

## PRE-LINGUA - UNA HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL PRE-LENGUAJE

*William Ricardo Rodríguez Dueñas, Eduardo Lleida Solano*

Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón  
(wricardo,lleida)@unizar.es

### RESUMEN

Este trabajo introduce *Pre – Lingua*, un conjunto de herramientas diseñadas para apoyar la labor diaria de logopedas en el desarrollo del pre-lenguaje en niños que sufren desórdenes en el habla. *Pre – Lingua* que esta diseñada a manera de juegos trabaja en aspectos como la detección de actividad de voz, el control de la intensidad, tonalidad y respiración y finalmente la vocalización. Para conseguirlo hace uso de las tecnologías del habla y de un motor gráfico encargado de generar las animaciones en una interfaz muy sencilla y atractiva.

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen herramientas informáticas para terapia del lenguaje, habla y audición. Algunas de ellas como **SpeechViewer**, desarrollada por IBM trata desórdenes de comunicación en diferentes edades, se puede elegir entre: Control de tono, intensidad, sonoridad, duración de la voz, análisis de espectros y pronunciación de fonemas. **Video Voice**, de Micro Video Corporation, ofrece juegos para el tono, amplitud y duración de la voz. **Dr. Speech**, es un sistema que cuenta con varios juegos interactivos, donde el niño recibe retroalimentación del cambio de tono, intensidad, y fonación[1]. Estas herramientas son en lengua inglesa y con licencia de pago, lo que dificulta la labor de logopedas e instituciones de habla hispana.

*Pre – Lingua* es una herramienta de libre distribución para lengua española que hace parte del proyecto *Comunica*, un conjunto de aplicaciones desarrolladas para mejorar las capacidades de comunicación en personas con desórdenes en el habla.

El desarrollo del lenguaje durante el primer año de vida (pre-lenguaje) en un niño sano incluye aspectos como: la detección de actividad de voz, en donde el niño puede advertir la presencia de personas en su entorno y aprende que con su voz puede interactuar con ellas; el control de la intensidad de la voz donde el niño aprende a modular el volumen de su voz; el control de la respiración ya que es importante para una comunicación fluida; el control de la

tonalidad ya que es requerido para una correcta producción del habla (prosodia); y finalmente la vocalización, en donde el niño empieza a generar sonidos articulados y lo preparan para la etapa fonológica en el desarrollo del lenguaje propiamente dicho a partir del primer año [2].

Desafortunadamente en algunos casos este desarrollo no es normal y es afectado por diferentes trastornos físicos o mentales, lo que limita seriamente sus habilidades para comunicarse, aprender una lengua e integrarse a la sociedad. Las Tecnologías del Habla (TH) que apoyan e investigan en campos como: la logopedia, estudios sobre fonética acústica y patológica, y lingüística entre otros, se convierten en una poderosa herramienta para que personas con trastornos del lenguaje se comuniquen de una mejor manera. Es así como el objetivo de este trabajo es el desarrollo de aplicaciones informáticas atractivas para niños a manera de juegos, que basadas en las TH permitan que personas discapacitadas con problemas en el desarrollo del pre-lenguaje, puedan comunicarse e interactuar de una mejor manera con su entorno y con ordenadores inclusive. Esta herramienta puede ser utilizada fácilmente por logopedas ya que no requiere configuraciones previas y además es de fácil uso. Aquí la evaluación logopédica es necesaria para la selección de candidatos debido a los múltiples factores que pueden intervenir en el desarrollo del pre-lenguaje.

El presente artículo muestra en el apartado 2 como se aplican las TH para intentar resolver éstos problemas, en el apartado 3 una descripción general de los juegos de *Pre – Lingua* y en 4 resultados y conclusiones obtenidos hasta ahora, ya que el desarrollado aquí planteado es el diseño de la herramienta para poder posteriormente evaluarla en diferentes centros de educación especial.

### 2. TECNOLOGÍAS APLICADAS

Las TH aplicadas en *Pre – Lingua* incluye un detector de actividad de voz (VAD), estimación de la energía de la señal, análisis LPC para estimar la frecuencia fundamental (Pitch) y los formantes F1 y F2 correspondientes a las vocales del castellano. También se utiliza el motor gráfico ALLEGRO que son rutinas en código C de uso libre y que se encargan de generar las animaciones gráficas en los juegos.

La figura 1 muestra en bloques el procesamiento real-

Este trabajo ha sido subvencionado por el MEC TIN 2005-08660-C04-01 y becas Banco Santander .

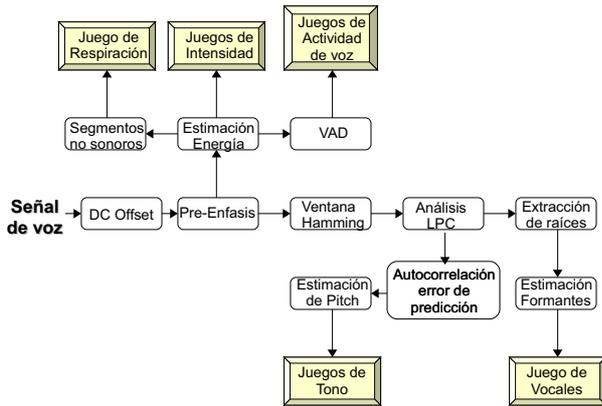


Figura 1. Procesamiento sobre la señal de voz.

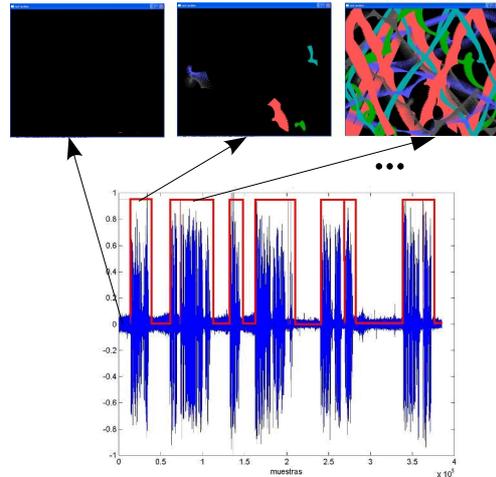


Figura 2. VAD en la activación de Imágenes.

izado por *Pre – Lingua* sobre la señal de voz. La señal de voz tiene una etapa de pre-procesamiento donde se realiza compensación DC, pre-énfasis y un enventanado tipo Hamming. Posteriormente se realiza estimación de la energía de la señal, y análisis de predicción lineal LPC para la estimación de Pitch y formantes. Estos algoritmos entregan al motor gráfico los parámetros necesarios de control en los diferentes juegos, de manera que la realimentación para el usuario de los efectos de su voz es siempre gráfica y en tiempo real. A continuación se explica como se usan éstas tecnologías para cada aspecto del pre-lenguaje trabajado en *Pre – Lingua*.

### 2.1. Detección de la Actividad de Voz

Un niño con problemas de pre-lenguaje no diferencia los sonidos de su entorno de la voz humana y por consiguiente no advierte que puede usar su propia voz para comunicarse. La TH utilizada es un Voice Activity Detector (VAD) convencional basado en la energía de la señal. Éste entrega una señal binaria de alto nivel en los segmentos donde hay presencia de voz, y de bajo nivel en los segmentos de silencio [3]. La decisión del VAD solo es de alto nivel si la estimación de la energía de la señal supera un umbral pre-establecido y si existe frecuencia de Pitch. De esta manera se diferencia si el segmento analizado corresponde a voz o no voz. Como se aprecia en la figura 2, la salida binaria del VAD (línea roja) se encadena a diferentes animaciones gráficas en donde el objetivo es crear conciencia en el niño de que su voz genera cambios en pantalla. Por ejemplo mover figuras geométricas o permitir que un coche se mueva solo en presencia de voz.

### 2.2. Control de la Intensidad

Una vez el niño adquiere la habilidad para distinguir su propia voz, él puede aprender a modular la intensidad

de la misma. Se utiliza el valor de la estimación de la energía y se lleva a un espacio de valores en píxeles para conseguir una proporcionalidad entre el valor de la intensidad y el movimiento de objetos en pantalla. En la figura 3, puede apreciarse como la evolución de la energía para un segmento sonoro se convierte en la posición vertical del objeto animado y el VAD proporciona el movimiento horizontal. Para inducir al niño a modular la intensidad de su voz hay juegos donde el objeto animado debe evadir obstáculos o desplazarse a través de un laberinto, allí la trayectoria es única y el niño debe variar la intensidad de la voz para llegar al final del juego.

### 2.3. Control de la Respiración

Hablar fluidamente requiere de una correcta respiración. Para enseñar al niño a manejar la potencia y el mantenimiento de la respiración se han diseñado juegos donde él debe soplar. El sistema analiza de nuevo la energía de la señal pero considera únicamente los segmentos no sonoros (sin pitch) como se muestra en la figura 4. Aquí

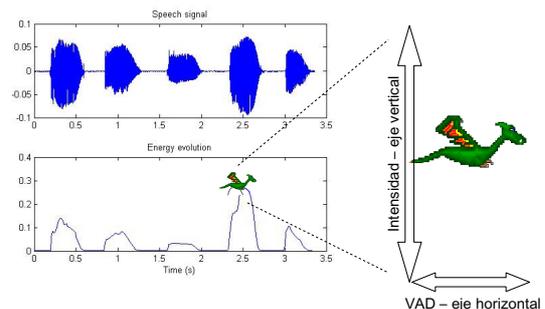


Figura 3. Intensidad de la voz a posición vertical.

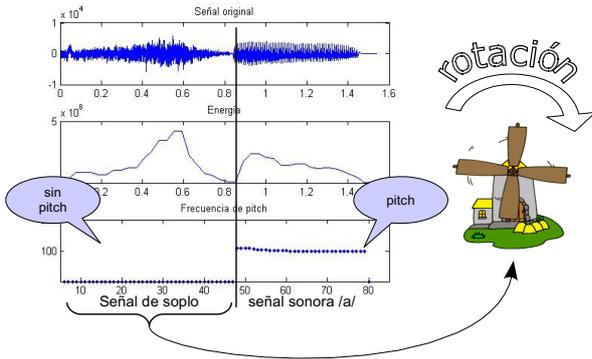


Figura 4. Intensidad del soplo a rotación.

la intensidad del soplo se transforma en la rotación de los molinos garantizando que se controle la respiración soplando y no gritando, ya que esta última acción incluye segmentos sonoros.

#### 2.4. Control de la Tonalidad

Con una filosofía similar al control de la intensidad el control de la tonalidad busca que el niño aprenda a modular el tono de su voz. Aquí el análisis de predicción lineal LPC se requiere para separar la influencia del tracto vocal sobre el pulso glotal [4]. Utilizando la autocorrelación del error de predicción, el sistema estima el periodo de pitch y con su inverso la frecuencia de Pitch [5]. Este valor pasa por un filtro de mediana de orden 5 y luego es utilizado por el motor gráfico en los juegos como se muestra en la figura 5. En este juego el pitch controla la posición vertical y la intensidad proporciona velocidad al objeto. Para inducir el control del tono en el niño los juegos presentan diferentes escenarios y objetivos que lo obligan a variar la tonalidad.

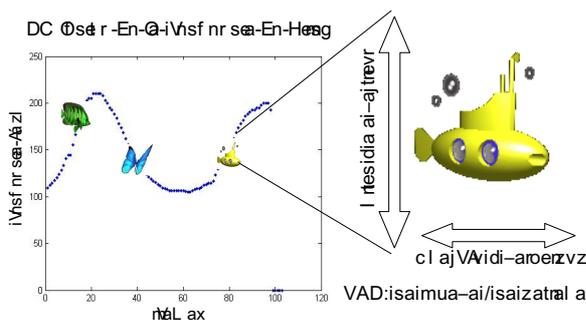


Figura 5. Frecuencia de pitch a movimiento.

#### 2.5. Vocalización

En esta etapa del pre-lenguaje el niño debe empezar a producir sonidos vocálicos articulados modificando las características geométricas del tracto vocal. Se trabajan las cinco vocales del castellano /a/, /e/, /i/, /o/ y /u/ haciendo uso del triángulo vocálico. En éste la ubicación específica de cada vocal depende de los formantes F1 y F2 que son las frecuencias de resonancia que tienen lugar en el tracto vocal. Del análisis LPC (orden 12) se considera la influencia del tracto vocal obteniendo las raíces de los coeficientes del filtro predictor y transformándolos en frecuencia analógica. A partir de allí se toman los dos primeros valores que corresponden a los primeros formantes F1 y F2 para enviarlos a motor gráfico. Hay que tener en cuenta que los formantes están correlados con la edad, sexo, y estatura de cada niño [6], para lo cual la calibración inicial de cada triángulo se hace teniendo en cuenta estos parámetros. Basados en cálculos realizados en grabaciones de niños que apoyan este proyecto, el sistema estima aproximadamente la posición del triángulo vocálico de casa usuario, ingresando sexo, edad y estatura antes de iniciar el juego.

Idealmente el sistema debe estimar la posición de los formantes de cada usuario sin necesidad de ingresar datos tabulados. Situación que continua en desarrollo debido a las dificultades de trabajar con niños que tienen serios problemas fonológicos, ya que se les exige pronunciar sonidos muy específicos que permitan estimar características del tracto vocal, asumiendo que éste es un tubo acústico homogéneo.

### 3. JUEGOS EN PRE-LINGUA

*Pre-Lingua* se divide en 5 categorías de juegos una para cada aspecto del pre-lenguaje. Las categorías y sus juegos se organizan de manera progresiva en lo que a dificultad respecta a manera de pirámide, aunque pueden ser utilizadas sin ningún orden específico. La figura 6 muestra la pantalla principal de *Pre-Lingua*. A continuación, se describen las categorías.

#### 3.1. Juegos de Actividad de Voz

Esta categoría tiene diferentes juegos. La figura 7 (a), muestra por ejemplo un juego donde la actividad de voz hace que un coche se mueva, en otros un dragón vuela, o aparecen imágenes o figuras geométricas, todas ellas activadas con la presencia de voz.

#### 3.2. Juegos de Intensidad

Como el objetivo aquí es la modulación de la intensidad, los juegos utilizan el mismo coche o el dragón de la categoría anterior. La figura 7 (b) muestra, que la intensidad se ha convertido en la posición vertical del dragón y la propia detección de voz imprime en el dragón un desplazamiento horizontal constante. Así pues el dragón

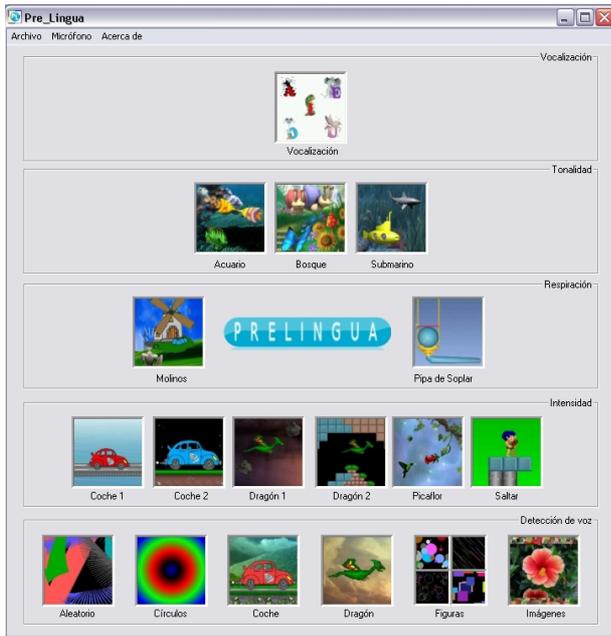


Figura 6. Pantalla principal de Pre – Lingua.

debe volar a través del laberinto para terminar el juego. En otros juegos la intensidad de la voz se transforma en la velocidad de un coche o en el salto de un muñeco.

### 3.3. Juego de Respiración

En la figura 7 (c) puede apreciarse que el juego consiste en hacer que el personaje del *Quijote* haga mover los molinos, para conseguirlo el niño debe soplar hacia el micrófono y la intensidad de esta acción incrementa o decrementa la velocidad de rotación de los molinos. Otro juego simula la actividad logopédica de soplar una pipa, donde la intensidad del soplo varía la posición vertical de una esfera.

### 3.4. Juegos de Tonalidad

En esta categoría la modulación del tono permite variar la posición vertical de diferentes objetos animados, mientras que el VAD permite el movimiento horizontal. En la figura 7 (d) el pez verde (dentro del círculo amarillo) varía su posición vertical en función del tono, el movimiento horizontal es constante y activado por el VAD. El objetivo es seguir a los demás animales como el pulpo y otros peces que inicialmente se encuentran estáticos; al acercarse el pez del niño (pez verde) a los otros animales, estos se animan y se mueven en diferentes trayectorias, de manera que el niño debe seguirlos modificando la tonalidad.

### 3.5. Juego de Vocalización

Para iniciar el juego se ingresan datos de sexo, edad y estatura del niño. Posteriormente se presenta una im-

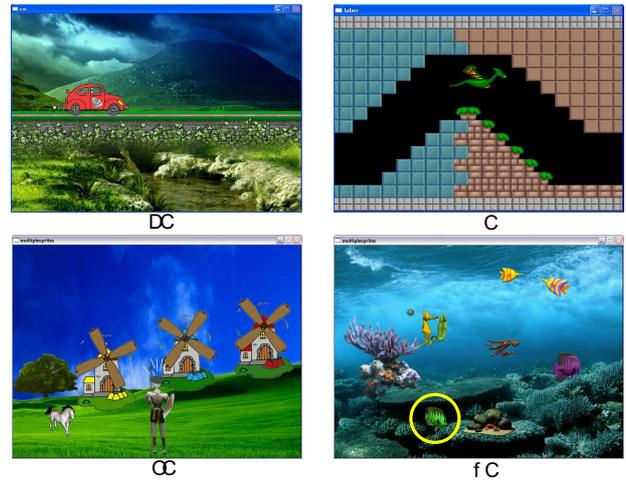


Figura 7. Juegos en Pre – Lingua, Actividad de voz (a), Intensidad (b), Respiración (c) y Tonalidad (d).

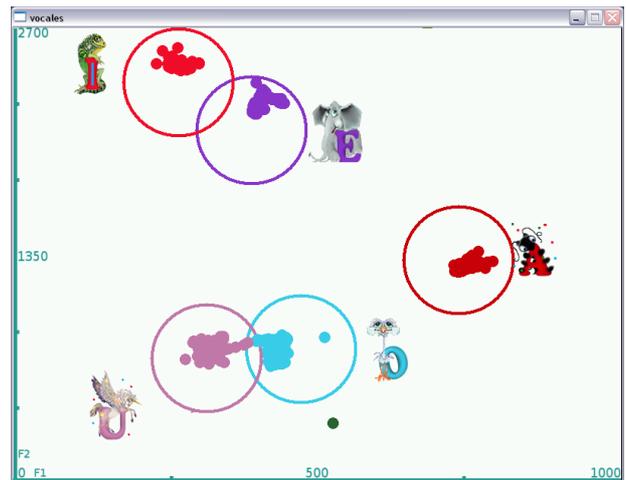


Figura 8. Juego de Vocalización.

agen con cinco círculos (dianas) cuya área interna corresponde a la región donde caen los formantes para las cinco vocales. La actividad consiste en hacer diana pronunciando cada vocal. El sistema dibuja un punto en la coordenada formada por los formantes estimados en la parte de procesamiento de voz con el color respectivo de cada vocal. Adicionalmente para motivar al niño la imagen de un animalito se animará si la pronunciación cae correctamente dentro de la diana de la vocal seleccionada. Si el sistema detecta formantes que no pertenecen a ninguna vocal se dibujaran puntos de colores aleatorios y por supuesto ningún animal tendrá animación. En la figura 8 puede apreciarse el resultado de pronunciar las cinco vocales y sus correspondientes puntos en las dianas.

#### 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

*Pre – Lingua* una herramienta de apoyo para la labor diaria de logopedas que consta de 18 juegos en 5 categorías, esta siendo utilizada en el Colegio Público de Educación Especial La Alborada en Zaragoza, en fase de pruebas. Los logopedas evalúan la herramienta como fácil de usar y muy atractiva para el usuario final.

Hasta el momento la herramienta ha tenido un alto grado de aceptación por parte de los terapeutas y niños de la institución, obteniendo respuestas favorables incluso en niños que no eran candidatos iniciales para usar *Pre – Lingua*. En ellos se han visto avances en estimulación temprana como la captura de atención. Los logopedas ven un gran potencial para continuar investigando y mejorando la herramienta.

*Pre – Lingua* que esta en fase de pruebas, puede descargarse libremente de [www.vocaliza.es](http://www.vocaliza.es) junto con otras herramientas del proyecto *Comunica*, todas orientadas a discapacidad en el habla.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Garcia, “Tecnología de la voz utilizada en la terapia del lenguaje de niños con deficiencias auditivas,” in *Departamento de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad del Caribe*, Cancun, MEXICO, - 2004.
- [2] M. Puyuelo, “Evaluación del lenguaje,” vol. 1, pp. 9–17, 203–219, 1996.
- [3] W.-R. Rodríguez, C. Vaquero, O. Saz, y E. Lleida, “Aplicación de las tecnologías del habla al desarrollo del prelenguaje y el lenguaje,” in *Proceedings of the 2007 Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica (CLAIB)*, Isla Margarita, Venezuela, June 2007.
- [4] R.-C. Snell y F. Milinazzo, “Formant location from lpc analysis data,” *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, vol. 1, pp. 129–134, 1993.
- [5] L. Rabiner R. Schafer, *Digital Processing of Speech Signals*, Prentice-Hall, 1978, Capítulo 4.
- [6] S. P. Whiteside, “Sex-specific fundamental and formant frequency patterns in a cross-sectional study,” in *Volume 110 The Journal of the Acoustical Society of America*, UK, July - December 2001.