

“Estación de Terapia para Mejorar la Comunicación Verbal de Personas que Padecen de Sordera y Trastornos Lingüísticos”

Sasha Tamara Palacios Brito ⁽¹⁾
Msc. Miguel Eduardo Yapur Auad ⁽²⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
tpalacio@fiec.espol.edu.ec ⁽¹⁾, myapur@fiec.espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

Una persona que nace con hipoacusia no desarrolla un lenguaje normal como alguien sano lo hace. El presente proyecto consiste en un software de terapia de lenguaje dirigido a personas con deficiencias auditivas. Consiste básicamente en una comparación visual y matemática entre dos formas de onda de voz; una almacenada en una base de datos y otra producida por la voz de la persona a la que se le está practicando la terapia. Las formas de onda de la base de datos fueron adquiridas de personas sin deficiencias auditivas y con un lenguaje normalmente desarrollado; estas formas gráficas son diferentes y únicas para el sonido prolongado de cada una de las letras utilizadas en este trabajo. Las letras usadas son a, e, i, o, u, l, m, r. El objetivo es que el paciente, acompañado de un terapeuta de lenguaje, practique modulación de voz y vocalización, hasta que su forma de onda se parezca a la que se encuentra en la base de datos.

Palabras Claves: hipoacusia, deficiencias auditivas, software, terapia de lenguaje, formas de onda de voz.

Abstract

A person born with hearing loss doesn't develop a normal language as someone healthy does. This project consists of a speech therapy software aimed at people with hearing impairments. It's basically a visual and mathematical comparison between two voice waveforms; one of them stored in a database and another produced by the voice of the person that is practicing with the therapy. The waveforms of the database were acquired from people without hearing impairments and language normally developed; these graphic shapes are different and unique to the prolonged sound of each of the letters used in this work. The letters used are a, e, i, o, u, l, m, r. The goal is for the patient, accompanied by a speech therapist, to practice voice modulation and vocals until its waveform looks like the one from the database.

Keywords: hearing loss, hearing impairments, software, speech therapy, voice waveforms.

1. Introducción

A aquellas personas que nacen con deficiencias auditivas, se les dificulta el desarrollar un lenguaje normal. La deficiencia auditiva, o hipoacusia es la pérdida parcial de la capacidad auditiva, la misma que puede ser leve, moderada, severa o profunda [1].

En Ecuador existen instituciones y especialistas en terapia de lenguaje que ayudan a estas personas, utilizando diversos métodos ya establecidos y apoyándose en la tecnología de los

audífonos e implantes cocleares. El trabajo de los terapeutas consiste en ayudarse de gráficos, carteles y cualquier representación visual para relacionar una cosa o acción con su significado; también enseñan a los niños la lectura de labios, haciendo así que practiquen su pronunciación.

El objetivo principal de este trabajo es que un paciente pueda mejorar su pronunciación; por ende, desarrollar un lenguaje comprensible, solo observando las gráficas que su vocalización produce y comparándolas con las gráficas producidas por una persona sana. Se debe aclarar

que el método que se aplicará hace necesario el uso del sentido de la visión.

Todo niño que sufre de hipoacusia, moderada o severa, debería utilizar un par de audífonos para que la terapia tenga mejores resultados, ya que con esto se logra que el niño llegue a desarrollar una mejor pronunciación; pero a los niños que sufren de hipoacusia profunda no les es de mucha ayuda un par de audífonos. Además, debido a que hay niños que no fueron atendidos a tiempo, o que presentan otro problema aparte de la deficiencia auditiva, no podrán desarrollar un habla clara y comprensible. He ahí la importancia del diagnóstico y tratamiento a temprana edad.

2. Teoría básica de las señales de voz

Es importante conocer que las ondas de sonido son ondas mecánicas longitudinales, que necesitan un medio físico elástico para poder propagarse, así como en el aire el sonido se propaga desplazando las partículas del medio; por otro lado, en el vacío no hay partículas que desplazar, por lo tanto no habrá sonido [2].

Cada letra de nuestro abecedario suena distinto, las personas que tienen la capacidad de escuchar, adquieren la habilidad de modular la voz, las cuerdas vocales y la boca de tal manera que se puede escuchar el sonido que se desea producir. Como es de esperarse, la diferencia en el sonido de las letras no solo se puede escuchar, sino también observar. Estas perturbaciones diferentes, al ser captadas por un micrófono y procesadas electrónicamente, pueden ser visualizadas. Para comprobar esto, con la ayuda de Labview y un micrófono, se grabaron las formas de onda de las letras a, e, i, o, u, r, l, m. Ver figuras de 1 a 8.

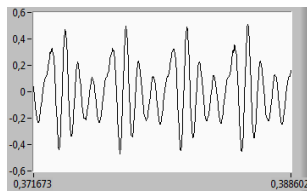


Figura 1. Forma de onda de la letra “a”

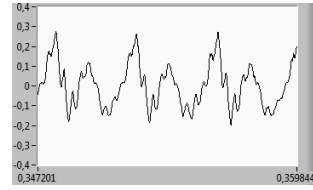


Figura 2. Forma de onda de la letra “e”

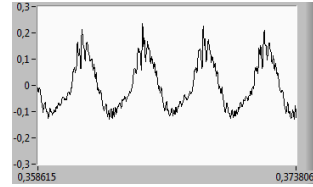


Figura 3. Forma de onda de la letra “i”

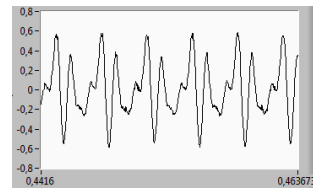


Figura 4. Forma de onda de la letra “o”

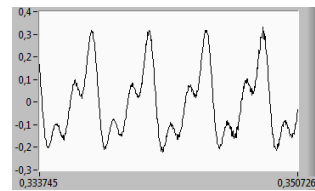


Figura 5. Forma de onda de la letra “u”

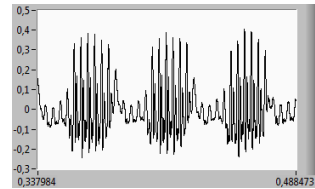


Figura 6. Forma de onda de la letra “r”

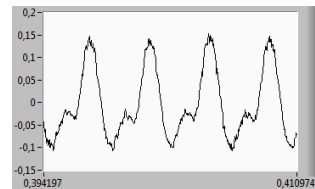


Figura 7. Forma de onda de la letra “l”

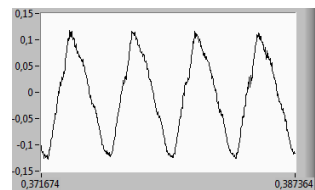


Figura 8. Forma de onda de la letra “m”

3. Correlación cruzada

La correlación es una técnica matemática empleada en cuantificar la similitud entre un par de señales. El resultado se expresa como función del desfase de tiempo entre dos señales, tal que $-1 \leq r_{xy}(k) \leq 1$, siendo r_{xy} el coeficiente de correlación.

Cuando el resultado es positivo significa que las dos señales son similares y crecientes, cuando el resultado es negativo significa que el crecimiento de una señal es el decrecimiento de la otra; si el resultado es cercano o igual a cero entonces las señales no tienen parecido [3].

Este método matemático es el que se usa en el proyecto para realizar la comparación entre las señales de voz de personas que tienen un lenguaje normal, con las que padecen deficiencias auditivas.

4. Plataforma de programación

Se utiliza la plataforma de Labview, que es un entorno de programación gráfica desarrollado por National Instruments, en el cual se puede hacer adquisición de datos, control de sistemas y comunicación con otras plataformas de programación, como por ejemplo Arduino. Dentro de su programación existen bloques matemáticos básicos, lazos WHILE, FOR, selectores, bloques de comparación, de procesamiento de señales, etcétera.

Existen otras plataformas de programación que se pudieron haber usado para desarrollar este proyecto, como Matlab, que es una herramienta que se usa frecuentemente en el campo científico, debido a sus librerías con funciones específicas de alto nivel; pero Labview comprende un entorno de programación e interfaz de usuario funcional e intuitivo, razón por la que se ha elegido trabajar con esta plataforma [4].

5. Programación

La programación del proyecto está realizada en tres partes. La primera es para la adquisición y almacenamiento de los patrones de pronunciación de las letras usadas, con personas que tienen una vocalización clara. En la segunda se realiza el

procesamiento de las señales adquiridas. Por último, la tercera es para la visualización de las gráficas producidas por los pacientes.

5.1. Adquisición y almacenamiento de datos

Esta parte de la programación es llamada “Grabador de audios”, y es exclusivamente para adquirir las voces que sirven como formas de onda patrón, más adelante. Es decir, en la carpeta “Audios” se almacenan las voces de personas con un lenguaje normal, que luego se usará como base de datos.

El objetivo es poder almacenar las formas de onda con nombre y numeración específicos, para su fácil clasificación y uso. El formato para el nombre de cada sonido grabado es (género) / (letra) / (númerodemuestra), siendo género una “m” para masculino o una “f” para femenino; y en donde ‘número de muestra’ se incrementa con cada persona que aporta con su voz para la base de datos. La extensión de los archivos es “.sas” la cual fue asignada para propósitos generales de este proyecto.

En la figura 9 se observa el diagrama de flujo de la programación utilizada para lograr el objetivo propuesto.

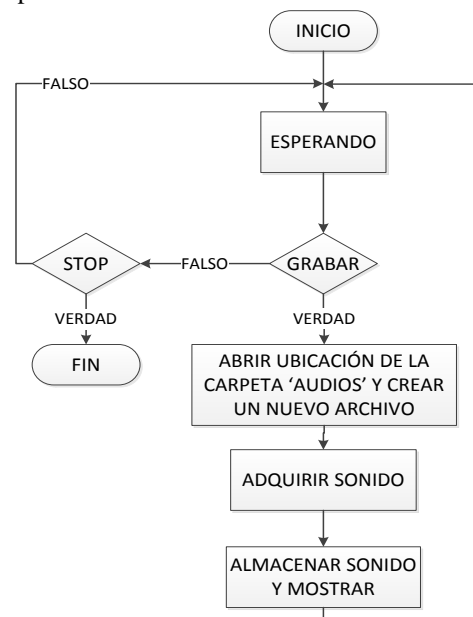


Figura 9. Diagrama de flujo de “Grabador de audios”

Para la interfaz de usuario se cuenta con un graficador para ver la forma de onda que se adquiere, un recuadro en donde se define el nombre de la muestra de la manera en la que se mencionó anteriormente, y otros dos en donde se define la duración de la grabación y la frecuencia de muestreo, que son de 1 segundo y 48 KHz, respectivamente. Ver figura 10.

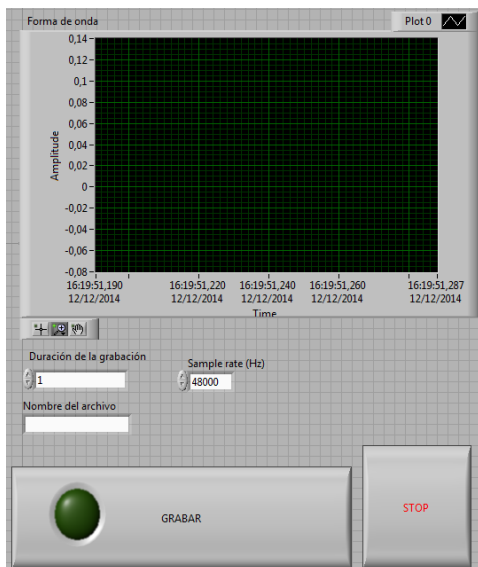


Figura 10. Interfaz de “Grabador de audio”

5.2. Programa principal

En el programa principal, llamado ‘MAIN Hearing Impaired’, se contará con una pantalla en la que se encuentran todos los botones, indicadores, y casillas necesarias. En las figuras 11 y 12 se ve la interfaz de trabajo de los terapeutas y las personas con deficiencias auditivas.



Figura 11. Página inicial de “MAIN Hearing impaired”

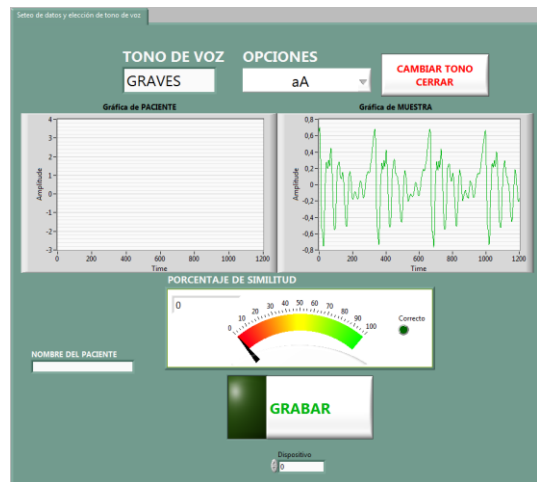


Figura 12. Página secundaria de “MAIN Hearing impaired”

La lógica que sigue esta parte del programa tiene un mayor grado de complejidad; pero en el diagrama de flujo se explica brevemente el funcionamiento. Ver figura 13.

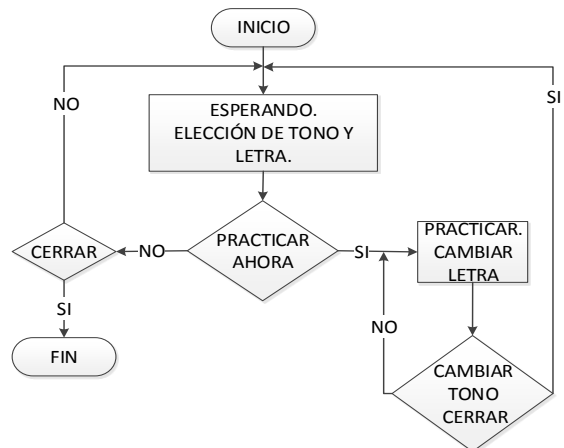


Figura 13. Diagrama de flujo de “MAIN Hearing impaired”

La programación para esta parte consta de dos estados. En el primer estado se realiza una definición de valores para las variables usadas, como: tono de voz, letra a practicar, nombre del paciente, entre otras. En el segundo estado primero se efectúa la lectura de la base de datos de voces patrones; luego de que el usuario realice el primer intento, su voz se compara con las de la base de datos (en este punto se ejecuta la correlación cruzada) y se calcula el porcentaje de similitud. Además, cada intento del usuario se almacena en la

carpeta “ARCHIVOS DE PACIENTES” con el siguiente formato: nombre_fecha_hora_letra.

5.3. Lectura de archivos de pacientes

Cuando se desea revisar el avance de un paciente, se podrán observar los datos guardados de citas anteriores con el programa “Lectura de archivos del paciente”. Ver figura 14.

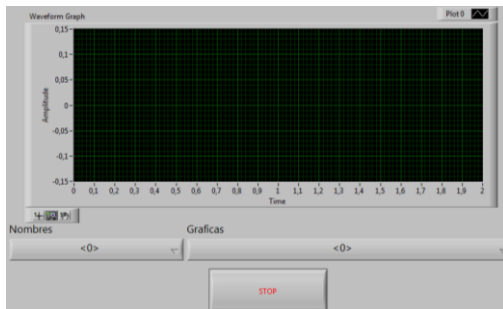


Figura 14. Interfaz para “Lectura de archivos del paciente”

La lógica para la programación de esta última parte se explica en el diagrama de flujo de la figura 15.

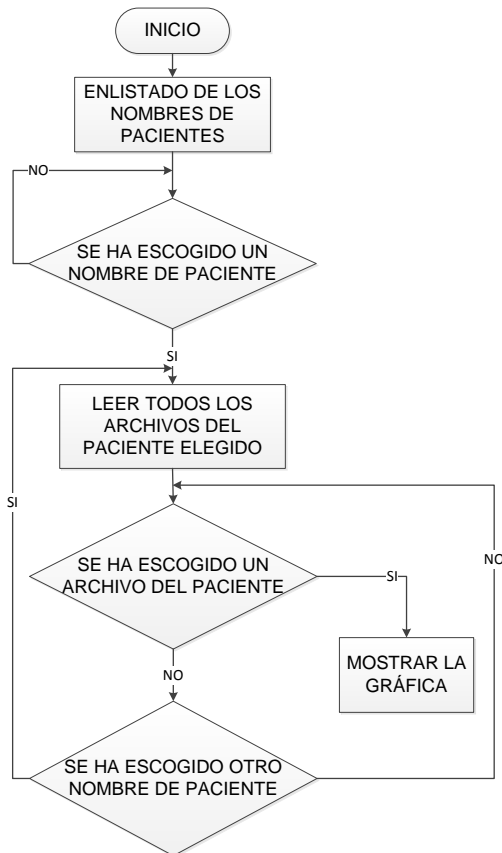


Figura 15. Diagrama de flujo de “Lectura de archivos del paciente”

6. Pruebas realizadas

Se realizaron pruebas en la Escuela Municipal de Audición y Lenguaje de Guayaquil, con cuatro niños de entre 7 a 9 años de edad; tres de ellos con sordera severa y uno con sordera profunda, bajo la tutela de una terapeuta.

Las gráficas obtenidas de tres de los niños no se aproximaban a las de la base de datos patrón y los porcentajes de similitud eran por debajo del 30%. A esto la terapeuta agregó que, algunos de los niños con sordera profunda no podrían desarrollar una pronunciación correcta de letras con sonidos difíciles como la “r”, y tampoco diferenciar bien los sonidos de las vocales.

Uno de los estudiantes, un niño de 9 años de edad con sordera severa, comprendió rápidamente el funcionamiento del programa y se le dio la oportunidad de manejarlo solo, así que estuvo realizando pruebas por su cuenta. El estudiante comprendió rápidamente el objetivo del software y después de varios intentos con la letra “m”, obtuvo un porcentaje de similitud de 70%.

Se considera como correcto, obtener un porcentaje de similitud mayor al 65%.

7. Conclusiones

1. El proyecto realizado resulta ser un método interactivo de enseñanza a bajo costo para escuelas de audición y lenguaje, ya que utilizarían el ejecutable del programa y no necesitarán comprar licencias. Lo único que representaría un gasto es la compra de micrófonos de escritorio.
2. El uso de correlación cruzada para realizar la comparación entre dos señales, resultó ser la mejor manera de obtener un porcentaje de similitud entre ellas; pues, ésta se basa en las diferencias de forma y frecuencia, no en las diferencias de amplitud o fase. Ésta es la razón por la que se separaron las voces en graves y agudos, por la diferencia de frecuencias; pero también se encontraron amplitudes distintas y desfases no regulares.

3. Para casos de niños con sordera severa, el programa representa una apropiada herramienta de aprendizaje, si es utilizada de manera correcta.
4. Los niños encuentran el programa llamativo y divertido, lo que facilita la labor del terapeuta que trabaje con ellos.

8. Recomendaciones

1. Se recomienda que el lugar donde se vaya a aplicar esta terapia de lenguaje, sea silencioso. Una de las razones es que esto refuerza la concentración del terapeuta y además, ayuda a que no haya interferencia de ruido en la adquisición de datos a través del micrófono.
2. Debido a que los niños tienden a tener voces agudas, se recomienda que se les haga practicar con los dos tonos disponibles en el programa, agudos y graves, para determinar cuál es la apropiada.
3. Todos los niños que usen este programa necesitan adaptarse a este nuevo método; así que no se debe esperar obtener buenos resultados en un corto tiempo, por lo que se sugiere una práctica constante.

4. Para mejores resultados, el uso de un micrófono de escritorio es recomendado.
5. Se recomienda crear una nueva base de datos con voces de niños sin problemas auditivos, para el uso del programa en las escuelas, ya que la base de datos actual fue hecha con voces de jóvenes universitarios.

9. Referencias

- [1] Cochlear Ltd. Grados de hipoacusia. Publicado en 2015. Disponible en <http://www.cochlear.com/wps/wcm/connect/es/home/understand/hearing-and-hl/what-is-hearing-loss-/degrees-of-hl>.
- [2] Wikipedia. Onda sonora. Actualizado en diciembre, 2014. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_sonora.
- [3] E. Soria, M. Martínez, J. V. Francés, G. Camps. Tratamiento digital de señales. Pearson educación S.A. Madrid, 2003.
- [4] Tadej Tašner, Darko Lovrec, Frančišek Tasner, Jörg Edler. Comparison of Labview and Matlab for Scientific Research. Publicado en 2012. Disponible en <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2012/ANNALS-2012-3-68.pdf>.