



**DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN CORPORAL PARA PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD AUDITIVA (HIPOACUSIA PROFUNDA)**

**RUBÉN DARÍO LASSO LLORENTE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2013**

**DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN CORPORAL PARA PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD AUDITIVA (HIPOACUSIA PROFUNDA)**

**RUBÉN DARÍO LASSO LLORENTE**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico.**

**Director**  
**HUMBERTO ROLANDO BARAHONA CABRERA**  
**Ingeniero Electrónico**

**Asesora**  
**CAROL XIMENA LÓPEZ ANGULO**  
**Terapeuta Ocupacional**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**SAN JUAN DE PASTO**  
**2013**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“La Universidad de Nariño no se hace responsable por las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Acuerdo 1. Artículo 324. Octubre 11 de 1966. Emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Diciembre de 2013

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso inmensa gratitud a:

Rolando Barahona Cabrera, Ingeniero Electrónico, Especialista en Docencia Universitaria, por su colaboración y guía, ayudándome en todo momento a resolver y encontrar diversos caminos para desarrollar este trabajo de investigación.

Carol Ximena López Angulo Terapeuta Ocupacional, por enseñarme la gran paciencia y el tiempo que hay que dedicar a tratamientos con personas con discapacidad auditiva.

Dr. Fabio D. Urbano Bucheli, Otorrinolaringólogo, por mostrarme los tratamientos que se practican en la actualidad con personas con discapacidad auditiva y el interés en el desarrollo del prototipo para dar una respuesta a personas que no pueden acceder a los tratamientos actuales.

Dr. Cástulo Fernando Cisneros Rivera, Decano de Medicina de la Universidad de Nariño, por su colaboración y recomendaciones.

Edwin Giovanni, Presidente de JUVENSOR, por resolver inquietudes acerca de la población con discapacidad auditiva y por el interés en el desarrollo del prototipo.

A mis padres por apoyarme cada día de mi vida.

*Ser sordo no es una limitación sino  
una forma diferente de ver la vida.  
Guillerwin Lasso*

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	20
1 ASPECTOS GENERALES 21	
1.2. OBJETIVOS.....	22
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	23
2. RESEÑA DE LA COMUNIDAD CON DISCAPACIDAD AUDITIVA .....	24
2.1. UN DÍA COTIDIANO DE UNA PERSONA CON DISCAPACIDAD AUDITIVA. ....	24
2.2. SOLUCIONES QUE EXISTEN PARA AYUDAR A LAS PERSONA CON DISCAPACIDAD AUDITIVA A COMUNICARSE. ....	26
2.2.1. Implante coclear.....	26
2.2.2. Lengua de señas. ....	28
2.3 MÉTODOS Y DISPOSITIVOS EXISTENTES QUE USAN LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDIBLE PARA COMUNICARSE CON LA SOCIEDAD.....	29
2.3.1. Métodos y dispositivos.....	29
2.3.2 Prototipos desarrollados. ....	30
3. MARCO TEÓRICO .....	33
3.1 SEÑAL DE VOZ.....	33
3.1.1. Características de la señal de voz: .....	33
3.1.2 Muestreo de señales.....	34
3.2 RECONOCIMIENTO DE VOZ .....	37
3.2.1. Características del sistema ASR: .....	38
3.3 AMPLIFICADORES OPERACIONALES.....	40
3.3.1 BUFFER .....	40
3.3.2 AMPLIFICADOR NO INVERSOR.....	41
3.4 OÍDO HUMANO ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO .....	42
3.4.1 Oído externo.....	42
3.4.2 Oído medio: .....	42

3.4.3 Oído interno:.....	42
3.5 VIBRACIONES Y LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA .	43
4 METODOLOGÍA .....	46
4.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	46
4.1.1 Enfoque .....	46
4.1.2 Tipo de investigación .....	46
4.1.3 Método .....	46
4.2 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	467
4.2.1 FUENTES PRIMARIAS. ....	467
4.2.2 FUENTES SECUNDARIAS. ....	467
4.3 PASOS PARA EI DESARROLLO .....	467
4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	467
4.4.1 Población .....	48
4.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	50
4.5.1 Recuento .....	50
4.5.2 Presentación.....	52
4.5.3 Descripción.....	54
5. INVESTIGACIÓN Y DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	56
5.1 PRUEBAS PREVIA CON PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA. ....	56
5.1.1 Identificar las reacciones ante estímulos en la piel.....	56
5.1.2 Identificar gestos faciales y corporales .....	59
5.1.3 Clasificación de ritmos musicales .....	59
5.2 POSIBLES SOLUCIONES.....	60
5.3 SOLUCIÓN .....	62
5.3.1 Adquisición de la señal de voz.....	62
5.3.2 Análisis de la señal adquirida por micrófono.....	63
5.3.2.a Oído externo -- Adquisición de la señal .....	63
5.3.2.b Oído medio – Procesamiento de la señal: .....	63
5.3.2.c Oído interno -- vibraciones eléctricas.....	78
6. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	82
6.1 CARGADOR DE BATERÍAS .....	82
6.2 ALIMENTACIÓN.....	84

6.3 CIRCUITO VERIFICADOR DE NIVEL DE VOLTAJE ADECUADO.....	85
6.4 REGULACIÓN A 5 VOLTIOS .....	86
6.5 SISTEMA PARA ADQUIRIR LA SEÑAL.....	86
6.6 AMPLIFICACIÓN DE LA SEÑAL.....	87
6.7 ANÁLISIS DE LA SEÑAL.....	88
6.8 ENCENDIDO DE VIBRADORES.....	92
6.9 CIRCUITO COMPLETO DEL PROTOTIPO E IMÁGENES DE SUS COMPONENTE.....	92
6.9.1 Baterías. ....	94
6.9.2 Cargador de baterías.....	95
6.9.3 Receptor de señal.....	96
6.9.4 Tarjeta principal .....	96
6.9.5 Prototipo armado sin protector.....	98
6.9.6 Prototipo final terminado.....	100
6.9.7 Prototipo uno terminado.....	107
6.9.8 Manillas.....	112
7. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL USO DEL PROTOTIPO. ....	117
7.1 PRUEBA UNO: usos del prototipo.....	117
7.2 PRUEBA DOS: diferenciaciones entre voz y ruido .....	118
7.3 PRUEBA TRES: identificaciones de géneros .....	119
7.4 PRUEBA CUATRO: identificación de palabras monosílabas .....	121
7.5 PRUEBA CINCO: identificación de palabras bisílabas .....	122
7.6 PRUEBA SEIS: identificaciones de familiares. ....	124
7.7 PRUEBA SIETE: identificar palabras con diferentes timbres de voz ..	125
8 RESULTADOS .....	125
9. CONCLUSIONES .....	130
10. MEJORAS FUTURAS.....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	132

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Respuestas a preferencias entre vibraciones o pulsaciones eléctrica	57
Tabla 2. Respuesta a la identificación de las variaciones con vibradores.	57
Tabla 3 . Respuesta correcta y esperada por parte de los voluntarios	58
Tabla 4. Respuesta de los voluntarios a la prueba	58
Tabla 5. Valores de activación de los vibradores.	69
Tabla 6. Activación de los vibradores para la FIGURA 17.	69
Tabla 7. Activación de los vibradores para la FIGURA 18.	70
Tabla 8. Activación de los vibradores para la FIGURA 19.	70
Tabla 9. Activación de los vibradores para la FIGURA 20 palabra “mamá”.	72
Tabla 10. Activación de los vibradores para la FIGURA 21 palabra “papá”.	72
Tabla 11. Activación de los vibradores para la FIGURA 22 palabra “papá” voz masculina.	73
Tabla 12. Activación de los vibradores para la FIGURA 23 palabra “papá” voz femenina	73
Tabla 13. Activación de los vibradores para la FIGURA 23 palabra “papá” con voz de voluntario hombre de 29 años.	75
Tabla 14. Activación de los vibradores para la FIGURA 23 palabra “papá” con voz de voluntario hombre de 65 años.	75
Tabla 15. Activación de vibradores (VOLTAJE)	81
Tabla 16. Identificar palabras con diferentes timbres de voz (respuestas)	126

## LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1 Edades de los sordos	50
Grafica 2 Estrato socio económico	51
Grafica 1 Estudios realizados	51
Grafica 2 Ocupación desarrollada	52
Grafica 5 Resultado de encuesta	53
Grafica 6. Resultados en porcentaje de aciertos en la identificación de ruidos y palabras.	114
Grafica 7. Resultados de identificaciones de género	116
Grafica 8. Resultados de identificación de palabras monosílabas voz femenina	117
Grafica 9. Resultados de identificación de palabras monosílabas voz masculina	118
Grafica 10. Identificación de palabras bisílabas voz femenina	119
Grafica 11. Resultado de identificación de palabras bisílabas voz masculina	120
Grafica 12. Resultado de identificaciones de familiares	121

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Primeros cursos de lengua de señas	29
Figura 2 Traductores HetaH Herramientas tecnológicas para ayuda humanitaria	31
Figura 3 Muestreos en diferentes señales a diferentes velocidades de muestreo	35
Figura 4 Cuatro gráficas en donde se observa la señal original y la muestreada a distintas frecuencia.	35
Figura 5 Cuatro graficas con un muestreo utilizando impulso unitario	36
Figura 6 Pronunciación de la palabra "CASA" en dos momentos diferentes	40
Figura 7 Buffer de voltaje	41
Figura 8 Amplificador operacional como multiplicador.	41
Figura 9 Oído humano y sus partes.	43
Figura 10 Cuatro gráficos donde se muestra las opciones de búsqueda por voz de GOOGLE®	61
Figura 11 Micrófono Inalámbrico Shure Pgx 24 ..	64
Figura 12 Osciloscopio digital UNI-T UTD 2102 utilizado para captar las señales emitidas por el micrófono.	64
Figura 13 Señales de voz (vocales A - E - I - O - U)	65
Figura 14 Señales de voz (palabra MAMÁ).	65
Figura 15 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 4000 Hz señal continua.	66
Figura 16 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 4000 Hz definiendo puntos de muestreo	66
Figura 17 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 6.6 Hz definiendo puntos de muestreo.	67
Figura 18 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 6.6 Hz definiendo puntos de muestreo sumando un escalar de 0.5 y multiplicando por un factor de 5	68

Figura 19 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 6.6 Hz definiendo puntos de muestreo sumando un escalar de 0.5 y multiplicando por un factor de 5 con ventana de rechazo entre 2.2 y 2.8	68
Figura 20 Señal de voz en MATLAB® palabra mamá con intensidad baja	69
Figura 21 Señal de voz en MATLAB® palabra mamá con intensidad alta.	70
Figura 22 Señal de voz en MATLAB® palabra “mamá” con intensidad normal.	71
Figura 23 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” con intensidad normal.	71
Figura 24 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz masculina.	72
Figura 25 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz femenina.	73
Figura 26 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz voluntario hombre de 29 años.	74
Figura 27 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz voluntario hombre de 65 años.	74
Figura 28 Muestreo de una señal que varía en amplitud en el tiempo (dummie).	75
Figura 29 Muestreo de una señal que varía en amplitud en el tiempo donde la señal fue multiplicada por un factor de 1.3 (dummie).	76
Figura 30 Asignación de valores de 1 para los picos de mayor amplitud de la señal inicial y de la señal multiplicada por un factor de 1.3	77
Figura 31 Panel frontal del prototipo, indicador por leds de colores	80
Figura 32 Diagrama de bloques.	82
Figura 33 Circuito de switches.	83
Figura 34 Panel frontal del prototipo, indicador por leds de colores destacando led de carga de batería y de conexión a la red de 120 V AC.	84
Figura 35 Circuito de switches destacando conectores RG1 y RG2	84
Figura 36 Verificador de nivel de voltaje	85
Figura 37 Regulador a 5V	86
Figura 38 Diagrama de bloques del sistema para adquirir la señal.	86
Figura 39 Amplificación de la señal	87

Figura 40	Análisis de la señal	88
Figura 41	Configuración del microcontrolador PIC 16F684	89
Figura 42	Siete graficad de simulación. Simulación 0V - Sin activación	90
Figura 43	Conexión del microcontrolador y el circuito integrado UIN2003.	92
Figura 44	Diseño esquemático de los circuitos eléctricos del prototipo	93
Figura 45	Circuito impreso.	93
Figura 46	Baterías vista frontal	94
Figura 47	Baterías vista lateral	94
Figura 48	Baterías vista trasera	95
Figura 49	Cargador de baterías	95
Figura 50	Receptor de señal	96
Figura 51	Tarjeta principal	96
Figura 52	Parte frontal del prototipo.	97
Figura 53	Prototipo armado vista lateral 1	98
Figura 54	Prototipo armado vista inferior	98
Figura 55	Prototipo armado vista lateral 4	100
Figura 56	Prototipo finalizado vista frontal	100
Figura 57	Vista lateral inferior 1	101
Figura 58	Vista lateral inferior 2	101
Figura 59	Vista lateral 2	102
Figura 60	Vista superior	102
Figura 61	Vista lateral slot de carga	103
Figura 62	Vista lateral	103
Figura 63	Vista trasera	104
Figura 64	. LED de activación funcionamiento correcto	104
Figura 65	LED azul indicador de carga baja	105
Figura 66	Led visualizador de carga	105
Figura 67	LED de visualización de conexión a la red 120 VAC	106
Figura 68	Encendido del LED indicador de carga de tres colores.	106
Figura 69	Vista frontal del prototipo uno	107

Figura 70 . Vista lateral del prototipo uno	107
Figura 71 Vista superior del prototipo uno	108
Figura 72 Vista lateral 2 del prototipo uno	108
Figura 73 Vista inferior del prototipo uno	109
Figura 74 Vista lateral. Slot de conexión a la red 120 VAC, LEDs de visualización e interruptor principal.	109
Figura 75 Abertura para introducir el receptor del micrófono	110
Figura 76 Encendido del LED de carga, el prototipo está listo para conectarse a la red de 120V AC	110
Figura 77 Encendido del LED de batería descargada	111
Figura 78 Reflejo de LED interno verde	111
Figura 79 Encendido del LED central. Visualiza que el dispositivo está cargando las baterías	112
Figura 80 Manillas para el prototipo.	112
Figura 81 Vista lateral de las manillas	113
Figura 82 Vista de los vibradores en las manillas	113
Figura 83 Vista del vibrador fuera de la manilla	114
Figura 84 Vista del vibrador en su anclaje	114
Figura 85 . Vista del vibrador sin su anclaje	114
Figura 86 Anclaje del vibrador	115
Figura 87 Manilla sin el vibrador	115
Figura 88 Parte principal de la manilla	116
Figura 89 Manilla vista lateral	116

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Consentimiento Informado	136
CD-ROM con los siguientes archivos Anexos:	
B. PALABRAS SELECCIONADAS PARA QUE EL USUARIO LAS IDENTIFIQUE CON EL DISPOSITIVO.	
C. PROGRAMA EN MATLAB® DE MUESTREO DE LA SEÑAL DE SENO A DIFERENTES FRECUENCIAS.	
D. IDENTIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS.	
E. CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRO ESTIMULADOR DE GIMNASIA PASIVA ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
F. PROGRAMA EN MATLAB® IDENTIFICACIÓN DE PALABRAS Y GENERO DE EMISOR POR REDES NEURONALES.	
G. CARACTERÍSTICAS DEL MICRÓFONO INALÁMBRICO SHURE PGX 24M ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
H. CARACTERÍSTICAS DEL MANUAL DEL OSILOSCOPIO UTD2102CEL ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
I. PRUEBAS DE IDENTIFICACIÓN DE PAREJAS	
J. DISEÑO DE VÚMETRO	
K. CARACTERÍSTICAS DE VIBRADOR ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
L. CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS BT 5C DE NOKIA® ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
M. CARACTERÍSTICAS DEL MICRÓFONO VS-SM153 WIRELESS RECEIVER ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
N. FICHA TÉCNICA (DATA SHEET) EN CARPETA DE :	
• LM7805	• PIC16F684
• LM 358	• ULN2003
O. MANUAL DE USUARIO	
P. FORMATO DE ENTREVISTA	
Q. PRUEBAS USO DEL PROTOTIPO	
R. DIFERENCIACIONES ENTRE VOZ Y RUIDO	
S. IDENTIFICACIONES DE GÉNEROS	
T. IDENTIFICACIÓN DE PALABRAS MONOSÍLABAS	
U. IDENTIFICACIÓN DE PALABRAS BISÍLABAS	
V. PLANOS DE LA ESTRUCTURA EXTERNA Y CIRCUITOS IMPRESOS DISEÑADOS.	
W. FOTOGRAFÍAS Y VIDEOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.	
X. VIDEOS CON LOS VOLUNTARIOS UTILIZANDO EL DISPOSITIVO.	

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra una solución a la problemática de una persona con la patología de hipoacusia profunda (sordo profundo o discapacidad auditiva) o que presente discapacidad auditiva, al intentar comunicarse con una persona del común, para ello se desarrolló un prototipo que permite interpretar palabras en tiempo real y en un ambiente cotidiano. Este prototipo consta de un cuerpo principal y cuatro correas, para posicionarse en los brazos y antebrazos, las cuales contienen vibradores que le permiten al usuario interpretar palabras y sonidos producidos por la voz y con qué intensidad fueron emitidas.

El prototipo se construye con el objetivo de evitar distraer al usuario, con imágenes o textos traductores, permitiendo que las palabras identificadas no salga del contexto en que fueron pronunciadas por una persona del común, adicional a esto el dispositivo está diseñado bajo parámetros de portabilidad y movilidad.

El dispositivo funciona al captar una señal de audio (palabras emitidas por voz) por medio de un micrófono inalámbrico y llevándola a un receptor, de esta manera se obtiene una señal eléctrica del orden de los milivoltios seguida de una etapa de amplificación, para luego ser analizada y procesada por un microprocesador y con esto encender los vibradores.

Para que el usuario pueda entender las palabras con ayuda del dispositivo (prototipo) fue necesario diseñar diversas terapias realizadas con la inducción de un Terapeuta Ocupacional para que el usuario desarrolle habilidades en el entendimiento de las vibraciones producidas por el prototipo.

## **ABSTRACT**

The present research shows a solution to problems of a person with profound hearing loss pathology (profoundly deaf), attempting to communicate with a common person, for it was developed a prototype that allows interpreting words in real time and on a everyday environment. This prototype consists of a main body and four belts, to position the arms and forearms, which contain vibrators that allow the user to interpret words and sounds produced by the voice and how hard they were issued.

Prototype is constructed in order to avoid distracting the user, with images or translators text, allowing the words identified are not leave the context in which these were spoken by a common person and the device is designed with portability clear parameters and mobility.

The device works by capturing an audio signal (word uttered by the voice) by means of a wireless microphone and bringing it to a receiver, so an electric signal is obtained in the order of millivolts, followed by an amplification step, these are analyzing it by a microprocessor to turn on the vibrators.

Diverse therapies were designed by an Occupational Therapist for than user can develop skills in understanding the vibrations produced by the prototype

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación en el área de electromedicina desarrolla un dispositivo portable para personas con discapacidad auditiva que emplea estimulación corporal en forma de vibraciones, permitiéndole al usuario identificar palabras en tiempo real y con qué forma e intensidad fueron expresadas. Se desarrolla este método para dar una solución a la problemática de la falta de comunicación de las personas con esta dificultad debido a que en la mayoría de los casos solo utilizan el lenguaje de signos para comunicarse y la sociedad en general no posee conocimiento de esta lengua.

En su primera etapa se analiza las ayudas existentes para que la comunidad con discapacidad auditiva se acople a la sociedad, identificando ventajas y falencias que se tuvieron en cuenta para dar una propuesta del dispositivo, seguido del desarrollo y construcción electrónico con el objetivo de no generar en ningún momento procesos invasivos, finalizando con la elaboración de terapias para que el usuario pueda aprovechar las herramientas que le genera el mecanismo para la identificación de palabras.

La unidad desarrollada esta en su etapa inicial, presenta las cualidades de prototipo y sus limitaciones correspondientes pero le permite al usuario identificar el género la forma e intensidad con que fueron expresadas las palabras sin distracciones visuales que afectan identificar claramente el contexto donde fue emitida la palabra.

El dispositivo de esta investigación genera una ayuda muy significativa ya que le permite al usuario “escuchar” señales de voz y ruidos del ambiente mediante la piel con parámetros de vibración, generando una mejor calidad de vida y su incorporación a la sociedad, disminuyendo en una gran cantidad sus exclusiones por su falta de comunicación.

# 1 ASPECTOS GENERALES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1.1 Descripción

La sociedad Colombiana tiene una población muy vulnerable por su patología o discapacidad, llamada la comunidad sorda o con discapacidad auditiva; está presenta una problemática por la gran cantidad de rechazos y exclusiones por la falta de comunicación con personas del común, en la gran mayoría de los casos necesitan de personas traductoras o simple mente se resignan a cualquier decisión que la tomen por ellos. Para mejorar esta situación se plantea desarrollar un prototipo que le genere herramientas para que el individuo que presente esta falencia pueda entender palabras en tiempo real emitidas por cualquier persona y en cualquier contexto, mejorando su estilo de vida y su capacidad de decisión.

La gran cantidad de personas con discapacidad auditiva de la sociedad se exponen a desprecios y exclusiones por parte de todos los individuos del común debido a que la comunicación con ellos se presenta en la gran mayoría de los casos con legua de signos y la comunidad en general no tiene una educación en esta clase de lengua; por lo tanto se han generado diversos métodos, procesos y dispositivos para facilitar la comunicación (implantes, audífonos etc). En este caso se plantea la construcción de un prototipo novedoso que genera impulsos en forma de vibraciones eléctricas posicionadas en correas sobre el brazo y el antebrazo, para generarle las herramientas necesarias, buscando que el usuario pueda entender las palabras, quien las emite, en que forma fue emitida y sobre todo sin que limite las habilidades visuales ya adquiridas en la identificación del contexto que rodea la emisión de la palabra.

Para el desarrollo del prototipo es necesario: la investigación de sistemas ya definidos, con la finalidad de aprovechar las mejores cualidades de cada uno, seguido de un análisis de la población que va a utilizar el dispositivo identificando sus cualidades, falencias y habilidades para poder definir procesos electrónicos adecuados para generar un dispositivo que cumpla con el objetivo de brindarle una mejor calidad de vida a una persona con discapacidad auditiva.

### 1.1.2 Formulación

¿Cómo construir un dispositivo electrónico que contribuya a mejorar la comunicación de las personas con discapacidad auditiva?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Construir un dispositivo portable de estimulación corporal para personas con discapacidad auditiva, con el cual pueda entender e identificar palabras, mediante parámetros de estimulación por vibraciones, mejorando su comunicación con personas del común.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la problemática existentes de la comunidad con discapacidad auditiva y desarrollar una nueva propuesta utilizando estimulación corporal por vibraciones, para que una persona con esta dificultad pueda mejorar su comunicación y acoplarse a la sociedad actual
- Construir un dispositivo electrónico que pueda captar la voz y genere parámetros de vibración, sin causar procesos invasivos para el usuario.
- Desarrollar terapias adecuadas para que el usuario con ayuda del prototipo pueda entender palabras en relación a su intensidad y el género del emisor para que al utilizarlo pueda mejorar su comunicación.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

En Colombia cerca del 2.8% de la población presenta una limitación para oír o discapacitada auditiva según el censo del 2005 realizado por el departamento encargado de las estadísticas en Colombia DANE<sup>1</sup>, en la mayoría de los casos, si no en su totalidad, presentan frecuentes discriminaciones y aislamiento por la falta de comunicación con su entorno. Por lo tanto se desarrolló un prototipo que le permite mejorar la comunicación de una persona con discapacidad auditiva (con la patología de hipoacusia o discapacidad auditiva), con el mundo a su alrededor, demostrando que la pérdida auditiva no se convierte en un obstáculo para poder desempeñar actividades de la vida cotidiana.

Un ejemplo clásico de discriminación se presenta en las aulas de clase de cualquier institución, en la cual si una persona que presenta una ausencia auditiva trata de cursar o estudiar, necesita de una persona proporcionando una traducción o una guía de lo enunciado, pero si las personas, compañeros o el instituto no admiten la presencia de un traductor como se presenta en la mayoría de los casos, el estudiante discapacitado no tendría la facilidad para captar o entender los conocimientos impartidos en la clase.

La diversidad de aplicaciones de este prototipo se convierte en infinitas si se tienen recursos para realizar la investigación y desarrollar complementos al prototipo inicial, por ejemplo: una persona con hipoacusia profunda o discapacidad auditiva podrá disfrutar de una película sin necesidad de subtítulos ya que el prototipo le permite al usuario entender las palabras, con que intensidad, forma y contexto fueron emitidas y diferenciar el género de la persona que emite la palabra; o poder entender la letra de una canción emitida sin imágenes, escuchar radio y sobre todo diferenciar claramente el timbre de voz de las personas más allegadas.

---

<sup>1</sup> DANE. Departamneto encargado de las estadísticas en Colombia. Disponible en Internet: <http://www.ultimahora.com/notas/295102-Un-implante-coclear-no-cura-la-sordera>

## 2. RESEÑA DE LA COMUNIDAD CON DISCAPACIDAD AUDITIVA

En este capítulo se habla acerca de las problemáticas que tiene una persona con discapacidad auditiva, las soluciones más comunes desarrolladas con la finalidad de acoplarlos a la sociedad y los dispositivos, métodos y prototipos que existen para ayudar en la comprensión del ambiente y su entorno.

### 2.1. UN DÍA COTIDIANO DE UNA PERSONA CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.

Las personas con hipoacusia profunda o discapacidad auditiva presentan grandes complicaciones en la vida diaria, a continuación se comenta un análisis de un día laboral; mostrando los problemas más comunes en la vida de una persona con discapacidad auditiva (información recolectada por vivencias y experiencias de los integrantes de Jóvenes Sordos de Nariño JUVENSOR y la Asociación de Sordos de Nariño ASORNAR).

- **Despertar.**

La carencia de poder escuchar un despertador genera que el individuo no pueda despertar a una hora adecuada, y en el caso hipotético que el sujeto realice un trabajo en la noche anterior o que cambie la hora acostumbrada en la cual empieza su etapa de sueño, modificará la hora en la cual despierta por hábito, generando dificultades. Este problema lo solucionan con ayuda de un celular utilizan su alarma colocando sin sonido pero si en *vibrador*.

- **Desayuno.**

Como cualquier persona del común, una persona con discapacidad auditiva debe desayunar por fuera de su casa; muchas veces los platos no son los mismos por lo tanto deberá escoger y realizar una conversación con el mesero o con el encargado, debido a que la persona que presta el servicio no maneja un lenguaje de señas, el sujeto se obliga a comunicarse utilizando un papel y un lapicero o muchas veces resignarse a cualquier plato que le ofrezcan.

- **Transporte al lugar de trabajo.**

Los transportes públicos más usados por las personas con discapacidad auditiva son los taxis; ya que solo entregan un papel con la dirección o el barrio donde quieren dirigirse y evitan otra comunicación. Pero si toman un bus se exponen a realizar conversaciones con el conductor; como al solicitar unas vueltas, requerir que se detenga y hasta pedir que se abra la puerta, pero el problema más grande se encuentra al solicitar paso a través de las personas que se encuentran de pie en el pasillo; por su falta de comunicación solo tratan de abrirse paso entre las ellas, generando reclamos y maltratos por las

mismas, debido a estos gestos de rechazo tratan de abstenerse buscan otros métodos de transporte como una bicicleta o seguir utilizando los taxis generando un gran incremento en gastos.

- **Labores en que se desempeña la persona con discapacidad auditiva.**

La gran mayoría de las actividades en que se desempeñan las personas con deficiencia auditiva son trabajos manuales (panadería, talabartería, mecánica, heladerías, cocina etc.), pero en todas ellas se deben ser orientadas y guiadas en la labor desarrollada, pero siempre surgen problemáticas en las cuales es necesario una comunicación con personas del común, que no manejan el lenguaje de señas, presentándoles mucha dificultad para poder dar una solución correcta a problemas simples.

- **Tiempos de esparcimiento.**

En todos los trabajos surgen momentos de comunicación rompiendo la monotonía del trabajo y ayudan a mejorar el ánimo de los trabajadores, pero si surge un pequeño chascarrillo, éste no será entendido de inmediato por personas con discapacidad auditiva, por lo contrario estas se sentirán aludidas a el chiste sintiéndose ofendidos y tomando una actitud de rechazo, aislándose más, proporcionando estrés, desgano y en algunos casos generan la renuncia al trabajo por la dificultad de no entender a los demás.

- **Almuerzos y cenas.**

En los restaurantes ofrecen muchas opciones como diversas sopas, clases de bandejas, sobremesas o acompañantes; y muchas veces una persona con discapacidad auditiva se resigna a alimentos que en realidad no le apetecen, solo por evitar tener una conversación con otra persona que no maneja un lenguaje de señas y en casos particulares no pueden interponer una queja acerca del costo o el mal servicios que se les fue brindado.

- **Llegada a casa.**

El día termina pero el estrés que se generó por no poder comunicarse adecuadamente con una sociedad que los excluye, genera problemas sentimentales con sus seres queridos, explotando de formas agresivas e insultantes.

La gran solución a la mayoría de estos problemas, son resueltos con ayuda de intérpretes, pero esto les genera dependencia a estar acompañados para tomar una decisión o resolver un problema que para una persona del común seria simple y sencillo desarrollar.

## **2.2. SOLUCIONES QUE EXISTEN PARA AYUDAR A LAS PERSONA CON DISCAPACIDAD AUDITIVA A COMUNICARSE.**

**2.2.1. Implante coclear.** La solución más utilizada, aprobada y recomendada por los profesionales es la realización de un implante coclear, con la finalidad de que una persona con discapacidad auditiva pueda escuchar de la misma forma en la que escucha una persona del común, pero existen muchos parámetros para realizar el implante de la prótesis, desde edad hasta la clasificación de la patología del paciente y sobre todo factores económicos.

Pero por la carencia de fondos para la realización del procedimiento y las negativas para la aprobación por parte de las entidades de salud, no es tan utilizada a pesar que sea viable para el paciente. Además se presentan muchas quejas y desaprobaciones por parte de la comunidad con discapacidad auditiva, ya que una persona con discapacidad auditiva se considera una persona no con déficits, sino se consideran como una persona con facultades diferentes pero común; palabras de *Edwin Geovanny Ordoñez Presidente de JUVENSOR* “yo soy especial y puedo ver y entender cosas que una persona del común no puede, por lo tanto no tiene que menospreciarme”<sup>2</sup>.

En el comunicado número 12 de La Sociedad Colombiana de Sordos (SCS) se expresa:

*La Sociedad Colombiana de Sordos (SCS) afirma que el implante coclear es una técnica quirúrgica mediante la cual se coloca una prótesis en el oído pero no cura la sordera.*

*Preocupados por la difusión de esta técnica como una solución al problema de la falta de audición, miembros de la SCS aclaran que no es tan simple como implantar el aparato y nada más.*

*"No estamos ajenos a los avances de la tecnología en el desarrollo de los sistemas utilizados en los implantes cocleares, y sabemos de la capacidad de los profesionales colombianos que están realizando estos implantes", señala Rogelio Ocampos y su esposa Marisa, miembros de la SCS.*

*Ellos señalan la importancia de que los sordos sepan que no es algo tan sencillo como operarse y nada más, sino que tienen que saber qué pasa después de la operación.*

---

<sup>2</sup> Tomado de entrevista al presidente de JUVENSOR *Edwin Geovanny Ordoñez* en noviembre del 2011 para *CARACOL RADIO PASTO*

*"El implantado debe someterse a un tratamiento logopédico especializado, con un entorno adecuado y ser insertado en una institución donde pueda aprender Lengua de Señas, paso fundamental para su evolución cognitiva e intelectual", explican.*

*Ocampos comenta que la operación puede resultar todo un éxito, pero si no se acompaña con una terapia de rehabilitación del lenguaje, "es lo mismo que nada: el individuo se va convirtiendo en un "híbrido", no se considerará sordo ni tampoco es oyente".*

*También aclara que, aunque tenga un implante coclear, "siempre será sordo, porque cada vez que se desconecta o se le acaba la pila no escucha nada".*

*Lo que se logra con el implante, explica, es que el individuo mejore su percepción del ambiente que lo rodea, "pero siempre tendrá dificultad en el habla y en el entendimiento.*

*"Lo que nos preocupa como padres de sordos es que los padres no se enteran de los riesgos que significa realizar un implante coclear: infecciones, parálisis facial, meningitis. Al descomponerse el aparato debe ser operado de vuelta, tiene además un alto costo de mantenimiento, y la pila se carga o se cambia diariamente sin hablar de todas las horas que deben ser dedicadas a el aprendizaje del lenguaje de señas"*

*De acuerdo con Ocampos, el implante es de por vida, y no hay marcha atrás. "Si el niño tenía algún resto auditivo antes de la operación, que le permitía escuchar algo con un audífono convencional, lo pierde totalmente al implantarse. O sea que, en casos que el implante ha fracasado, el individuo debe ser operado, se le extrae el dispositivo y ese oído ya no tiene resto auditivo".*

*Los miembros de la SCS opinan que, si se da a entender que el implante coclear es la solución mágica a la sordera, muchos padres de sordos que no pueden acceder a esta costosa operación se sentirán frustrados y culpables de no poder hacer que su hijo recupere la "normalidad".*

*"El uso de la tecnología de punta no es la solución de los sordos. Sí lo es una educación acorde con sus necesidades", resaltan los miembros de la Sociedad Colombiana de Sordos<sup>3</sup>.*

---

<sup>3</sup> Tomado de Sociedad Colombiana de Sordos. Disponible en Internet:  
<http://www.ultimahora.com/notas/295102-Un-implante-coclear-no-cura-la-sordera>

**2.2.2 Lengua de señas.** El uso de un lenguaje de señas es vital para el desarrollo intelectual y cognitivo de una persona con discapacidad auditiva, pero solo se limita a comunicarse con la sociedad con discapacidad auditiva.

El lenguaje de señas es la base de todas las terapias de rehabilitación de una persona con discapacidad auditiva.

Según la SCS; *“el resultado del éxito o no del implante coclear depende de cada caso o individuo y de su nivel de manejo del lenguaje de señas.”*<sup>4</sup>

La ventaja del lenguaje de señas es su facilidad para convertirse en un idioma casi universal ya que las variaciones entre las señas de un país o de un idioma diferentes son mínimas, además si una persona con discapacidad auditiva Colombiana viaja a Japón sin entender el japonés ni recibir educación en escritura del japonés, puede desenvolverse muy fácilmente con la comunidad con discapacidad auditiva de ese país (vivencia de Edwin Geovanny Ordoñez Presidente de JUVENSOR).

Se puede determinar que los sordos de todo el mundo pueden entablar una conversación entre ellos sin problemas de donde provengan, simplemente utilizando un lenguaje corporal.

---

<sup>4</sup> Sociedad Colombiana de Sordos. Disponible en Internet: <http://www.ultimahora.com/notas/295102-Un-implante-coclear-no-cura-la-sordera>

**Figura 1 Primeros cursos de lengua de señas**



Fuente: <https://www.facebook.com/pages/coro-de-lengua-de-se%C3%B1a-de-ushuaia/144602943612>

*Aun cuando hoy en día las lenguas de señas se utilizan casi exclusivamente entre personas con sordera, su origen es tan antiguo como el de las lenguas orales o incluso más (Figura 1), en la historia de la Humanidad, y también han sido y siguen siendo empleadas por comunidades de oyentes. De hecho, los Amerindios de la región de las Grandes Llanuras de América Norte, usaban una lengua de señas para hacerse entender entre etnias que hablaban lenguas muy diferentes con fonologías extremadamente diversas. El sistema estuvo en uso hasta mucho después de la conquista europea.<sup>5</sup>*

## **2.3 MÉTODOS Y DISPOSITIVOS EXISTENTES QUE USAN LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDIBLE PARA COMUNICARSE CON LA SOCIEDAD.**

**2.3.1. Métodos y dispositivos.** Existen muchas propuestas para que una persona con discapacidad auditiva pueda comunicarse con personas del común tales como:

**El uso de audífonos:** cuando la sordera es leve se puede amplificar los sonidos emitidos por las personas o por el ambiente para que sean audibles por el usuario.

---

<sup>5</sup> Tomado de: Origen de la lengua de señas Disponible en Internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/Lengua\\_de\\_se%C3%B1as](http://es.wikipedia.org/wiki/Lengua_de_se%C3%B1as)

**Sistemas de relevo:** sistema que usa MOVISTAR (en principio Telefónica en Colombia) para que las personas con discapacidad auditiva realicen una comunicación por un teléfono fijo a cualquier otro teléfono o celular, enviando un mensaje escrito y con ayuda de otra persona es leído para el receptor del mensaje, de la misma forma permitiéndole a una persona sin dificultades auditivas que se comunique enviando un mensaje de voz a una persona con discapacidad auditiva con la ayuda de un “digitador”, el mensaje es digitado para que sea leído por una persona con discapacidad auditiva (muy semejante al servicio prestado en años pasados de los bíperes).

**Uso de mensajes en telefonía móvil:** utilizan los celulares y mediante el servicio de mensajes de texto escriben el mensaje que quieren dar a comunicar para ser enviado y en algunos caso el celular se convierte en un dispositivo que reemplaza el papel y lápiz, donde muestran un mensaje para alguien como respuesta o pregunta en tiempo real.

**Digitalización en una computadora:** Se utilizan las cartas para enviar un mensaje por medio de correos electrónico (HOTMAIL, GMAIL, YAHOO etc) adicional a eso, el uso de redes sociales como FACEBOOK O TWITTER para comunicarse por mensajes instantáneos.

### **2.3.2 Prototipos desarrollados. Existen sistemas que ayudan a personas con discapacidad auditiva como los siguientes:**

- **Sistema interactivo de reconocimiento de fonemas para la interpretación de voz y traducción a legua de señas<sup>6</sup>:** Métodos que captan imágenes por cámara y voz por micrófono, digitalizándolas e identifica parámetros que son llevados a una red neuronal para dar una respuesta en pantalla en forma de imágenes o reproduciendo un video; debido a la gran cantidad de datos adquiridos por el computador y el nivel de procesamiento, este sistema no presenta una respuesta en tiempo real y enfoca al usuario a dejar de observar al emisor perdiendo el enfoque de la conversación (no es portable).
- **Traductores HetaH Herramientas tecnológicas para ayuda humanitaria<sup>7</sup> :** permite que se digite una palabra y sea visualizada su seña correspondiente; no es en tiempo real ya que influye el tiempo en que se digite la palabra y el tiempo que tarda en la búsqueda del video para su reproducción en pantalla (muy semejante a buscar una palabra en un

---

<sup>6</sup> Sistema interactivo de reconocimiento de fonemas para la interpretación de voz y traducción a legua de señas Disponible en la biblioteca de la Universidad de Nariño.

<sup>7</sup> Traductores HetaH Herramientas tecnológicas para ayuda humanitaria Disponible en Internet: <http://hetah.net/modules/sios/traductor/>

diccionario y leer el significado palabra a palabra) la plataforma se presenta en la Figura 2

**Figura 2 . Traductores HetaH Herramientas tecnológicas para ayuda humanitaria**



Fuente: Tomado de Traductores HetaH Herramientas tecnológicas para ayuda humanitaria Disponible en internet en: <http://hetah.net/modules/sios/traductor/>

*Existen prototipos y dispositivos que utilizan vibradores para ayudar a la comunidad con discapacidad auditiva tales como:*

- **Reloj Despertador Para Sordos Hipoacusicos Con Vibrador:** presenta un vibrador para ubicar debajo de la almohada que se activa a una hora predeterminada.
- **Timbres para sordos y personas con problemas de audición con vibrador de bolsillo:** es un timbre que tiene una comunicación con un dispositivo portable que vibra ante la activación del interruptor.
- **Manilla de alarma para sordos:** activa un vibrador ante la presencia de ruidos extremos como pitos de automóviles o ladridos de perros.
- **Vibering Sensor:** reloj con dos anillos (uno para cada mano) que dependiendo en dónde se origina el ruido presenta la vibración en la mano derecha o en la izquierda, adicional presenta reconocimientos de 4 sonidos programados con anticipación (es un prototipo, no está comercializado).

- **Guante electrónico para sordos ciegos:** utiliza un guante con sensores de presión en la parte de la palma y vibradores en la parte del dorso de la mano los cuales emiten una vibración identificando letras del alfabeto y presenta una conexión vía bluetooth para comunicación con un Smartphone, permitiendo la comunicación con mensajes de texto (es un prototipo, no está comercializado).

Ninguno de los anteriores prototipos o dispositivo fue enfocado para entablar una comunicación en tiempo real, adicional a esto utilizan pantallas para generar traducciones a textos distrayendo al usuario, impidiendo entender el contexto en el cual fue emitida la palabra.

### 3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe los parámetros, conceptos y herramientas para el desarrollo y construcción del prototipo.

#### 3.1 SEÑAL DE VOZ

**3.1.1. Características de la señal de voz:** La voz es el principal modo de comunicación entre las personas; además de contener información sobre el mensaje que se desea transmitir, contiene características sobre las emociones y los estados anímicos del emisor. Durante mucho tiempo se desarrollaron sistemas capaces de simular y reconocer voz electrónicamente. La voz es una señal de audio por lo tanto, se caracteriza por una serie de elementos como:

**La intensidad:** Es equivalente al volumen. El aire al salir de los pulmones golpea la glotis y produce vibraciones. Cuanto más amplias sean, mayor será la fuerza. Se mide en decibelios (dB) y para tener una referencia, una conversación normal se encuentra entre los 30 a 50 dB<sup>8</sup>. Tiene efectos en el oyente porque transmite emociones. Un volumen de voz alto se asocia a la agresividad, nerviosismo, tensión y lejanía; al contrario, un volumen bajo puede sugerir depresión, cansancio y proximidad.

**El tono:** Está relacionado con la cantidad de vibraciones que posee una onda de sonido. A mayor número más aguda será la voz. Estas vibraciones se producen en el ser humano en la laringe y se miden en Hertz (Hz). Las voces masculinas oscilan entre los 50Hz y los 200Hz. Las femeninas entre los 150 Hz y los 350Hz<sup>9</sup>.

**El timbre:** Es lo que permite que distingamos entre dos sonidos de igual intensidad y tono. El aire que sale de los pulmones, recorre y choca con la laringe, labios, dientes y lengua; que tiene peculiaridades únicas dependiendo de la morfología de cada persona. Estas características son la huella digital que identifica la voz de cada individuo. Aporta mucha información real o imaginaria sobre la edad, la apariencia física e incluso una especie de retrato de la personalidad del hablante.

**Duración:** es la componente de la prosodia descrita por la velocidad del emisor y la situación de los acentos. Cuyos efectos son el ritmo y la velocidad. El ritmo en el

---

<sup>8</sup> Dato obtenido del artículo: RTV.ES Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Jp4LI3BjhhcJ:www.rtve.es/noticias/20100328/niveles-decibelios-db-nuestro-entorno/322078.shtml+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>.

<sup>9</sup> Dato obtenido de: El tono de la voz masculina y femenina en los informativos radiofónicos: un análisis comparativo. Disponible en internet en : <http://www.bocc.ubi.pt/pag/rodero-emma-tono-voz-femenina.pdf>

habla deriva de la situación de los acentos y de la combinación de las duraciones de las pausas y de los fonemas. Las emociones pueden distinguirse por una serie de parámetros que conciernen a la duración, como son:

- Velocidad de locución: generalmente un locutor en estado de excitación acortará la duración de las sílabas, con lo que la velocidad de locución medida en sílabas por segundo o en palabras por minuto se incrementará.
- Número de pausas y su duración: un locutor exaltado tenderá a hablar rápidamente con menos pausas y más cortas, mientras que un locutor deprimido hablará más lentamente, introduciendo pausas más largas<sup>10</sup>.

**3.1.2 Muestreo de señales:** las señales eléctricas varían de manera continua sin embargo de ese modo no pueden ser analizadas con facilidad, ni se puede hacer ningún tratamiento con la información que contienen. Para ello deberá tomarse una serie de muestras (valores de la señal en un instante de tiempo) en forma de series de números, y ésta debe ser representativa de la señal, y no perder la información que contiene.

La forma habitual de hacer esta transformación es tomar muestras a intervalos regulares de tiempo. A este proceso se llama muestrear o digitalizar la señal. La velocidad a que se toman esas muestras, medida normalmente en número de muestras por segundo, se llamará velocidad de muestreo, y su elección es muy importante para no perder la información que contiene la señal, y también para no generar un archivo de datos demasiado grande.

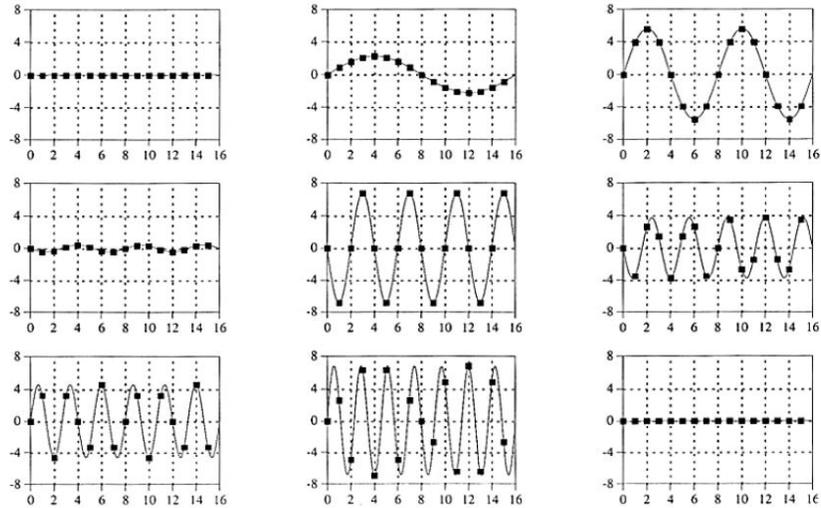
En los gráficos de abajo (Figura 3) se pueden verse diferentes señales y diferentes puntos que representan el muestreo hecho. En algunos casos es muy claro que los puntos no representan bien la señal<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Datos referenciados del libro : The cognitive structure of emotion. Clore, and A. Collins, A. Ortony, G. L. Londres: Cambridge University Press, 1988

<sup>11</sup> Tomado de Introducción. Señales y análisis de Fourier Disponible en internet en: [http://www.culturacientifica.org/textosudc/unidad\\_didactica\\_fft.pdf](http://www.culturacientifica.org/textosudc/unidad_didactica_fft.pdf)

**Figura 3 Muestreos en diferentes señales a diferentes velocidades de muestreo**



Fuente: Introducción. Señales y análisis de Fourier Disponible en internet en: [http://www.culturacientifica.org/textosudc/unidad\\_didactica\\_fft.pdf](http://www.culturacientifica.org/textosudc/unidad_didactica_fft.pdf)

Si tomamos una señal de función trigonométrica seno y se le realiza un muestreo dependiendo de la cantidad de muestras perderemos información de la señal como se mira en las gráficas siguientes:

**Figura 4 Cuatro gráficas en donde se observa la señal original y la muestreada a distintas frecuencia.**

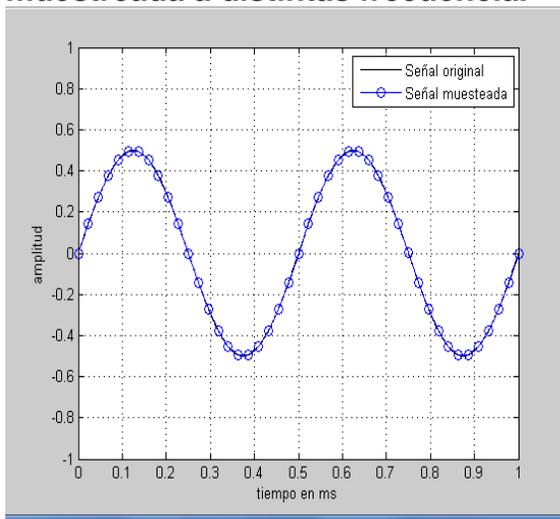


Figura 4-A muestreo a 44000 Hz

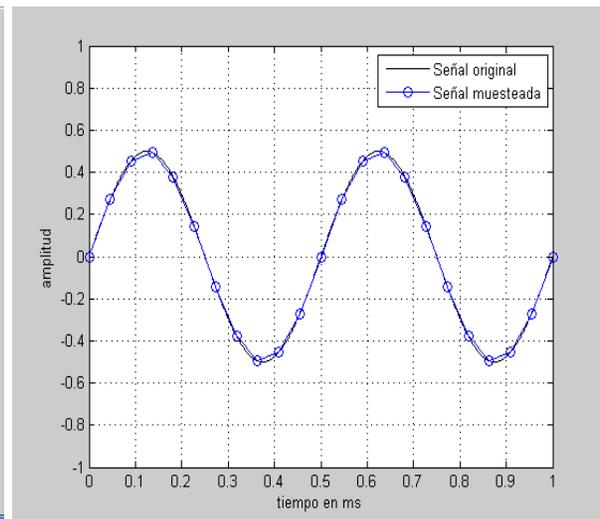


Figura 4-B muestreo a 22000 Hz

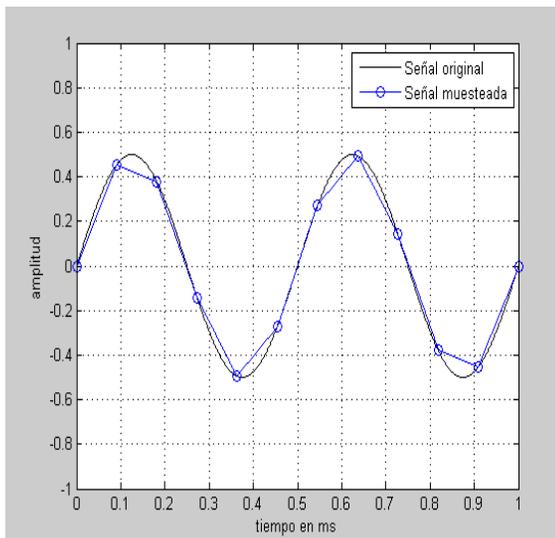


Figura 4-C muestreo a 11000 Hz

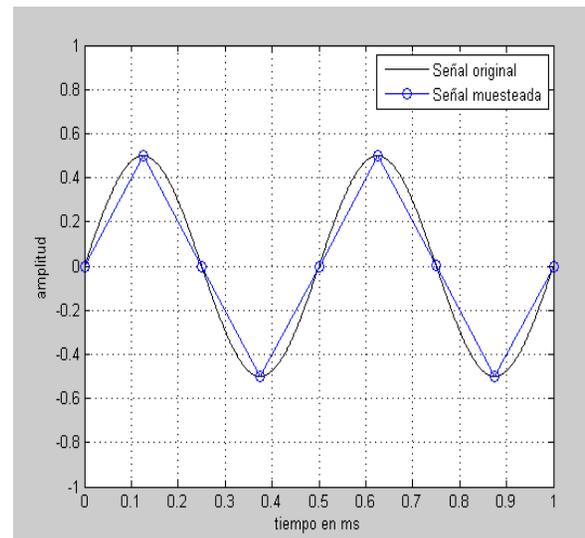


Figura 4-D muestreo a 8000 Hz

Fuente: Esta investigación; programa diseñado en MATLAB®. El programa se encuentre en el ANEXO C.

Cabe destacar que a menor frecuencia de muestreo, menor será la cantidad de muestras que se obtienen para analizar.

### Figura 5 Cuatro graficas con un muestreo utilizando impulso unitario

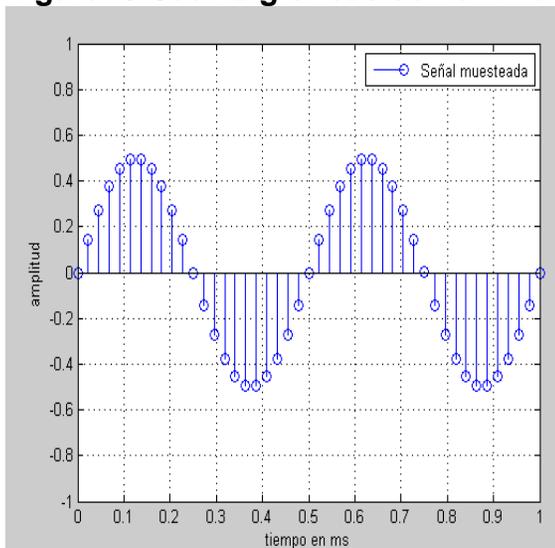


Figura 5-A muestreo a 44000 Hz

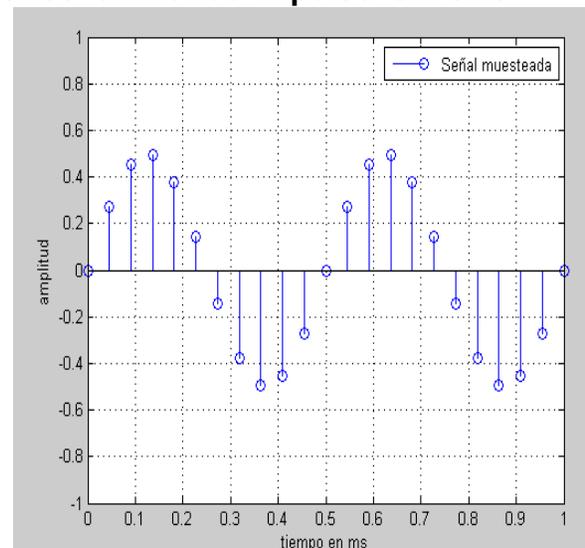


Figura 5-B muestreo a 22000 Hz

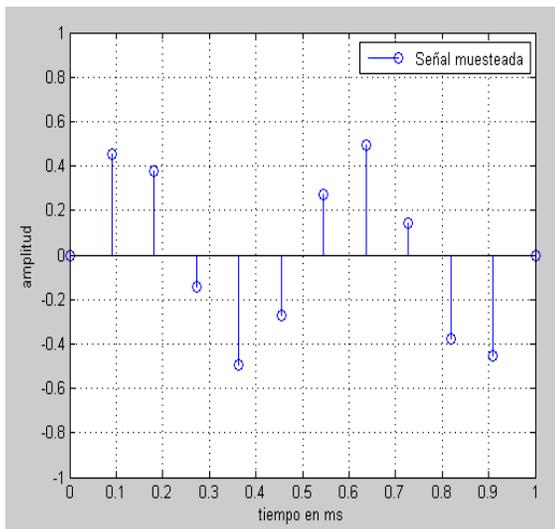


Figura 5-C muestreo a 11000 Hz

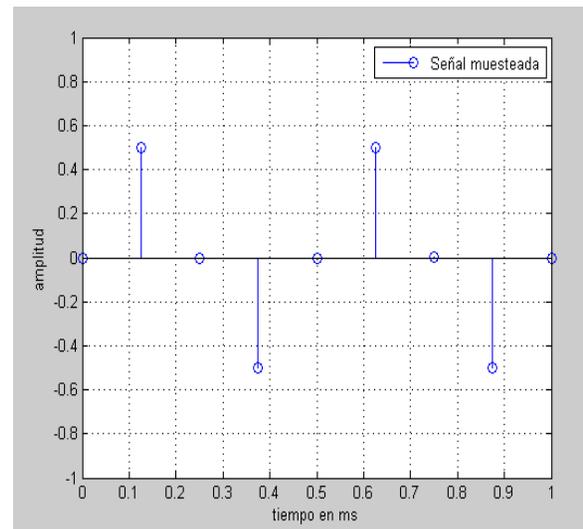


Figura 5-D muestreo a 8000 Hz

Fuente: Esta investigación; programa diseñado en MATLAB®. El programa se encuentre en el ANEXO C.

En la Figura 5 se observa el muestreo de la señal a las mismas frecuencias que en la Figura 4 utilizando un impulso unitario.

### 3.2 RECONOCIMIENTO DE VOZ

Durante mucho tiempo se realizan pruebas e investigaciones para desarrollar sistemas que permitan reconocer la voz y poderla manipular para lograr una interacción entre hombre y la máquina. Existen muchos métodos; destacándose el Reconocimiento Automático del Habla o el Reconocimiento Automático de Voz (ASR Automatic Speech Recognition) cuyo objetivo es captar señales acústicas producidas por una persona, convirtiéndolas en texto, logrando que las instrucciones por voz se desarrollen por un computador o máquina.

El método ASR permite identificar fonemas, palabras o frases como parámetros de entrada (señal de voz), pero como estos parámetros son variantes su identificación no es tan sencilla como compararlos con una base de datos y dar como resultado el más parecido, ya que existen variables como la velocidad en que se emite la señal, intensidad, el ambiente que rodea la señal, condiciones acústicas, etcétera.

La finalidad de las investigaciones en el ASR es desarrollar una máquina capaz de captar una instrucción por voz con características como la rapidez, la elocuencia, indiferente de quien la emite y sin restricciones de vocabulario; pero este nivel de procesamiento todavía es muy complicado para desarrollar.

### 3.2.1. Características del sistema ASR:

- **Dependencia del emisor:** Los sistemas ASR deben ser entrenados para identificar a cada usuario solicitando muestras de las señales producidas por su voz, proporcionándole elementos característicos del vocabulario para que la máquina pueda empezar a identificar palabras, pero este método solo limita a un usuario a la vez y deberá ser reprogramado para un nuevo emisor. Existen métodos que pueden identificar palabras sin necesidad de depender del emisor pero presentan limitaciones en el vocabulario y en la claridad que debe ser emitida la palabra o instrucción.
- **Parámetros que afectan al reconocimiento de la voz:** Los diversos cambios en la producción de la señal (dos personas en las mismas condiciones emiten diferentes señales de voz) se reconocen como variaciones **intra-hablante**, y los cambios producidos por el entorno son **inter-hablante**<sup>12</sup>
- **Limitaciones para el usuario:** dependiendo del sistema el usuario está limitado a emitir solo una palabra a la vez y esperar un tiempo para continuar con la siguiente palabra, pero este tiempo de espera se puede reducir dependiendo del nivel de procesamiento permitiéndole emitir un discurso no tan rápido como lo haría normalmente en una conversación, pero con pausas mínimas. Pero el caso más complicado, sería el reconocimiento de una señal producida por una comunicación espontánea ya que los parámetros a reconocer varían impredeciblemente impidiendo a la máquina un reconocimiento adecuado.
- **Vocabulario del sistema:** el tamaño de este afecta la complejidad del sistema, el nivel de procesamiento y la precisión dependen de un vocabulario limitado; se encontraría una respuesta mucho más rápida en un vocabulario de doscientas palabras que en uno complejo, debido a la cantidad de comparaciones y búsqueda de las palabras en la base de datos.
- **Funcionamiento de un sistema ASR:** consta de 3 etapas; captar la señal, extracción de características y algoritmo de reconocimiento
  - **Captar la señal:** se utilizan micrófonos y se amplifica la señal para poder procesarla.

---

<sup>12</sup> Referenciado de: Gustavo Romero. Sistema de reconocimiento del habla. Argentina Universidad Nacional de Entre Rios 2001.

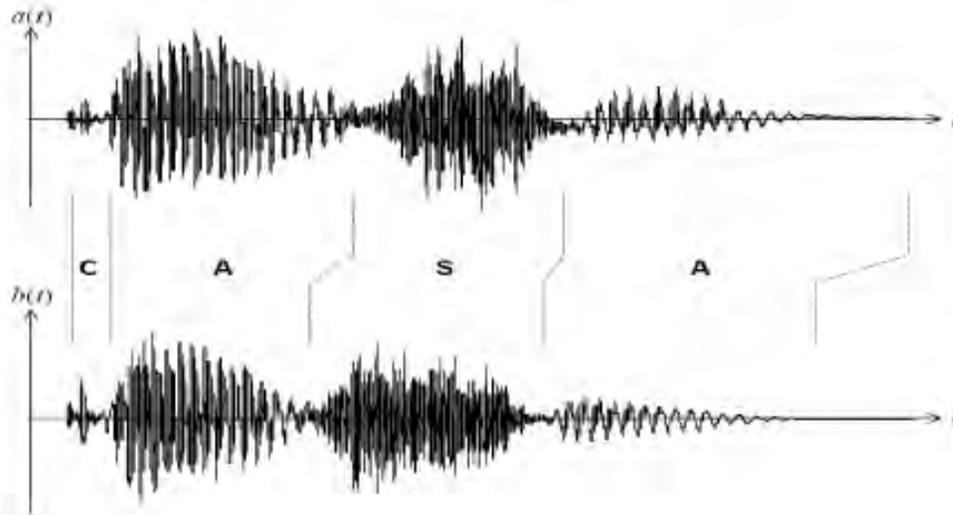
- **Extracción de características:** convierte la señal de voz en parámetros para encontrar la información relevante de la señal, para su posterior análisis en tiempo y frecuencia de segmentos sucesivos de señal de voz, generando un conjunto de parámetros acústicos que representan de forma compacta y eficiente la señal de voz. Debido a que un sistema de reconocimiento de voz depende directamente de la calidad de extracción de parámetros, se han desarrollado algoritmos como los Coeficientes Ceptrales de frecuencia de Mel y los modelos de predicción lineal que garantizan una entrega de datos significativos
- **Algoritmo de reconocimiento:** clasifica e identifica el conjunto de parámetros, para reconocer las palabras, diferenciándolas del resto que contiene almacenada en su vocabulario. Dentro de los algoritmos de reconocimiento se encuentran el Dynamic Time Warping, los Modelos Ocultos de Markov, las Redes Neuronales y las Técnicas Híbridas que usan algunas combinaciones de los anteriores algoritmos<sup>13</sup>
- **Alineación temporal dinámica:** Dynamic Time Warping es una técnica de comparación de patrones; alinea temporalmente las características de las palabras, a reconocer con las características de una palabra de referencia, obtenida en una fase de entrenamiento previa, mediante programación dinámica; esta técnica se utiliza debido a que la duración temporal de los fonemas en dos pronunciaciones de la misma palabra no siempre son iguales, incluso la duración total de las pronunciaciones puede diferir bastante, dependiendo de diferentes factores: personalidad del hablante, estado de ánimo, tranquilidad, etc. Estos factores implican la probabilidad de que si la comparación se realiza entre segmentos de análisis simultáneos de la señal de voz, sus vectores de análisis no coincidan por corresponder a fonemas diferentes. Pero la solución a este problema se lleva con un alineamiento temporal (DTW) de los segmentos sucesivos de las dos señales de voz, para comparar segmentos homólogos, es decir segmentos que correspondan a la misma posición fonética en las dos palabras como se muestra en la Figura 6<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Sistema interactivo de reconocimiento de fonemas para la interpretación de voz y traducción a la lengua de señas. DEIBY ERASMO OBANDO PORTILLA GUILLERMO DANIEL ORTEGA GALEANO Página 32 Universidad de Nariño 2011

<sup>14</sup> Sistema interactivo de reconocimiento de fonemas para la interpretación de voz y traducción a la lengua de señas. DEIBY ERASMO OBANDO PORTILLA GUILLERMO DANIEL ORTEGA GALEANO Página 35 Universidad de Nariño 2011

**Figura 6 Pronunciación de la palabra “CASA” en dos momentos diferentes**



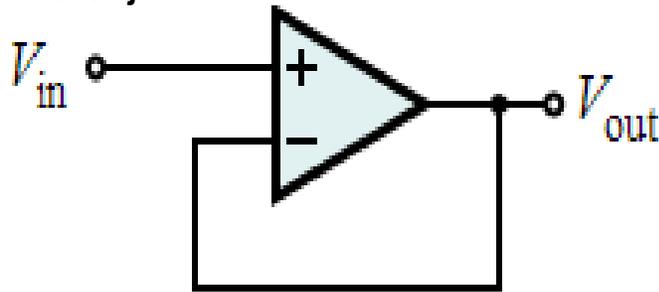
Fuente: Tomado de: Sistema interactivo de reconocimiento de fonemas para la interpretación de voz y traducción a la lengua de señas. DEIBY ERASMO OBANDO PORTILLA GUILLERMO DANIEL ORTEGA GALEANO Pagina 32 Universidad de Nariño 2011

### **3.3 AMPLIFICADORES OPERACIONALES.**

**3.3.1 BUFFER:** es un dispositivo electrónico que sirve para hacer una transformación en la impedancia de una señal.

**Buffer de voltaje:** Se utiliza para transferir una tensión de un primer circuito, que tiene un nivel de salida de alta impedancia, a un segundo circuito con un nivel de entrada de baja impedancia. El buffer impide que el segundo circuito cargue demasiado al primero, provocando un funcionamiento incorrecto. En un buffer ideal, la resistencia de entrada es infinita y la resistencia de salida es 0. En un buffer de voltaje, la ganancia suele ser 1 por lo tanto el voltaje no varía. La configuración se encuentra en la Figura 7

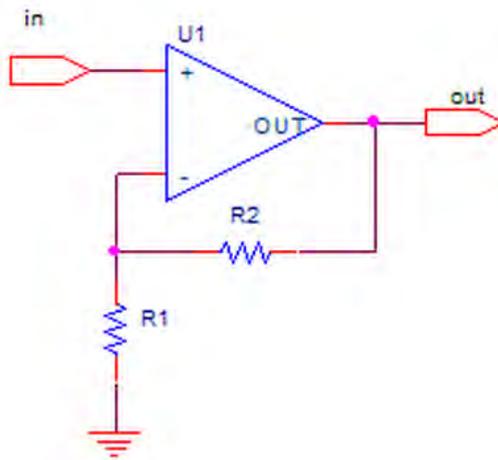
Figura 7 Buffer de voltaje



Fuente: tomada de un artículo en Wikipedia disponible en internet en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Buffer\\_amplificador](http://es.wikipedia.org/wiki/Buffer_amplificador)

**3.3.2 AMPLIFICADOR NO INVERSOR:** es una configuración donde se toman dos señales eléctricas análogas y produce una salida cuyo valor es el producto de las entradas. Un ejemplo de la configuración se encuentra en la FIGURA 8.

Figura 8 Amplificador operacional como multiplicador.



Fuente: Tomado del artículo Circuitos básicos con operacionales disponible en internet en:  
<http://www.lcardaba.com/articles/opamps.html>

Dónde:

- $-V_{in}$  es igual a  $V_{in}$ .
- $R1$  y  $R2$  forman un divisor de tensión, cuya entrada es  $V_{out}$  y la salida del divisor es  $-V_{in}$ .

Por lo tanto:

- $-V_{in} = V_{in} = V_{out} * R1 / (R1+R2)$
- $Ganancia = A_v = V_{out}/V_{in} = 1+R2/R1$

- *La impedancia de entrada  $Z_{in}$  es muy elevada, mientras que la impedancia de salida  $Z_{out}$  vale unas décimas de  $\text{ohm}$ <sup>15</sup>.*

La señal de salida está en fase con la entrada por ser inyectada por la entrada no inversora.

### 3.4 OÍDO HUMANO ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO.

Está formado por tres secciones diferentes: el oído externo, el oído medio y el oído interno.

**3.4.1 Oído externo:** es la parte más externa del oído, en ella se encuentran el pabellón auditivo y el conducto auditivo externo, su función es captar las perturbaciones en el aire llevándolas al oído medio.

**3.4.2 Oído medio:** su función es convertir las perturbaciones en el aire y convertirlas en vibraciones; esto lo hace usando el tímpano y los tres huesos más pequeños del cuerpo (martillo, yunque y estribo), el tímpano se encarga de vibrar para transmitir ese movimiento de las ondas a los tres huesecillos donde es amplificada casi 20 veces<sup>16</sup> para transferirla al oído interno.

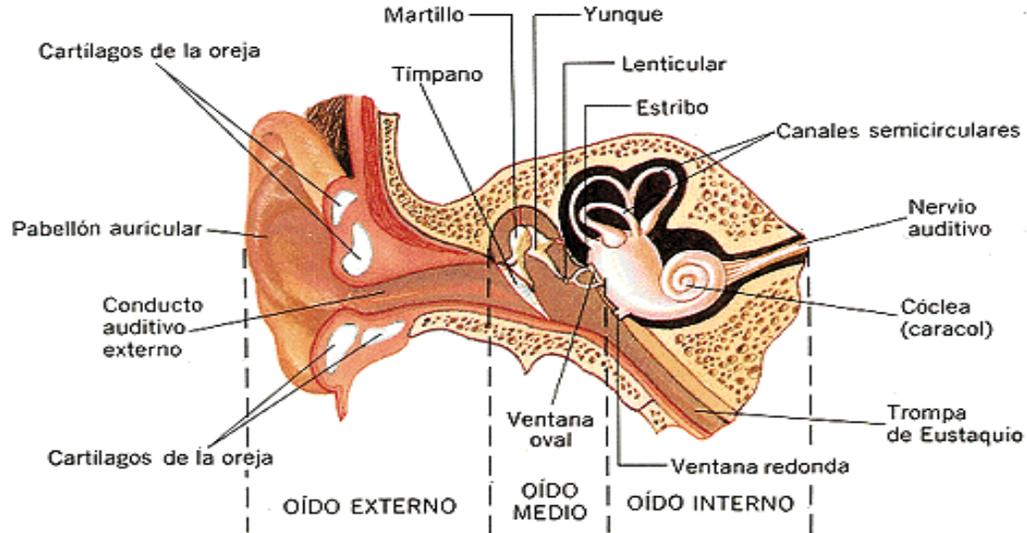
**3.4.3 Oído interno:** está formado por un complejo sistema de canales óseos y tubos membranosos en forma de caracol rellenos de líquido donde las ondas sonoras se transforman en estímulos nerviosos, Las vibraciones producidas por los huesecillos del oído medio se transmiten a los fluidos del oído interno para convertirlos en estímulos nerviosos.

---

<sup>15</sup> Tomado del artículo artículo Circuitos básicos con operacionales disponible en internet en: <http://www.lcardaba.com/articles/opamps.html>

<sup>16</sup> Dato tomado del video de EL OÍDO HUMANO: DOCUMENTAL COMPLETO. Disponibles en internet en <http://www.youtube.com/watch?v=gw-wWq6Wz5E>

**Figura 9 Oído humano y sus partes.**



Fuente: Tomado de internet en:  
<http://www.monografias.com/trabajos/sentidos/Image723.gif>

En la Figura 9 se puede observar las partes que conforman el oído humano y la división en oído externo, medio e interno.

### **3.5 VIBRACIONES Y LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.**

**Discapacidad auditiva:** según el OMS (Organización Mundial de la Salud) La sordera se define como la pérdida completa de la audición en uno o ambos oídos. Por defecto de audición se entiende una pérdida completa o parcial de la capacidad de oír.

Según la parte del oído que esté afectada, se conocen dos tipos de defectos de audición:

- **El defecto de audición conductivo** es un problema en el oído externo o medio. A menudo es susceptible de tratamiento médico o quirúrgico. Un ejemplo común es la infección crónica del oído medio.
- **El defecto de audición neurosensorial** es un problema del oído interno o el nervio acústico. Casi siempre es permanente y requiere rehabilitación, por ejemplo, mediante el uso de un audífono.

## **Datos y cifras**

- *En 2004, más de 275 millones de personas en el mundo padecían defectos de audición entre moderados y profundos; el 80% de ellos vivían en países de ingresos bajos y medianos.*
- *Estos defectos pueden estar causados por enfermedades infecciosas como la meningitis, el sarampión, la parotiditis y las infecciones crónicas del oído. Otras causas frecuentes son la exposición al ruido excesivo, los traumatismos craneoencefálicos, el envejecimiento y el uso de medicamento ototóxicos.*
- *La prevención primaria puede evitar la mitad de los casos de sordera y defectos de la audición.*
- *Una gran parte de los casos se puede tratar si se diagnostican a tiempo y se someten al tratamiento apropiado.*
- *El tratamiento depende de la causa y puede ser médico, quirúrgico o mediante implantes cocleares o adaptación de audífonos.*
- *La fabricación de audífonos satisface menos de un 10% de las necesidades mundiales. En los países en desarrollo, llevan audífono menos de 1 de cada 40 personas que lo necesitan*

## **Carga social y económica**

*Los defectos de audición pueden imponer una carga social y económica onerosa en las personas, las familias, las comunidades y los países.*

*Los defectos auditivos que aquejan a los niños pueden retrasar el desarrollo del lenguaje y las aptitudes cognitivas, lo que a su vez entorpece el aprovechamiento escolar. La magnitud del retraso depende de la intensidad de la pérdida de audición. En los adultos, el defecto de la audición dificulta obtener, efectuar y conservar el empleo. Es común que los niños y adultos con defectos de audición sufran estigma y aislamiento social.*

*Las personas pobres sufren con mayor frecuencia los defectos de audición porque no pueden pagar las medidas preventivas o la asistencia ordinaria para evitar la pérdida auditiva. Con mucha frecuencia no tienen a su disposición servicios de atención otorrinolaringológica o de asistencia auditiva ni pueden adquirir audífonos adecuados para superar la discapacidad. Los defectos de audición pueden también obstaculizar su salida de la pobreza porque entorpecen el aprovechamiento escolar o el avance en el lugar de trabajo y los aíslan socialmente.*

*La economía de los países puede resentirse por el costo de la educación especial y la pérdida de empleo por causa de los defectos de audición.<sup>17</sup>*

---

<sup>17</sup> Dato tomado Centro de prensa de OMS Nota descriptiva N°300  
Febrero de 2012 de disponible en internet en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/>

Estudios realizados en Estados Unidos por el profesor de radiología de la Universidad de Washington Dean Shibata; el cual cuestionan, *¿Como el cerebro de los sordos se adapta para escuchar música?*; se determinó que; los sordos sienten las vibraciones en la misma región del cerebro que el resto de las personas usan para oír, lo que permite explicar por qué disfrutan de la música y pueden diferenciar los géneros musicales más comunes. El cerebro de los sordos, readapta su estructura para suplir la deficiencia que impone la sordera amplificando la parte sensorial, esto es definido gracias a imágenes de resonancia magnética funcional, comparando la actividad cerebral entre sordos y personas que pueden oír.

Este estudio ha permitido comprobar que la clave radica en un área del cerebro denominada el córtex de audición, tanto los sordos como quienes no lo son muestran actividad en las zonas del cerebro que procesan las vibraciones. Pero los sordos muestran, además, una especial actividad en el córtex de la audición, aunque ese área sólo debería entrar en funcionamiento durante la estimulación auditiva.

*“The brain is incredibly adaptable. In someone who is deaf, the young brain takes advantage of valuable real estate in the brain by processing vibrations in the part of the brain that would otherwise be used to process sound,”<sup>18</sup>*

*“El cerebro es increíblemente adaptable. En alguien que es sordo, el cerebro en formación se aprovecha de un espacio valioso para procesar las vibraciones y así usa el mismo lugar que debería ser utilizado, de otro modo, para procesar los sonidos”.*

En resumen las personas con dificultad auditiva desarrollan los demás sentidos, en una forma que pueda complementar su carencia auditiva. Por lo tanto una persona con una patología de hipoacusia profunda o leve puede ver gestos, colores, movimientos, con mayor facilidad y sentir vibraciones e incluso incrementan los sentimientos en comparación a una persona común; por esto son muy susceptibles a cualquier emoción<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Brains of deaf people rewire to 'hear' music Disponible en Internet:  
<http://www.rad.washington.edu/radiology-personnel/shibatad>

<http://www.washington.edu/news/2001/11/27/brains-of-deaf-people-rewire-to-hear-music/>

<sup>19</sup> Estas conclusiones es determinada por vivencias y experiencias con las comunidades sordas y apoyadas por las asociaciones JUVENSOR y ASORNAR.

## **4 METODOLOGÍA**

En este capítulo se presenta los pasos de una metodología inductiva que se siguieron en la investigación y desarrollo para llegar a la construcción del prototipo.

### **4.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

#### **4.1.1 Enfoque**

En esta investigación se sigue los parámetros de una investigación cualitativa ya que se tiene un centro básico de actividad que es construir un dispositivo portable que le permita a una persona con discapacidad auditiva mejorar su comunicación con la sociedad común. Partiendo del hecho de las limitaciones del usuario e investigando los aspectos en que presenta mayor dificultad de su vida diaria, los cuales mejorarían notablemente con el uso del dispositivo, determinando como centros fundamentales de esta investigación:

- Recoger toda la información necesaria y suficiente para alcanzar el objetivo.
- Estructurar esa información para construir un dispositivo de estimulación corporal que emite vibraciones permitiendo que el usuario tenga las herramientas para identificar palabras en tiempo real.

#### **4.1.2 Tipo de investigación**

Para desarrollar la mejor propuesta de esta tesina, se optó por realizar una investigación experimental, ya que la existencia de dispositivos que utilicen vibradores para mejorar la comunicación a las personas con discapacidad auditiva es mínima o casi nula.

#### **4.1.3 Método**

En esta investigación se utilizó el método inductivo ya que se inicia de una gran investigación para culminar en la construcción de un dispositivo portable.

## **4.2 FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **4.2.1 FUENTES PRIMARIAS.**

#### **Asesores expertos en el tema**

Se utilizaron los conocimientos de profesores y profesionales especializados en el manejo de señales eléctricas para desarrollar ideas de cómo abordar el problema definiendo circuitos adecuados para realizar determinadas funciones, una vez diseñado el prototipo se necesitó de personas idóneas en identificar posibles daños a tejidos, nervios o peligros que atenten contra la salud del usuario, por parte del uso prolongado del prototipo (personal del área de Medicina de la Universidad de Nariño) despejando cualquier duda acerca de los posibles lesiones, se implementó el dispositivo para proceder a realizar la adecuación de interface mediante terapias de rehabilitación del usuario (personal del área de Terapeuta Ocupacional de la Universidad Mariana); pero como el prototipo no es de carácter invasivo esta etapa no debe llevarse a estudios profundos de patología que se podrían generar por que el único contacto que se genera es por causa de las vibraciones que son generadas por instrumentos electrónicos diseñados para celulares, por lo tanto el estudio puede ser solo referenciado.

### **4.2.2 FUENTES SECUNDARIAS.**

#### **Libros y artículos especializados**

Se identificaron libros especializados para mejorar las ideas o conceptos expuestos por los profesionales expertos.

#### **Investigación en internet.**

Se utilizó diversas páginas en la investigación de conceptos como configuraciones de comparadores, seguidores, conversores de corriente a voltaje, forma de configurar los integrados en sus diferentes aplicaciones entre otros métodos de diseño eléctrico y electrónico que permitan la realización del prototipo

Descarga de archivos como simuladores y data sheets de cada integrado para confirmar su aplicación y su utilidad.

## **4.3 PASOS PARA EI DESARROLLO.**

1. Identificar, recolectar y analizar información referente a las diversas técnicas para reconocimiento de voz.

- Recolección de información (Documentos, trabajos, proyectos entre otros).
  - Información referente a como se produce la voz y como el ambiente interfiere con estas señales.
  - Estudiar la lengua de señas para tener ideas claras de cómo es la comunicación actual de las personas con discapacidad auditiva
2. Diseño del sistema primario para tente puntos de partida.
- Desarrollo de ideas y métodos para adquisición de señales de audio.
  - Investigar las diferencias entre géneros y timbres de voz referenciándolos al sistema.
  - Desarrollar el sistema teniendo en cuenta parámetros concretos de amplitudes, frecuencias dominantes de las señales para cada género o por timbres de voz.
  - Realizar pruebas respectivas a cada investigación para la formación de sistema.
3. Desarrollar el sistema que incorpora la respuesta con parámetros de vibración.
- Documentación sobre sistemas que usan vibradores (celulares, entre otros).
  - Diseño del sistema para acoplarlo al sistema primario.
4. Interconexión de las diferentes etapas del sistema.
- Unir los módulos conformando un solo dispositivo.
  - Construcción de un sistema para portar el dispositivo y escoger el mejor lugar en el cuerpo para posicionarlo.
5. Identificar posibles daños para el usuario y ajustarlos.
- Documentación de las normas y leyes para pruebas con humanos.
  - Analizar las posibles lesiones que se presenten con el uso continuo.
  - Corrección y ajuste finales al dispositivo.

#### **4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **4.4.1 Población**

En Colombia se considera que para finales del año 2014 cerca del 4 % de la población presentará una deficiencia auditiva profunda, proyecciones del

DANE.<sup>20</sup> La población con discapacidad auditiva en Nariño es el 1.8% de la población total según el censo del 2005 realizado por el DANE.<sup>21</sup> Existen dos asociaciones para esta comunidad, Juvensor y Asornar en el municipio de San Juan de Pasto en los demás municipios no existe una asociación ni fundación encargada de esta población excepto de la Alcaldía Municipal.

- **Juvensor**

Es una asociación con 145 integrantes<sup>22</sup>, su mayor característica es la integración de jóvenes que presenten discapacidad auditiva de cualquier tipo, proporcionándoles una gran apoyo a las labores manuales y educativas permitiéndoles integrarse a la sociedad.

Las labores más destacadas son la panadería, costura y mecánica, en las cuales son inducidos y preparados para desempeñarlas en un taller adquiriendo una forma de trabajo.

La asociación es muy preocupada por el ingreso a estudios superiores sobre todo en la Universidad de Nariño, pero por sus patologías se presentan muchas discriminaciones incluso entre ellos mismos.

- **Asornar**

Es una asociación formada por 123 integrantes<sup>23</sup>, los cuales son adultos en su mayoría, mayores de 40 años, los cuales son asociados con la finalidad de estar presentes ante la Alcaldía Municipal solicitando ayudas económicas para la construcción de empresas de sordos con sordos y para la sociedad.

Analizando la población de los asociados de 268 individuos presentan las siguientes características<sup>24</sup>:

- El 83% presentan sordera profunda en ambos oídos y dificultad absoluta para interlocución del habla.
- El 12% presentan sordera profunda en uno de los oídos y una pérdida en el rango del 70% a 80 % en el otro oído.
- 5% presentan pérdida menor al 70% en uno o en los dos oídos.

---

<sup>20</sup> DANE. Departamneto encargado de las estadísticas en Colombia. Disponible en Internet: <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-proyeccion>

<sup>21</sup> DANE. Departamneto encargado de las estadísticas en Colombia. Disponible en Internet: <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/censos>

<sup>22</sup> Datos de la secretaria de la asociación en la sede tomado del artículo 10 del 2013

<sup>23</sup> Datos de la secretaria de la asociación en la sede tomado del artículo 7 del 2011

<sup>24</sup> Datos de la secretaria de la asociación en la sede tomados del artículo 18 de Juvensor 2013 y del artículo 16 de Asornar del 2012.

- El 95 % de la población registra su patología antes de los 18 meses de edad años de edad. El 5% restante la adquiere su enfermedad antes de los 10 años
- Como la pérdida auditiva supera el 60% en todos los casos la comunicación solo se realiza con lenguaje de señas a pesar que un 30% presenta una gran cualidad de lectura de labios.
- El 80% de la población utiliza la comunicación vía mensaje de texto por Smart-phones Black Berry y por redes sociales.
- 100% de la población presenta o a presentado algún tipo de discriminación por parte de personas del común a causa de la ausencia de comunicación.

A continuación se presenta un análisis de una muestra de 30 individuos los cuales presentan la patología de sordo profundo (hipoacusia profunda o discapacidad auditiva).

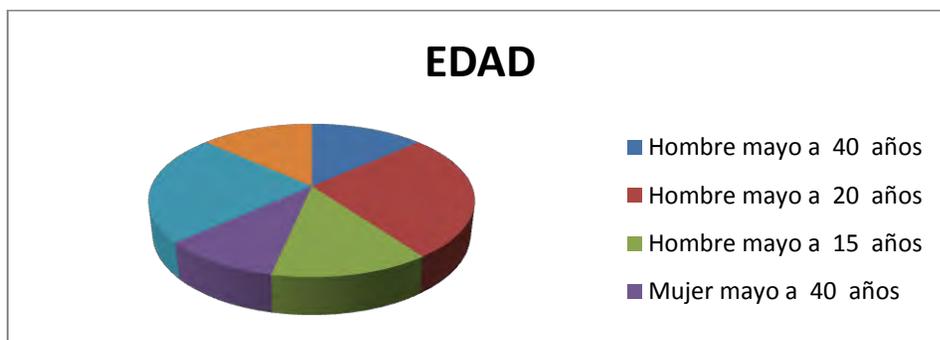
#### 4.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se presentó una encuesta (la encuesta se presenta en el ANEXO P ) verificando el conocimiento por dispositivos que utilicen vibraciones y la predisposición por la aceptación a nuevas propuestas para ayudar a la comunidad con discapacidad auditiva a incorporarse mejor ante la sociedad.

##### 4.5.1 Recuento

- La muestra consta de participantes con edades de:

##### Grafica 3 Edades



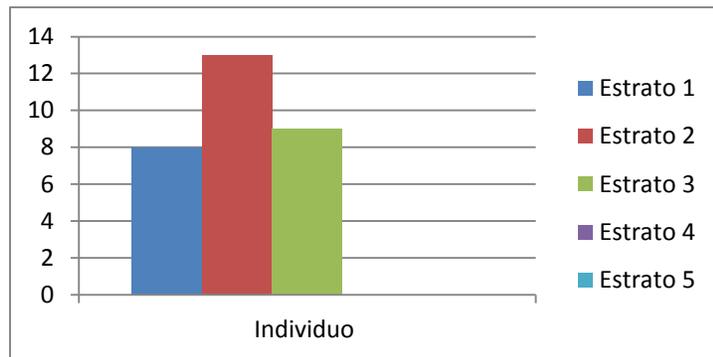
Fuente esta investigación

- 4 hombres mayores de 40 años
- 8 hombres mayores de 20 años
- 4 hombres mayores de 15 años

- 3 mujeres mayores de 40 años
- 7 mujeres mayores de 20 años
- 4 mujeres mayores de 15 años

- Estrato socio económico en el cual viven:

**Grafica 4 Estrato socio económico**

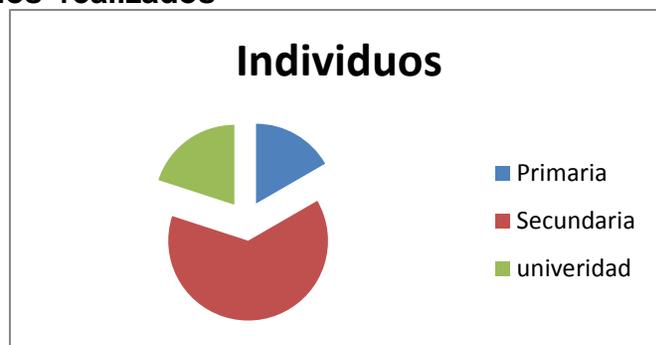


Fuente esta investigación

El 100 % de la muestra vive en estratos 3 e inferiores

- Estudios realizados por los individuos :

**Grafica 5 Estudios realizados**



Fuente esta investigación

El 100% de la muestra presentan estudios superiores al 5 grado académico de bachillerato

- 5 estudiaron solo primaria
- 19 terminaron el bachillerato
- 6 están estudiando en la universidad

- Labor que desempeña

#### **Grafica 6 Ocupación desarrollada**



Fuente esta investigación

- El 20% de la muestra se encuentra realizando estudios universitarios
- El 10 % de la muestra se encuentra realizando estudios en el colegio
- El 70% realiza labores manuales de trabajo

#### **4.5.2 Presentación:**

**ENCUESTA:** Preguntas con solo dos posibles respuestas SI o NO<sup>25</sup>:

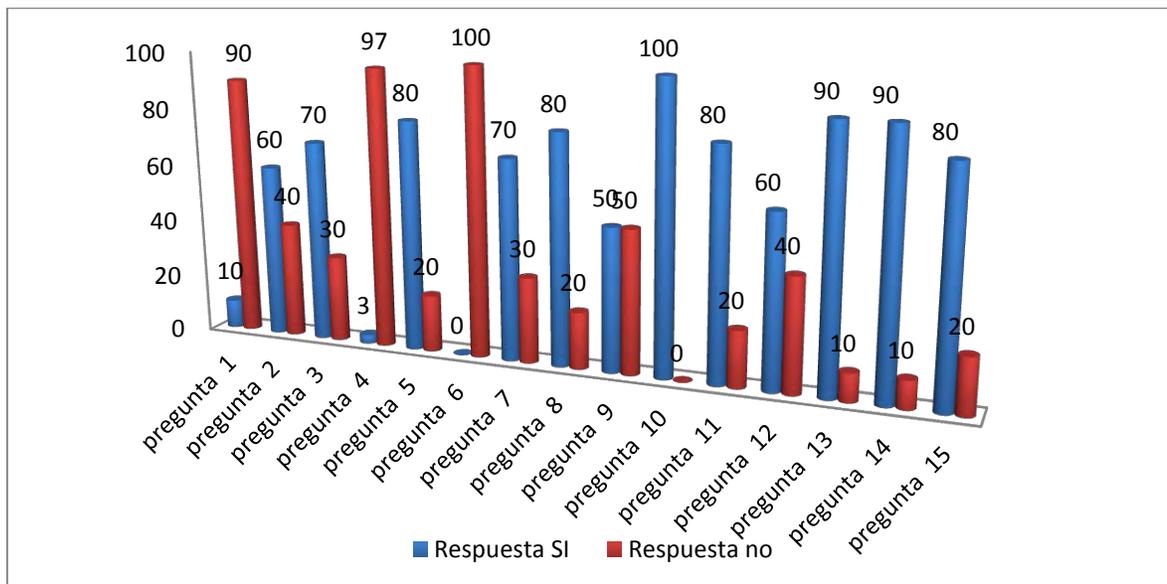
1. ¿Antes le han pedido su opinión acerca de nuevos dispositivos para personas sordas?
2. ¿Usa actualmente un dispositivo?
3. ¿Se siente bien al utilizarlo un dispositivo?
4. ¿Ha utilizado un dispositivo eléctrico para ayudarlo con su patología que vibre?
5. ¿Le gustaría utilizar un dispositivo que vibre?
6. ¿Alguna vez ha utilizado un prototipo con vibradores como el que se presenta en esta investigación?

<sup>25</sup> El formato de la encuesta se encuentra en el ANEXO P

7. ¿Le gusta el tamaño del prototipo que se presenta en esta investigación?
8. ¿Le gusta el color y los materiales en el que el prototipo está diseñado?
9. ¿Le parece cómodo para utilizarlo en un día cotidiano?
10. ¿Le gustaría probar el dispositivo nuevo?
11. ¿Le gustaría que fuera comercializado el prototipo?
12. ¿Le gustaría colaborar con la investigación?
13. ¿Le gustaría que se continuara con esta investigación?
14. ¿A tenido rechazos para implantes cocleares u otros tratamientos invasivos?
15. ¿Cree que estos nuevos métodos podrían ser una solución para su patología?

Los resultados de la encuesta fueron:

**Grafica 7 Resultado de encuesta**



Fuente esta investigación

### 4.5.3 Descripción:

Los resultados de la entrevista:

1. A la gran mayoría de los encuestados no se les ha pedido la su opinión acerca de nuevos dispositivos solo a tres en un congreso latinoamericano de sordos en Quito Ecuador
2. 18 encuestados utilizan dispositivos en la gran mayoría audífonos amplificadores.
3. Un gran porcentaje, no le gusta utilizar el dispositivo que medicamente se le fue recomendado para ayudar a su patología
4. Solo un entrevistado muestra que ha utilizado un dispositivo que vibre en forma de manilla pero que fue acondicionado en Quito Ecuador.
5. Solo 6 personas se sentían reacias a utilizar vibraciones por temor a confundirse.
6. Ninguno del encuestado se imaginaba un dispositivo que le permitiera entender palabras en tiempo real.
7. A pesar que el dispositivo de esta investigación es robusto y presenta una gran falencia en su apariencia recibe una gran acogida por la población encuestada
8. El diseño y las texturas del prototipo presentan mucha acogida pero solicitaban otros diseños para damas.
9. El uso del prototipo les parece un poco incómodo pero están muy receptivos a mejoras futuras.
10. Toda la población encuestada quería tener la oportunidad de utilizar el dispositivo para poder entender cómo funciona.
11. La gran mayoría preguntaba el costo del prototipo y que si era posible que fuera donado a la asociación para que lo puedan utilizar.
12. Por causas de trabajo y de estudio los entrevistados no se comprometían a realizar prácticas de investigación con el prototipo.

13. Solo tres personas suponían que el prototipo era muy incómodo para utilizarlo, pero que si se mejoraba se podría utilizar.
14. La gran mayoría de entrevistados presentaron un rechazo para realizarse un implante coclear por razones económicas.
15. Solo un 6 personas creen que estas soluciones no mejoran su estilo de vida ya que por su edad les parece que requiere de mucho tiempo para adaptarse a el nuevo sistema.

Analizando estos resultados se demuestra el interés general por parte de la comunidad con discapacidad auditiva en la construcción de nuevos dispositivos que les permitan una vinculación a la sociedad y el uso de un nuevo prototipo que utilice parámetros de vibraciones para poder interpretar los sonidos y la voz de un medio cotidiano.

Existen casos de individuos que por accidentes u otro tipo de patologías pierden la capacidad auditiva a edades superiores a los 13 años donde la su comunicación ya está completamente determinada y prefieren apoyarse con implantes cocleares o con audífonos, adicional presentan un rechazo completo a pertenecer a la comunidad con discapacidad auditiva principalmente por el rechazo de la sociedad.

## 5. INVESTIGACIÓN Y DISEÑO DEL PROTOTIPO

Con los parámetros ya reconocidos e identificados en los capítulos anteriores se tienen las herramientas necesarias para continuar con la investigación para diseñar un prototipo, que no bloquee la visión del paciente con pantallas ni textos traductores y que sea pequeño y portable, sin que afecte la movilidad del usuario, teniendo en cuenta que no sea invasivo. Como las personas con discapacidad auditiva presentan una gran habilidad para detectar vibraciones se planteó el diseño de un prototipo que emita vibraciones que sean correspondientes a parámetros o características de la señal producida por la voz.

Adicional a esto fue necesario ampliar los conocimientos con voluntarios sordos encontrando características útiles para definir aspectos que serán aprovechados en el diseño del prototipo.

### 5.1 PRUEBAS PREVIA CON PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.

Con ayuda de cuatro personas<sup>26</sup> con una patología de hipoacusia profunda o discapacidad auditiva se realizaron las siguientes pruebas:

*Nota:*

*A pesar de que existen muchas investigaciones en la identificación de parámetros que se evalúan en este proyecto, era necesario realizar estas prácticas, reduciendo la población con la misma patología, debido a que son mínimos los registros con tal filtración o son investigaciones que no se han enfocado para estas clase de tesina.*

*Las pruebas se realizaron en presencia de un Terapeuta Ocupacional y se tomaron todas las precauciones para no lesionar o dañar en ningún momento a los voluntarios, fueron pruebas no invasivas de contacto físico, visual y expresivo.*

**5.1.1 Identificar las reacciones ante estímulos en la piel:** Se utilizó diversas texturas como cartón, piel de conejo, lijas de madera y estímulos a nivel eléctrico como pulsaciones y vibraciones (variando su intensidad), posicionadas en el brazo del voluntario. Las pruebas se encuentran en el ANEXO D.

---

<sup>26</sup> Mateo Nicolás Ibarra, Rosa Enriquez, Andrés Rosales y Guillermo Rolando Lasso quienes voluntariamente se ofrecieron a realizar pruebas y firmar un consentimiento informado que se encuentra en ANEXOS C.

**Resultado:**

En esta prueba se destacaron las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Qué estimulación le gusta más: por vibraciones o pulsaciones eléctricas?

**Tabla 1 Respuestas a preferencias entre vibraciones o pulsaciones eléctrica**

<b>Voluntario</b>	<b>Pulsaciones eléctricas</b>	<b>Vibraciones</b>
<b>1</b>	no	si
<b>2</b>	no	si
<b>3</b>	no	si
<b>4</b>	no	si

Fuente esta investigación

Dando un gusto del 100% a las estimulaciones por vibraciones y un rechazo absoluto a las pulsaciones eléctricas.

- ¿Puede identificar las variaciones de intensidad con los vibradores?

**Tabla 2 Respuesta a la identificación de las variaciones con vibradores.**

<b>Voluntario</b>	<b>Intensidad</b>		
	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>
<b>1</b>	si	si	si
<b>2</b>	si	si	si
<b>3</b>	si	si	si
<b>4</b>	si	si	si

Fuente esta investigación

La sensibilidad de las personas con discapacidad auditiva ante los cambios de intensidad con los vibradores es muy alta.

- ¿Qué intensidad se está utilizando con los vibradores (Alta, Media o Baja)?

Se le presenta 3 intensidades diferentes al voluntario en el brazo; donde deberá identificar y clasificar cada vibración como Alta, Media o Baja.

**Tabla 3 Respuesta correcta y esperada por parte de los voluntarios**

<b>Intensidad</b>					
Baja	Alta	Media	Alta	Baja	Media

Fuente esta investigación

**Tabla 4 Respuesta de los voluntarios a la prueba**

Voluntario	Intensidad					
	Baja	Alta	Media	Alta	Baja	Media
1	Baja	Alta	Media	Alta	Baja	Media
2	Media	Alta	Media	Alta	Baja	Media
3	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Media
4	Baja	Alta	Media	Alta	Media	Media

Fuente esta investigación

Donde las palabras en azul son las respuestas esperadas, las palabras en rojo son los errores y las respuestas en negro son aciertos de los voluntarios.

Analizando los resultados de la pregunta anterior se determina un acierto del 87.5%. Demostrando que pueden clasificar y diferenciar muy bien las variaciones utilizando vibraciones.

Los voluntarios presentaron mucha sensibilidad en la piel ante las pruebas realizadas con diversos materiales; demostrando mayor preferencia a estimulaciones con vibradores ya que podían identificar y clasificar con gran facilidad cualquier cambio en la vibración aunque sea una variación mínima. Adicional a esto presentan un rechazo a las estimulaciones con impulsos eléctricos aunque que fueron realizadas con bajas intensidades, utilizando equipos especializados como el Electro Estimulador de Gimnasia Pasiva. Sus características se encuentran en ANEXOS E. Y teniendo en cuenta todas las precauciones pertinentes para no generar ningún daño o lesión al voluntario.

**5.1.2 Identificar gestos faciales y corporales:** Se presentan diversas fotografías en las cuales el voluntario deberá nombrar que clase de gesto se expresan en la imagen, las imágenes enfocaban la cara y los brazos. Estas pruebas se encuentran en el ANEXO D.

**Resultado:** Los voluntarios visualizan e identifican muy bien los gestos y rasgos que caracterizan una expresión en la cara, adicional a esto el complemento que se realiza con los miembros superiores es vital para comprender el significado de la expresión.

**5.1.3 Clasificación de ritmos musicales:** Con ayuda de un equipo reproductor de música se elevarán las bajas frecuencias de diferentes melodías y géneros musicales dándole inicialmente una inducción para que el usuario tenga un punto de referencia y pueda clasificarlos.

Los géneros de música escogidos fueron:

- Salsa
- Merengue
- Reggaetón
- Electrónica

Se escogen estos géneros porque son los más comunes y el voluntario ya tiene experiencia con ellos. Estas pruebas se encuentran en el ANEXO D.

**Resultado:** La clasificación de los géneros musicales fue una prueba muy destacada, confirmando que el área del cerebro denominada el córtex de audición les permite a los sordos identificar con mucha claridad las vibraciones producida por los diversos ritmos musicales donde se corroboraron la investigación realizada en la Universidad de Washington por el profesor Dean Shibata<sup>27</sup>.

Los resultados obtenidos en esta etapa de la investigación con los voluntarios permitieron definir parámetros y habilidades que las personas con discapacidad auditiva poseen y se deben tener muy en cuenta en el desarrollo de prototipo para no cometer el error de desaprovecharlas o disminuirlas (con distractores) son las siguientes:

- Captan movimientos gestos e identifican colores en diferentes posiciones demostrando que su campo visual es muy amplio casi un 15% del horizontal hacia abajo y de 10% del horizontal hacia arriba, más que una persona

---

<sup>27</sup> Brains of deaf people rewire to 'hear' music. Disponible en Internet: <http://www.rad.washington.edu/radiology-personnel/shibatad>

común; corroborando el análisis realizado en el libro SORDERA<sup>28</sup> donde determina que una persona con discapacidad auditiva puede identificar cualquier ideograma o gesto que se presente en frente de ellos con gran facilidad, clasificando sentimientos y reacciones tales como alegría, ilusión, rabia, ira etc.

- Identifican muy claramente los complementos que realizan los brazos y manos en una comunicación, sea realizada hacia él o entre otras personas.
- Las distracciones visuales hacen que pierdan la concentración para clasificar ritmos musicales debido a que se enfocan en el elemento de distracción.
- Infieren qué clase de textura es deslizada por diferentes partes del cuerpo dando una mayor sensibilidad en los brazos, piernas y cara.
- Disciernen una vibración en cualquier parte del cuerpo, caracterizándose los brazos y piernas; diferenciándolas por variaciones mínimas.

## 5.2 POSIBLES SOLUCIONES.

Con una señal análoga producida por el micrófono, se pueden realizar diversos procesamientos de señales para reconocer la voz; al utilizar sistemas como The Dynamic Time Warping, Redes Neuronales o Lógica Difusa, es necesario definir una base de datos de referencia o realizar un entrenamiento para poder identificar las palabras. Pero los precedentes en el desarrollo de un algoritmo que permite definir la intensidad, emoción e intención con que fue emitida la señal de voz, son casi nulos<sup>29</sup>, solo realizan la identificación de las palabras.

En primera instancia, se diseñó una Red Neuronal en MatLab® programa descrito en el ANEXO F, donde se identificó claramente palabras y se pudo diferenciar el género del emisor pero se generaban muchas complicaciones al identificar la intensidad con que fue emitida la palabra, adicional a esto los procesos de entrenamiento, limitaban a un usuario a la vez, ya que era necesario que se identifique parámetros y características para que el programa funcione correctamente, lo cual no cumple con los objetivos de esta investigación; al realizar un dispositivo que le permita entender al usuario palabras en tiempo

---

<sup>28</sup>Investigación planteado en el libro **Sordera** Disponible en internet en:  
[http://html.rincondelvago.com/sordera\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/sordera_1.html)

<sup>29</sup>La mayoría de las investigaciones que se referencian tienen como finalidad poder dar órdenes por voz y que la máquina las entienda sin importar quien emita las ordenes ni el sentimiento con que se emiten.

real, convirtiéndose en un proceso muy lento de procesamiento por la cantidad de interlocutores que podrían intervenir en una conversación con el usuario; y ya que para agilizarlo se incurría en costos muy elevados al adquirir sistemas como microcontroladores, FPGA o ARDUINO® de alto desempeño entre otros, se determinó que no era viable llevar este programa, con su base de datos a un dispositivo portable.

Como segunda opción se analizó el sistema ASR utilizado por el motor de búsqueda de GOOGLE®, como se presenta como aplicación para dispositivos con sistema operativo ANDROID® portables, su aplicación sería muy óptima, pero el algoritmo Dynamic Time Warping que presenta, necesita de complementos y base de datos de comparación remotas vía transmisión de datos y el tiempo de respuesta depende de la transmisión y las variables que lo afectan, por lo tanto dejaría de ser en tiempo real y no se identifica la intensidad con que fue emitida la palabra, llevándola a ser descartada como solución al análisis de la señal de voz, a pesar de que este sistema es muy óptimo en su portabilidad, precisión, costo y el nivel de consumo de potencia para un dispositivo portable que use ANDROID® ya que se encuentra en los niveles más bajos en comparación con otras aplicaciones de descarga popular.<sup>30</sup>

**Figura 10 Cuatro gráficos donde se muestra las opciones de búsqueda por voz de GOOGLE®**



Figura 10-A Solicita la palabra o frase a capturar

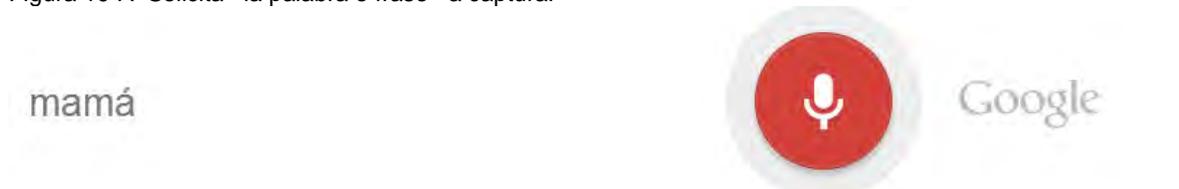


Figura 10-B muestra la palabra encontrada en este caso mamá

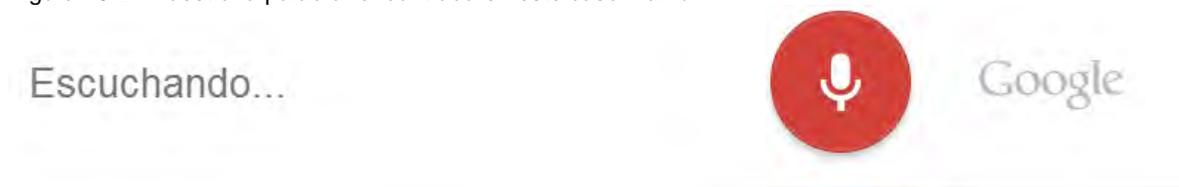


Figura 10-C Solicita la palabra o frase de otra forma

<sup>30</sup>Estudios realizados por ANDROID, Disponible en internet en : <http://www.android.com/>

No se ha entendido. [Vuelve a intentarlo](#)



Google

Figura 10-D no encuentra la comparación adecuada a la palabra o frase

Fuente: Tomado de la página de internet: [www.google.com.co](http://www.google.com.co)

En la Figura 10 se observa la aplicación que utiliza GOOGLE® en el proceso de adquirir las palabras o frase y cómo se comporta al no definirla.

### 5.3 SOLUCIÓN

Con el análisis de diversas opciones y encontrando que sus falencias se encuentra en la gran cantidad de puntos de referencia (bases de datos), el costos que se presentan al tratar de llevarlas a un sistema portable y que no identifican la intensidad con que fue emitida la palabra, se opta por diseñar un prototipo que le genere las herramientas para que el usuario se encargue de identificar las palabras y la intención con que fueron emitidas,. Por lo tanto se siguen los siguientes pasos en este proceso.

**5.3.1 Adquisición de la señal de voz:** Como todos los procesos investigados adquieren la señal por medio de transductor electroacústico (micrófono) se optó por realizarlo de la misma manera.

**Micrófonos destacados:** fue necesario definir un micrófono que permita cumplir con parámetros de costo, filtrado, eliminación de ruidos y eficiencia energética donde se destacan:

- Micrófono Inalámbrico Shure Pgx 24
- Micrófono Inalámbrico De Mano Shure Ulxd24/b58<sup>31</sup>

Los anteriores micrófonos dan prioridad a las señales de voz, filtrando ruidos y señales parásitas que se podrían generar por el ambiente o por diversas variables en la emisión de la señal y permiten obtener una señal análoga con parámetros claros. Como son dispositivos especializados su costo es mucho mayor que el de un micrófono común.

---

<sup>31</sup> Las especificaciones de los micrófonos se encuentran disponibles en internet en: <http://es.shure.com/americas/products/microphones>

**5.3.2 Análisis de la señal adquirida por micrófono:** Realizada la investigación en el análisis de señales buscando soluciones para procesar e identificar la señal para obtener una respuesta en tiempo real, se optó por realizar un estudio de como el ser humano escucha o interpreta los sonidos; definiendo como puede entender las vibraciones que provocan perturbaciones en el aire y que al viajar al oído se transforman en la sensación del sonido como todos lo conocemos, generándonos sensaciones y hasta permitiéndonos que imaginemos formas e imágenes de que provocó el sonido.

Con la estructura del oído humano se definió en el capítulo anterior se procede a diseñar el prototipo, emulando las partes principales y estructurando electrónicamente funciones semejantes:

**5.3.2.a Oído externo -- Adquisición de la señal:** como se describe anteriormente se capta las variaciones y vibraciones producidas por las cuerdas vocales con un micrófono obteniendo una señal análoga.

**5.3.2.b Oído medio – Procesamiento de la señal:** para la construcción de esta etapa, primero se identificó que clases de señales se captaban por el micrófono Inalámbrico Shure Pgx 24m (Figura 11) y sus características se encuentran en el ANEXO G. Tomando diversas muestras con ayuda de un osciloscopio digital (Figura 12) de la Universidad de Nariño en el laboratorio de Ingeniería Electrónica con la referencia UNI-T UTD 2102 y sus características se encuentran en el ANEXO H y sin realizar ninguna procesamiento ni modificación, se observó que; si la palabra es emitida con una gran tono por agresividad, nerviosismo, tensión, rabia, ira o una sensación que ensalza los niveles de intensidad de la señal se incrementa la amplitud de la misma y si es emitida con niveles bajos por depresión o cansancio disminuye la amplitud, pero estos cambio solo afectan en formas mínimas la morfología de la señal<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Existen diversos estudios donde se identifican los estados de ánimo de la persona por su señal de voz por Ejemplo en la Revista Colombiana de Física, vol. 40, No. 1, Abril 2008

**Figura 11** Micrófono Inalámbrico Shure Pgx 24 .<sup>33</sup>



Fuente: tomado de: Shure Disponible en internet en:  
:http://es.shure.com/americas/products/microphones

**Figura 12** Osciloscopio digital UNI-T UTD 2102 utilizado para captar las señales emitidas por el micrófono.

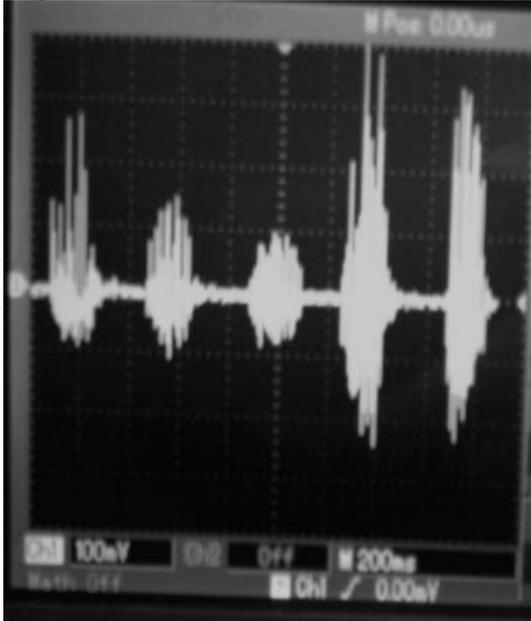


Fuente: tomada de <http://www.sigmaelectronica.net/ut2102ce-p-1497.html>

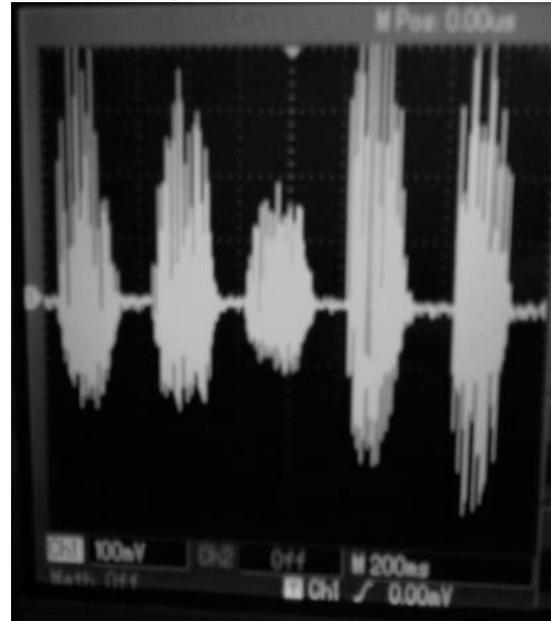
A continuación se observa los cambios de amplitud producidos en una señal de voz emitida por una persona hombre común; en las primeras Figuras (13-A y 14-A) se expresó las vocales y la palabra MAMÁ de una forma natural sin ninguna clase de exaltación. En las segundas figuras (Figuras 13-B y 14-B) se expresaron las vocales y la palabra MAMÁ con una gran intensidad simulando agresividad, nerviosismo, tensión, rabia o ira; corroborando que la morfología de la señal es muy similar variando solo su amplitud.

<sup>33</sup> Préstamo realizado por el departamento técnico de CARACOL RADIO PASTO.

**Figura 13 Señales de voz (vocales A - E - I - O - U)**



**Figura 5-A Forma natural**



**Figura 5-B Incremento de la amplitud**

**Figura 14 Señales de voz (palabra MAMÁ).**



**Figura 6-A Forma natural**



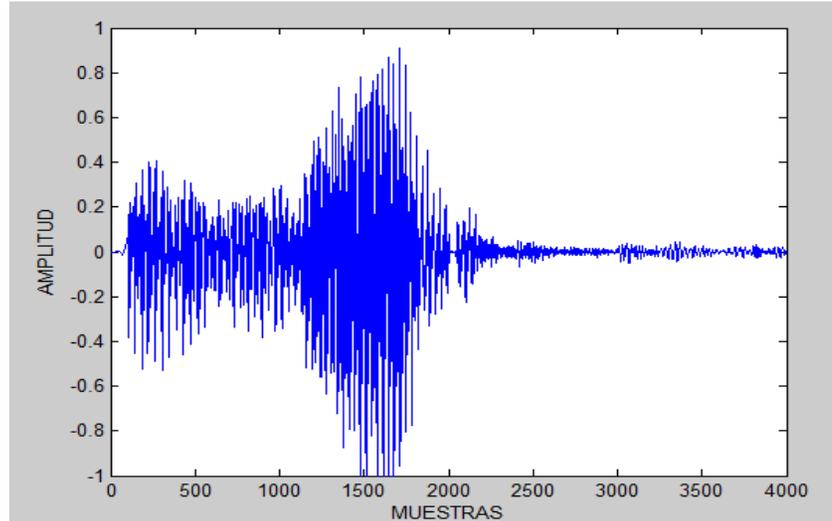
**Figura 6-B Incremento de la amplitud**

Fuente: Las señales fueron tomadas con ayuda de un osciloscopio digital UNI-T UTD 2102 de la Universidad de Nariño en el laboratorio de Ingeniería Electrónica.

Realizando un análisis de señales en MATLAB® donde se capturan una señal de voz por micrófono durante 1 segundo a una frecuencia de 4000Hz (Figura15)

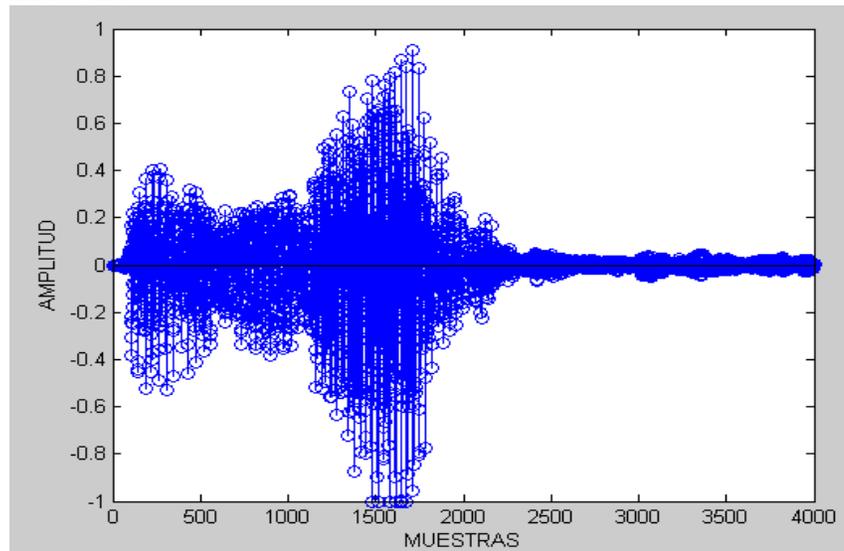
se observar la amplitud de la señal y al definir los puntos muestreados (Figura 16) se logra determinar datos para la identificación de cada palabra.

**Figura 15 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 4000 Hz señal continua.**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

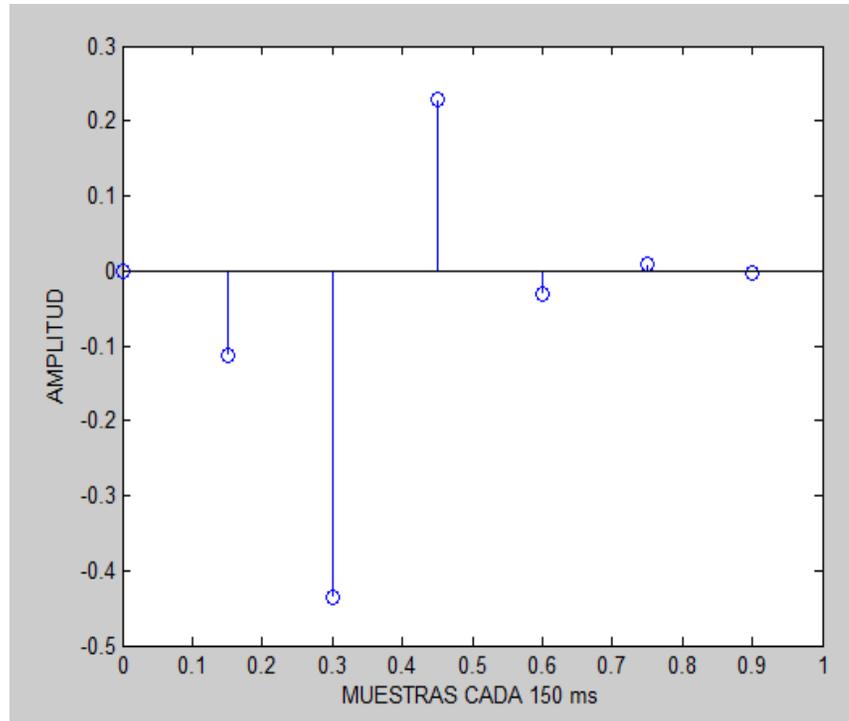
**Figura 16 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 4000 Hz definiendo puntos de muestreo**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB

Con un proceso de muestro cada 6.6 Hz realizado a la señal anterior (valor determinado para la activación de los vibradores; análisis que se verá en el capítulos siguientes) se logra reducir la cantidad de información, determinando valores estratégicos para la identificación y diferenciación de una palabra (Figura 17)

**Figura 17 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 6.6 Hz definiendo puntos de muestreo.**



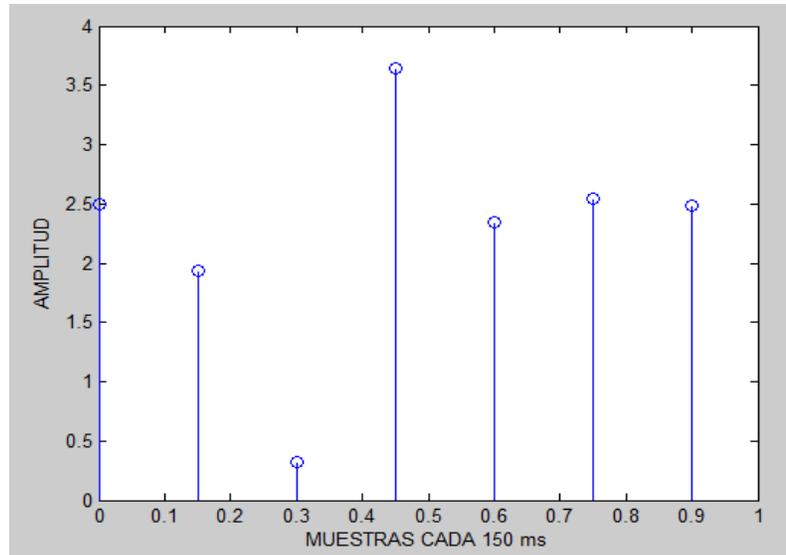
Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB

Con datos claros definidos por el anterior muestreo se identifica los valores cercanos a una amplitud de 0 como los encontrados en los tiempos de 0.6, 0.75 y 0.9 milisegundos de la Figura 17 y se los determina como ruidos, los cuales deberán ser despreciados.

Para realizar un mejor análisis de la señal se opta por sumar un escalar de 0.5 y multiplicar por un factor de 5 a los datos muestreados como se muestra en la Figura 18

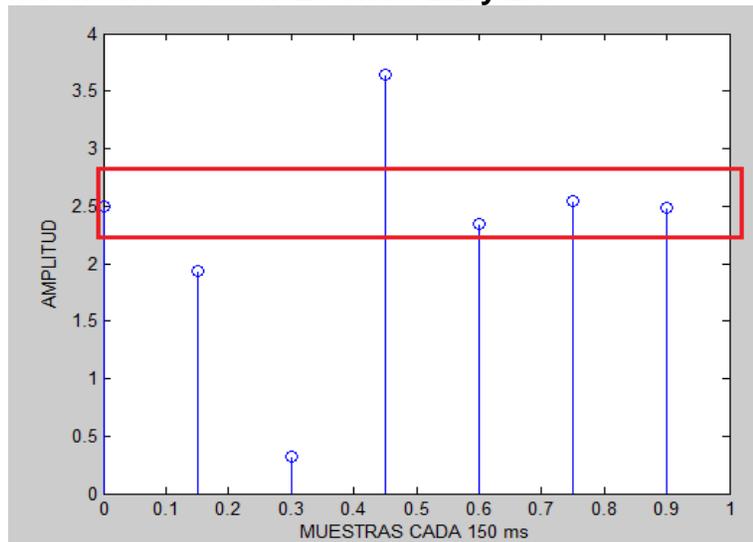
Ya que se quiere despreciar los valores cercanos a una amplitud de 0 que ahora se encuentran cerca de 2.5 se genera una ventana de rechazo en los valores definidos entre 2.2 y 2.8 Figura 19

**Figura 18 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 6.6 Hz definiendo puntos de muestreo sumando un escalar de 0.5 y multiplicando por un factor de 5**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

**Figura 19 Señal de voz en MATLAB® muestreo de 6.6 Hz definiendo puntos de muestreo sumando un escalar de 0.5 y multiplicando por un factor de 5 con ventana de rechazo entre 2.2 y 2.8**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

De esta manera solo quedan los puntos en los tiempos de 0.15, 0.30 y 1.45 que son utilizados para la activación de los vibradores.

Se definen rangos de amplitud de activación para los vibradores como se observa en la Tabla 5.

**Tabla 5 Valores de activación de los vibradores.**

Vibrador	Rango de Amplitud
1	0.1 – 1.0
2	1.1 – 2.1
3	2.9 – 3.9
4	4.0 – 5.0

Fuente esta investigación.

Para el ejemplo anterior la activación de los vibradores sería

**Tabla 6 Activación de los vibradores para la FIGURA 17.**

Vibrador	Tiempo de activación
2	151ms a 300ms
1	301ms a 450ms
3	451ms a 600ms

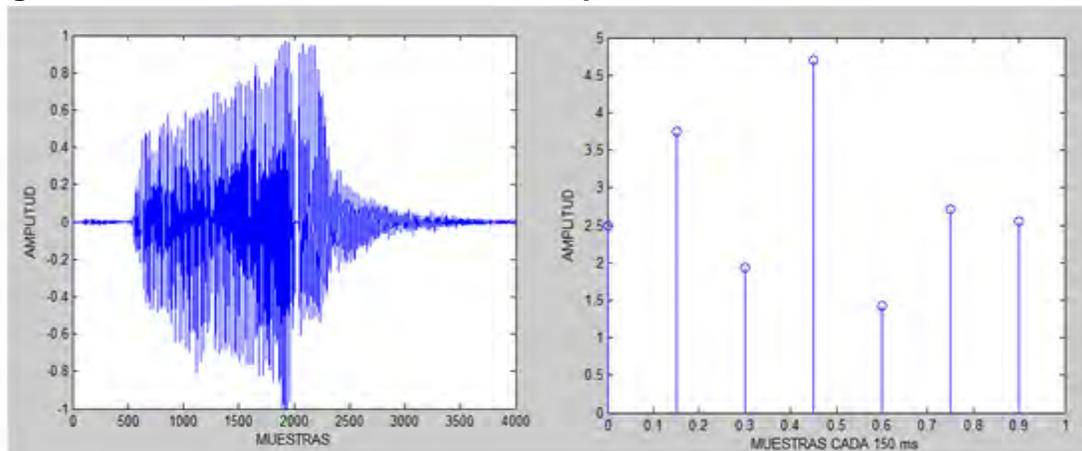
Fuente esta investigación

Con este análisis definido surgen diversos casos que se deben analizar:

**Caso1:** Diferenciación de palabras con diferente intensidad.

Tomando dos señales de la misma palabra (Mamá), expresadas con diferente intensidad, se les realiza el mismo análisis anterior obteniendo las Figuras 20 y 21.

**Figura 20 Señal de voz en MATLAB® palabra mamá con intensidad baja**



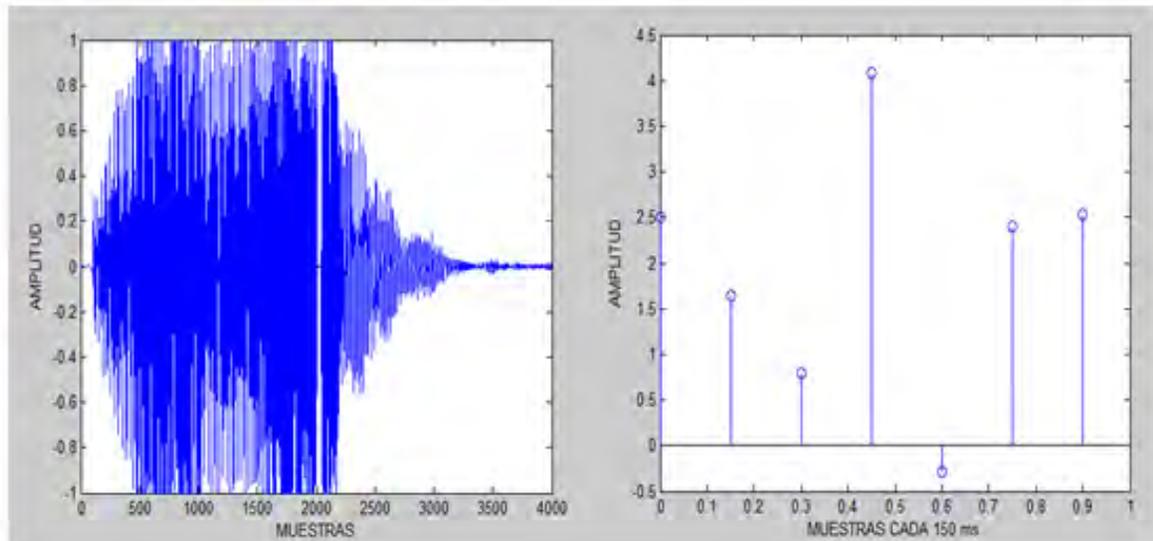
Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

**Tabla 7 Activación de los vibradores para la FIGURA 18.**

Vibrador	Tiempo de activación
3	151ms a 300ms
2	301ms a 450ms
4	451ms a 600ms
2	601ms a 750ms

Fuente esta investigación

**Figura 21 Señal de voz en MATLAB® palabra mamá con intensidad alta.**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

**Tabla 8 Activación de los vibradores para la FIGURA 19.**

Vibrador	Tiempo de activación
2	151ms a 300ms
1	301ms a 450ms
4	450ms a 600ms

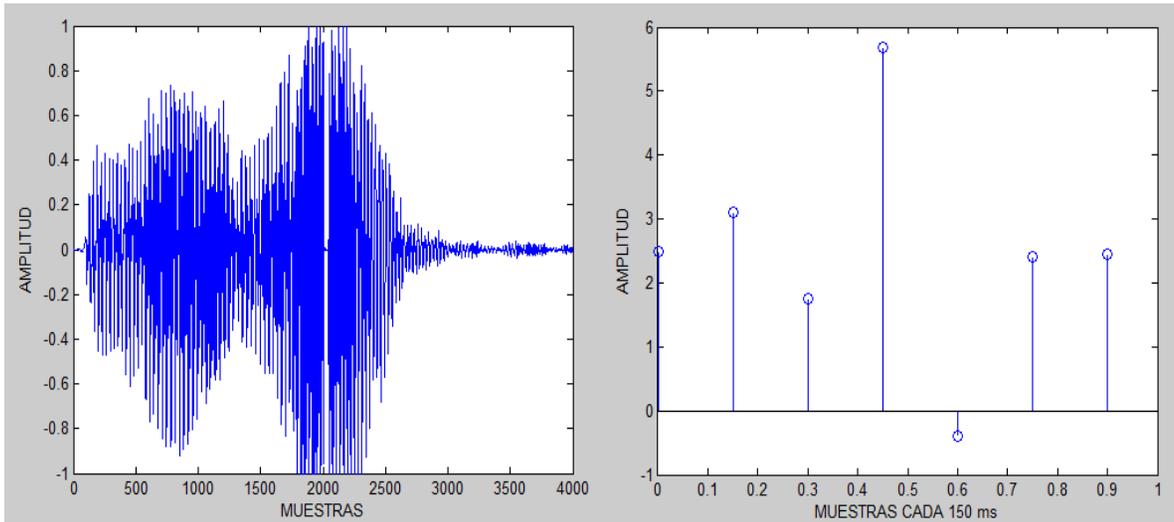
Fuente esta investigación

Como se observa en las TABLAS 6 y 7, se muestra que se puede dar herramientas para que el usuario identifique palabras y diferencie con que intensidad se expresan, dándole un significado en el contexto donde fue emitida.

**Caso 2:** Diferenciación entre palabras parecida.

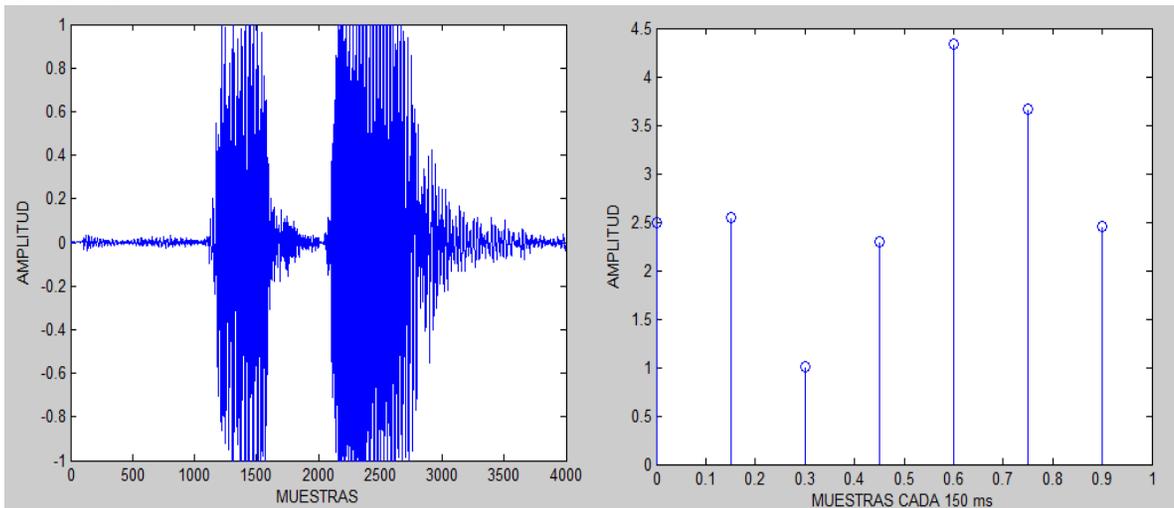
Al expresar dos palabras diferentes pero parecidas como: papá y mamá, se tendría las señales de las Figuras 22 y 23

**Figura 22** Señal de voz en MATLAB® palabra “mamá” con intensidad normal.



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

**Figura 23** Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” con intensidad normal.



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

Analizando las Figuras 22 y 23 con la Tabla 5 de valores de activación de vibradores se obtiene las siguientes tablas:

**Tabla 9 Activación de los vibradores para la FIGURA 22 palabra “mamá”.**

Vibrador	Tiempo de activación
3	151ms a 300ms
2	301ms a 450ms
4	451ms a 600ms

Fuente esta investigación

**Tabla 10 Activación de los vibradores para la FIGURA 23 palabra “papá”.**

Vibrador	Tiempo de activación
2	301ms a 450 ms
4	601ms a 750 ms
3	751ms a 900 ms

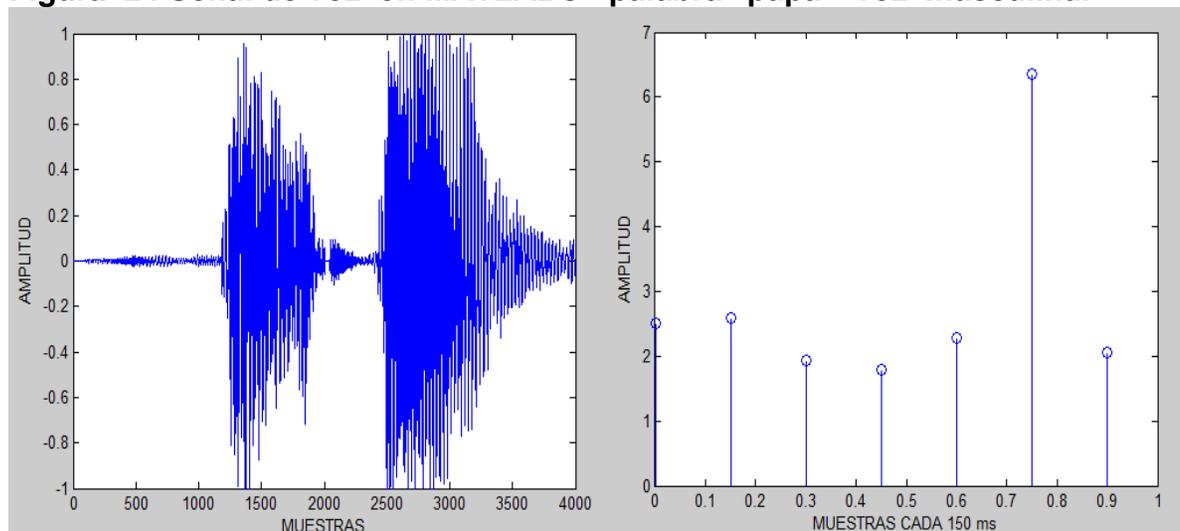
Fuente esta investigación

Donde se puede diferenciar muy claramente entre las palabras mamá y papá.

**Caso 3:** Diferenciar entre voz masculina y voz femenina.

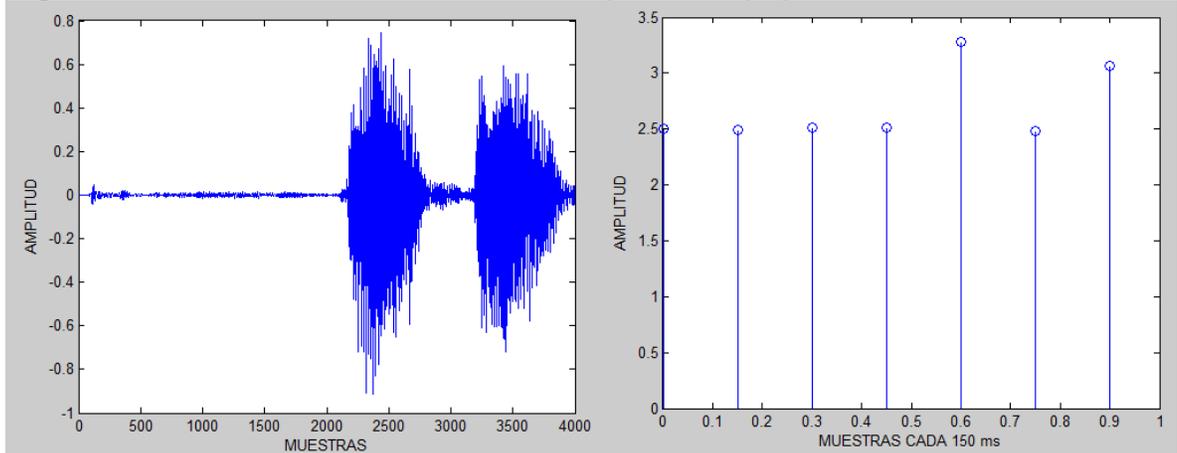
Al comparar la voz masculina y la voz femenina tendríamos las señales de la Figuras 24 y 25

**Figura 24 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz masculina.**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

**Figura 25 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz femenina.**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

Analizando las Figuras 24 y 25 con la Tabla 5 de valores de activación de vibradores se obtiene las siguientes tablas:

**Tabla 11 Activación de los vibradores para la FIGURA 24 palabra “papá” voz masculina.**

Vibrador	Tiempo de activación
2	301ms a 450ms
2	451ms a 600ms
4	751ms a 900ms

Fuente esta investigación

**Tabla 12 Activación de los vibradores para la FIGURA 25 palabra “papá” voz femenina**

Vibrador	Tiempo de activación
3	601ms a 750 ms
3	901ms a 1000ms

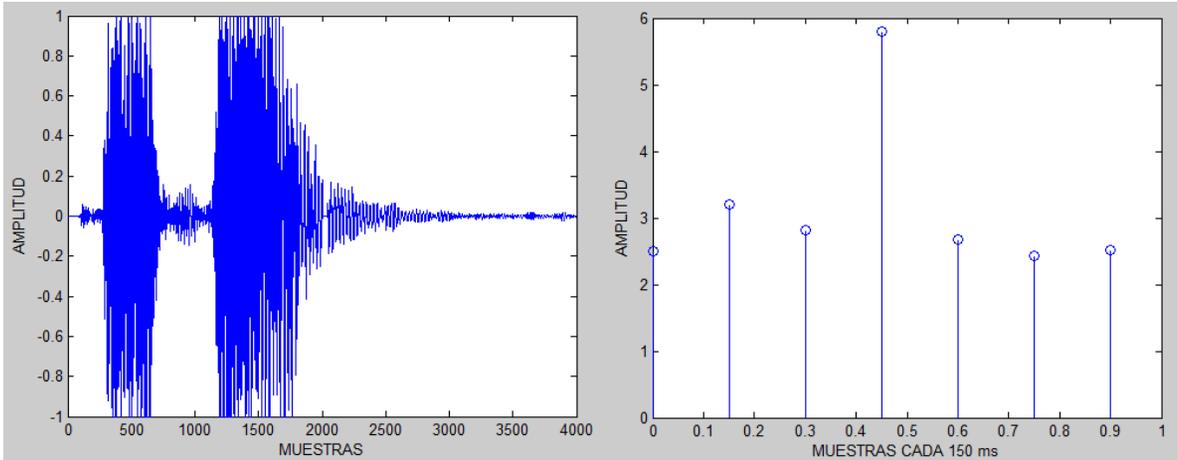
Fuente esta investigación

La voz masculina en la gran mayoría de los caso llegara a los niveles más altos de amplitud por lo tanto activara el vibrador 4

#### Caso 4: Diferenciación de timbre de voz.

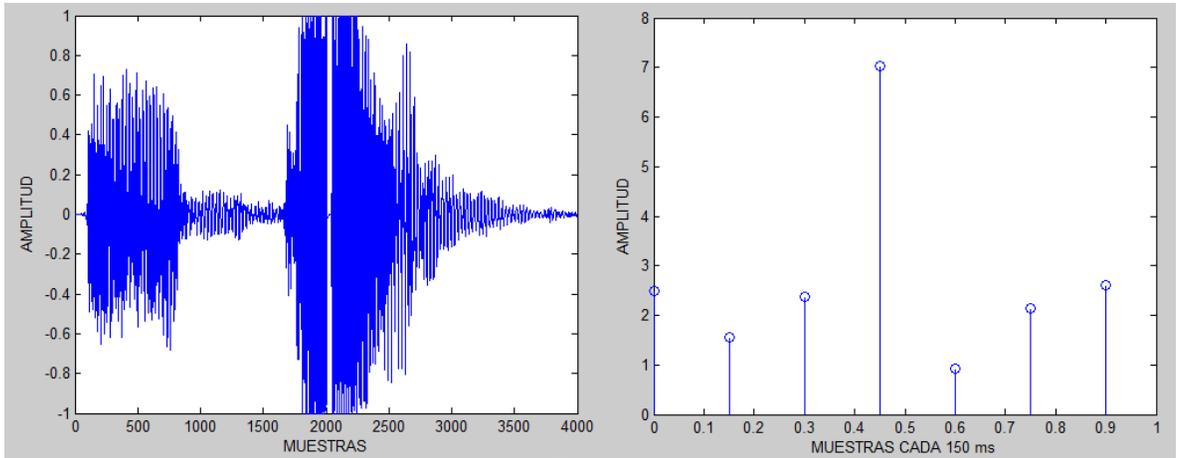
Se analizan dos señales de la misma palabra “Papá” expresadas por dos hombres de diferente edad 29 años y 65 años, obteniendo las señales de la Figuras 26 y 27

**Figura 26 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz voluntario hombre de 29 años.**



Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

**Figura 27 Señal de voz en MATLAB® palabra “papá” voz voluntario hombre de 65 años.**

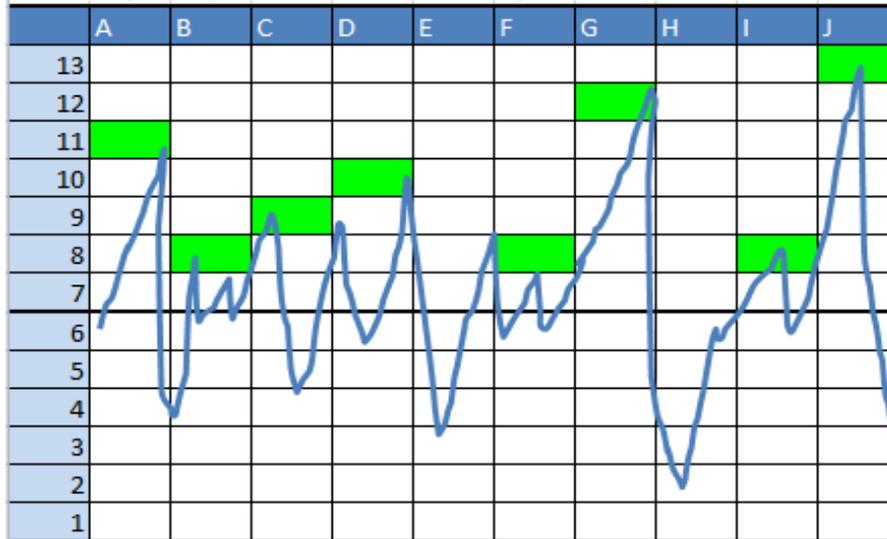


Fuente: Esta investigación utilizando el programa de MATLAB®

Analizando las Figuras 26 y 27 con la Tabla 5 de valores de activación de vibradores se obtiene las siguientes tablas



**Figura 29 Muestreo de una señal que varía en amplitud en el tiempo donde la señal fue multiplicada por un factor de 1.3 (dummie).**



Fuente: Esta investigación utilizando Microsoft® Excel

En las Figuras 28 y 29 se muestra una señal análoga en una tabla de intervalos escalares de 1 a 13 en la horizontal (donde representaría la amplitud de la señal) y una división de A a J en la vertical (representando el tiempo) destacando los puntos más elevados de la señal con color verde superiores al nivel escalar de 7<sup>34</sup>.

- **Prueba visual 1.** Fue solicitado al voluntario que encuentre parejas semejantes como las Figuras 25 Y 26 donde son distintas pero su morfología es similar.

**Resultado:**

El usuario identifico y reconoció muy claramente las parejas determinando un acierto del 100% Las pruebas se encuentran en el ANEXO I.

- **Prueba visual 2.** se le pido al usuario que identifique parejas de las tablas como las que se encuentra en la Figura 30

<sup>34</sup> Es una simulación de una señal análoga continua que varía su amplitud en el tiempo .

**Figura 30 Asignación de valores de 1 para los picos de mayor amplitud de la señal inicial y de la señal multiplicada por un factor de 1.3**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
13										
12										
11										
10							1			1
9	1			1						
8			1							
7		1				1				1
6										
5										
4										
3										
2										
1										

Figura 30-A Señal inicial

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
13										1
12								1		
11	1									
10					1					
9				1						
8		1				1				1
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										

Figura 30-B Señal modificada (multiplicada por 1.3)

Fuente: Esta investigación utilizando Microsoft® Excel

En las Figuras 30 se muestran los valores de 1 para los picos de mayor amplitud de las señales de las Figuras 28 y 29 que sobrepasa el valor escalar de 7 identificando características en su amplitud, obteniendo un resultado muy semejantes solo con un corrimiento de 1 escalón en la mayoría de los muestreos, de 2 en A y G, de 3 en J.

**Resultado:**

La identificación de las tablas tuvo un acierto del 100% como en la prueba anterior donde el usuario identificó y clasificó parejas correctamente. Las pruebas se encuentran en el ANEXO I.

Después de analizar estas pruebas se obtiene que los voluntarios pueden clasificar y encontrar parejas con una increíble rapidez, a pesar que las señales y tablas no son iguales por que presentan modificaciones mínimas como las presentes en las Figuras 28, 29 y con las tablas de la Figura 30 donde existen incrementos no lineales en algunos casos.

Como este análisis de señal es muy semejante a realizar un vúmetro se le pidió a voluntarios con la patología de hipoacusia profunda o discapacidad auditiva que identifiquen palabras captadas por micrófono y mostradas en un vúmetro; el diseño del vúmetro utilizado y las pruebas realizadas se encuentran en ANEXO J.

Los resultados de esta prueba confirman que el usuario puede diferenciar y clasificar con mucha facilidad los cambios en el vúmetro donde se expresa los niveles de amplitud de la señal.

Estas características al tratar de analizarlas a un niveles de procesamiento por Redes Neuronales o por otro tipo de análisis de señales se puede realizar, pero requiere de diversos factores, variables de control y de tiempo de procesamiento, pero al mostrar esta señal, con estos parámetros de identificación a una persona común puede identificar estos cambios con gran facilidad y en tiempos mínimos casi instantáneos.

**5.3.2.c Oído interno -- vibraciones eléctricas :** Ya que el usuario del dispositivo tiene una patología auditiva y presenta una gran sensibilidad a estímulos en la piel se relaciona esta etapa de conversión a estímulos nerviosos a través de estímulos sobre la piel.

Ya que el cerebro de una persona sin patologías auditivas puede identificar las variaciones más delicadas de la escala musical y discernir qué clase de sonidos desea escuchar o no; es decir si dos personas tienen una conversación la atención se enfoca en las palabras emitidas por el interlocutor y no en los sonidos de su alrededor como música ruidos etcétera; se entendería que una persona con hipoacusia profunda o discapacidad auditiva puede identificar de igual forma las variaciones más mínimas en una vibración y discernir que vibraciones desea percibir<sup>35</sup>.

Por lo tanto se plantean 4 rangos de identificación donde se identifica el valor máximo de voltaje que tiene la señal en un muestreo cada 150 milisegundos ya que ese es el tiempo mínimo que requiere el motor del vibrador para funcionar<sup>36</sup>. Con el valor ya identificado se puede activar una estimulación en forma de vibración sobre la piel para que el usuario entienda que nivel de los 4 fue activado. De esta forma se puede darle las herramientas necesarias al usuario para que mediante terapias adquiera habilidades para que pueda identificar que palabra fue emitida y con qué intensidad.

## **5.5 DISEÑO DEL DISPOSITIVO:**

Con el propósito de que el dispositivo realice las funciones de cada etapa de la estructura del oído humano y teniendo en cuenta las características descritas en numerales anteriores de este capítulo al Oído – Prototipo se opta por

---

<sup>35</sup> Conclusión del trabajo de investigación de ¿Puede un niño/a sordo/a aprender a solfear o leer e interpretar música con un instrumento? Disponible en internet en <http://www.rioei.org/experiencias125.htm>

<sup>36</sup> El estudio realizado para definir el tiempo mínimo que requiere el motor se encuentra en el ANEXO K con sus especificaciones técnicas

diseñar y construir un dispositivo electrónico para personas con discapacidad auditiva con las siguientes características<sup>37</sup>:

- Que no distraiga la visión del usuario mientras está en su funcionamiento, es decir la palabra debe ser identificada a través de vibraciones en la piel sin ser visualizada en pantallas.
- Que tome una señal de voz de forma análoga en tiempo real y la transforme a vibraciones con bajas intensidades para no entrar en procesos o procedimientos invasivos<sup>38</sup> con el usuario.
- De fácil manejo para garantizar que se pueda usar el dispositivo en cualquier momento de su vida cotidiana y sin ayuda.

**5.5.1 Fuente de alimentación eléctrica:** El dispositivo por ser portable debe utilizar baterías recargables.

Para escoger la mejor opción en baterías recargables se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Peso
- Voltaje
- Corriente
- Durabilidad
- Tamaño
- Costo

Dando como una clara ventaja el uso de dos batería de celular con la referencia BL -5C 1020mAh 3.7V 3.8W/h de Li-ion utilizadas por la marca Nokia®. Su imagen y características se encuentran en el ANEXO L.

**5.5.2 Indicadores:** Para que no distraiga al usuario solo se utilizaran indicadores leds de diferentes colores, que muestren el correcto funcionamiento del dispositivo como Figura 31<sup>39</sup>:

- A. Correcto funcionamiento
- B. Encendido

---

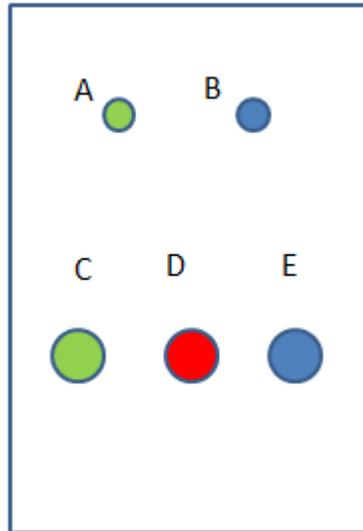
<sup>37</sup>La construcción de cada etapa se muestran en el capítulo siguiente.

<sup>38</sup>Como se trabaja con estimulaciones por vibraciones sobre la piel muy semejantes a las de un celular comercial no entra en procesos invasivos; su definición Disponible en internet en [http://es.wikipedia.org/wiki/Procedimiento\\_invasivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Procedimiento_invasivo).

<sup>39</sup>Como es un prototipo se no se utilizan pantallas de ninguna categoría ya que con investigaciones posteriores se puede realizar acoplamiento a celulares Smart Phone donde se podrá visualizar diversas aplicaciones y generar infinidad de complemento al dispositivo.

- C. Batería normal
- D. Carga de batería
- E. Batería baja

**Figura 31 Panel frontal del prototipo, indicador por leds de colores**



Fuente: Esta investigación utilizando Microsoft® Power Point

**5.5.3 Captar señal de voz:** se utilizó un micrófono de la marca SONiVOX® de la referencia VS-SM153 wireless receiver, su imagen y características se encuentran en el ANEXO M, ya que presento una calidad muy semejante a los micrófonos inicialmente seleccionados dando una gran ventaja en el costo

Con las siguientes características principales:

- Frecuencia: 100 a 8000Hz
- Voltaje: 1.5 V
- Impedancia: 1000 ohm
- Distancia efectiva: 15 a 30 metros

Una vez captada la señal de voz, se utiliza un seguidor de voltaje y es amplificada por un factor de 40 (ajustable por variación de la resistencia de un potenciómetro), para obtener una señal que varíe entre 0 y 4.2 voltios.

Con una variación clara de la señal respecto a su amplitud se opta por dar parámetros de comparación para la activación de cuatro vibradores<sup>40</sup> (los

<sup>40</sup> Lo ideal sería utilizar 20 vibradores para generarle mayor punto de referencia pero ya que su ubicación se convierte en poceros ineficaces y tediosos en la movilidad del usuario y como es un prototipo con cuatro vibradores se puede demostrar su correcto funcionamiento, en investigaciones posteriores se puede

vibradores más comerciales y de menor tamaño y costo son los de celular), utilizando la comparación de voltajes se determina cuatro niveles de referencia en la programación de un microcontrolador 16F684 con el cual se activa cada vibrador, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 15 Activación de vibradores (VOLTAJE)**

Vibrador	Voltaje (voltios )
1	Entre 0.3 y 0.99
2	Entre 1.0 y 2.79
3	Entre 2.8 y 3.59
4	Entre 3.6 en adelante

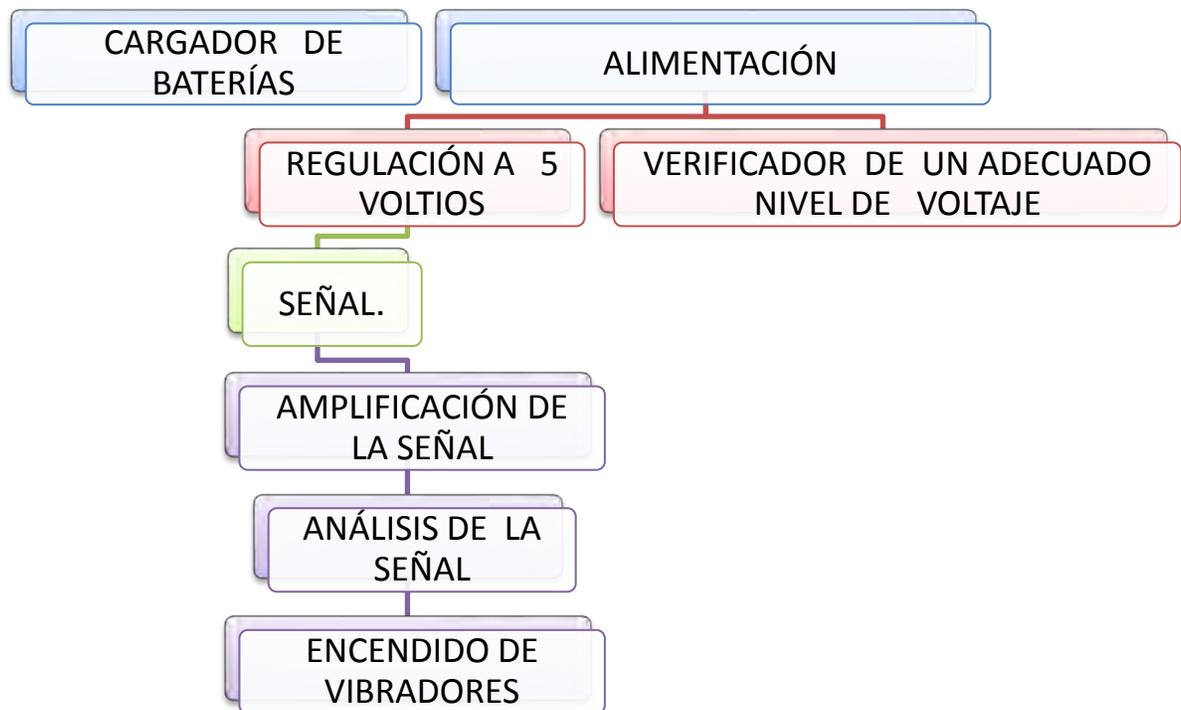
Fuente esta investigación

Las salidas del microcontrolador son llevadas al circuito integrado ULN 2003 que permite la activación de cada motor vibrador.

## 6. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

En este capítulo se muestran las etapas que conforman el prototipo siguiendo el orden del diagrama de bloques de la Figura 32, finalizando con una construcción exitosa del dispositivo final<sup>41</sup>.

**Figura 32 Diagrama de bloques.**



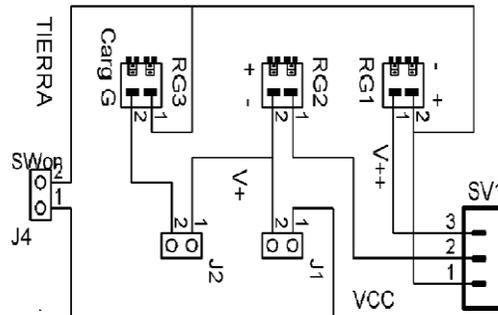
Fuente: Esta investigación utilizando Microsoft® Power Point

### 6.1 CARGADOR DE BATERÍAS.

Se utiliza un cargador genérico cuyo circuito está dividido en tres etapas (Se encuentra conectado en RG3 de la Figura 33).

<sup>41</sup> Se construyeron 2 dispositivos, con la finalidad de encontrar falencias en tamaño en el primer prototipo y poder construir el prototipo final lo más pequeño posible.

**Figura 33 Circuito de switches.**

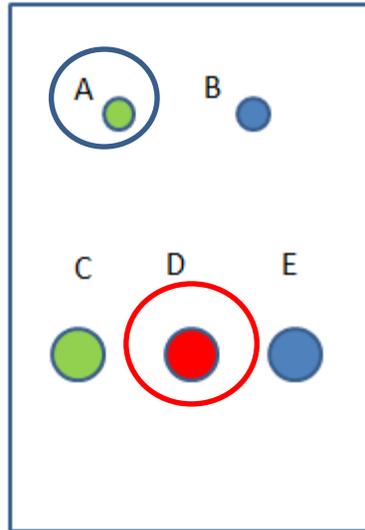


Fuente: Esta investigación.

1. La fuente de poder deberá tener una entrada de 120V AC y una salida de 5V DC. Contiene un transformador de 120V AC a 14V AC con un puente de diodos, un capacitor 2200 uF y un diodo zener 1N5244 (14V), se obtiene un voltaje teórico de 14.92V DC, el cual se regula a 5V DC, con un divisor de voltaje conformado por un potenciómetro (tripot) y un transistor (2N3055).
2. El circuito visualizador (Diodo verde recuadro azul de la Figura 34), permite identificar si la batería está correctamente conectada y lista para cargar.
  - En esta etapa se deberá desconectar de la fuente 120 V AC ya que el diodo que indica la correcta conexión de la batería también se activa en el momento que se conecte la fuente de 120 V AC.
  - Con un diodo (1N4004) se protege el circuito de fuente de 5V DC
3. Indicador de carga por led  
Conectada la fuente de 120 V AC y con un led de tres colores (azul, verde y rojo, recuadro rojo de la Figura 34) conectado a la salida se visualiza el correcto funcionamiento del cargador.<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Ya que se utiliza un circuito de un cargador genérico de baterías los planos y circuitos impresos son de autoría del productor, por lo cual no deberán ser indicados en esta investigación ya que entraría en proceso de plagio en propiedad intelectual pero se pueden consultar en internet en la página de cualquier productor.

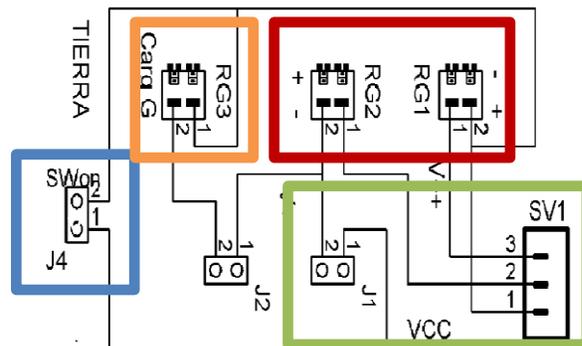
**Figura 34** Panel frontal del prototipo, indicador por leds de colores destacando led de carga de batería y de conexión a la red de 120 V AC.



Fuente: Esta investigación utilizando Microsoft® Power Point

## 6.2 ALIMENTACIÓN.

**Figura 35** Circuito de switches destacando conectores RG1 y RG2



Fuente: Esta investigación.

Con dos batería de celular la marca Nokia con referencia BL-5C, sus características se encuentran en el ANEXO L, conectadas en RG1 y RG2 (recuadro rojo de la Figura 35), en una configuración en serie proporcionada por los interruptores SV1 y J1 (recuadro verde de la Figura 35), se obtiene un

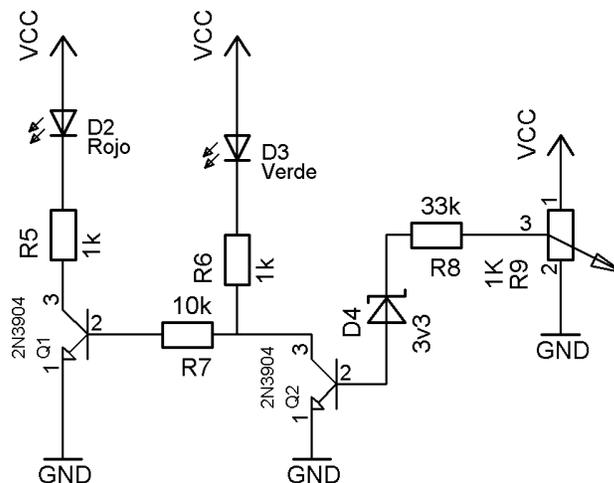
voltaje de 7.4V teórico (7.86V en carga máxima real) que permitirá una adecuada alimentación de todos los circuitos.

Mediante un cargador de batería conectado en RG3 (recuadro naranja de la Figura 35) y ubicando las baterías en una conexión en paralelo se realiza la carga de las baterías.

El interruptor J4 (recuadro azul de la Figura 35) permite un apagado general interrumpiendo la corriente a todo el sistema.

### 6.3 CIRCUITO VERIFICADOR DE NIVEL DE VOLTAJE ADECUADO.

Figura 36 Verificador de nivel de voltaje

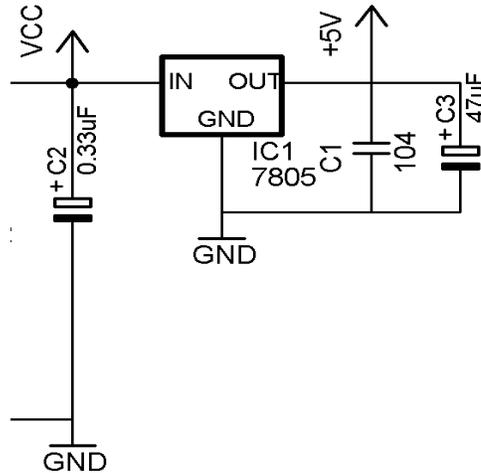


Fuente: Esta investigación.

Con ayuda del circuito anterior se puede identificar cuando el voltaje de las baterías de 7.8V desciende al límite donde el sistema puede empezar a fallar, el cual es de 5.8V (este valor se define en base a el análisis del funcionamiento del microcontrolador); en este momento se enciende el LED (Rojo utilizado en el primer prototipo ó Azul empleado para el prototipo final) si el voltaje está por debajo del límite o mantiene encendiendo un LED Verde si el voltaje es adecuado para el funcionamiento del sistema (para los dos prototipos).

## 6.4 REGULACIÓN A 5 VOLTIOS.

Figura 37 Regulador a 5V



Fuente: Esta investigación.

Para ello se utilizó un regulado fijo a 5V, cuya referencia es LM7805 y su diseño es tomado de la Ficha técnica del elemento central.(Figura 33), El Data-sheet se encuentra en el ANEXO N.

## 6.5 SISTEMA PARA ADQUIRIR LA SEÑAL.

Tiene un funcionamiento siguiendo el diagrama de bloques de la Figura 34 de la siguiente forma:

Figura 38 Diagrama de bloques del sistema para adquirir la señal.



Fuente: Esta investigación utilizando Microsoft® Power Point

**Información de la fuente:** Es una señal de audio (voz humana), palabras emitidas por cualquier persona en un micrófono.

Como es una señal de presión de aire se necesita un transductor, en este caso el micrófono que convierte la señal audible en una señal eléctrica (señales análogas).

**Transmisor:** El micrófono consta de una alimentación de 1.5VDC proporcionados por una batería doble A recargable, que alimenta un circuito emisor de FM a una frecuencia definida a 7484 Hz<sup>43</sup>.

**Medio:** Como medio para la transmisión de la señal es el aire y por las condiciones propuestas para el adecuado uso del micrófono inalámbrico SONiVOX® de la referencia VS-SM153 wireless receiver, la distancia máxima a la que el micrófono se puede separar es de 30 metros (con visión directa).

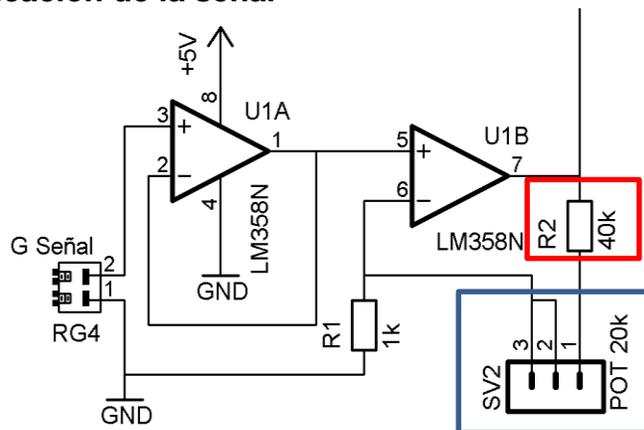
**Receptor:** El receptor de FM esta adecuado para no amplificar la señal obtenida, por lo tanto se obtiene una seña entre 0 y 45 mili voltios (en picos máximos).

Adicional permite la opción de calibrar la frecuencia de recepción debido a que puede variar por causas de clima, lugar de trabajo, descarga de la batería del emisor entre otras.

**Destino:** Se toma la señal emitida por el receptor y se procede a analizar sus componentes para desarrollar la etapa de amplificación.

## 6.6 AMPLIFICACIÓN DE LA SEÑAL.

Figura 39 Amplificación de la señal



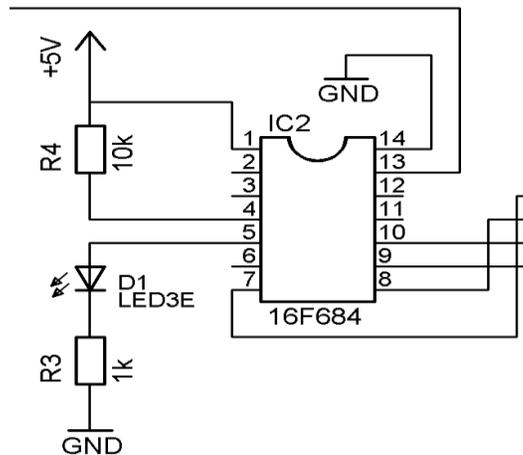
Fuente: Esta investigación

<sup>43</sup> La frecuencia puede ser variada dependiendo de las necesidades, varía de 10 0Hz a 8000Hz.

Al obtener una señal del orden de los 45mV, se realiza una amplificación con el amplificador operacional LM358, su Data-sheet se encuentra en el ANEXO N, quien posee dos amplificadores operacionales, con los cuales se desarrolla un buffer de voltaje para acoplar las etapas de amplificación y la adquisición de la señal, adicional a esto el amplificador se configuró para obtener un factor de 40 veces con la opción de variar la ganancia con ayuda del potenciómetro conectado a SV2 (recuadro azul de la Figura 35; el prototipo presenta la opción de cambiar la ganancia mediante el reemplazo de la resistencia R2 recuadro rojo de la Figura 35 y el potenciómetro conectado a SV2 para mejorar la amplificación de la señal).

## 6.7 ANÁLISIS DE LA SEÑAL.

**Figura 40 Análisis de la señal**



Fuente: Esta investigación

Para el análisis de la señal se usa el microcontrolador PIC 16F684, su Data-sheet se encuentra en el ANEXO N

### Características a bajo voltaje 2.0V:

- Corriente en espera: 50nV a 2.0V
- Corriente de funcionamiento: 11  $\mu$ A a 32 kHz, 2.0V - 220  $\mu$ A a 4 MHz, 2,0 V
- El tiempo de respuesta: 1  $\mu$ A a 2.0V, típico

### Características especiales:

- Precisión del oscilador interno: Calibrado por defecto a  $\pm 1\%$
- Rango de frecuencia seleccionable por software: entre 8 MHz a 125 kHz
- Rango de funcionamiento de voltaje: 2.0V - 5.5V

La configuración de la programación del microcontrolador PIC 16F684 está dada por el diagrama de bloques de la Figura 41:

**Figura 41 Configuración del microcontrolador PIC 16F684**



**Inicialización:** El microcontrolador es programado con las instrucciones necesarias para su utilización, seguido de una espera de 1 segundo encendiendo un LED azul conectado al pin 5 informando el correcto funcionamiento.

**Adquirir la señal:** En el pin 13 del microcontrolador se adquiere la señal proveniente de amplificador que se encuentra entre 0V y 4.2V.

**Proceso de comparación:** Mediante el uso de 4 comparadores se realiza la identificación del rango de voltaje en el que se encuentra la señal.

**Activación de la salida:** Identificando en que rango se encuentra la señal se procede a activar la salida correspondiente al mismo en este caso son las

salidas del micro controlador pin 7 , pin 8 , pin 9 y pin 10 correspondientes a los vibradores 1, 2, 3 y 4.

**Espera:** Ya que la señal adquirida es análoga se opta por realizar una espera de 150 ms para analizar la siguiente muestra y dar la opción de activación de los vibradores durante este tiempo, proporcionando el tiempo necesario para que el usuario identifique cuál de los vibradores fue activado.

**Repetición del ciclo:** Una vez terminada la espera se repite el ciclo desde la adquisición de la señal, procesándola, activando la salida y realizando la espera, de esta forma el microcontrolador está realizando un muestreo de la señal identificando los niveles de voltaje y activando la salidas correspondiente a el voltaje.

**Finalización:** Si el microcontrolador no recibe una señal durante un tiempo mayor a 600 segundos se desactivará para generar un ahorro de energía en el dispositivo.

### 6.7.1 Simulación de la etapa de análisis de señal:

Para la simulación se muestran 6 salidas identificadas desde C0 a C5 donde las salidas C0, C1, C2 y C3 corresponden a salida de los vibradores indicando su activación, la salida C5 indica el funcionamiento adecuado del micro controlador encendiéndose durante un segundo y salida C4 no se utiliza pero se indica para mostrar que no se activa por error.

Las salidas n/c no están asignadas, por lo tanto permanecen en un estado de OFF.

**Figura 42 Siete graficad de simulación. Simulación 0V - Sin activación**

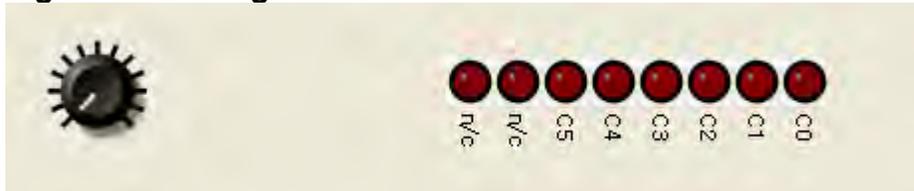


Figura 42 – A Simulación 0V - Sin activación



Figura 42 - B Simulación inicialización



Figura 42 – C Salida uno Entre 0.3 y 0.9

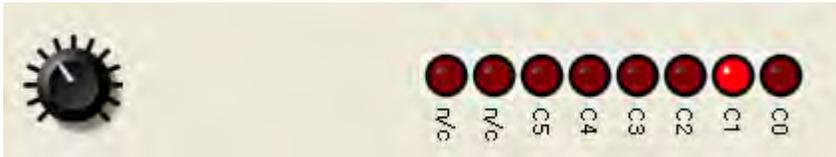


Figura 42. – D Salida dos Entre 1.0 y 2.7



Figura 42 – E Salida tres Entre 2.8 y 3.5



Figura 42 – F Salida Entre 3.5 en adelante



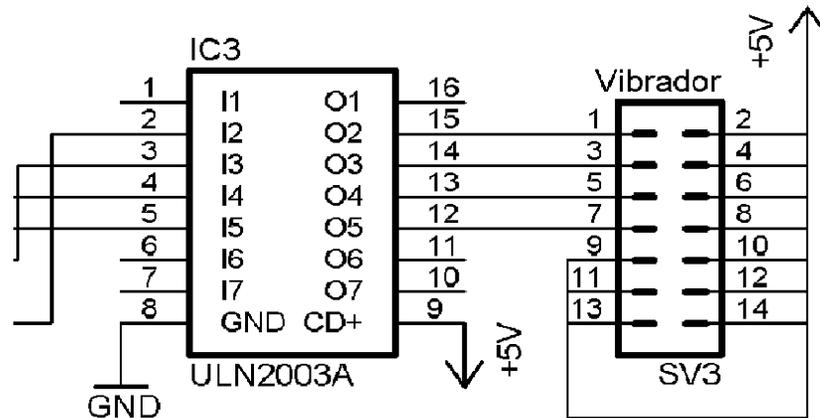
Figura 42 – G Salida cuatro en máximo voltaje (5V teórico)

Fuente: Esta investigación utilizando el programa FLOWCODE ®

## 6.8 ENCENDIDO DE VIBRADORES.

Con ayuda del circuito integrado ULN2003, sus Data-sheet se encuentra en el ANEXO N, se puede dar una buena fuente de potencia a los motores ya que el microcontrolador solo puede manejar corrientes máximas de 0.12 mA, adicional a esto el ULN2003 previene que se generen daños al microcontrolador por cargas parasitas inductivas proporcionadas por los motores de los vibradores, la conexión de esta etapa se muestra en la Figura 43.

**Figura 43 Conexión del microcontrolador y el circuito integrado UIN2003.**



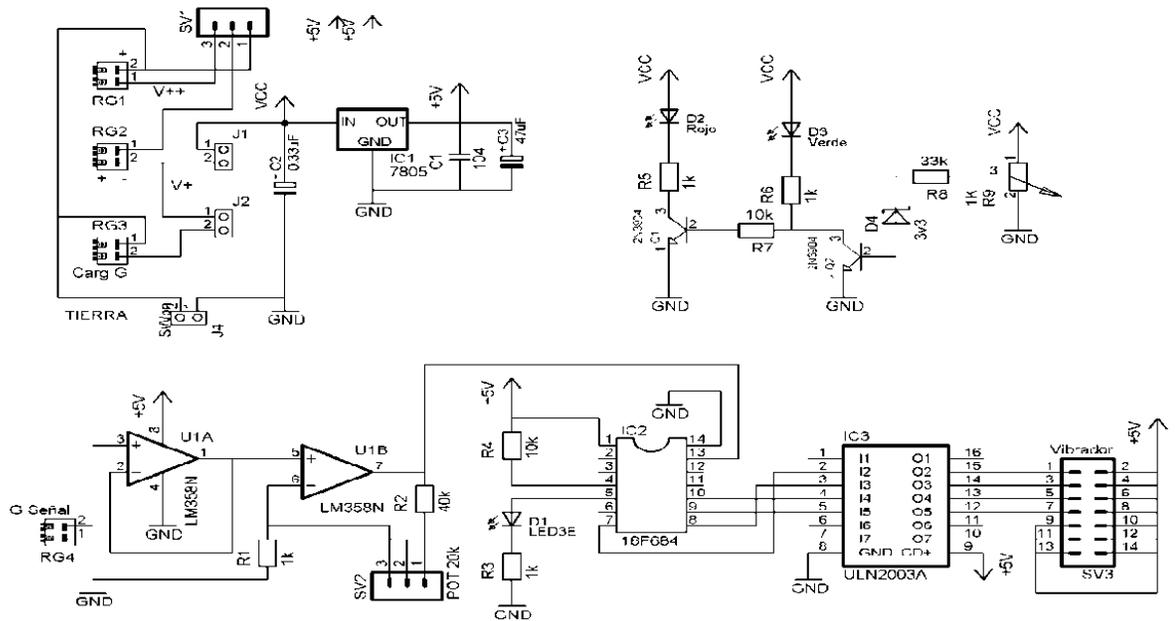
Fuente: Esta investigación utilizando

Las características que lo convierte en el elemento ideal para esta aplicación es su composición de un conjunto de transistores en arreglo Darlington montados en un chip con el que puede controlar cargas de hasta medio amperio además a esto presenta diodos de protección contra las sobretensiones producidas por cargas inductivas tales como las generadas por los vibradores.

## 6.9 CIRCUITO COMPLETO DEL PROTOTIPO E IMÁGENES DE SUS COMPONENTE.

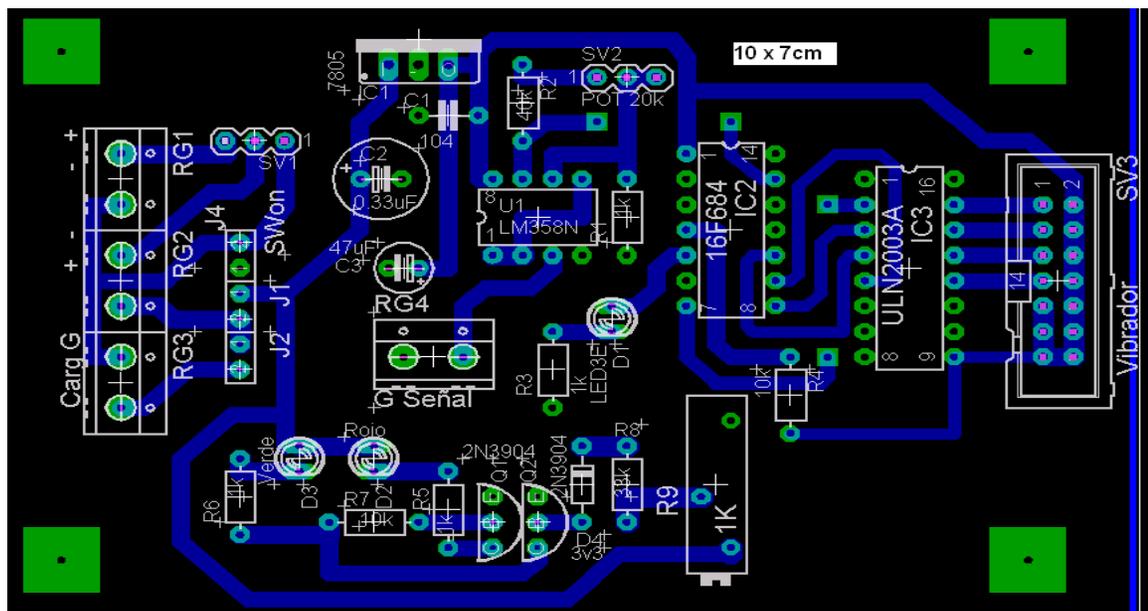
En esta etapa se muestra el diseño esquemático de los circuitos eléctricos que se utilizan en el prototipo, en la Figura 44 y en la Figura 45 se observa el diagrama del circuito impreso, seguido de las fotografías donde se pueden observar cada etapa del dispositivo concluyendo en el prototipo final.

Figura 44 Diseño esquemático de los circuitos eléctricos del prototipo



Fuente: Esta investigación utilizando el programa SIMULINK®

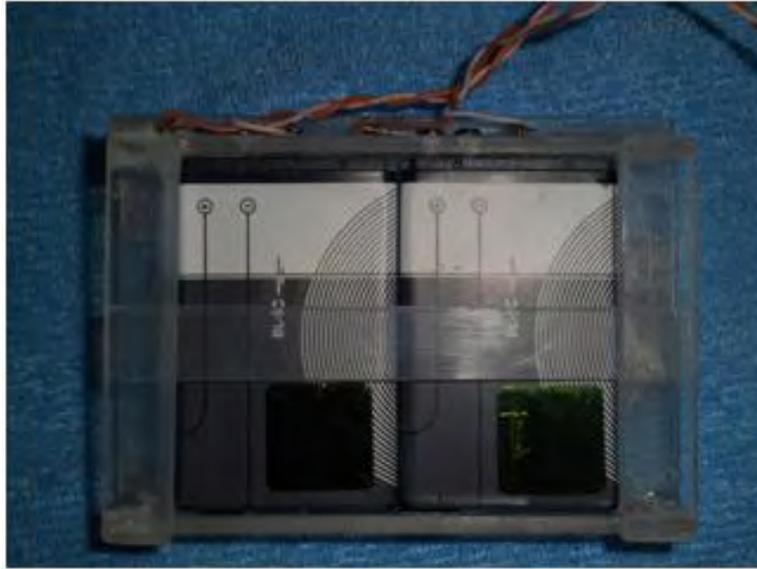
Figura 45 Circuito impreso.



Fuente: Esta investigación utilizando el programa SIMULINK

### 6.9.1 Baterías.

**Figura 46 Baterías vista frontal**



**Figura 47 Baterías vista lateral**



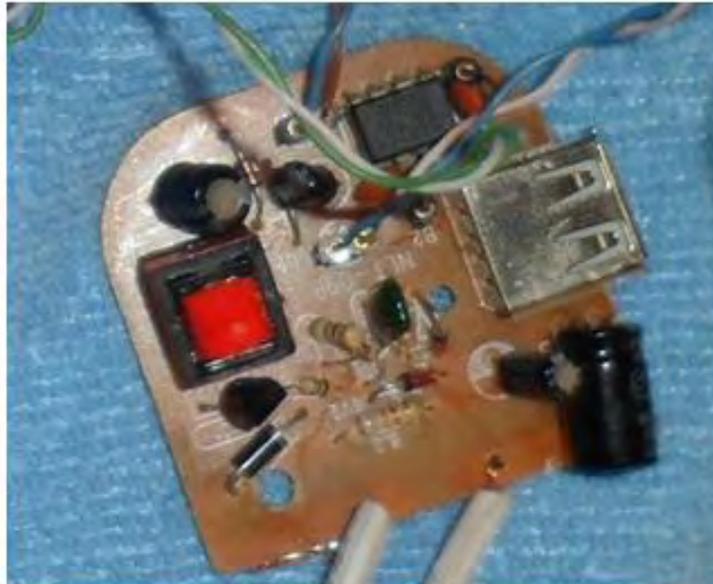
Para sostener las baterías y acceder a su voltaje se realizó un porta baterías construido con acrílico.

**Figura 48 Baterías vista trasera**



### 6.9.2 Cargador de baterías.

**Figura 49 Cargador de baterías**

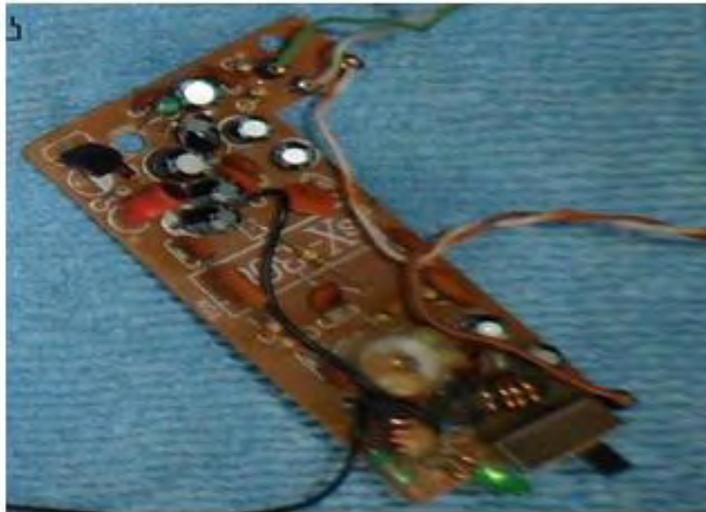


Se toma un cargador genérico de baterías para celular y se toma la tarjeta para adecuarla al prototipo Figura 49

### 6.9.3 Receptor de señal.

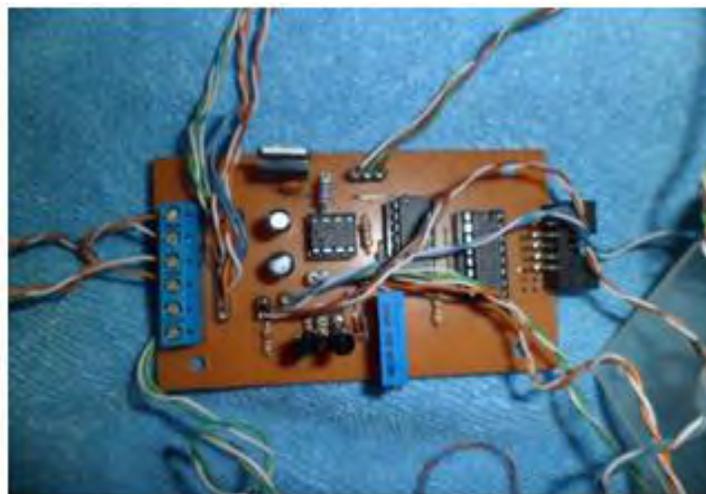
Se toma el receptor del micrófono y se retiró la tarjeta que lo constituye, acondicionándolo para acoplarla al dispositivo Figura 50.

**Figura 50 Receptor de señal**



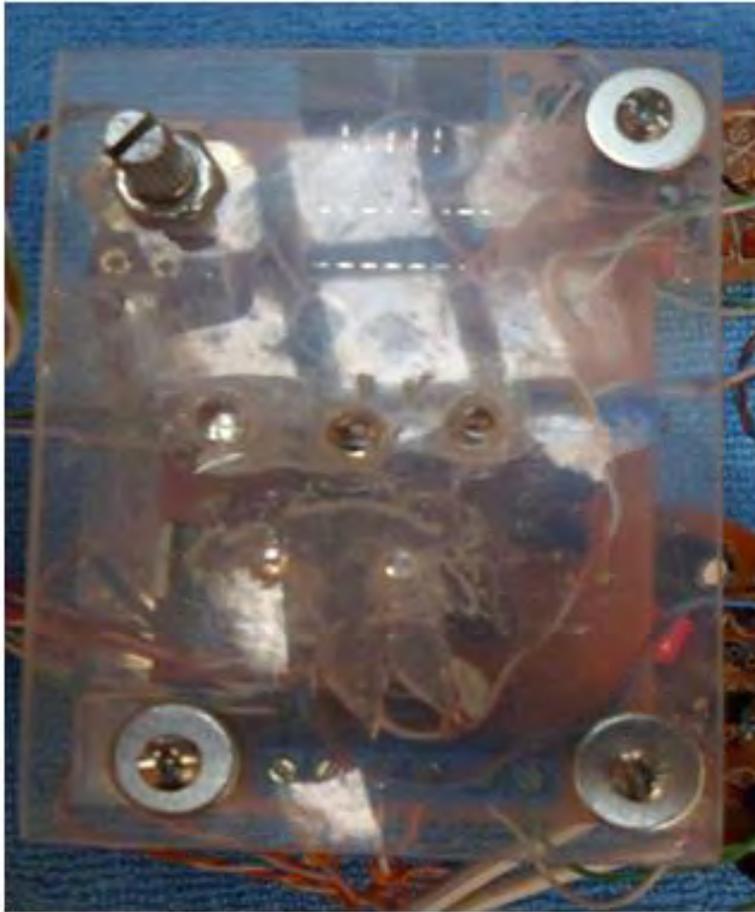
### 6.9.4 Tarjeta principal.

**Figura 51 Tarjeta principal**



La mayoría de los componentes son removibles para proporcionando la opción de reemplazarlos si surge algún error de uso o de conexión.

**Figura 52 Parte frontal del prototipo.**



Es la parte donde se ubican los LEDs de visualización y el potenciómetro que regula la ganancia de una forma similar a la Figura 52.

### 6.9.5 Prototipo armado sin protector.

Figura 53 Prototipo armado vista lateral 1

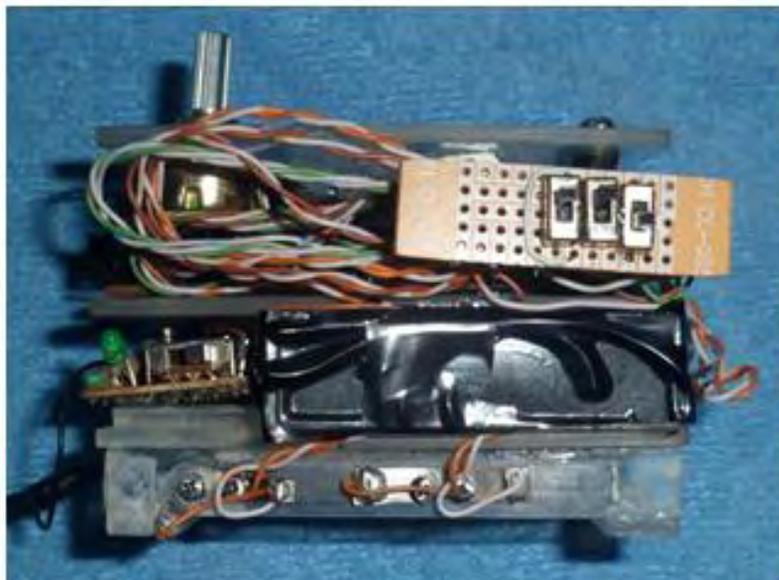


Figura 54 Prototipo armado vista inferior



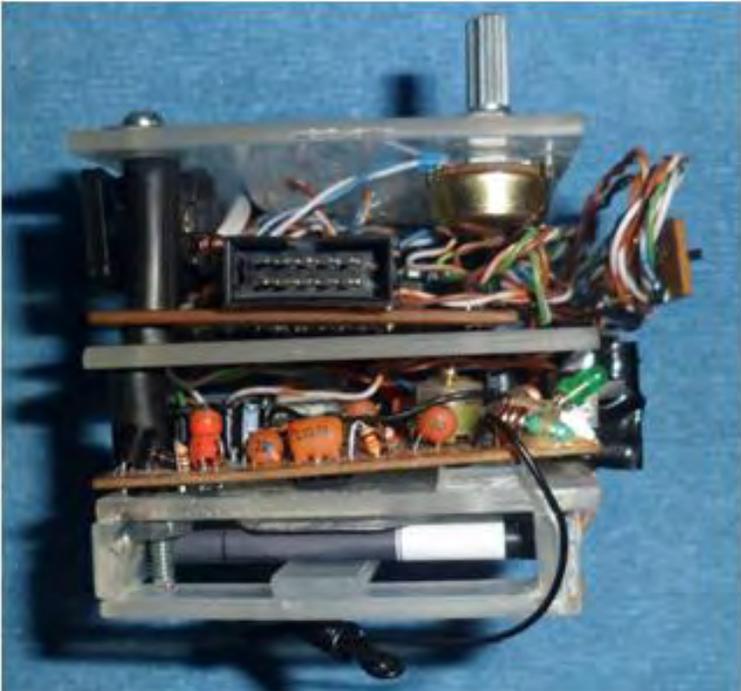
**Figura 52. Prototipo armado vista lateral 2**



**Figura 53. Prototipo armado vista lateral 3**



**Figura 55 Prototipo armado vista lateral 4**



**6.9.6 Prototipo final terminado.**

**Figura 56 Prototipo finalizado vista frontal**



**Figura 57 Vista lateral inferior 1**



**Figura 58 Vista lateral inferior 2**



En esta imagen se puede observar la ranura de la conexión de las líneas para los vibradores (Figura 58 recuadro rojo)

**Figura 59 Vista lateral 2**



Se observa el interruptor principal y el de activación del receptor en el recuadro rojo de la Figura 59

**Figura 60 Vista superior**



**Figura 61 Vista lateral slot de carga**



**Figura 62 Vista lateral**



En la Figura 62 el recuadro rojo muestra la ranura para la conexión a la red de 120 V AC.

**Figura 63 Vista trasera**



En la imagen de la Figura 63 se muestra el soporte para posicionar el prototipo en el cinturón.

**Figura 64 . LED de activación funcionamiento correcto**



Si el prototipo presenta una carga adecuada, el LED verde permanece encendido indicando su correcto funcionamiento.

**Figura 65 LED azul indicador de carga baja**



Si el prototipo se encuentra descargado enciende el LED azul indicando que es necesario conectar el dispositivo a la red de 120VAC para cargar las baterías.

**Figura 66 Led visualizador de carga**



El dispositivo indica con el LED verde que se encuentra listo para cargar las baterías ubicando el interruptor principal en la posición 2.

**Figura 67 LED de visualización de conexión a la red 120 VAC**



LED verde pequeño permite visualizar que el dispositivo se conectó a la red de 120V AC

**Figura 68 Encendido del LED indicador de carga de tres colores.**



El LED en funcionamiento permite visualizar que el prototipo se encuentra cargando las baterías correctamente (tiempo máximo de carga 2 horas, este dato se encuentra en el manual del usuario en el ANEXO O).

6.9.7 Prototipo uno terminado. Se diseñó un prototipo con el cual se pudieron identificar errores para posteriormente corregirlos y elaborar el prototipo final. Este presenta las siguientes características.

**Figura 69 Vista frontal del prototipo uno**



**Figura 70 . Vista lateral del prototipo uno**



**Figura 71 Vista superior del prototipo uno**



**Figura 72 Vista lateral 2 del prototipo uno**



**Figura 73 Vista inferior del prototipo uno**



**Figura 74 Vista lateral. Slot de conexión a la red 120 VAC, LEDs de visualización e interruptor principal.**



En la Figura 57 se observa el slot de conexión a la red de 120VAC, tres LEDs de visualización (batería baja, carga de baterías y conexión a la red de 120VAC) y el interruptor principal conformado por tres interruptores de dos posiciones.

**Figura 75** Abertura para introducir el receptor del micrófono



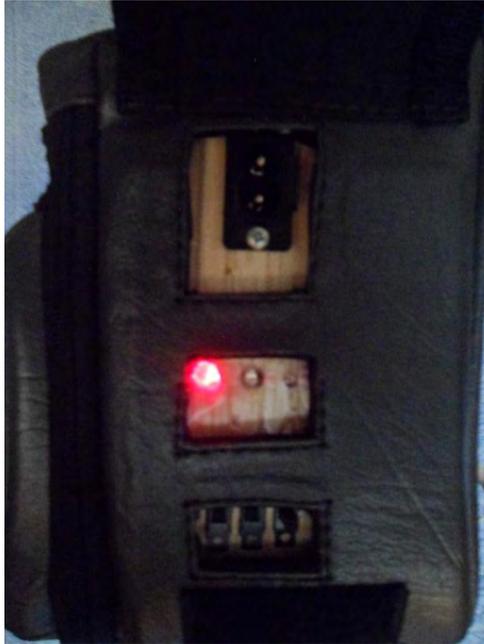
Por esta abertura en la parte superior del prototipo se puede introducir el receptor del micrófono y permite su encendido o apagado.

**Figura 76** Encendido del LED de carga, el prototipo está listo para conectarse a la red de 120V AC



En la imagen se muestra el encendido del LED rojo pequeño que indica que el dispositivo está listo para cargar las baterías conectándose a la red de 120V AC.

**Figura 77 Encendido del LED de batería descargada**



Si el LED rojo grande se enciende quiere decir que las baterías se encuentran descargadas y es necesario conectar el prototipo a la red de 120VAC para cargarlas y que el dispositivo tenga un correcto funcionamiento

**Figura 78 Reflejo de LED interno verde**



Si el prototipo indica en los LEDs un reflejo verde quiere decir que está funcionando correctamente en todas sus funciones.

**Figura 79 Encendido del LED central. Visualiza que el dispositivo está cargando las baterías**



El prototipo enciende el LED central de tres colores, indicando que se encuentra realizando una correcta carga de las baterías (carga máxima por dos horas).

#### **6.9.8 Manillas.**

**Figura 80 Manillas para el prototipo.**



En la imagen se muestran las cuatro manillas para ubicarlas en los brazos y antebrazos del usuario, éstas contienen los vibradores.

**Figura 81 Vista lateral de las manillas**



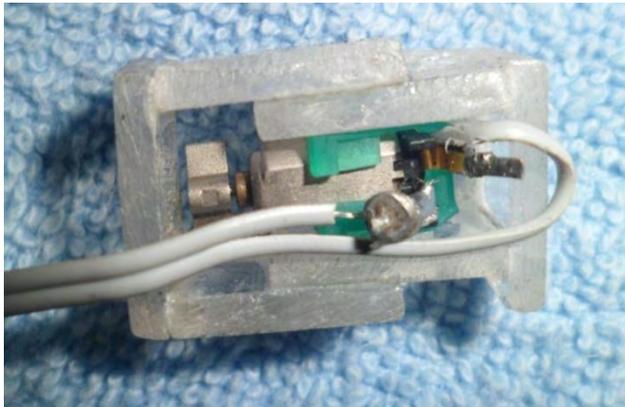
**Figura 82 Vista de los vibradores en las manillas**



**Figura 83 Vista del vibrador fuera de la manilla**



**Figura 84 Vista del vibrador en su anclaje**



**Figura 85 . Vista del vibrador sin su anclaje**



**Figura 86 Anclaje del vibrador**



Se diseñó un anclaje rígido para el vibrador con la finalidad de tener vibraciones legibles por el usuario. Está diseñada para dejar libre el balancín del vibrador proporcionando un correcto funcionamiento.

**Figura 87 Manilla sin el vibrador**



Se diseñó una manilla en tela y velcro que sostenga al vibrador en el lugar del cuerpo adecuado (brazo o antebrazo) sin que le genere lesiones al usuario.

**Figura 88 Parte principal de la manilla**



La parte principal que sostiene al vibrador fue elaborada con velcro y tela con el ánimo de no lesionar al usuario.

**Figura 89 Manilla vista lateral**



En esta imagen se observa la manilla con la protuberancia donde se encuentra el vibrador que se debe posicionar en la parte interna del brazo o antebrazo.

El prototipo se diseñó con un tamaño y peso adecuados para que sea portable por una persona entre los 10 y los 70 años.

## 7. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL USO DEL PROTOTIPO.

Con ayuda de la Terapeuta Ocupacional CAROL XIMENA LÓPEZ ANGULO, se desarrollaron las siguientes terapias y pruebas para adecuar el dispositivo a personas con la patología de hipoacusia profunda o discapacidad auditiva, siguiendo parámetros expuestos en terapias del psico-corporal<sup>44</sup>. Se dedicaron 2 horas diarias durante 20 días; con la finalidad de que el usuario pueda entender 20 palabras como las presentadas en el ANEXO B

### 7.1 PRUEBA UNO: usos del prototipo.

Después de realizar prácticas utilizando el prototipo con los participantes (cuatro participantes dos hombres y dos mujeres) que presentan una patología de hipoacusia profunda o discapacidad auditiva se encontraron los siguientes resultados. Las prácticas se encuentran en el ANEXO Q

**Objetivo:** identificar cómo se siente un voluntario utilizando el prototipo.

- **Molestias al utilizar el prototipo.**

En ninguno de los voluntarios se presentó molestias o inconformidades con el uso del prototipo por el tiempo de 45 minutos diarios durante 20 días.

- **Dificultades al manipularlo**

Ninguno de los usuarios presentó dificultad al comprender como funciona el nuevo prototipo.

- **Dificultades al portar el dispositivo**

Los voluntarios mostraron molestias al portar el prototipo en las primeras oportunidades; ya que no tenían experiencias en el posicionamiento de las manillas y era necesario la colaboración de otra persona para poder posicionar en forma adecuada.

---

<sup>44</sup> Las terapias del psicología de desarrollo corporal fueron basadas en el criterio del profesional en Terapia Ocupacional y ayudas de prácticas disponibles en internet en. <http://fisicomente.blogspot.com/>

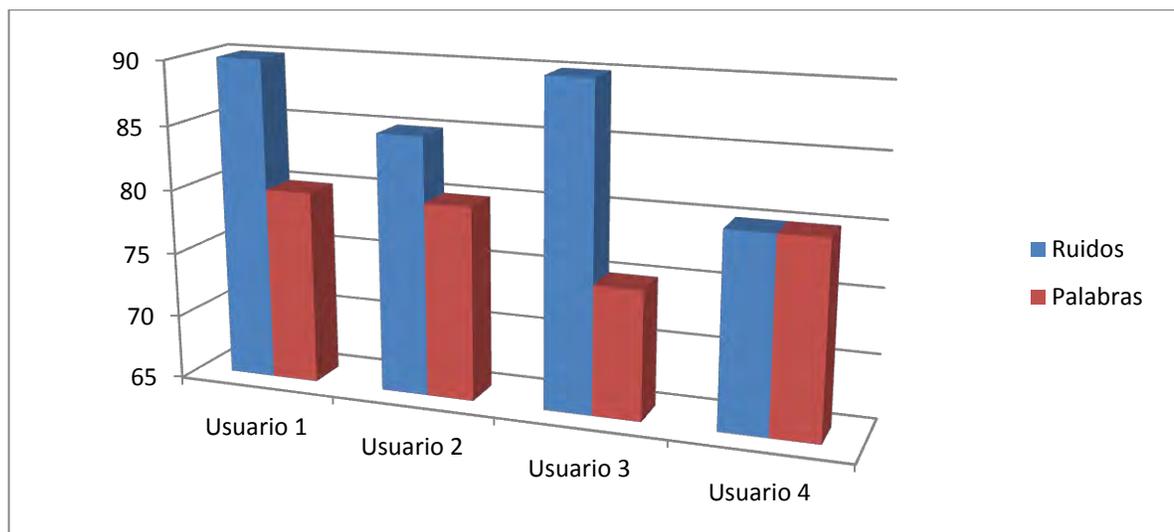
## 7.2 PRUEBA DOS: diferenciaciones entre voz y ruido

Se emitieron 20 ruidos y 20 palabras, donde el usuario con ayuda del prototipo debe identificar si es palabra o ruido sin visualizar el emisor. Las palabras y los ruidos utilizados en la práctica se encuentran en el ANEXO R

Objetivo. Que el usuario identifique las palabras diferenciándolas de los ruidos sin visualizar la fuente de emisión.

Obteniendo los siguientes resultados expresados en la GRAFICA 2:

**Gráfica 6. Resultados en porcentaje de aciertos en la identificación de ruidos y palabras.**



### **De 20 ruidos emitidos:**

**Usuario 1:** determinó como ruidos 18 los 2 restantes los clasifíco como palabras.

**Usuario 2:** determinó como ruidos 17 los 3 restantes los clasifíco como palabras.

**Usuario 3:** determinó como ruidos 18 los 2 restantes los clasifíco como palabras.

**Usuario 4:** determinó como ruidos 16 los 4 restantes los clasifíco como palabras.

En la identificación de ruidos el error de los usuarios no supera el 20% dando un resultado favorable al momento de diferenciar un ruido de una palabra.

***De 10 palabras emitidas el:***

***Usuario 1:*** determinó como palabras 16 las 4 restantes las clasifíco como ruidos.

***Usuario 2:*** determinó como palabras 16 las 4 restantes las clasifíco como ruidos.

***Usuario 3:*** determinó como palabras 15 las 5 restantes las clasifíco como ruidos.

***Usuario 4:*** determinó como palabras 16 las 4 restantes las clasifíco como ruidos.

A pesar de solo utilizar 4 vibradores como parámetros para la identificación de las palabras los voluntarios clasificaron las palabras con un error no superior al 22% determinado que el dispositivo le genera un apoyo muy grande al discriminar entre un ruido y un palabra.

En la prueba el voluntario nunca visualizo la fuente de emisión.

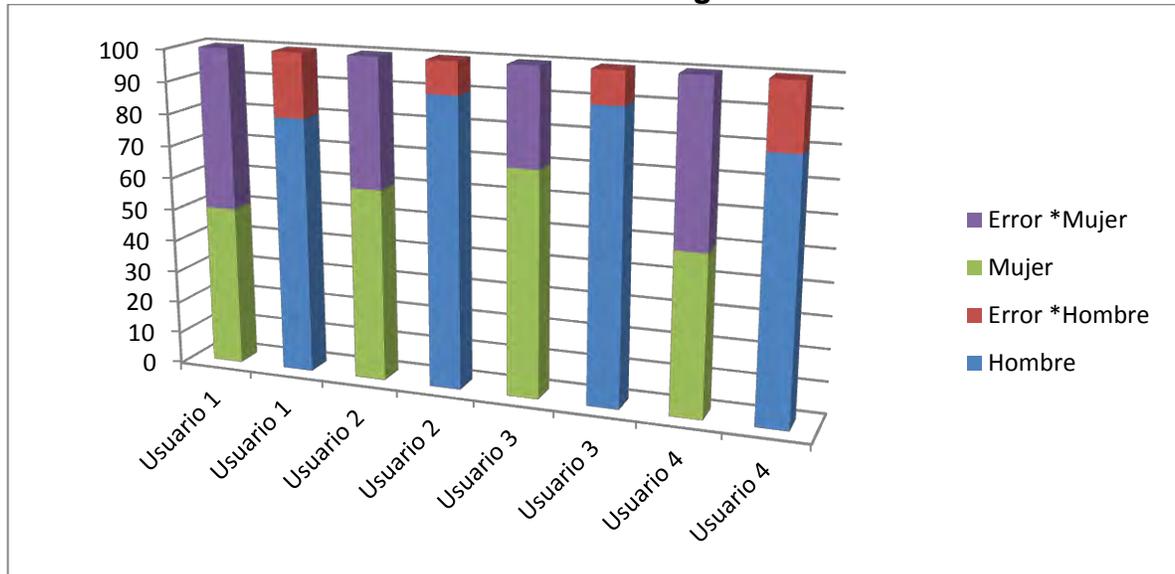
### **7.3 PRUEBA TRES: identificaciones de géneros**

Se realizaron 20 pruebas (10 palabras con voz masculina y 10 palabras con voz femenina) con cada usuario para que identifiquen si era hombre o mujer sin visualizar quien emite la palabra. Las pruebas se encuentran en el ANEXO S

Objetivo. Diferenciar la voz masculina y una voz femenina.

Se obtuvieron los siguientes resultados expresados en la Gráfica 3.

**Grafica 7. Resultados de identificaciones de género**



Al realizar la prueba se identifica que el:

**Usuario 1:** determinó que 5 palabras fueron emitidas por una mujer obteniendo un error del 50%.

**Usuario 1:** determinó que 8 palabras fueron emitidas por un hombre, obteniendo un error del 20%.

**Usuario 2:** determinó que 6 palabras fueron emitidas por una mujer obteniendo un error del 40%.

**Usuario 2:** determinó que 9 palabras fueron emitidas por un hombre, obteniendo un error del 10%.

**Usuario 3:** determinó que 7 palabras fueron emitidas por una mujer obteniendo un error del 30%.

**Usuario 3:** determinó que 9 palabras fueron emitidas por un hombre, obteniendo un error del 10%.

**Usuario 4:** determinó que 5 palabras fueron emitidas por una mujer obteniendo un error del 50%.

**Usuario 4:** determinó que 8 palabras fueron emitidas por un hombre, obteniendo un error del 20%.

Ya que la voz masculina es más grave que la femenina, presenta una gran amplitud por lo tanto el prototipo permite una mayor facilidad en la identificación de la voz masculina que la femenina.

Se presentaron muchos errores al confundir las palabras emitidas con voz femenina y los ruidos de la prueba tres.

#### 7.4 PRUEBA CUATRO: identificación de palabras monosílabas

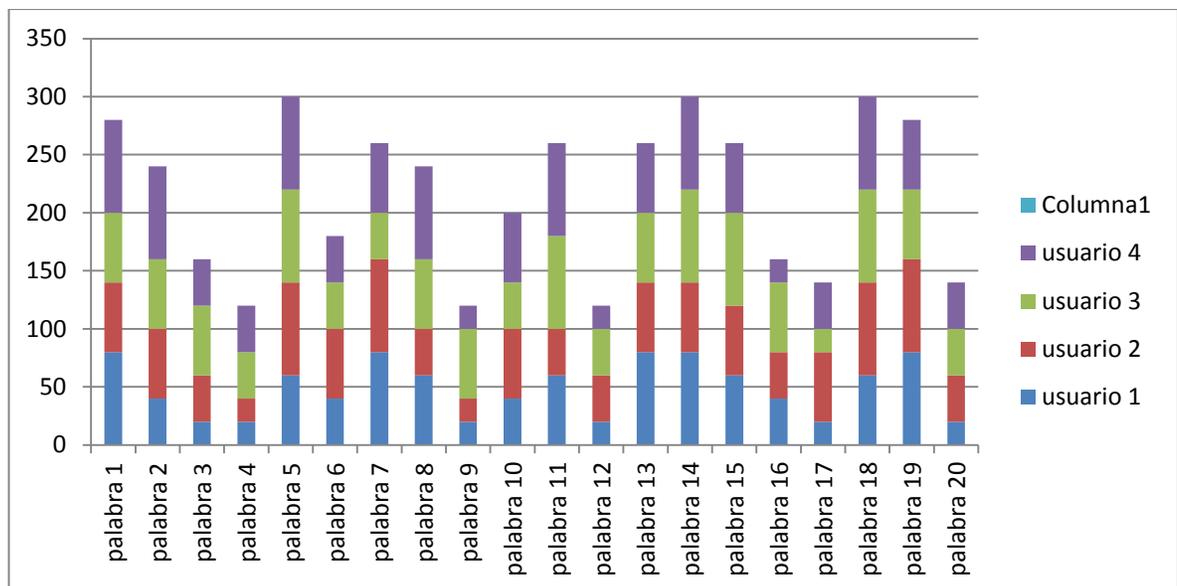
Con 20 palabras monosílabas se identificaron cuáles son las palabras con más facilidad para entenderlas, se utiliza una emisión de las palabras con Voz femenina y Voz masculina, sin visualizar el emisor. Las palabras empleadas y la prueba se encuentran en el ANEXO T

Objetivo. Obtener palabras monosílabas que el usuario identifique con mayor facilidad tanto con voz masculina como voz femenina.

##### Para voz femenina:

Se expresaron 20 palabras a cada usuario dándole un punto de referencia inicial; para evaluar la correcta identificación se repite 5 veces la palabra determinando el porcentaje de aciertos, después se sumó los porcentajes de todos los usuarios para determinar las 5 palabras que se identificaron con mayor facilidad como se ilustra en la Grafica 4

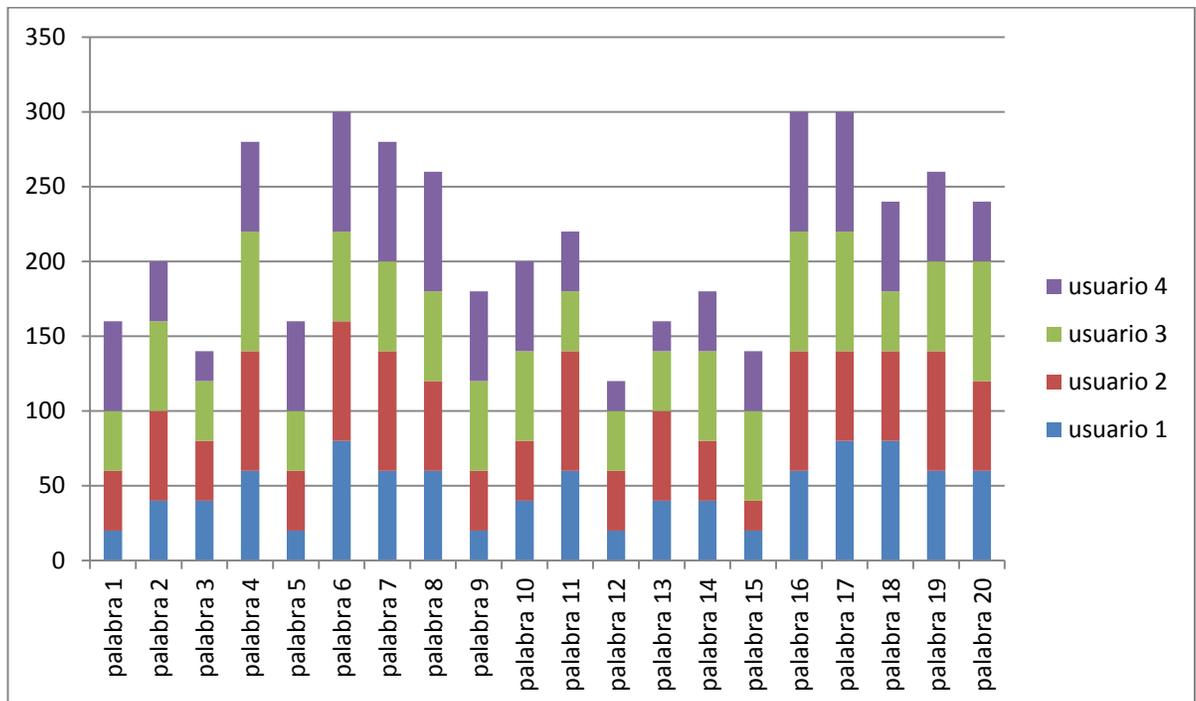
**Grafica 8. Resultados de identificación de palabras monosílabas voz femenina**



### Para voz masculina:

De igual forma que con la voz femenina se expresaron 20 palabras a cada usuario con voz masculina, dándole un punto de referencia inicial de cada una de ellas, para evaluar la correcta identificación se repite 5 veces la palabra determinando el porcentaje de aciertos, después se sumó los porcentajes de correcta identificación de todos los usuarios para determinar las 5 palabras que se identificaron con mayor facilidad como se ilustra en la Grafica 5

**Grafica 9. Resultados de identificación de palabras monosílabas voz masculina**



A pesar que el orden de las palabras era el mismo no fueron identificadas de la misma manera en voz femenina que en voz masculina; determinando que la diferencia en amplitud que caracteriza a la voz masculina no es un factor en el entendimiento de las palabras, por lo tanto *“el usuario deberá tener una terapia de acondicionamiento para identificar la palabra con voz femenina y masculina simultáneamente”* (sugerencia del Terapeuta Ocupacional).

### 7.5 PRUEBA CINCO: identificación de palabras bisílabas

Con 20 palabras bisílabas se identificaron cuáles son las palabras con más facilidad para entenderlas se utiliza una emisión de las palabras con Voz

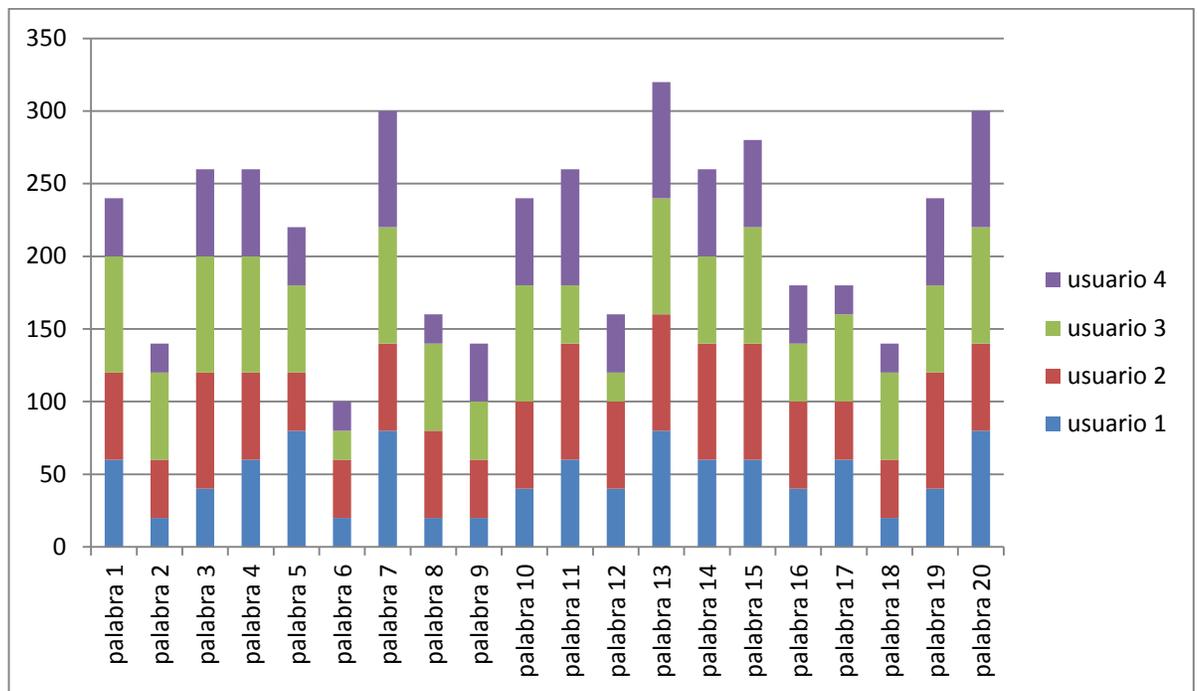
femenina y voz masculina, sin visualizar el emisor. Las palabras empleadas y la prueba se encuentran en el ANEXO U

Objetivo. Obtener palabras bisílabas que el usuario identifique con mayor facilidad tanto con voz masculina como voz femenina

**Para voz femenina:**

Se expresaron 20 palabras a cada usuario dándole un punto de referencia inicial de cada una de ellas para evaluar de 5 intentos cuantos la identificaba, después se sumó los porcentajes de identificación de todos los usuarios para determinar las 5 palabras que se identificaron con mayor facilidad como se ilustra en la Grafica 6

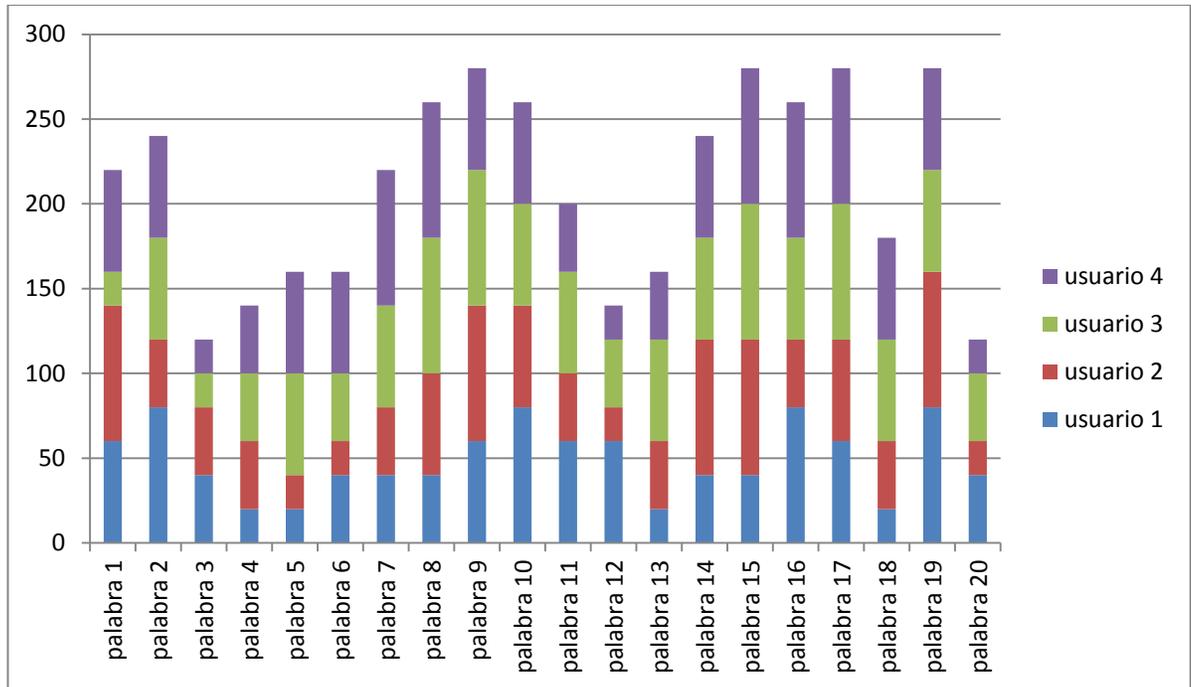
**Grafica 10. Identificación de palabras bisílabas voz femenina**



**Para voz masculina:**

De igual forma que con la voz femenina se expresaron 20 palabras a cada usuario con voz masculina, dándole un punto de referencia inicial de cada una de ellas para evaluar de 5 intento cuantos la identificaba, después se sumó los porcentajes de identificación de todos los usuarios para determinar las 5 palabras que se identificaron con mayor facilidad como se ilustra en la Grafica 7

**Gráfica 11. Resultado de identificación de palabras bisílabas voz masculina**



Como se esperaba los resultados fueron muy semejantes a los obtenidos en la prueba cinco corroborando que a pesar de la diferencia de intensidad de la voz masculina no implica que el usuario identifique solo la voz masculina sino que debe tener un acondicionamiento para interpretar las características de la palabra en voz masculina y femenina simultáneamente.

### 7.6 PRUEBA SEIS: identificaciones de familiares.

Con ayuda de tres familiares se trató de identificar la voz de cada uno de ellos, se solicitó que pronuncien 10 palabras cada uno, para un total de 30 en la prueba, donde el usuario debía identificar quien emitía la palabra sin visualizarlos.

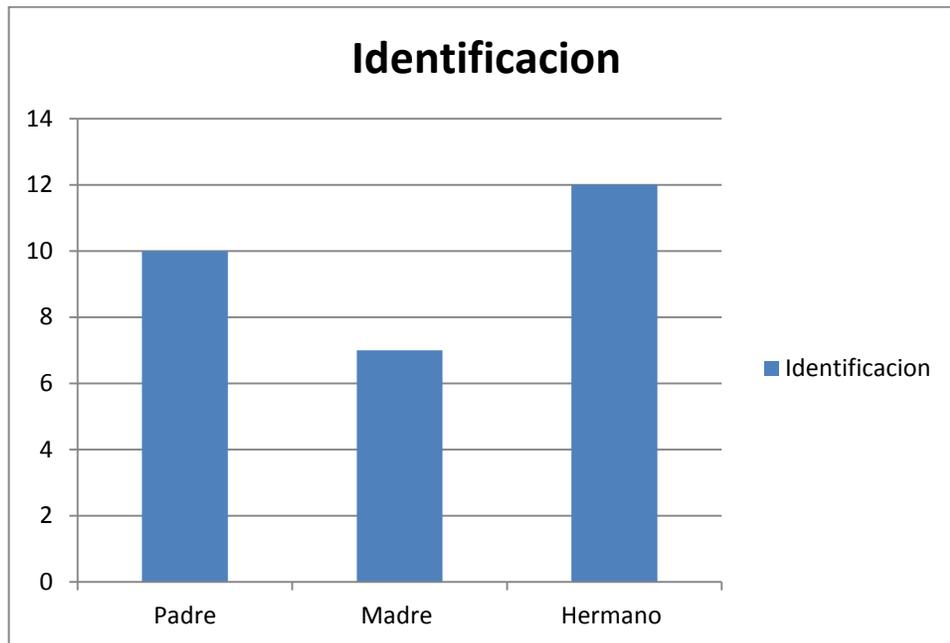
Para esta prueba solo se tuvo la colaboración de un voluntario, con sus familiares que son:

- Padre de 55 años
- Madre de 50 años
- Hermano de 23 años

Objetivo. Identificar cuál de los familiares está emitiendo la palabra.

Los resultados obtenidos son los siguientes expresados en la Gráfica 8.

**Gráfica 12. Resultado de identificaciones de familiares**



Como la voz del **padre** es la más grave presentaba una identificación mucho más simple aparentemente ya que pudo identificar las 10 palabras que emitió con gran facilidad, pero surgió una pequeña confusión de tres palabras en las que asumió que el emisor era el **hermano** y no la **madre** quien realmente las emitía lo que sugiere que el dispositivo le permitió obtener herramientas para diferenciar los timbres de voz obteniendo solo un 10 % de error.

### 7.7 PRUEBA SIETE: identificar palabras con diferentes timbres de voz

Se solicitó a 5 personas que expresarán dos palabras de una lista de 10 palabras<sup>45</sup> y que el usuario identifique cuál de las 5 personas pronunció la palabra, sin visualizar al emisor de las palabras.

Para esta prueba se utilizaron 5 voluntarios; tres hombres y dos mujeres. En primer lugar se le expresó la lista de palabras para darle un punto de referencia al usuario visualizando al emisor, seguido se le solicita al usuario dar la espalda y se emiten las 10 palabras repitiendo cada una 2 veces

<sup>45</sup>Las palabras emitidas se encuentran en el ANEXOS J.

Objetivo. Diferenciar las personas por su timbre de voz, tratando de que el usuario también identifique que palabra fue emitida.

Al finalizar la prueba se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 16 Identificar palabras con diferentes timbres de voz (respuestas)**

	<b>Respuesta por el usuario</b>	<b>Orden original</b>
1	Hombre 3	Hombre 2
2	Hombre 2	Hombre 3
3	Mujer 1	Mujer 1
4	Hombre 1	Hombre 1
5	Hombre 2	Hombre 2
6	Mujer 1	Mujer 2
7	Mujer 2	Hombre 1
8	Hombre 1	Mujer 2
9	Mujer 2	Mujer 1
10	Hombre 3	Hombre 3

Con estos resultado nos damos cuenta que el usuario identifica solo el 40% de los emisores que es un resultado desfavorable, que podría mejorar con incremento de puntos de referencia (incrementar el número de vibradores) el usuario podría identificar con más claridad parámetros para realizar una identificación más precisa. Pero se obtuvo un 80% al verificar que el emisor era hombre o mujer; un resultado muy favorable ya que el usuario está despertando habilidades para reconocer que genero emite una palabra.

**NOTA:** Como se están realizando pruebas con personas; ellos deben ser informados mediante un **CONSENTIMIENTO INFORMADO**<sup>46</sup>.

*Todos los resultados obtenidos fueron para uso de investigación y no de carácter lucrativo.*

*Cada prueba fue realizada en presencia del profesional terapeuta ocupacional para verificar que ninguna de las pruebas infrinja las normas éticas de TERAPIA OCUPACIONAL CON EL PACIENTE.*

---

<sup>46</sup> ANEXO A

*“Terapia de repetición: si una palabra se repite por más de 30 veces el cerebro presenta una memorización de la palabra; estudio realizado por Facultad de Psicología Básica de la Universidad de Sevilla”<sup>47</sup>. Este concepto se aplica en diversas terapias para que personas con diversas patologías aprendan a desarrollar nuevas habilidades o complementar las ya presentes; por lo tanto se asume que una terapia de repetición presenta una gran ayuda para la memorización de parámetros de vibraciones producidos por el prototipo<sup>48</sup>*

---

<sup>47</sup> Terapia de repetición. Disponible en Internet:

[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2010/02/08/actualidad/1265583612\\_850215.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2010/02/08/actualidad/1265583612_850215.html).)

<sup>48</sup> Como es un prototipo investigativo las terapias que se plantean no están definidas y es necesario utilizar terapias que se amolden a los requerimientos del usuario para con el dispositivo.

## 8. RESULTADOS

- Se construyó con éxito un dispositivo portable que emite vibraciones de baja intensidad que le permite a las personas con la patología de hipoacusia profunda o discapacidad auditiva, entender e identificar palabras emitidas por voz y con qué intensidad fueron emitidas no solo dando un significado a los parámetros de vibración sino captando en qué contexto se expresó la palabra; para que el usuario pueda entender las palabras se debe someter a terapias donde se le brinda las herramientas para que desarrolle la habilidad y pueda sacar el mayor provecho a el dispositivo.
- Se acoplaron terapias de repetición y terapias del desarrollo del habla y audición para desarrollar y acondicionar nuevas pruebas con la finalidad de que un usuario con patologías auditivas pueda acoplarse a un nuevo prototipo.
- Se encontró una gran habilidad en la población con discapacidad auditiva al destacarse en el entendimiento de las vibraciones y la gran facilidad con que pueden discernir entre una y otra corroborando investigaciones enfocadas a otros proyectos.
- La aplicación de un vúmetro permite ayudar con las terapias psicológicas de desarrollo corporal a las cuales el profesional en Terapia Ocupacional se mostró muy interesado por desarrollarlas e incurrir en proyectos donde se profundice e investigue sobre este ámbito; adicional a esto surge la idea de construir electrónicamente vúmetros que le permitan a el usuario entrenarse por sí solo en vocalización y modulación de su voz con ayuda de un dispositivo o programa que lo referencie; muy semejante a un afinador de una guitarra, brindándole a una persona con discapacidad auditiva la oportunidad de practicar y usar sus cuerdas vocales generando sonidos que un oyente determine como adecuados, ámbitos que para un profesional en Fonoaudiología serian interesantes de evaluar y desarrollar.
- Se logró dar un aporte a la ingeniería electrónica donde se crearon canales de comunicación y de trabajo entre profesionales de terapia ocupacional de la Universidad Mariana (Pasto), otorinolaringólogos e ingenieros electrónicos donde se buscó dar una solución práctica a una población con discapacidad auditiva para que en un futuro pueda acoplarse a la comunidad actual. Adicional a esto se diseñó sistemas

electrónicos que pueden proyectarse en diversas áreas; como el uso de vibradores en comunicación escrita a vibradores o captar sonidos infra o ultrasónicos y pasarlos a vibraciones, dando la opción de captar señales sin que un humano se percate o captar información en señales a determinadas frecuencias específicas etcétera.

- Definiendo los diversos problemas y soluciones existentes que le permiten a una persona con discapacidad auditiva acoplarse a la sociedad se logró identificar en esta investigación que la solución a la problemática muchas veces no es construir un dispositivo traductor sino brindarle las herramientas para que el usuario pueda con autonomía discernir los sonidos de su entorno.
- La construcción de un dispositivo que lo utilice un ser humano representa de muchos procesos y estudios donde se deben tener en cuenta todos los cuidados pertinentes para no incurrir en lesiones en contra de la integridad del usuario por lo tanto se diseñó e implementó protecciones como correas en materiales que no lastimen y adicionalmente protejan al usuario.

## 9. CONCLUSIONES

Se construyó un dispositivo portable para personas con discapacidad auditiva que capta señales de voz de cualquier individuo, y se transforma en parámetros de estimulación corporal en forma de vibraciones permitiéndole al usuario identificar palabras en tiempo real.

Se analizó la problemática existente de la comunidad con discapacidad auditiva y se desarrolló una nueva propuesta utilizando estimulaciones corporales en forma de vibración; estos son posicionados en el brazo y el antebrazo permitiéndole al usuario adquirir herramientas que le permiten identificar palabras mejorando notablemente su comunicación con cualquier persona de la sociedad.

Se diseñó un dispositivo electrónico que capta la voz por micrófono y genera parámetros de vibraciones acorde a las señales captadas en manillas para posicionarlas en el brazo y antebrazo sin causar ningún proceso invasivo para el usuario.

Se desarrollaron pruebas y terapias basadas en la psicología del desarrollo corporal para que el usuario pueda identificar las palabras con ayuda del prototipo identificando la intensidad y el género de la emisión.

La incorporación de un terapeuta ocupacional en la construcción de herramientas en la psicología del desarrollo corporal fue vital, ya que no existen precedentes en el desarrollo de terapias para esta clase de dispositivos que usen vibraciones ni métodos definidos para que el usuario se acople a el nuevo mecanismo.

El tiempo dedicado por los usuarios del dispositivo fue muy importante para realizar mejoras e identificar problemas y encontrar soluciones adecuadas para que el usuario se sienta cómodo con el uso del prototipo.

Con estos estudios se identificó que no es necesario procesar la señal para darle al usuario una respuesta de lo que fue emitido; al contrario el usuario puede procesar infinidad de señales e identificarlas por diversos cambios mínimos

## 10. MEJORAS FUTURAS

Cambiando el micrófono por un circuito amplificador de audio y adecuándolo a frecuencias específicas se podría utilizar para identificar sonidos de la naturaleza y detectar movimientos.

Con adiciones como un teclado y un parlante se podría configurar el prototipo para expresar palabras.

Adicionando un sistema de LEDs en configuración de vúmetro se podrá mostrar las palabras que son captadas y mediante terapia de repetición se puede enseñar a una persona con discapacidad auditiva a vocalizar en un volumen adecuado, proporcionando un lenguaje adecuado para una comunicación en la vida diaria con personas del común.

Si se ubica en otros lugares el prototipo (pierna o espalda) podrá proporcionar al usuario una capacidad de recibir instrucciones sin necesidad de escucharlas brindándole privacidad al usuario y al mensaje recibido sin importar que el usuario presente patologías auditivas.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDROID , Disponible en internet en : <http://www.android.com/>

Apuntes para una gramática de la Lengua de Señas Colombiana, Oviedo, A. INSOR - Universidad del Valle, 2000.

Artículo: Circuitos básicos con operacionales disponible en internet en: <http://www.lcardaba.com/articles/opamps.html>

Artículo: Revista Colombiana de Física, vol. 40, No. 1, Abril 2008

Artículo: RTV.ES Disponible en internet en:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Jp4LI3BjhhcJ:www.rtve.es/noticias/20100328/niveles-decibelios-db-nuestro-entorno/322078.shtml+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>.

Brains of deaf people rewire to 'hear' music Disponible en Internet:

<http://www.rad.washington.edu/radiology-personnel/shibatad>

<http://www.washington.edu/news/2001/11/27/brains-of-deaf-people-rewire-to-hear-music/>

DANE. Departamento encargado de las estadísticas en Colombia. Disponible en Internet: <http://www.ultimahora.com/notas/295102-Un-implante-coclear-no-cura-la-sordera>

Documento: El Bilingüismo de los Sordos. Bogotá, INSOR – MEN, 2000.

Disponible en internet en :

[http://www.insor.gov.co/portal/images/PUBLICACIONES/cartilla\\_etapa\\_escolar.pdf](http://www.insor.gov.co/portal/images/PUBLICACIONES/cartilla_etapa_escolar.pdf)

Documento: Estatutos Federación Mundial de personas sordas. Disponible en internet: <http://www.asocide.org/wfdb.htm>

DODDINGTON, 85] G.R. Doddington: "Speaker Recognition-Identifying People by their voices", Proceedings of the IEEE, vol 73, N° 11. November 1985

El tono de la voz masculina y femenina en los informativos radiofónicos: un análisis comparativo. Disponible en internet en: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/rodero-emma-tono-voz-femenina.pdf>

FENASCOL. Federación Nacional de Sordos de Colombia. Disponible en Internet:<http://www.fenascol.org/>

Federación Nacional de Sordos de Colombia FENASCOL. V Conferencia Nacional de la situación del sordo en Colombia “Diversidad y unidad” 2000. Disponible en Internet: <http://www.fenascol.org.co/>

Facebook de JUVENSOR. Disponible en Internet:  
<http://www.facebook.com/pages/About-JUVENSOR/106242432734110>

Gustavo Romero. Sistema de reconocimiento del habla. Argentina Universidad Nacional de Entre Rios 2001.

Hacia una educación de calidad en las aulas para sordos. Bogotá, MEN – INSOR, 2005. Disponible en Internet: <http://www.fenascol.org.co/>

Intérpretes de la Lengua de Señas Colombiana y Modelos Lingüísticos en contextos educativos. Una experiencia en el Distrito Capital. Alcaldía mayor de Bogotá. Secretaría de Educación, 2004. Disponible en internet: <http://www.fenascol.org.co/>

Libro: Sordera Disponible en internet en:  
[http://html.rincondelvago.com/sordera\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/sordera_1.html)

Las habilidades sociales en niños sordos profundos, disponibles en internet en:  
<ftp://tesis.bbt.k.uill.es/ccssyhum/cs188.pdf>

Orientaciones generales para la Atención Educativa de las Personas con limitación Auditiva. Bogotá, INSOR. Disponible en internet: <http://www.fenascol.org.co/>

RABINER Y SCHAFFER, 78 L. Rabiner y R. Schaffer, 1978: Digital Processing of Speech Signals. Prentice-Hall.

Reconocimiento de voz para niños con discapacidad en el habla. Disponible en Internet:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/franco\\_g\\_ja/portada.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/franco_g_ja/portada.html).

Señales y análisis de Fourier Disponible en internet en:  
[http://www.culturacientifica.org/textosudc/unidad\\_didactica\\_fft.pdf](http://www.culturacientifica.org/textosudc/unidad_didactica_fft.pdf)

Shure Disponible en internet en  
<http://es.shure.com/americas/products/microphones>

Sistema inteligente de reconociendo de voz para la traducción del lenguaje verbal a la lengua de señas. Disponible en Internet:  
<http://www.ribicol.org/nueve/ponencias/35.pdf>.

Sistema interactivo de reconocimiento de fonemas para la interpretación de voz y traducción a la lengua de señas. Biblioteca Alberto Quijano Guerrero tesis de grado.

Sociedad Colombiana de Sordos. Disponible en Internet:  
<http://www.ultimahora.com/notas/295102-Un-implante-coclear-no-cura-la-sordera>  
Origen de la lengua de señas Disponible en Internet:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Lengua\\_de\\_se%C3%B1as](http://es.wikipedia.org/wiki/Lengua_de_se%C3%B1as)

Terapias del desarrollo del habla y audición disponibles en internet en:  
[http://kidshealth.org/parent/en\\_espanol/crecimiento/speech\\_therapy\\_esp.html](http://kidshealth.org/parent/en_espanol/crecimiento/speech_therapy_esp.html)

The cognitive structure of emotion. Clore, and A. Collins, A. Ortony, G. L. Londres: Cambridge University Press, 1988

Tomado de Sociedad Colombiana de Sordos. Disponible en Internet:  
<http://www.ultimahora.com/notas/295102-Un-implante-coclear-no-cura-la-sordera>

Traductores HetaH Herramientas tecnológicas para ayuda humanitaria Disponible en Internet: <http://hetah.net/modules/sios/traductor/>

Trabajo de investigación de ¿Puede un niño/a sordo/a aprender a solfear o leer e interpretar música con un instrumento? Disponible en internet en:  
<http://www.rieoei.org/experiencias125.htm>

UNI-T Disponible en internet en <http://www.sigmaelectronica.net/ut2102ce-p-1497.html>

Video: EL OIDO HUMANO : DOCUMENTAL COMPLETO. Disponibles en internet en <http://www.youtube.com/watch?v=gw-wWq6Wz5E>

ZISSMAN M. A. 96]: "Comparison of Four Approaches to Automatic Language Identification of Telephone Speech". IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, vol. 4, no. 1, pp. 31-44.

# **ANEXOS**

**ANEXO A.**  
**Consentimiento Informado**

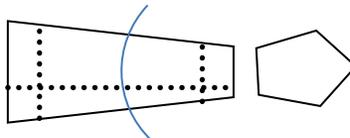
**DISPOSITIVO DE ESTIMULACIÓN CORPORAL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA (SORDAS)**

<b>DESARROLLADO POR</b> RUBÉN DARÍO LASSO LLORENTE	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b> INGENIERÍA ELECTRÓNICA TRABAJO DE GRADO	
<b>FECHA:</b>		
<b>DÍA:</b>	<b>MES:</b>	<b>AÑO:</b>

Yo \_\_\_\_\_  
mayor de edad, identificado con CC. N° \_\_\_\_\_ y como PARTICIPANTE \_\_\_\_ o como responsable \_\_\_\_ del PARTICIPANTE \_\_\_\_\_ identificado con CC. O TI. N° \_\_\_\_\_ autorizo ala Dr.(a) CAROL XIMENA LÓPEZ ANGULO, \_\_\_\_\_, con profesión en TERAPIA OCUPACIONAL, para la realización del procedimiento de INVESTIGACIÓN Y TOMA DE DATOS \_\_\_\_\_, teniendo en cuenta que he sido informado claramente sobre los TIEMPOS Y CLASES DE TERAPIAS (terapias que se encuentran y proporcionaran la TERAPIA AUDITIVO VERBAL ) que se pueden presentar y enfatizando que las practicas no causaran ninguna clase de riesgo ni daño Y QUE SON CATALOGADAS SIN RIESGO por lo tanto no se presentarán riesgos imprevistos y daños a futuro.

**Datos a investigar**

1. Toma de medidas del antebrazo y brazo.  
Se tomarán medidas en centímetros del largo ancho.



2. Identificación de donde presenta mayor sensibilidad a la vibración en el antebrazo y brazo.

Con un motor que realiza la vibración de celular con protección para evitar daños se presentaran contactos leves en la piel del paciente y se le realizará una encuesta para identificar donde presenta mayor sensibilidad.

### **Después con un prototipo y cuatro manillas.**

#### **Nota**

El dispositivo genera impulsos en forma de vibraciones muy semejantes a las de un celular con una intensidad controlada y menores que no generan lesiones.

El dispositivo no presenta ningún procedimiento invasivo al paciente y no genera ninguna clase de daño, lesiones y es catalogado SIN RIESGO ALGUNO.

3. Se realizaran pruebas de 120 minutos diarios durante 5 días siguiendo las terapias propuestas por la profesional en Terapia Ocupacional CAROL XIMENA LOPEZ ANGULO tales como escuchar palabras claves para la investigación y respondiendo preguntas como:

- ¿Qué clase de palabra era?
- ¿Te gusta entenderla de esa manera?
- ¿Te molesta el dispositivo?
- ¿Cómo te sientes con el dispositivo?
- ¿Qué te gustaría que el dispositivo hiciera más?
- ¿Quieres seguir usando el dispositivo?

Las preguntas se modificarán según los resultados y pueden existir muchas más preguntas que ayuden a la investigación.

Este documento presenta las siguientes anotaciones:

- La investigación se realizó con 2 hombres y 2 mujeres entre los 18 y los 35 años con niveles educativos superiores.
- Se realizarán las prácticas durante cuatro semanas por cada paciente, si es necesario se podrá ampliar el tiempo una semana más proporcionando un descanso de 3 días antes de continuar.
- Con estas prácticas se trata de diseñar un prototipo que permita a una persona entender palabras de ambiente cotidiano y mejorando su estilo de vida.

- En cualquier momento el paciente podrá solicitar una explicación detallada de los procesos terapéuticos que se desarrollen y aclarar sus dudas o consultar las terapias realizadas en esta investigación.
- Todos los gastos que se generen en la investigación serán cubiertos en un cien por ciento por las personas investigadoras, la persona participante no pagara ningún gasto y serán incentivadas con el pago de transporte para que se desplacen al lugar de investigación y un refrigerio diario.
- En cualquier momento de la investigación el participante puede solicitar su retiro voluntario.
- Todos los datos de que se adquieran del participante serán confidenciales y solo usados para proporcionar una estadística y en ningún momento serán utilizados para otros fines.
- Al finalizar la investigación se le entregará un reporte de los resultados estadísticos a cada participante.
- Debido a que las terapias no son invasivas y son controladas por un profesional en la materia no presentan riesgos para el participante, no es necesario el tratamiento médico ni indemnizaciones por daños causados por la investigación ya que no son procedimientos de riesgo alguno.
- Este documento será duplicado para control de las directivas del proyecto y por razones administrativas y de ley.

Comprendo y acepto que durante el procedimiento pueden aparecer circunstancias imprevisibles o inesperadas, que puedan requerir una extensión del procedimiento original o la realización de otro procedimiento no mencionado arriba.

Al firmar este documento reconozco que he leído o que me ha sido leído y explicado y que comprendo perfectamente su contenido. Se me han dado amplias oportunidades de formular preguntas y que todas las preguntas que he formulado han sido respondidas o explicadas en forma satisfactoria. Acepto que es un proceso de investigación y que los resultados a obtener no pueden ser exactos y por lo tanto no se garantizan los resultados y definiendo que la toma de datos o procedimiento a realizar se comportan como una actividad de medio, pero no de resultados.

Comprendiendo estas limitaciones, doy mi consentimiento para la realización del procedimiento y firmo a continuación:

**FIRMA** **DEL** **PACIENTE:**

---

NOMBRE **DEL** **PACIENTE:**

---

CC. O HUELLA:

---

**FIRMA** **DEL** **TESTIGO** **O** **RESPONSABLE** **DEL** **PACIENTE:**

---

NOMBRE **DEL** **TESTIGO** **O** **RESPONSABLE** **DEL** **PACIENTE:**

---

CC. O HUELLA:

---

RELACIÓN **CON** **EL** **PACIENTE:**

---

**FIRMA DEL MÉDICO O PROFESIONAL DE LA SALUD:**

---

NOMBRE **DEL** **PROFESIONAL:**

---

CC:

---

Nº **DEL** **REGISTRO:**

---

El paciente no puede firmar por:

---

---

---

## TESTIGOS

GUILLERMO LEÓN LASSO GÓMEZ  
C.C. 5.274.615  
CALLE 20 B # 11- 125  
7214733

BEATRIZ TERESA LLORENTE ACOSTA  
C.C. 27.072.352  
CALLE 14 # 25-25  
7214733

## INVESTIGADORES

RUBÉN DARÍO LASSO LLORENTE  
C.C.87065286  
CALLE 20 B # 11 -121  
3004686947

## TERAPEUTA OCUPACIONAL

CAROL XIMENA LÓPEZ ANGULO  
C.C. 1085253209  
DIRECCIÓN CALLE 21# 29 67  
3014168978