	5 soles
MPU 6050	25 soles
HC 06	25 soles
Arduino Nano	30 soles
2 Baterias recargables	40 soles
Baquelita,Jumpers y Otros	15 soles
TOTAL	140 SOLES

El costo total para llevar a cabo nuestro Prototipo es de : 161 soles.



Figura 3.25 Guante Prototipo Final.

4 Diseño de Software

"Los científicos estudian el mundo tal como es; los ingenieros crean el mundo que nunca a sido"

THEODORE VON KARMAN

4.1 Filtro de Kalman

El filtro de Kalman es un algoritmo que se basa en el modelo de espacio de estados de un sistema para estimar el estado futuro y la salida futura realizando un filtrado optimo a la señal de salida, y dependiendo del retraso de las muestras que se le ingresan puede cumplir la función de estimador de parámetros o únicamente de filtro; a diferencia de otros tipos de filtros este no requiere de una frecuencia de corte específica debido a que se basa en la característica del ruido permitiendo de esta manera filtrar en todo el espectro de frecuencias.

Entre varias de sus aplicaciones se encuentran la estimación demográfica, procesamiento de señales biológicas, sistemas de navegación, predice el comportamiento de variables económicas, procesamiento de imágenes, entre otras. [José Ancizar Castañeda Cárdenas, 2013]

4.1.1 Ejemplo usando filtro de kalman

Para una mejor comprensión acerca del funcionamiento del filtro de kalman, a continuación se mostrará un ejemplo haciendo uso de una señal senoidal.

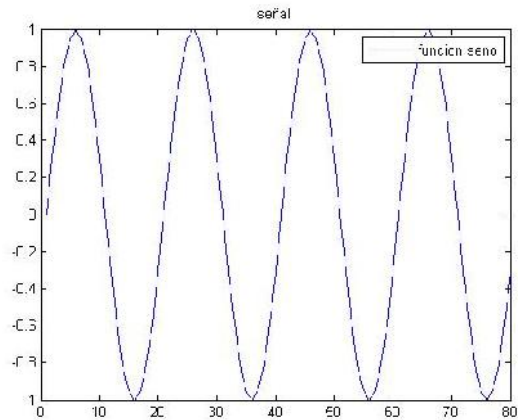


Figura 4.1 Señal de prueba.

En la figura 4.2 se muestra la señal anterior la cual es afectada con ruido blanco o ruido aleatorio. Como se observa la señal es gravemente afectada por el ruido y se hace irreconocible ante un sistema.

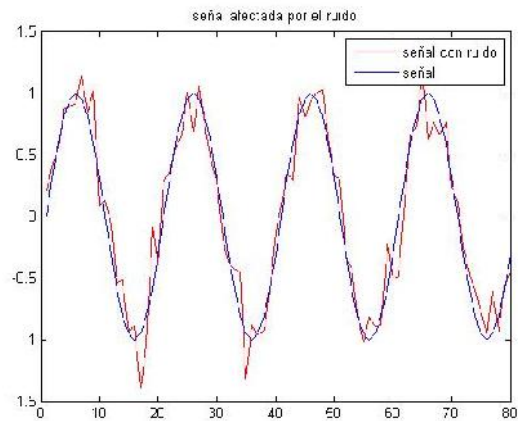


Figura 4.2 Señal afectada por el ruido blanco.

A continuación se muestra en la figura 4.3, como el filtro de kalman recupera una señal aproximada a la señal original. Este algoritmo matemático es capaz de correr en tiempo real usando únicamente las mediciones de entrada actuales, pues, es capaz de predecir el comportamiento de la señal.

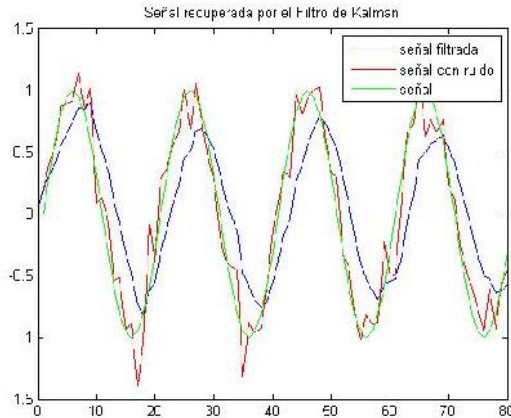


Figura 4.3 Señal recuperada por el filtro de Kalman.

4.2 Redes Neuronales Artificiales

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son algoritmos matemáticos creados con la finalidad de procesar información de forma parecida a las redes neuronales biológicas del cerebro humano. Los elementos que la constituyen son inspirados en la neurona biológica (potencial de acción, sinapsis, etc). Las redes neuronales artificiales al igual que las redes neuronales biológicas pueden aprender por repetición, evitando programación explícita debido a su auto-aprendizaje. Existen varios tipos de RNA como Perceptron, Adaline, Retropropagación, etc las cuales son utilizadas en diferentes campos como para clasificación de datos, predicción de eventos estadísticos, reconocimiento de imágenes, voz, etc. A partir de patrones de entrada los cuales ingresan a la RNA y esta procesa la información permitiendo todo ello. [Cruz, 2010]

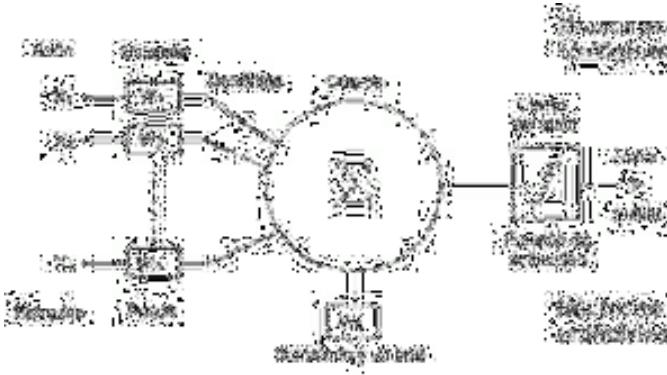


Figura 4.4 Parecido de una Red neuronal artificial a una biológica.

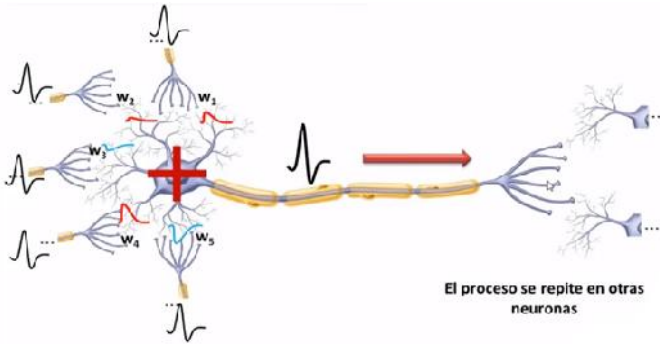


Figura 4.5 Neurona biológica.

4.2.1 Características

1. **Aprender:** Pueden cambiar su comportamiento en función del entorno, se les muestra un conjunto de entradas y ellas mismas se ajustan para producir unas salidas consistentes.
2. **Generalizar:** Generalizan automáticamente debido a su propia estructura y naturaleza, estas redes pueden ofrecer, dentro de un margen, respuestas correctas a entradas que presentan pequeñas variaciones debido a los efectos de ruido o distorsión.
3. **Abstraer:** Algunas RNA son capaces de abstraer la esencia de un conjunto de entradas que aparentemente no presentan aspectos comunes.

4.2.2 Aplicaciones

Reconocimiento de Imágenes

En clasificación de objetos a la RNA se le presenta una imagen (patrones de entrada), con los objetos a los cuales se desea clasificar; a través del aprendizaje supervisado se le asigna una salida deseada a una entrada.



Como se observa en la figura 4.6 se realizó un etiquetado de rostros entre los diferentes objetos mostrados en la imagen observada.

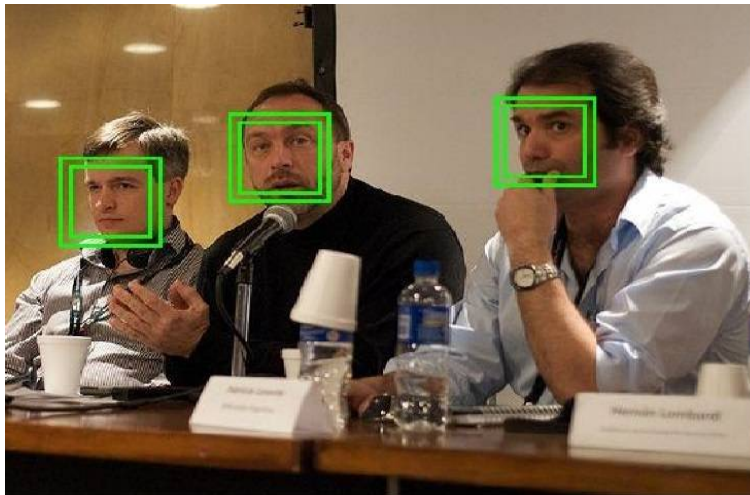


Figura 4.6 Deteccion de rostros.

Reconocimiento de Sonido

El proceso de reconocimiento de sonidos empieza con la digitalización de voz; la RNA se encargara de hacer un calculo de características espectrales de sonido para luego clasificar cada señal de voz.



En reconocimiento de sonido aplicado a los Smartphone las RNA permiten a estos dispositivo reconocer voz para obedecer ordenes como abrir y cerrar aplicaciones, búsqueda de información en la red, búsqueda y llamadas a contactos, algunas funciones de seguridad e identificación de audios en grabaciones para casos judiciales.



Figura 4.7 Reconocimiento de voz en Smartphone.



Figura 4.8 Reconocimiento de voz google.

Predicción de datos Estadísticos

El análisis de grandes cantidades de información es fundamental para descubrir patrones de comportamiento desconocidos. Las RNA son utilizados para predecir eventos a través del análisis de datos, estas técnicas predictivas, suelen emplearse en control meteorológico, medición de audiencias de televisión, predicción en los mercados financieros, índices de crecimiento de la población e incluso en análisis de conducta, etc.

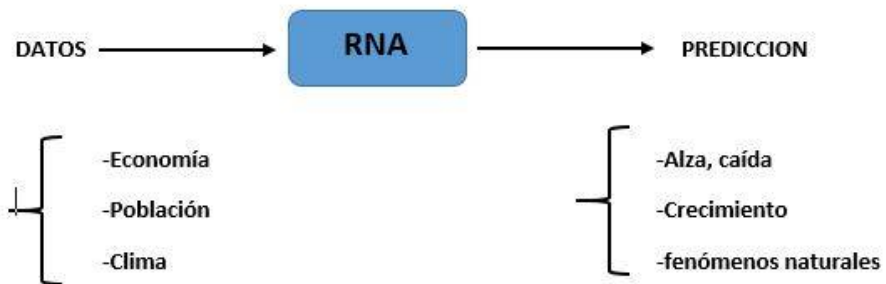


Figura 4.9 RNA en predicción de información.

Aproximación de Funciones

Las RNA permiten aproximar funciones a partir de datos de entrada. Reconoce patrones parecidos en diferentes datos de entrada; por lo que estos sistemas permiten dar solución a problemas de difícil tratamiento. Este tipo de tratamiento de señales es utilizado en clasificación de datos.



Como observamos en la figura 4.10, se le presenta a la RNA un conjunto de datos y esta entrega una función de salida aproximada a los valores de entrada.

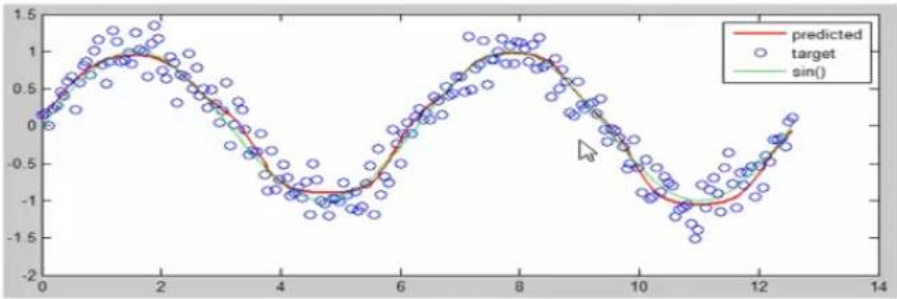


Figura 4.10 Aproximacion de funciones usando RNA.

4.2.3 RNA de Retropropagación (Backpropagation)

Es un tipo de red neuronal artificial con aprendizaje supervisado, el cual emplea un ciclo de propagación de dos fases. Una vez aplicado un patrón de entrenamiento a la entrada de la red, este se propaga desde la primera capa a través de las capas subsecuentes hasta la ultima capa generando una salida, la cual es comparada con la salida deseada y se calcula una señal de error para cada una de las salidas, a su vez esta es propagada hacia atrás, empezando de la capa de salida, hacia todas las capas de la red hasta llegar a la capa de entrada, con la finalidad de actualizar los pesos de conexión de cada neurona, para hacer que la red tienda a un estado que le permita

clasificar correctamente todos los patrones de entrenamiento.
La estructura general se muestra en la figura 4.11 y figura 4.12

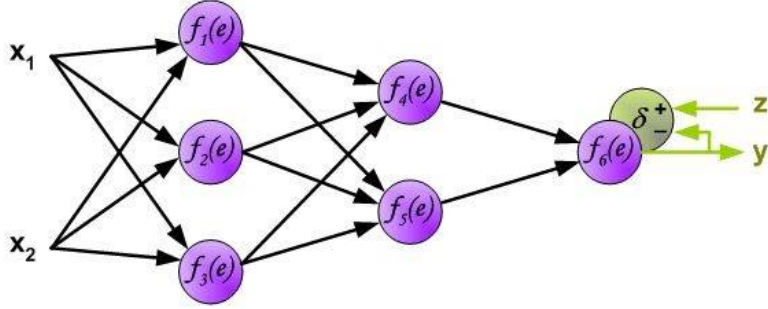


Figura 4.11 Diferencia entre la salida real y la salida deseada.

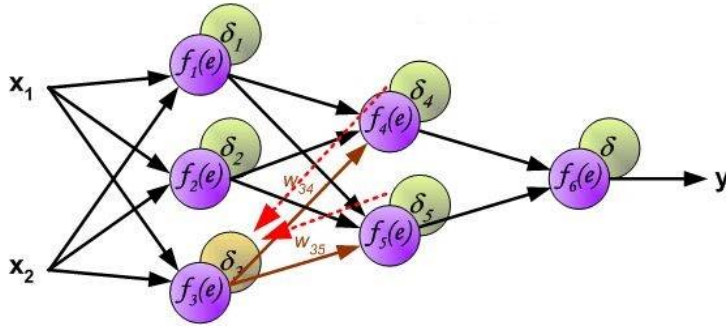


Figura 4.12 Actualización de las neuronas en cada capa.

Función de activación Logarítmica Sigmoidea (Logsig)

La salida de esta función siempre será continua en el rango entre cero y uno. Logsig(n) es equivalente a:

$$a = \frac{1}{1 + e^{-n}} \quad (4.1)$$

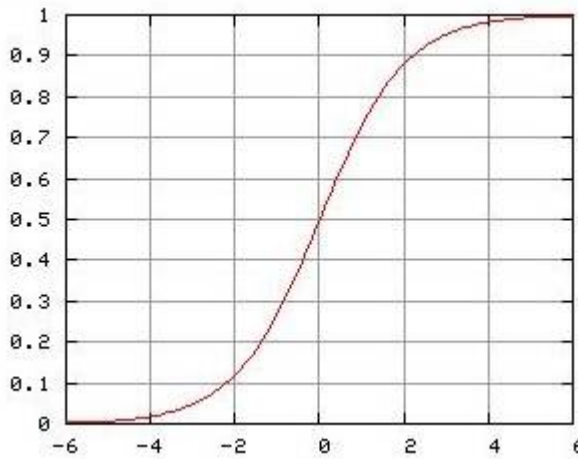


Figura 4.13 Función sigmoide logarítmica.

$$a = \text{logsign} \quad (4.2)$$

En la figura 4.13 se observa como la función adopta valores muy próximos a cero cuando X es pequeño, pero al aumentar el valor en el eje de las abscisas la función pasa a ser creciente. Al principio la pendiente de la función crece hasta llegar a un punto de inflexión, momento en el cual la pendiente comienza a descender hasta llegar a cero, a partir del cual la función vuelve a dar un valor constante e igual a uno. [Erraez,]

4.2.4 Lectura de Datos

Para la lectura de Datos del prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

- Entrada de datos en paralelo de los 5 sensores Foto-Flex y 2 del Mpu6050 debido a la necesidad de conocer los ejes "X" e "Y" con un periodo de muestreo de 0.2 segundos.
- Las señales son filtradas a través del filtro de Kalman.
- Luego se construyen señales de 21 muestras (patrones de entrada) que posteriormente serán procesadas.

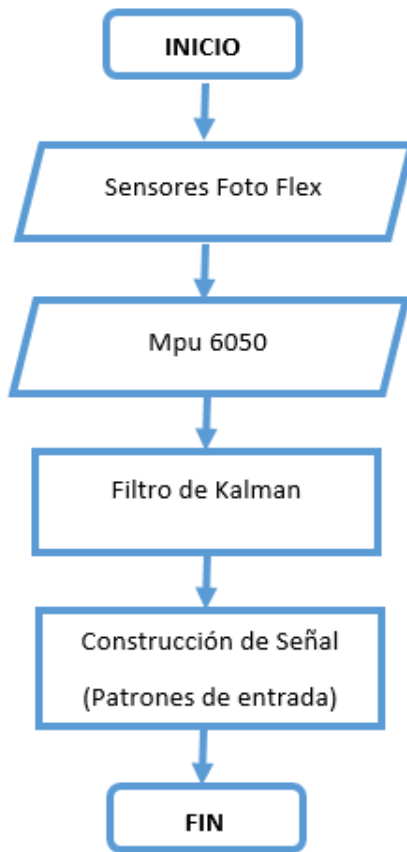


Figura 4.14 Diagrama de flujo de lectura de datos.

4.2.5 Arquitectura de la Red Neuronal Artificial

La red neuronal artificial utilizada en este proyecto es una de tipo Retropropagación con las siguientes características:

Tabla 4.1 Red Neuronal Artificial.

Función de Activación	Sigmoidea Logarítmica
Indice de Aprendizaje	0.0001
Primera capa	21 neuronas
Capas ocultas	2 capas de 63 neuronas c/u
Ultima capa	4 neuronas de salida

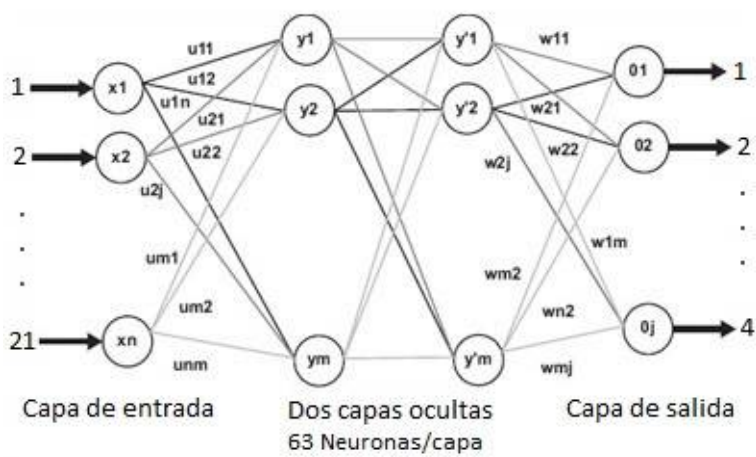


Figura 4.15 RNA Retropropagacion del proyecto.

4.2.6 Entrenamiento

1. Selección de patrones de entrada.
2. Inicio del entrenamiento de la RNA Retropropagación, haciendo uso de los patrones de entrada.
3. Una vez finalizado el entrenamiento se procede tomar nuevos patrones de prueba.
4. Se verifica el clasificador con los nuevos patrones de prueba.
5. Si la precisión del sistema tiene un error mínimo aceptable, entonces, finaliza el entrenamiento; de lo contrario, se inicia otra vez.

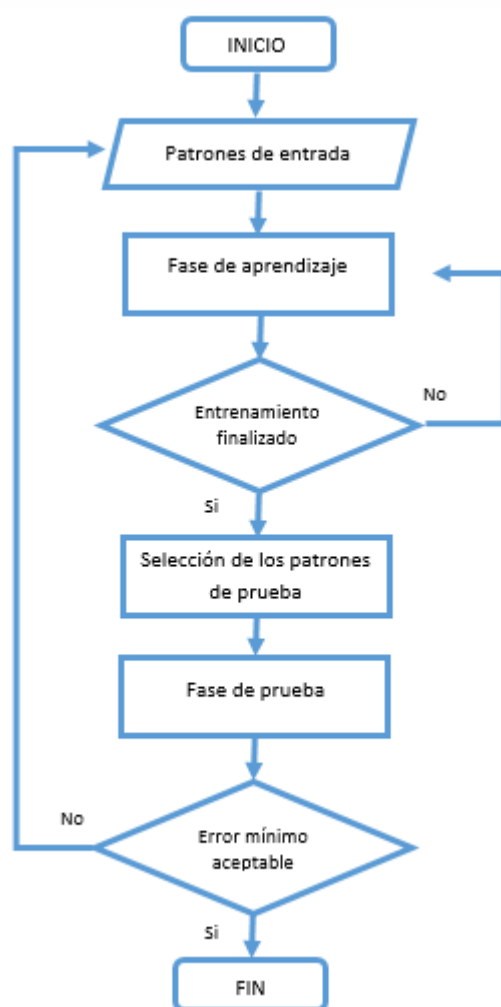


Figura 4.16 Diagrama de flujo para Entrenamiento de RNA.

4.2.7 Lectura de Datos en tiempo Real

1. Toma de datos de las señales de entrada a travez de los sensores Foto-Flex y MPU 6050.
2. Eliminación de ruido blanco aditivo de la señal haciendo uso del Filtro de Kalman.
3. Construcción de patrones de entrada haciendo uso de la señales de los sensores.
4. Clasificación de la señal para identificar pertenencia del patron en el lenguaje de Señas.
5. Si hay pertenencia se procede a emitir el mensaje de voz pre grabado de acuerdo al tipo de patrón, caso contrario se vuelve a tomar la señal y posterior recorrido de los pasos.
6. Se reinicia el sistema.



Figura 4.17 Diagrama de flujo para Lectura en tiempo Real.

4.3 Lenguajes de Programación

Para el diseño de software se utilizaron los lenguajes de programación Python 3.5.2 y Arduino 1.6.9, los cuales son plataformas libres.



Figura 4.18 Software de Programación.

Puedes descargarlos de:

Python 3.5.2 : <https://www.python.org/downloads/>

Arduino 1.6.9 : <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

Foros de consulta

- <https://www.youtube.com/channel/UCCFT304Nz5pSWktsiidUy0Q>
- <https://ecuaciondirac.blogspot.pe/2016/09/downsample-en-python.html>
- <http://www.espaciolinux.com/foros/programacion/como-llamar-una-funcion-creada-por-usuario-python-desde-otro-script-t50317.html>
- <https://ubuntulife.wordpress.com/2011/09/25/crear-leer-y-modificar-una-hoja-excel-con-python/>
- <http://people.csail.mit.edu/hubert/pyaudio/>

4.4 Reproducción de Mensajes de voz

Para la creación de los mensajes de voz usaremos el software Voice Experience (Ver Figura 4.19)

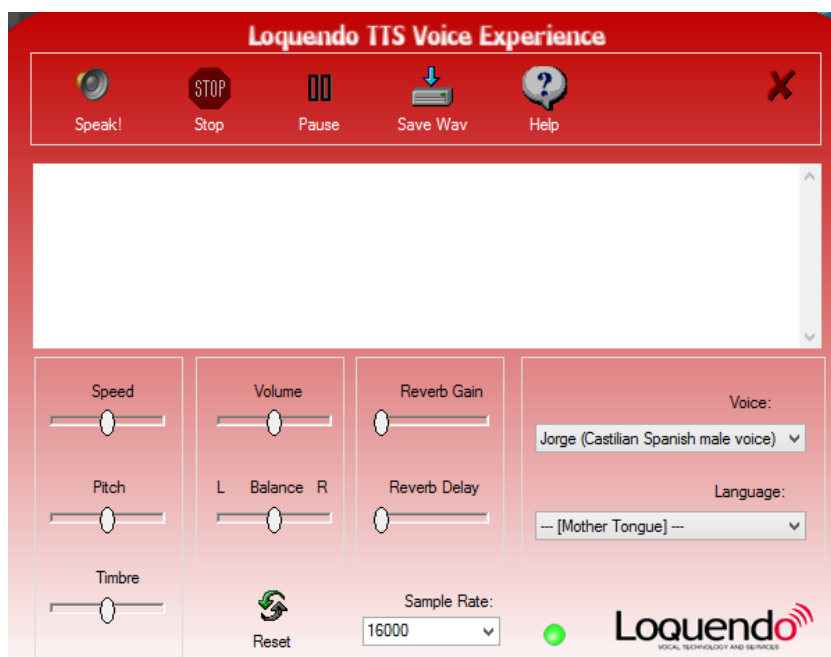


Figura 4.19 Voice Experience.

En la pantalla en blanco se escribe la letra o mensaje a reproducir y se da click en el icono de Save wav, creandose asi automaticamente el archivo con extencion **.wav** y su respectiva ubicación. Ver Figura 4.20



Figura 4.20 Ubicacion del archivo .wav.

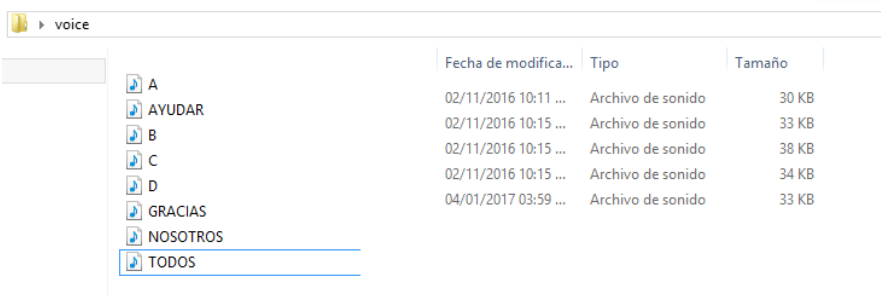


Figura 4.21 Mensajes de Voz.

Una vez creado los archivos, estos pueden ser llamados desde el software de procesamiento para ser reproducido de acuerdo a lo que la red neuronal interprete.

NOTA:El software solamente nos ayuda a crear los archivos de audios y estos pueden tener múltiples formatos de audio, pero para el desarrollo del proyecto de tesis se optó por el formato **.wav**

5 Simulación y Pruebas de Desempeño

"Nunca me he tenido por ingeniero ni inventor, solamente me considero un promotor y agitador de ideas"

ENZO FERRARI

En este capítulo se hará una descripción de las diferentes pruebas que se desarrollaron a lo largo del proyecto de tesis para la elaboración del guante prototipo electrónico, durante las etapas de adquisición de datos y procesamiento de los patrones de entrada obtenidos anteriormente por los sensores foto-flex y el MPU6050.

5.1 Métodos de adquisición de datos

5.1.1 Lectura de Sensores

Prueba de funcionamiento de sensores Foto-Flex

Ahora procederemos a comprobar el funcionamiento, ver figura 5.1, se realizará una flexión en los dedos de la mano con la finalidad de ver la respuesta de los mismos.

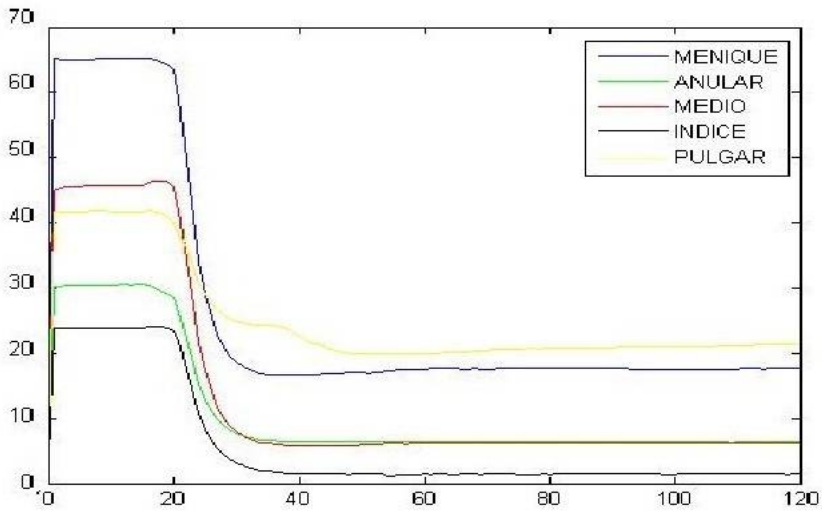


Figura 5.1 Lectura de prueba de los sensores Foto-flex.

Lectura de sensores utilizados para establecer patrones de entrada

La obtención de patrones de entrada proviene de los sensores foto-flex y la IMU6050, por lo tanto, se hacen 8 lecturas de las cuales, 5 son de los dedos de la mano (meñique, anular, medio, indice y pulgar) y 3 de posicionamiento (yaw, pitch, roll).

Como se observa en las figuras 5.2 y 5.3, todos los sensores a excepción de "yaw" envían lecturas constantes. El sensor MPU6050 no cuenta con magnetómetro, por lo tanto, el "yaw" varía constantemente en el tiempo. Para la elaboración de este proyecto no es necesario conocer el norte, debido a que no es propósito del proyecto dar un sentido de referencia ni una ubicación. En la figura 5.3 se muestra la lectura final de los sensores usados en este prototipo.

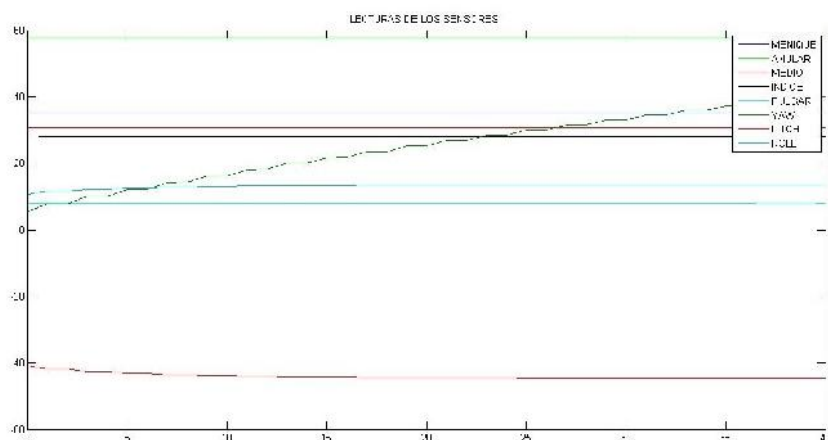


Figura 5.2 Lectura de los sensores en posición estática.

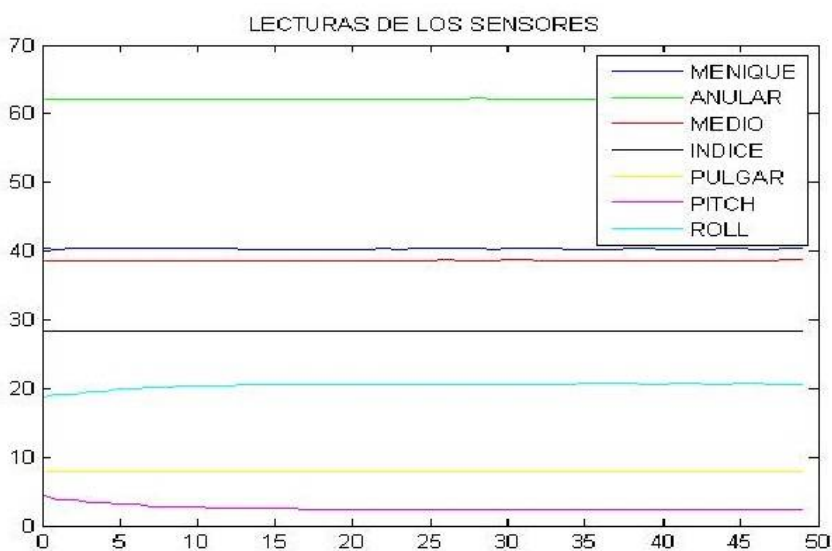


Figura 5.3 Lectura de los sensores utilizados en posición de la mano horizontal extendida.

5.1.2 Adquisición de patrones de entrada

El establecimiento de patrones de entrada surge por conveniencia, es decir, de manera arbitraria. La finalidad del proyecto es un sistema de adquisición de datos que no afecte al procesamiento del mismo, por ello, se estable un pequeño numero de muestras para cada patrón de entrada.

Tiempo de lectura por muestra

Los patrones de entrada están conformados por 21 muestras, 3 de cada sensor. Cada 0.2 segundos se realizan 7 lecturas (una por cada sensor), la lectura de cada patrón de entrada dura 0.6 segundos. A cada patrón de entrada(21 muestras) se le asigna una salida deseada. ver figura 5.4



Figura 5.4 Lectura del patrón que ingresara a RNA.

5.2 Letras Y Palabras a Entrenar

Patrones de entrada para el entrenamiento

A continuación los detalles de los patrones usados para el entrenamiento:

Tabla 5.1 Distribución de los patrones de entrenamiento.

Patrones de Señas Correctas	960
Patrones de Señas Falsas	360
Cantidad de Patrones usados	1320

La cantidad de patrones por cada letra y palabra correcta son de 120 muestras y a continuación algunas de sus respectivas gráficas.

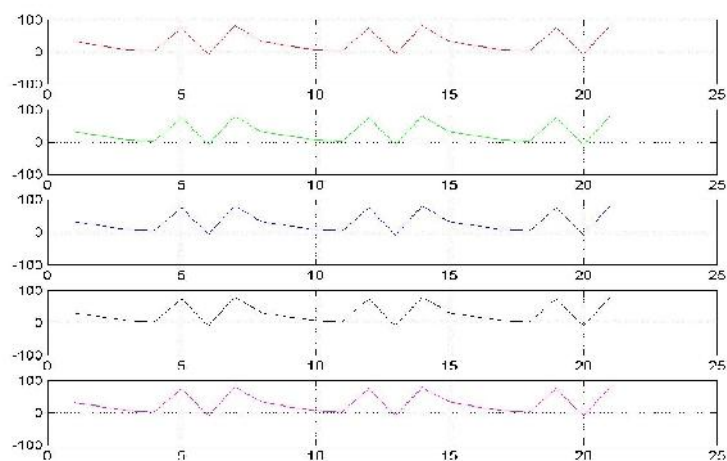


Figura 5.5 Patrones de entrada de la letra A.

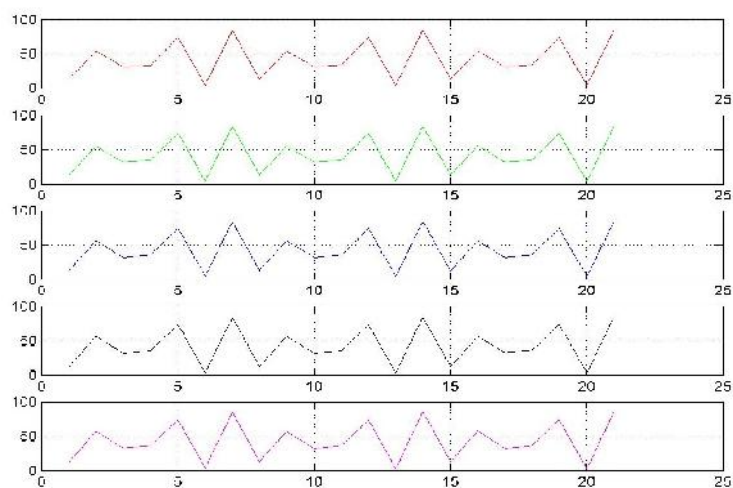


Figura 5.6 Patrones de entrada de la letra B.

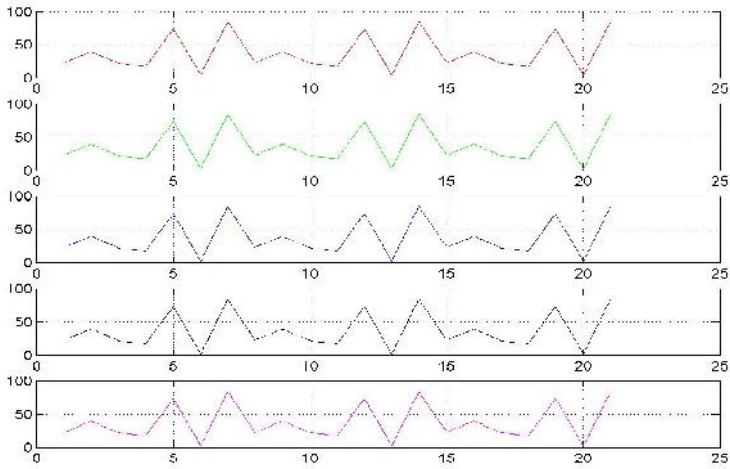


Figura 5.7 Patrones de entrada de la letra C.

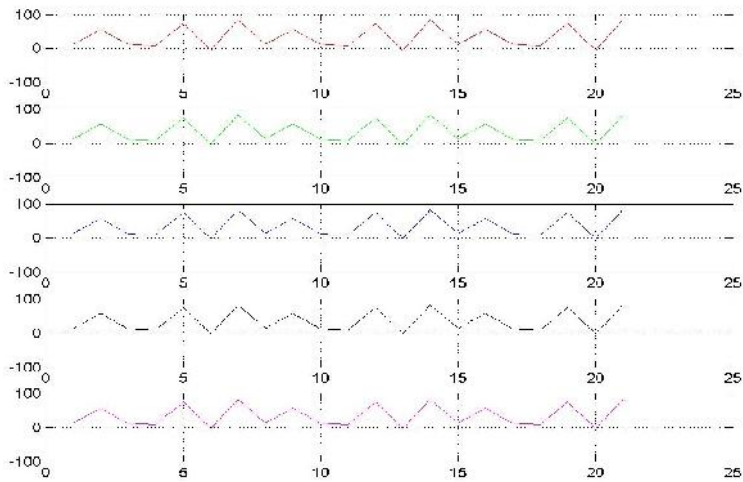


Figura 5.8 Patrones de entrada de la letra D.

Como se observó en las figuras 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8 mantienen mucha diferencia entre señas. En cada imagen se observan 5 muestras de cada letra. Se logra apreciar que se asemejan una de otra debido a que las señas varían muy poco pues pertenecen a la misma seña. Esta información es de gran

utilidad a la RNA en el momento del entrenamiento.

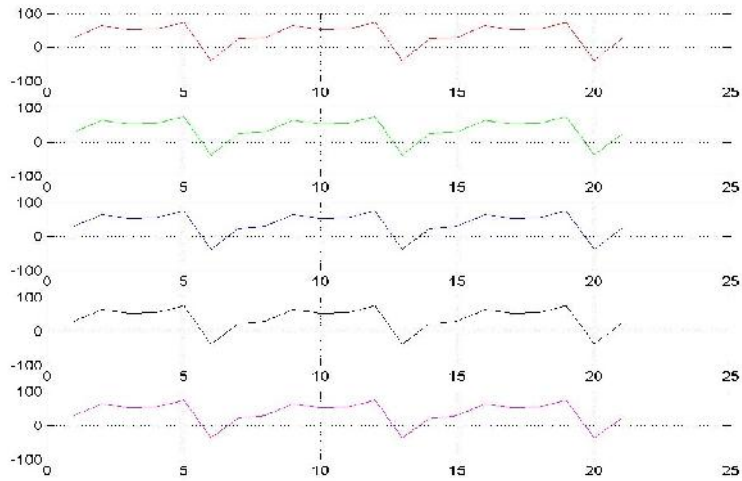


Figura 5.9 Patrones de entrada de la palabra GRACIAS.

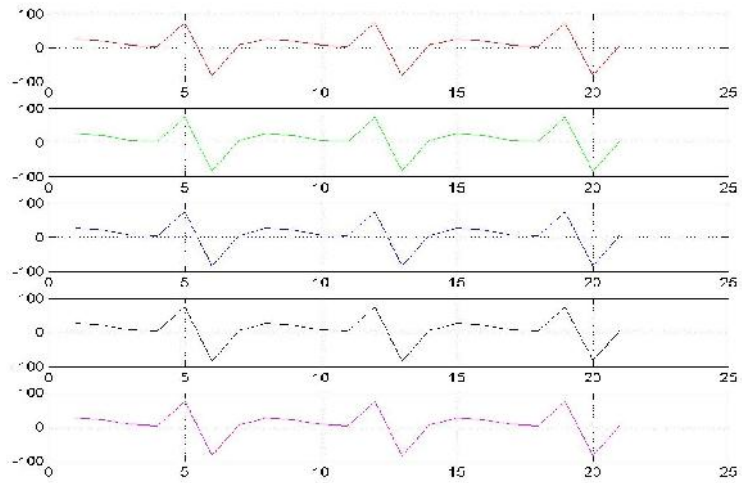


Figura 5.10 Patrones de entrada de la palabra AYUDAR.

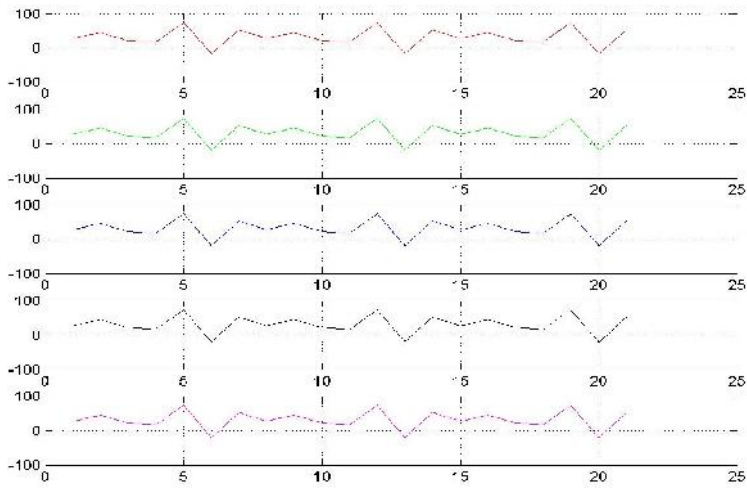


Figura 5.11 Patrones de entrada de la palabra TODOS.

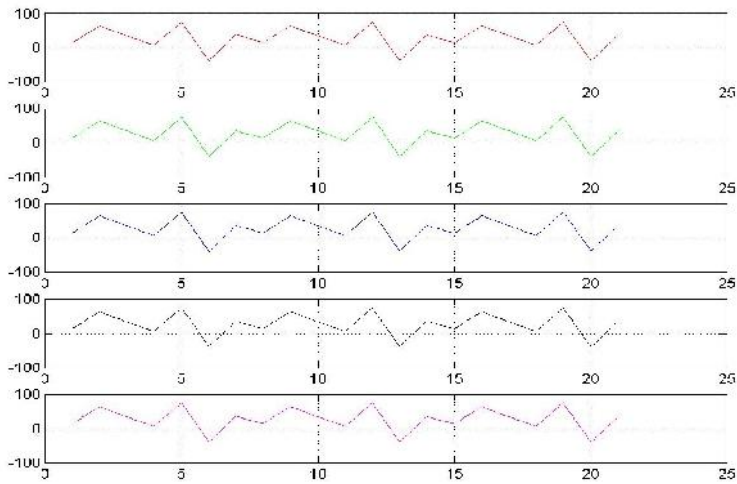


Figura 5.12 Patrones de entrada de la palabra NOSOTROS.

En las figuras 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12 se muestra los datos de las palabras que se usaran en este prototipo. El sensor MPU56050 es el que marca la diferencia en el reconocimiento de palabras, pues indica el posicionamiento de las manos, por ejemplo, el "Gracias" es palma extendida en una posición determinada; sin este sensor en cualquier posición teniendo palma extendida seria reconocida como un "Gracias".

5.3 Precisión del Sistema

Para conocer la precisión del sistema se realizaron 4 pruebas, en las cuales se realizaron 24 señas en forma aleatoria, a continuación los resultados obtenidos:

Tabla 5.2 Pruebas Realizadas.

Nº	CANTIDAD DE SEÑAS	CORRECTAS	ERRADAS	PRECISION
1	24	23	1	0.95
2	24	24	0	1
3	24	24	0	1
4	24	22	2	0.92

Al concluir estas pruebas podemos decir que nuestro sistema tienen un funcionamiento del 97 %. Ver ecuacion 5.1

$$\frac{0.95 + 1 + 1 + 0.92}{4} \times 100 \% \quad (5.1)$$

LEYENDA

1: LETRA ACERTADA.

0: LETRA ERRADA.

PRUEBA N° 1		PRUEBA N° 2		PRUEBA N° 3		PRUEBA N° 4	
LETRA	ACIERTOS	LETRA	ACIERTOS	LETRA	ACIERTOS	LETRA	ACIERTOS
A	0	NOSOTROS	1	TODOS	1	D	1
B	1	AYUDAR	1	B	1	A	1
C	1	B	1	A	1	C	1
D	1	D	1	D	1	B	1
C	1	GRACIAS	1	A	1	NOSOTROS	1
B	1	TODOS	1	B	1	B	1
A	1	AYUDAR	1	A	1	A	1
C	1	B	1	C	1	C	1
D	1	NOSOTROS	1	D	1	D	1
GRACIAS	1	AYUDAR	1	NOSOTROS	1	AYUDAR	1
TODOS	1	C	1	TODOS	1	NOSOTROS	1
NOSOTROS	1	GRACIAS	1	GRACIAS	1	A	1
AYUDAR	1	AYUDAR	1	B	1	C	0
GRACIAS	1	NOSOTROS	1	C	1	GRACIAS	1
TODOS	1	C	1	TODOS	1	AYUDAR	1
NOSOTROS	1	AYUDAR	1	NOSOTROS	1	NOSOTROS	1
AYUDAR	1	A	1	GRACIAS	1	GRACIAS	1
C	1	B	1	C	1	A	1
D	1	TODOS	1	D	1	C	1
GRACIAS	1	GRACIAS	1	AYUDAR	1	B	1
TODOS	1	A	1	TODOS	1	TODOS	1
AYUDAR	1	NOSOTROS	1	AYUDAR	1	C	1
GRACIAS	1	D	1	B	1	A	1
C	1	NOSOTROS	1	C	1	GRACIAS	0

Figura 5.13 Letras tomadas al azar para pruebas de desempeño.

6 Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

1. Se concluyó que el prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz, amigable con el usuario y preciso, facilita la comunicación de personas sordomudas en su entorno, dando autonomía para una comunicación efectiva.
2. Los sensores Foto-Flex empleados durante el desarrollo del proyecto de tesis cumplieron las expectativas requeridas de generar señales.
3. La Red neuronal de Retropropagación clasificó de manera correcta las señales provenientes de los sensores.
4. El sistema electrónico respondió correctamente ante cada mensaje de voz pregrabado.
5. La frecuencia de muestreo de los sensores fue la correcta, evitando así la sobrecarga del sistema y permitiendo una buena adquisición de las señales para un buen procesamiento de la información.

6.2 Limitaciones

1. El sistema electrónico se limita a reconocer un cierto numero de señas debido a que solo es un guante prototipo y para algunos casos se hace necesario la lectura de ambas manos.
2. El prototipo de guante electrónico no puede alejarse más de 10m del computador o se perderá la comunicación; debido a que la comunicación bluetooth solo alcanza esa distancia máxima.

6.3 Recomendaciones

Se recomienda los siguiente:

1. Usar una tarjeta de procesamiento externa para el prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz, con la finalidad de hacer un sistema portátil.
2. Diseñar un segundo "Guante" con la finalidad de que el sistema reconozca un mayor numero de palabras.

Apéndice A

Lenguaje de señas peruano



Alfabeto Manual Peruano

A B C





A



B



C



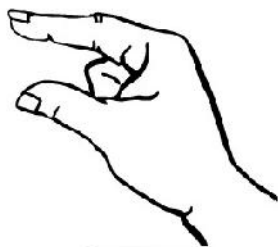
D



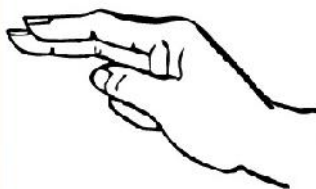
E



F



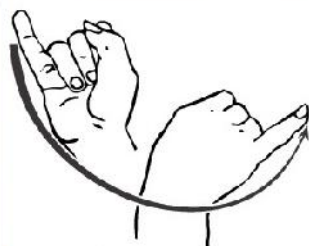
G



H



I



J



K



L



M



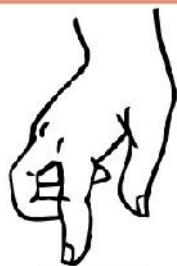
N



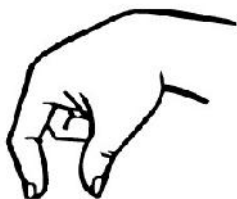
Ñ



O



P



Q



R



S



T



U



V



W



X



Y

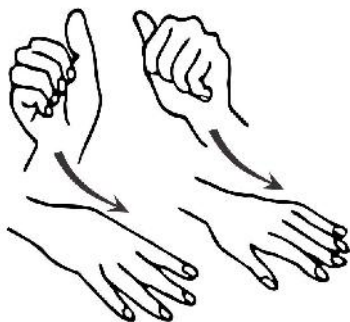


Z

Verbos



ABANDONAR



Colocar los puños de ambas manos frente a frente, realizar un movimiento amplio hacia la derecha y hacia abajo extendiendo las manos.

ABRAZAR



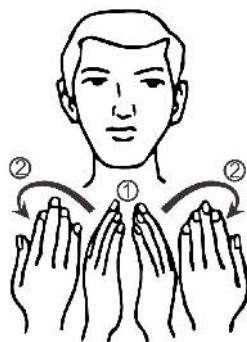
Cruzar los antebrazos, hacia los hombros con golpes suaves.

ABRIGAR



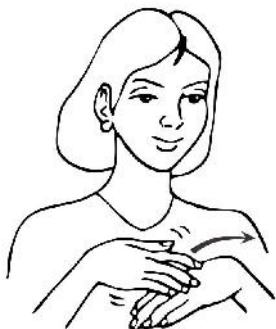
Con las manos en puño describir un movimiento circular de atrás hacia delante, cruzando los puños.

ABRIR



1. Con ambas manos extendidas con las palmas frente a frente.
2. Realizar acción de abrir hacia los lados.

ACARICIAR



Mano derecha apoyada en el dorso de la mano izquierda, realizar movimientos suaves.

ACEPTAR



Manos extendidas con las palmas hacia abajo, llevarlas hacia el pecho uniendo las yemas de los dedos.

ARRUINAR



1. Colocar el puño de la mano derecha en posición vertical con pulgar hacia arriba.
2. Hacer un giro hacia abajo.

ATERRIZAR



Configurar la seña de avión con la mano derecha y deslizarla sobre la palma de la mano izquierda.

AUMENTAR



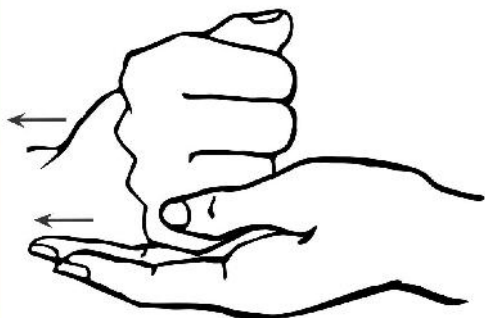
Unir los dedos de la mano derecha, Llevarlos en movimiento semicircular hacia la palma de la mano izquierda.

AVERGONZAR



1. Colocar los dedos pulgar e índice de la mano derecha en la barbilla.
2. Desde esa posición realizar un movimiento hacia arriba.

AYUDAR



Configurar "A" con la mano derecha sobre la palma de la mano izquierda, llevar ambas manos con movimiento de adentro hacia afuera.

BAILAR



Realizar acción de bailar.

CAMINAR



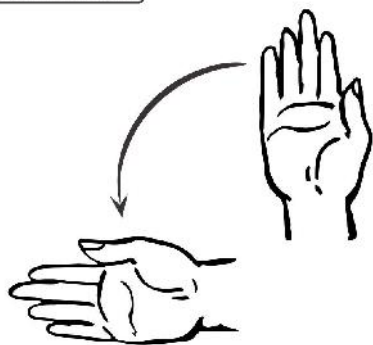
Con los dedos índice y medio de la mano derecha simular la acción de caminar sobre la palma de la mano izquierda.

CANTAR



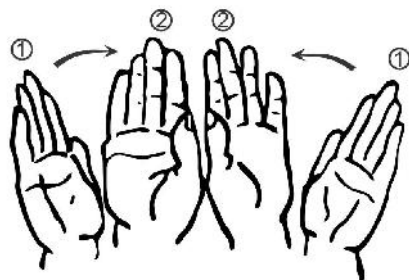
Llevar el puño de la mano derecha a nivel de la boca y realizar la acción de cantar.

CASTIGAR



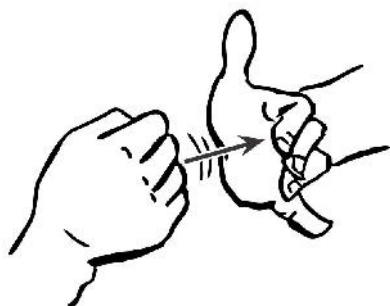
Con la mano derecha en posición vertical, realizar un movimiento enérgico hacia abajo.

CERRAR



1. Manos abiertas extendidas y separadas.
2. Realizar movimiento semi-circular juntando las palmas.

CHOCAR



Con ambos puños ejecutar la acción de golpear.

CLAVAR



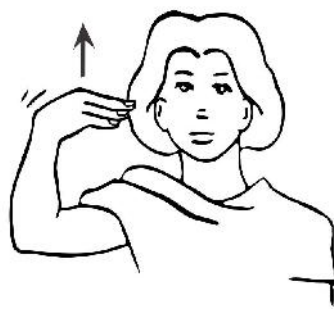
Con ambas manos realizar acción de clavar un clavo.

COSER



Unir la yema de los dedos índice y pulgar de la mano derecha, apoyarlos sobre la palma de la mano izquierda y realizar un movimiento semicircular hacia arriba.

CRECER



Colocar la mano derecha extendida en posición horizontal a la altura del ojo, llevarla hacia arriba.

CREER



1. Llevar índice de la mano derecha a la frente.
2. Con un movimiento hacia abajo configurar "F" a la altura del tronco.

CRUZAR



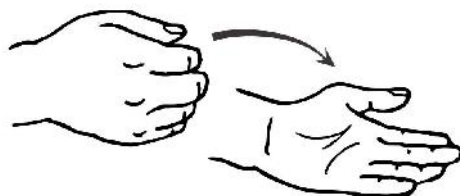
1. Colocar la mano izquierda horizontal y en posición inclinada.
2. Con la mano derecha en igual posición cruzar por encima de la mano izquierda describiendo un movimiento semicircular.

CURIOSEAR



Apoyar los dedos índice y medio de la mano derecha semiflexionados debajo de los ojos, y hacer un movimiento de izquierda a derecha, sin cambiar el punto de apoyo.

DAR



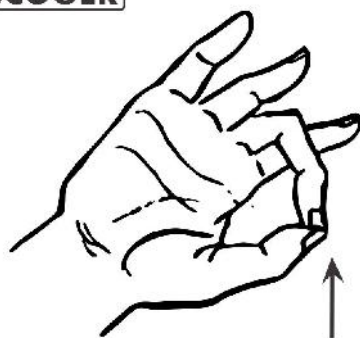
Dirigir el puño de la mano derecha, hacia adelante, abriendo la mano, quedando la palma hacia arriba.

EQUIVOCAR



Con el meñique y pulgar extendidos, los demás dedos flexionados dirigir la mano hacia la barbilla apoyándose en ella con movimientos suaves.

ESCOGER



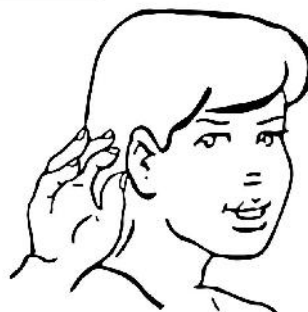
Con las yemas de los dedos índice y pulgar de la mano derecha separados, dirigirlos hacia adelante y luego unirlos con un movimiento de abajo hacia arriba.

ESCRIBIR



Uniendo las yemas de los dedos índice y pulgar, apoyarlos sobre la palma de la mano izquierda con movimiento lateral de izquierda a derecha.

ESCUCHAR



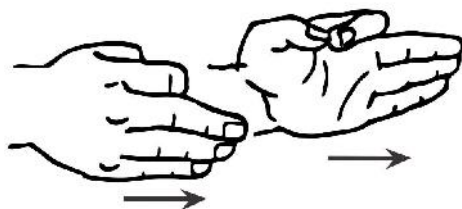
Colocar la mano derecha con los dedos semiflexionados en el pabellón de la oreja.

ESPERAR



La palma izquierda extendida a la altura del hombro, y la mano derecha con la palma hacia abajo, a la altura del pecho realizar movimientos alternados de los dedos en ambas manos.

EXPLICAR



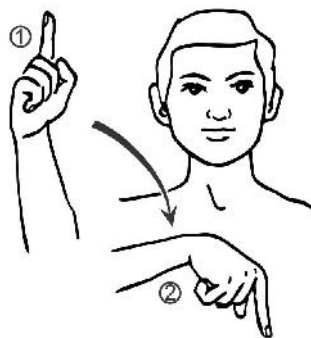
Con los dedos índice y pulgar juntos de ambas manos, hacer pequeños movimientos hacia delante y hacia atrás sin separar los dedos.

LIMPIAR



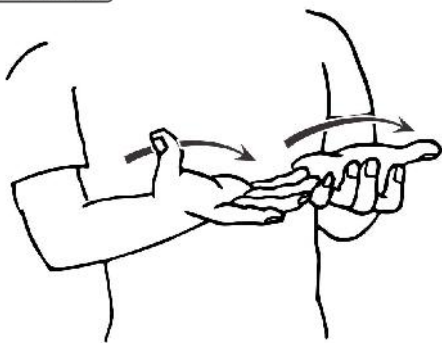
Con los dedos flexionados excepto el pulgar de la mano derecha, realizar movimientos circulares.

LLEGAR



1. Dedo índice de la mano derecha en posición vertical.
2. Realizar movimiento hacia la izquierda quedando el dedo índice hacia abajo.

LLEVAR



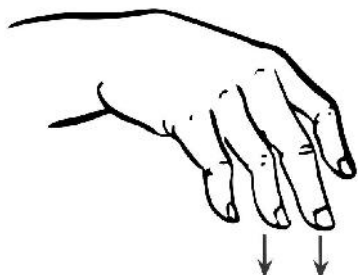
Palmas de ambas manos dirigidas hacia arriba en posición horizontal realizar un movimiento coordinado hacia la derecha.

LLORAR



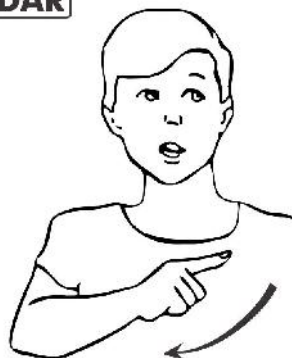
Con el dedo índice flexionado contactando con el pulgar extendido y los demás dedos flexionados sobre la palma, a la altura del ojo derecho, realizar un movimiento pequeño hacia abajo en la mejilla. Acompañar con la expresión.

LLOVER



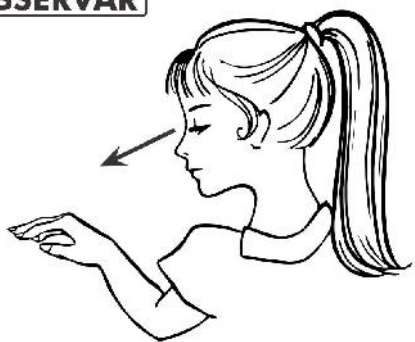
Colocar la mano derecha con la palma hacia abajo, los dedos semiflexionados y separados, efectuar movimientos cortos de arriba-abajo.

MANDAR



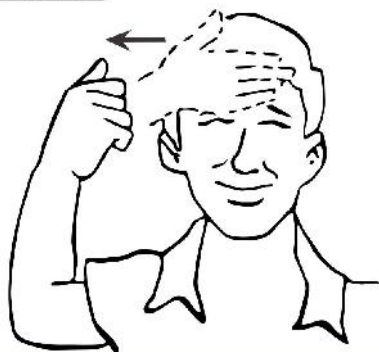
Llevar el dedo índice extendido de la mano derecha hacia el hombro izquierdo y bajarlo enérgicamente hacia la derecha.

OBSERVAR



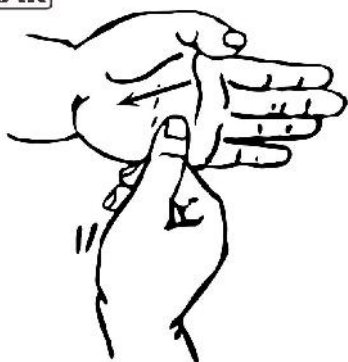
Colocar los dedos índice y medio a la altura de los ojos y efectuar un movimiento hacia adelante.

OLVIDAR



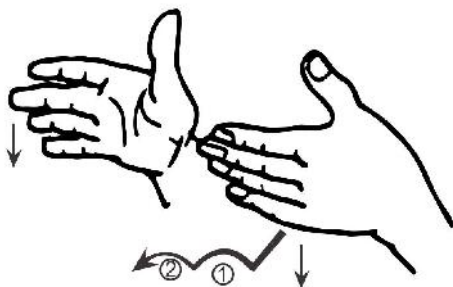
Apoyando la yemas de los dedos de la mano derecha sobre la frente, realizar un movimiento de izquierda a derecha.

OPERAR



Dedo pulgar de la mano derecha sobre palma de la mano izquierda, realizar movimiento perpendicular de arriba hacia abajo.

ORDENAR



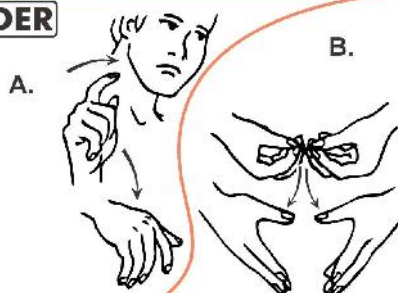
Con las palmas paralelas y en posición vertical realizar movimientos de izquierda a derecha.

PENSAR



Llevar las yemas de los dedos de la mano derecha a la frente, realizando movimiento circulares.

PERDER

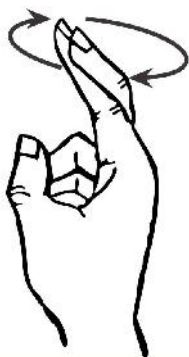


Tiene dos acepciones:

Seña A: Llevar el índice de la mano derecha al cuello y realizar un movimiento enérgico hacia abajo quedando la mano extendida.

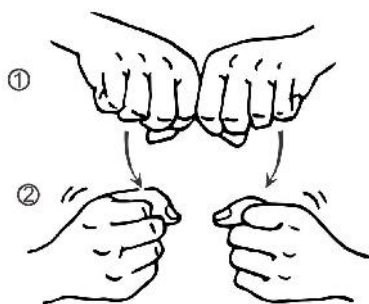
Seña B: Con la cara palmar de las manos hacia arriba, y uniendo la yema de los dedos, realizar un movimiento hacia abajo soltando los dedos y separándolos.

ROBAR



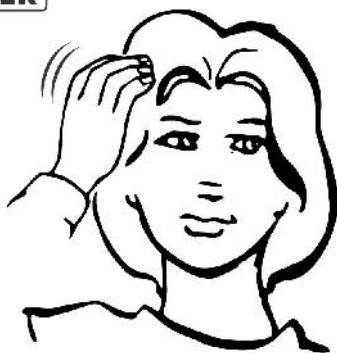
Configurar "R" con la mano derecha y realizar un movimiento semicircular hacia la izquierda.

ROMPER



1. Unir los puños de ambas manos en posición horizontal.
2. Separarlos girando las muñecas con movimiento hacia los lados.

SABER



Llevar la palma de la mano derecha hacia la cabeza con pequeños movimientos hacia afuera.

SALIR



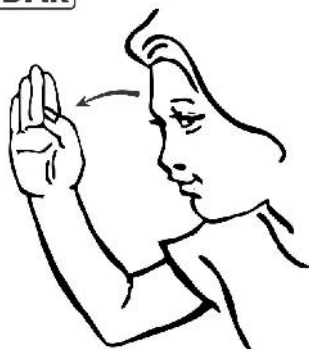
Con la mano derecha extendida con el borde cubital hacia abajo realizar un movimiento hacia adelante.

SALTAR



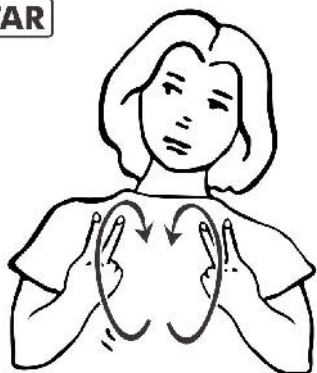
Con los dedos índice y medio de la mano derecha sobre palma de la mano izquierda, realizar movimientos (saltos) de abajo hacia arriba.

SALUDAR



Llevar hacia el lado derecho de la frente la mano con cuatro dedos extendidos y el pulgar flexionado hacia la palma y ejecutar un movimiento hacia adelante.

VISITAR



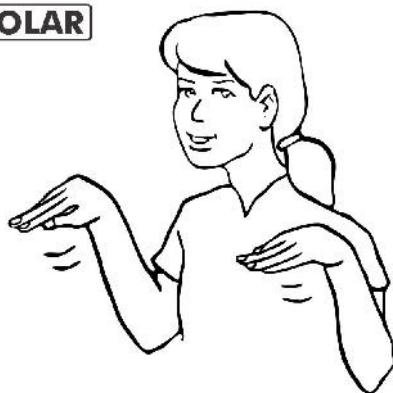
Con los dedos índice y medio extendidos y separados de ambas manos, con el dorso hacia afuera realizar movimientos independientes circulares hacia afuera.

VIVIR



Colocar los dedos flexionados de ambas manos excepto el pulgar a la altura del pecho. Desde esta posición realizar un movimiento simultáneo de ambas manos hacia arriba.

VOLAR



Ambos brazos flexionados a la altura del codo, las palmas hacia abajo, realizar movimiento de aletear con ambas manos.

VOTAR



Introducir los dedos índice, medio, anular y meñique de la mano derecha, dentro de la mano izquierda semiflexionada.

Apéndice B

Componentes Electrónicos



FOTORRESISTENCIA LDR 4,3mm x Ø 5,1mm

C-2795

?? Los nombres registrados y marcas que se citan son propiedad de sus respectivos titulares.

DESCRIPCION GENERAL.

Fotorresistencia o resistencia dependiente de la luz, consistente en una célula de Sulfuro de Cadmio, altamente estable, encapsulada con una resina epoxi transparente, resistente a la humedad. La respuesta espectral es similar a la del ojo humano. Su nivel de resistencia aumenta cuando el nivel de luz disminuye.

Aplicaciones: Control de contraste en televisores y monitores, control automático de la iluminación en habitaciones, juguetes y juegos electrónicos, controles industriales, interruptores crepusculares, boyas y balizas de encendido automático, auto-flash, etc...

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Modelo	Valores máximos			Características a 25°C (nota E)						
	Tensión a 25°C	Potencia disipable	Temperatura ambiente	Resistencia (notaA)		?	Tiempos de respuesta a 10 lx (notaD)		Respuesta espectral	
				10 lux (2856K) Min.(K?)	Max.(K?)	0 lux (notaB) Min.(M?)	100-10 lx (M?)	t. subida (ms)	t. bajada (ms)	(pico) (nm)
	(Vdc)	(mW)	(°C)							
C-2795	150	90	-25 a 75	50	140	20	0.9	60	25	570

Notas: A) Medido con una fuente luminosa formada por una lámpara de tungsteno, trabajando a una temperatura de color de 2856K.

B) Medición efectuada 10 segundos después de retirar una iluminación incidente de 10 lux.

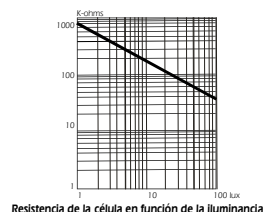
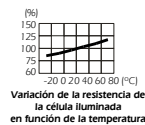
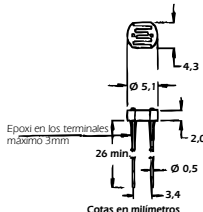
C) Sensibilidad entre 10 y 100 lux, dada por:

$$? = \frac{\log(R100) - \log(R10)}{\log(E100) - \log(E10)}$$

donde R100, R10 son las resistencias a 100 y 10 lux respectivamente, y E100, E10 las iluminancias de 100 y 10 lx respectivamente.

D) Tiempo de subida es el tiempo necesario para alcanzar el 63% del nivel de saturación. Tiempo de bajada es el necesario para que la célula alcance el 37% desde el nivel saturación.

E) Todas las características están medidas con la célula LDR expuesta a la luz (100-500 lux) durante 1 o 2 horas.



CONSIDERACIONES.

Este componente está destinado para su uso por parte de profesionales, o usuarios con un nivel técnico o conocimientos suficientes, que les permita desarrollar por sí mismos los proyectos o aplicaciones deseados. Por este motivo no se facilitará asistencia técnica sobre problemas de implementación del citado componente en las aplicaciones en las que sea empleado.

Para cualquier problema relativo al funcionamiento del producto (excluidos los problemas de aplicación), póngase en contacto con nuestro departamento técnico. Fax 93 432 29 95.

Correo electrónico: sat@fadisel.com. La documentación técnica de este producto responde a una transcripción de la proporcionada por el fabricante.

Los productos de la familia "Componentes" de Cebek disponen de 1 año de garantía a partir de la fecha de compra. Quedan excluidos el trato o manipulación incorrectos.

Disponemos de más productos que pueden interesarle, visítenos en: www.fadisel.com ó SOLICITE GRATUITAMENTE nuestro catálogo.



Technical Data Sheet

3 mm Round LED (T-1)

204-15UTC/S400-X9

Features

- Popular T-1 colorless 3mm package.
- High luminous power.
- Typical chromaticity coordinates $x=0.29$, $y=0.28$ according to CIE1931.
- Bulk, available taped on reel.
- Pb free.
- ESD-withstand voltage: up to 4KV
- The product itself will remain within RoHS compliant version.



Descriptions

- The series is designed for application required high luminous intensity.
- The phosphor filled in the reflector converts the blue emission of InGaN chip to ideal white.

Applications

- Outdoor Displays
- Optical Indicators
- Backlighting
- Marker Lights

Device Selection Guide

PART NO.	Chip		Lens Color
	Material	Emitted Color	
204-15UTC/S400-X9	InGaN	White	Water Clear

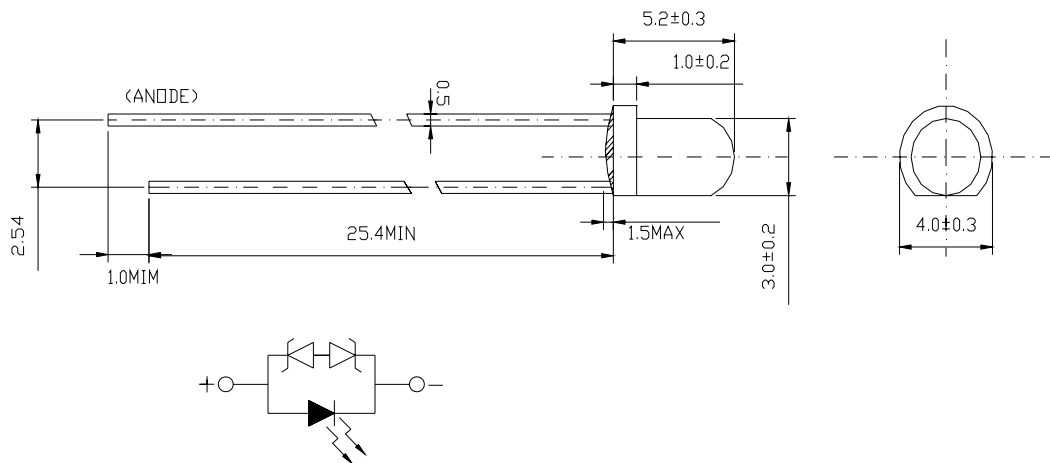


Technical Data Sheet

3 mm Round LED (T-1)

204-15UTC/S400-X9

Package Dimensions



Notes:

- 1.All dimensions are in millimeters, and tolerance is 0.25mm except being specified.
- 2.Lead spacing is measured where the lead emerges from the package.
- 3.Protruded resin under flange is 1.5mm Max. LED.

Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Continuous Forward Current	I_F	25	mA
Peak Forward Current(Duty /10 @ 1KHZ)	I_{FP}	100	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Operating Temperature	T_{opr}	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ +100	°C
Soldering Temperature (T=5 sec)	T_{sol}	260 ± 5	°C
Power Dissipation	P_d	100	mW
Zener Reverse Current	I_z	100	mA
Electrostatic Discharge	ESD	4K	V



Technical Data Sheet

3 mm Round LED (T-1)

204-15UTC/S400-X9

Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Forward Voltage	V _F	I _F =20mA	--	3.5	4.0	V
Zener Reverse Voltage	V _Z	I _Z =5mA	5.8	----	----	V
Reverse Current	I _R	V _R =5V	--	--	50	uA
Luminous Intensity	I _v	I _F =20mA	2850	----	7150	mcd
Viewing Angle	2 θ 1/2	I _F =20mA	--	25°	--	deg
Chromaticity Coordinates	x	I _F =20mA	--	0.29	--	
	y	-----	--	0.28	--	

Luminous Intensity Combination (mcd at 20mA)

I _v Ranks	Y	Z0
Min.	2850	4500
Max.	4500	7150

*Measurement Uncertainty of Luminous Intensity: ±15%

Forward Voltage Combination (V at 20mA)

Group	Rank	
Min.	3.00	3.50
Max.	3.50	4.00

*Measurement Uncertainty of Forward Voltage : ±0.1V

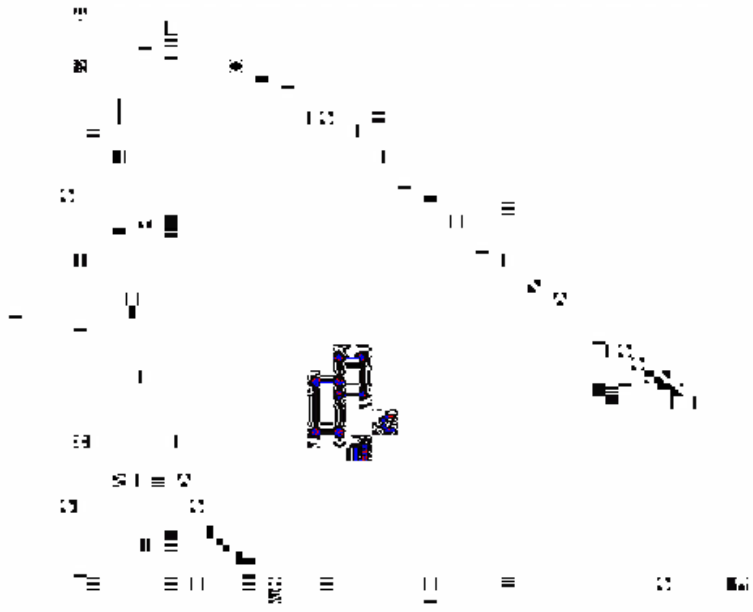


Technical Data Sheet

3 mm Round LED (T-1)

204-15UTC/S400-X9

CIE Chromaticity Diagram



Color Ranks (IF=20mA , Ta=25℃)

色度等級 Color grading	CIE X		CIE Y		Test condition
	Min.	Max.	Min.	Max.	
B1	0.260	0.275	0.215	0.275	IF=20mA
B2	0.275	0.290	0.245	0.295	
C1	0.290	0.305	0.275	0.315	
C2	0.305	0.320	0.295	0.335	

*Measurement uncertainty of the color coordinates : ±0.01



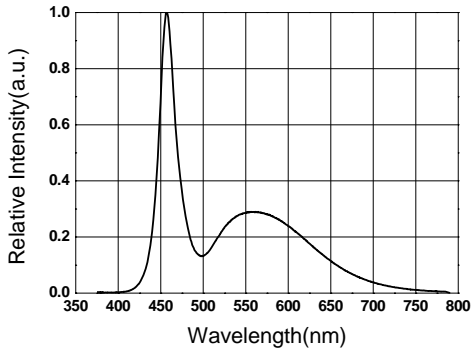
Technical Data Sheet

3 mm Round LED (T-1)

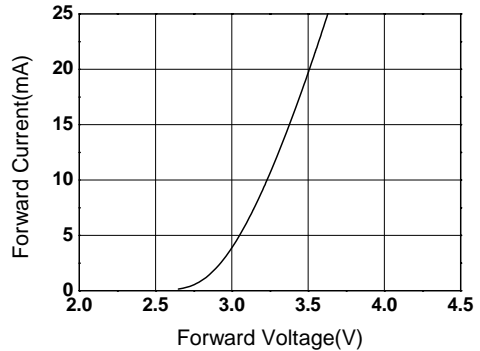
204-15UTC/S400-X9

Typical Electro-Optical Characteristics Curves

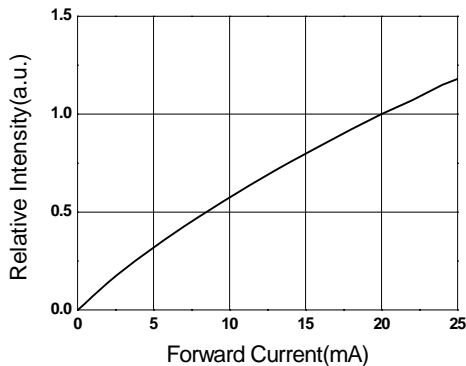
Relative Intensity vs. Wavelength



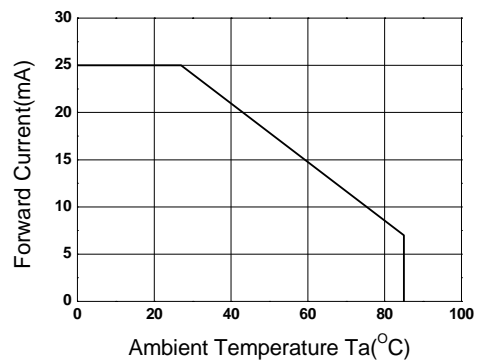
Forward Current vs. Forward Voltage



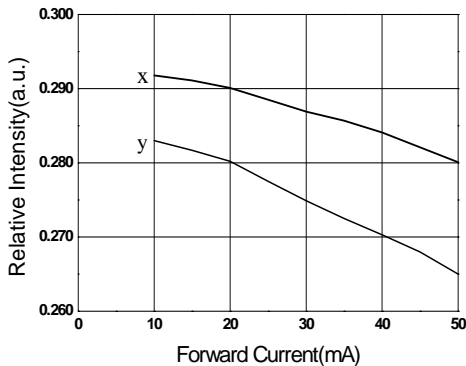
Relative Intensity vs. Forward Current



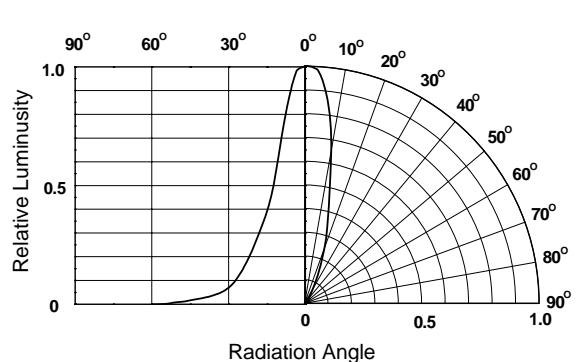
Forward Current vs. Ambient Temp.



Chromaticity Coordinate vs. Forward Current

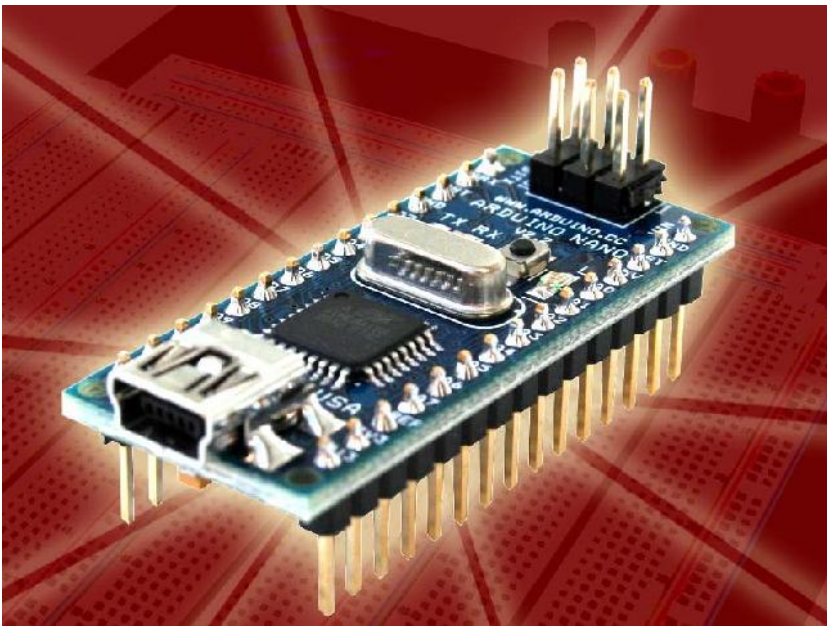


Relative Intensity vs. Angle Displacement



Arduino Nano (V2.3)

User Manual



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

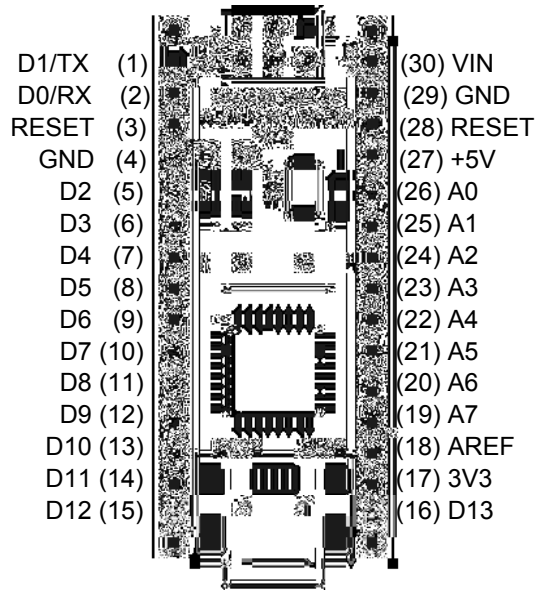
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

www.arduino.cc

Rev. 2.3

Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

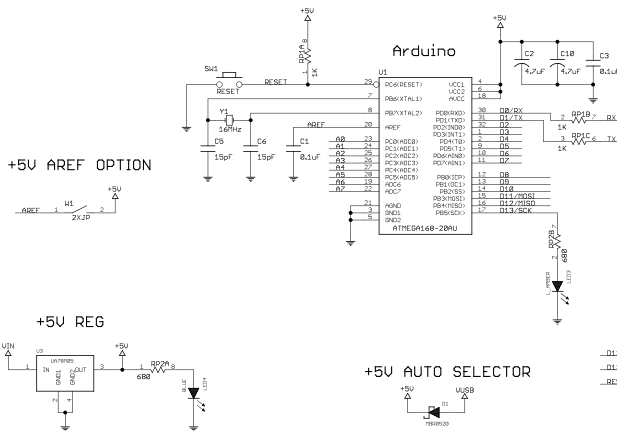
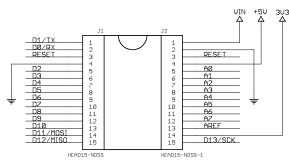
Arduino Nano Bill of Material

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Crystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser

Arduino Nano Schematic

Copyright 2008 under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>



NOT USED

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

v2.3 - Modify FT232RL to use +5V	
TITLE: Arduino Nano	
Document Number:	REV: 2.3
Date: 6/26/2008 8:35:54 PM	Sheet: 1/1

Índice de Figuras

1.1.	Dificultades presentadas	2
1.2.	origen de la limitación	3
1.3.	Total de Discapacitados por Región	4
1.4.	Total de Discapacitados que conocen lenguaje de señas	5
1.5.	Total de Discapacitados que conocen lenguaje de señas	6
1.6.	Total de Discapacitados que conocen lenguaje de señas	7
2.1.	Pedro Ponce de Leon, promotor de la primera escuela de sordos	11
2.2.	Imagen obtenida del curso de lenguaje de Señas, febrero 2012	12
2.3.	Imagen obtenida del curso de lenguaje de Señas, febrero 2012	13
3.1.	Sensor Fotoeléctrico (LDR)	18
3.2.	Diodo Led	18
3.3.	MPU-6050	19
3.4.	Pines de Arduino Nano	19
3.5.	MPU-6050	20
3.6.	bluetooth HC-06	21
3.7.	Diagrama de bloques del hardware del sistema	22
3.8.	Conexión entre Arduino Nano y el sensor MPU6050	23
3.9.	Conexión entre arduino nano y el modulo bluetooth HC-06	24
3.10.	Diseño de placa en Ares-Proteus	25
3.11.	Imagen 3D de la placa electrónica del proyecto	25
3.12.	Guante para Fijar Sensores	26
3.13.	Manguera Intravenoso utilizado para el Foto-Flex	27

3.14.	Encintado de Mangueras	28
3.15.	Sensor Foto-Flex	28
3.16.	Tela para recubrir los sensores	29
3.17.	Sensor listo para ser implementado	29
3.18.	Circuito del LDR	30
3.19.	Circuito del LDR	31
3.20.	Cubierta para cada sensor	31
3.21.	Cubierta para cada sensor	32
3.22.	Sensores fijados al Guante.	32
3.23.	Guante Prototipo Final	33
3.24.	Pagina de importaciones: www.ebay.com	34
3.25.	Guante Prototipo Final	36
4.1.	Señal de prueba	38
4.2.	Señal afectada por el ruido blanco	38
4.3.	Señal recuperada por el filtro de Kalman	39
4.4.	Parecido de una Red neuronal artificial a una biológica	40
4.5.	Neurona biológica	40
4.6.	Deteccion de rostros	41
4.7.	Reconocimiento de voz en Smartphone	42
4.8.	Reconocimiento de voz google	42
4.9.	RNA en predicción de información	43
4.10.	Aproximacion de funciones usando RNA	44
4.11.	Diferencia entre la salida real y la salida deseada	45
4.12.	Actualización de las neuronas en cada capa	45
4.13.	Función sigmoide logaritmica	46
4.14.	Diagrama de flujo de lectura de datos	47
4.15.	RNA Retropropagacion del proyecto	48
4.16.	Diagrama de flujo para Entrenamiento de RNA	49
4.17.	Diagrama de flujo para Lectura en tiempo Real	51
4.18.	Software de Programación	52
4.19.	Voice Experience	53
4.20.	Ubicacion del archivo .wav	54
4.21.	Mensajes de Voz	54
5.1.	Lectura de prueba de los sensores Foto-flex	56
5.2.	Lectura de los sensores en posición estática	57

5.3.	Lectura de los sensores utilizados en posición de la mano horizontal extendida	57
5.4.	Lectura del patrón que ingresara a RNA	58
5.5.	Patrones de entrada de la letra A	59
5.6.	Patrones de entrada de la letra B	59
5.7.	Patrones de entrada de la letra C	60
5.8.	Patrones de entrada de la letra D	60
5.9.	Patrones de entrada de la palabra GRACIAS	61
5.10.	Patrones de entrada de la palabra AYUDAR	61
5.11.	Patrones de entrada de la palabra TODOS	62
5.12.	Patrones de entrada de la palabra NOSOTROS	62
5.13.	Letras tomadas al azar para pruebas de desempeño	64

Índice de Tablas

3.1.	Pines de conexión entre arduino nano y el mpu6050	23
3.2.	Pines de conexión entre arduino nano y el mpu6050	24
3.3.	Medida de las Mangueras	27
3.4.	Costo de elaboración de 5 sensores	35
3.5.	Costo para implementación de sensores en Guante	35
3.6.	Costo de Componentes Electrónicos para toma de muestras.	36
4.1.	Red Neuronal Artificial	48
5.1.	Distribución de los patrones de entrenamiento	58
5.2.	Pruebas Realizadas	63

Bibliografía

- [Cruz, 2010] Cruz, P. P. (2010). *Inteligencia Artificial con Aplicaciones a la Ingeniería*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México, México.
- [de la Mujer y Poblaciones vulnerables, 2002] de la Mujer y Poblaciones vulnerables, M. (2002). Consejo nacional para la integración de la persona con discapacidad.
- [Downsample en Python, 2016] Downsample en Python (30 de Septiembre de 2016). <https://ecuaciondirac.blogspot.pe.html>.
- [Erraez,] Erraez, A. A. . V. Ejemplo de funciones logsig y tansig. 1:1–3.
- [Gamarra, 2009] Gamarra, M. G. (2009). Trabajo monográfico acerca del LSP. pages 5–18.
- [Hackeando Tec, 2017] Hackeando Tec (13 de Marzo del 2017). <https://www.youtube.com/channel/UCCFT304Nz5pSWktsiidUy0Q>.
- [Importar Audios en Python, 2017] Importar Audios en Python (18 de Marzo del 2017). <http://people.csail.mit.edu/hubert/pyaudio/>.
- [Importar Script en Python, 2012] Importar Script en Python (05 de Julio del 2012). <http://www.espaciolinux.com/foros/programacion.html>.

[Importar variables de Exel, 2015] Importar variables de Exel (11 de Octubre del 2015). <https://ubuntulife.wordpress.com/importarhojadeexelenpython/>.

[José Ancizar Castañeda Cárdenas, 2013] José Ancizar Castañeda Cárdenas, M. A. N. A. y. V. A. O. B. (2013). Análisis y aplicación del filtro de kalman a una señal con ruido aleatorio. 18.

[Olabe., 2011] Olabe., X. B. (2011). *Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones*. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU., España.

[van Rossum, 2009] van Rossum, G. (2009). *Python Tutorial*. Python Software Foundation.