

# ANEXO I. Análisis de Predicción Lineal LPC

---

El análisis LPC se basa en la predicción de una señal en un momento determinado, como una combinación lineal de muestras en instantes anteriores, minimizando el error entre la señal de partida y la predicha [7].

Así, la señal predicha se expresa como:

$$\hat{s}(n) = - \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) \quad (I.1)$$

y el error cometido en la aproximación es:

$$e(n) = s(n) - \hat{s}(n) \quad (I.2)$$

Donde  $s(n)$  es la señal original,  $\hat{s}(n)$  es la señal predicha,  $a_k$  son los coeficientes de predicción,  $p$  es el orden del filtro de predicción y  $e(n)$  es el error de predicción. El error de predicción también se puede expresar como:

$$e(n) = s(n) + \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) \quad (I.3)$$

Tomando la transformada  $Z$  se obtiene:

$$E(z) = S(z) \left[ 1 + \sum_{k=1}^p a_k z^{-k} \right] \quad (I.4)$$

Denominando  $A(z)$  a la expresión:

$$A(z) = \frac{E(z)}{S(z)} = 1 + \sum_{k=1}^p a_k z^{-k} \quad (I.5)$$

$A(z)$  o filtro inverso es la función de transferencia de un sistema que tiene como señal de entrada la señal de voz y como señal de salida el error de predicción.

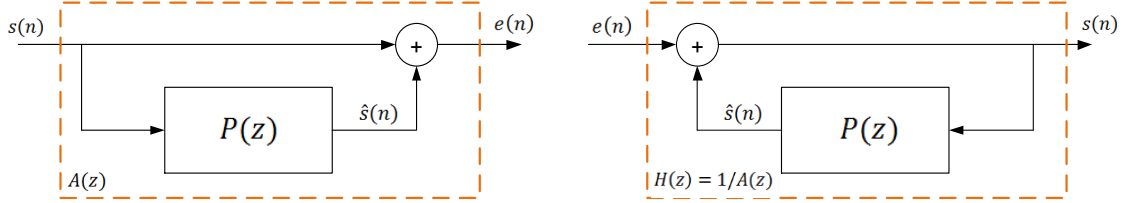


Figura I.1. Filtro  $A(z)$  y filtro inverso  $H(z)$ .

Excitando con el error de predicción un sistema con función de transferencia  $1/A(z)$ , se obtiene a la salida la señal deseada de voz. En este modelo de producción, se asume que  $H(z)$  sigue un modelo todo-polos con  $q$  polos:

$$H(z) = \frac{S(z)}{U(z)} = \frac{G}{1 + \sum_{k=1}^q a_k z^{-k}} \quad (I.6)$$

Identificando  $H(z)$  con el filtro de predicción lineal  $1/A(z)$  y asumiendo que el número de polos es igual al orden de predicción lineal  $p = q$  se tiene que:

$$H(z) = \frac{G}{A(z)} \quad (I.7)$$

Donde  $G$  es la ganancia y  $E(z) = GU(z)$ .

A partir de este análisis es posible obtener la función de transferencia  $H(z)$  calculando los coeficientes  $a_k$ . Como este  $H(z)$ , que representa los parámetros del tracto vocal, se modela como  $1/A(z)$ , el error de predicción representa la excitación.

Por tanto, se deben encontrar el conjunto de coeficientes  $a_k$  que minimicen el error cuadrático medio en cada trama de análisis. Se utilizará la notación  $s_n(m) = s(n + m)$  y  $e_n(m) = e(n + m)$  para expresar el error cuadrático medio:

$$E_n(m) = \sum_m e_n^2(m) = \sum_m (s_n(m) + \sum_{k=1}^p a_k s_n(m - k))^2 \quad (I.8)$$

Para encontrar el conjunto de  $a_k$  que minimice el error cuadrático medio, se debe derivar parcialmente la expresión anterior respecto cada  $a_k$  e igualar a cero:

$$\frac{\partial E_n}{\partial a_k} = 0; k = 1, 2, \dots, p \rightarrow \sum_m s_n(m-i)s_n(m) = \sum_{k=1}^p \widehat{a_k} \sum_m s_n(m-i)s_n(m-k) \quad (I.9)$$

Donde  $\widehat{a_k}$  son los coeficientes óptimos. Teniendo en cuenta la expresión de la covarianza localizada:

$$\phi_n(i, k) = \sum_m s_n(m-i)s_n(m-k) \quad (I.10)$$

Se pueden expresar los coeficientes óptimos de forma compacta:

$$\phi_n(i, 0) = \sum_{k=1}^p \widehat{a_k} \phi_n(i, k) \quad (I.11)$$

Lo que constituye un sistema lineal de  $p$  ecuaciones con  $p$  incógnitas. Para resolverlo se deben calcular  $\phi_n(i, k)$  para  $1 \leq i \leq p, 0 \leq k \leq p$ . El método utilizado es el de la autocorrelación, el cual permite una resolución recursiva y con poca carga computacional.

Suponiendo que la señal de voz  $s(n)$  se anula fuera del intervalo  $0 \leq m \leq N-1$ , es decir, se asume que la señal ha sido multiplicada por una ventana  $w(m)$  que vale cero fuera del intervalo  $0 \leq m \leq N-1$ , se puede expresar la señal de voz como:

$$s_n(m) = s(n+m) \cdot w(m), \quad 0 \leq m \leq N-1 \quad (I.12)$$

La expresión del error cuadrático medio queda acotada:

$$E_n = \sum_{m=0}^{N-1+p} e_n^2(m) \quad (I.13)$$

Y la covarianza localizada:

$$\phi_n(i, k) = \sum_{m=0}^{N-1+p} s_n(m-i) \cdot s_n(m-k) = \sum_{m=0}^{N-1-(i-k)} s_n(m) \cdot s_n(m+i-k) \quad (I.14)$$

Para  $1 \leq i \leq p, 0 \leq k \leq p$ . Esta última expresión es función de  $i-k$  por lo que la expresión de la covarianza se reduce a la expresión de la autocorrelación.

$$\phi_n(i, k) = r_n(i-k) = \sum_{m=0}^{N-1-(i-k)} s_n(m) \cdot s_n(m+i-k), 1 \leq i \leq p, 0 \leq k \leq p \quad (I.15)$$

Puesto que la función de autocorrelación es simétrica, es decir,  $r_n(-k) = r_n(k)$ , las ecuaciones anteriores se pueden expresar como:

$$\sum_{k=1}^p \Gamma_n(i-k) \widehat{a}_k = \Gamma_n(i), i = 1, \dots, p \quad (I.16)$$

Representado de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} \Gamma_n(0) & \Gamma_n(1) & \dots & \Gamma_n(p-1) \\ \Gamma_n(1) & \Gamma_n(0) & \dots & \Gamma_n(p-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma_n(p-1) & \Gamma_n(p-2) & \dots & \Gamma_n(0) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \widehat{a}_1 \\ \widehat{a}_2 \\ \vdots \\ \widehat{a}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma_n(1) \\ \Gamma_n(2) \\ \vdots \\ \Gamma_n(p) \end{bmatrix} \quad (I.17)$$

Esta matriz de autocorrelación es una matriz Toeplitz de dimensión  $p \times p$ , es decir, es una matriz simétrica con diagonal principal y diagonales secundarias de elementos iguales. Este tipo de matrices se puede resolver de forma recursiva utilizando el algoritmo de Levinson-Durbin que se muestra en la Figura I.2.

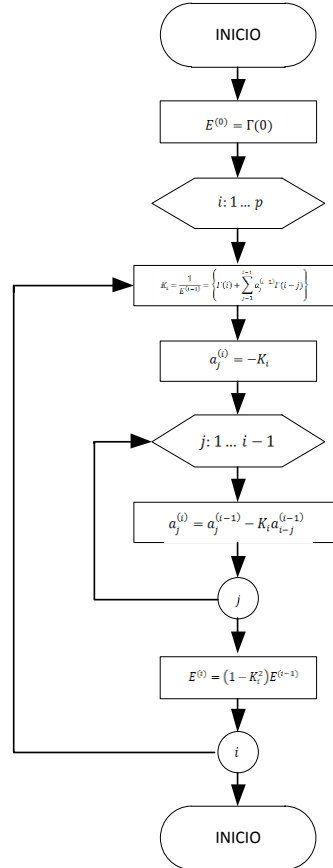


Figura I.2. Algoritmo de Levinson-Durbin

Resolviendo el sistema se obtienen los coeficientes de predicción y los coeficientes de reflexión del tracto vocal. El algoritmo se inicia con  $E(0) = \Gamma_n(0)$  y, de forma recursiva para  $m = 1, 2, \dots, p$  se obtiene:

$$k_m = \frac{\Gamma(m) - \sum_{i=1}^{m-1} a_{m-1}(i) \cdot \Gamma_n(m-i)}{E_m - 1} \quad (I.18)$$

Las soluciones parciales, para  $m < p$ , permitirán calcular los coeficientes óptimos del filtro  $H(z)$  de orden  $m$ . La solución final para  $m = p$  proporcionará los coeficientes óptimos del filtro de orden  $p$ :

$$\hat{a}_i = a_p(i), 1 \leq i \leq p \quad (I.19)$$

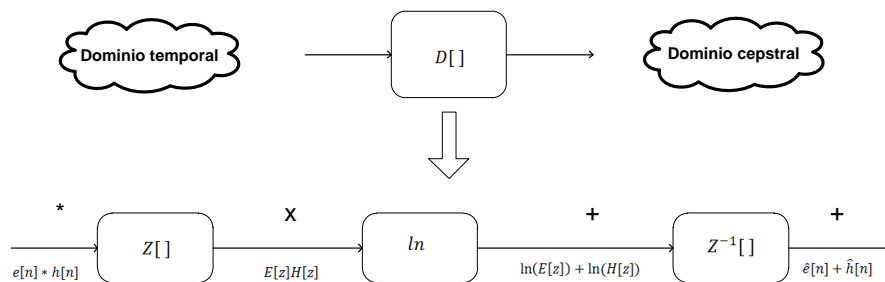
El orden de predicción  $p$  controla el número de polos con el que se modela la envolvente espectral. Se debe elegir un orden de predicción lo suficientemente alto para no perder información pero sin llegar a sobre-detallar el modelo. Para el caso de la información formántica se utiliza un par de polos complejos conjugados por cada formante. Es decir, el orden utilizado será  $p = 8$ .



# ANEXO II. Análisis Homomórfico

El análisis homomórfico se utiliza para convertir un elemento matemático en otro. En el caso del análisis de la señal de voz, se utiliza para separar dos componentes relacionadas mediante una convolución en una suma. De esta manera, la señal de voz en el dominio cepstral, se separa en una combinación lineal de la señal de excitación  $\hat{e}[n]$  y el modelo del tracto vocal  $\hat{h}[n]$ .

$$s[n] = e[n] * h[n] \rightarrow \hat{s}[n] = \hat{e}[n] + \hat{h}[n] \quad (II.1)$$



*Figura II.1. Sistema de análisis homomórfico.*

En el sistema de análisis de la Figura II.1,  $D[\ ]$  transforma la señal de entrada  $s[n]$  a un espacio tal que la convolución se convierte en un producto a través de la transformada  $Z$ . Aplicando el logaritmo, este producto se convierte en suma y, aplicando la transformada inversa, se obtienen las secuencias discretas  $\hat{e}[n]$  y  $\hat{h}[n]$  en el dominio cepstral relacionadas ahora mediante una suma.

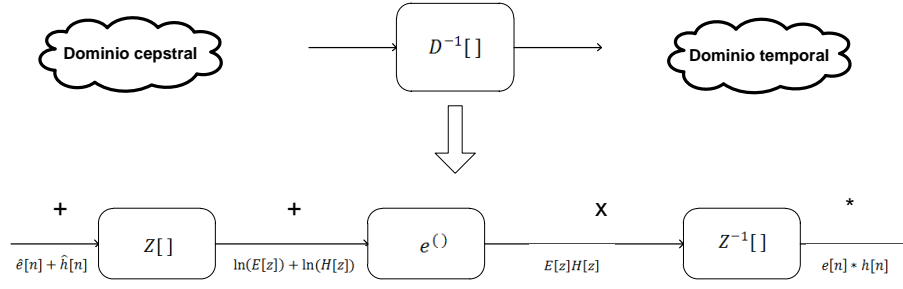


Figura II.2. Sistema de síntesis homomórfico.

El sistema inverso o de síntesis devuelve las secuencias al dominio temporal realizando los pasos anteriores pero en sentido inverso según se muestra en la Figura II.2.

El cepstrum complejo de una señal es la transformada inversa de Fourier del logaritmo de la transformada de Fourier de la señal original:

$$\hat{x}[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln[X(e^{jw})] e^{jwn} dw \quad (II.2)$$

Teniendo en cuenta las propiedades de los logaritmos para número complejos:

$$\ln[X(e^{jw})] = \ln|X(e^{jw})| + j \arg [X(e^{jw})] \quad (II.3)$$

La expresión para  $\hat{x}[n]$  queda:

$$\hat{x}[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln|X(e^{jw})| e^{jwn} dw + \frac{j}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln[X(e^{jw})] e^{jwn} dw \quad (II.4)$$

Como la señal de entrada es una señal real, su módulo presenta simetría par y su fase presenta simetría impar y, por lo tanto, el cepstrum de una señal real es real.

Por otro lado se define el cepstrum real como:

$$c[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln|X(e^{jw})| e^{jwn} dw \quad (II.5)$$

No se debe confundir el cepstrum real con la parte real del cepstrum complejo, son dos definiciones diferentes. El cepstrum complejo contiene información del módulo y de la fase y, por lo tanto, la señal inicial puede ser reconstruida por completo. El cepstrum real contiene solo información del módulo. Sin embargo, en sistemas de fase mínima, es decir, con todos sus polos y ceros dentro de la circunferencia unidad, el cepstrum toma valores nulos para índices negativos y valores no nulos para índices



positivos, de manera que el cepstrum complejo está determinado por el cepstrum real y decae a razón  $1/n$ , donde la mayor parte de la información se concentra en el origen [7].

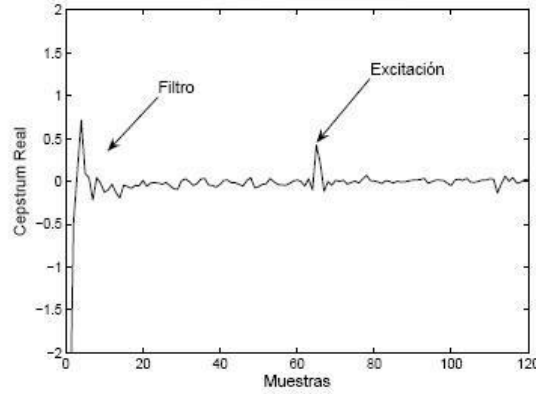


Figura II.3. Cepstrum real de la señal de voz.

En la Figura II.3, la parte baja de  $c[n]$  se corresponde con la información del tracto vocal y la parte alta con la excitación. Para separar dicha información, basta con realizar un liftado que es un proceso similar al filtrado pero en el dominio cepstral.

Así pues, para una señal de voz, su cepstrum real será:

$$c[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \ln|X(k)| e^{j\frac{2\pi}{N}kn}, 0 \leq n \leq N-1 \quad (II.6)$$

Donde  $X(k)$  es la transformada de Fourier de  $N$  puntos de la señal.

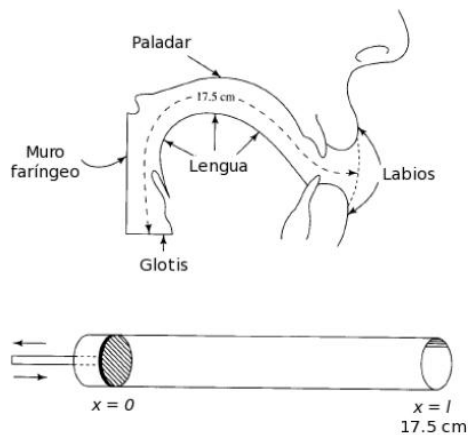


# ANEXO III. Modelo del Tracto Vocal

---

El sistema de producción de voz se modela como una excitación que atraviesa un filtro que representa el tracto vocal. Este filtro modifica la distribución espectral de la señal de excitación. Se modela como un tubo de sección uniforme sin pérdidas y se asume que la excitación es independiente del tracto vocal.

El modelo consta de un tubo de área uniforme  $A$  como el de la Figura III.1 cerrado por un extremo que representa la glotis y es donde se aplica la excitación ( $x = 0$ ) y abierto por el otro extremo, el cual representa los labios ( $x = l$ ).



*Figura III.1 Modelo del tracto vocal como un tubo uniforme sin pérdidas.*

La longitud  $l = 17.5 \text{ cm}$  es la distancia entre la glotis y los labios para un adulto varón estándar. Es la longitud que se utiliza como referencia.

### Anexo III: Modelo del Tracto Vocal

Se definen las siguientes componentes para el modelo:

- $u(x, t) \rightarrow$  velocidad de una partícula de prueba.
- $U(x, t) \rightarrow$  velocidad volumétrica.
- $p(x, t) \rightarrow$  variación de la presión del sonido.
- $\rho \rightarrow$  densidad del aire.
- $c \rightarrow$  velocidad del sonido.

$U(x, t)$  es la velocidad volumétrica a una distancia  $x$  del origen de la excitación en el tiempo  $t$ . Suponiendo la propagación de una onda plana y un movimiento ondulatorio unidimensional:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \rho \frac{\partial u}{\partial t} \quad (III.1)$$

$$-\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{\rho c^2} \frac{\partial p}{\partial t} \quad (III.2)$$

$$-\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (III.3)$$

Cuyas soluciones en el dominio y del tiempo y de la frecuencia son de la forma:

$$u(x, t) = u^+ \left( t - \frac{x}{c} \right) - u^- \left( t + \frac{x}{c} \right) \quad (III.4)$$

$$u(x, s) = \frac{1}{\rho c} \left[ P + e^{\frac{-sx}{c}} - P - e^{\frac{sx}{c}} \right] \quad (III.5)$$

$$p(x, t) = \rho c \left[ u^+ \left( t - \frac{x}{c} \right) + u^- \left( t + \frac{x}{c} \right) \right] \quad (III.6)$$

$$p(x, s) = P + e^{\frac{-sx}{c}} + P - e^{\frac{sx}{c}} \quad (III.7)$$

Se calcula la función de transferencia del tracto vocal  $T(jw)$  tomando la velocidad volumétrica de la glotis  $U_G(jw)$  y la de los labios  $U_L(jw)$ :

$$T(jw) = \frac{U_L(jw)}{U_G(jw)} = \frac{U(l, jw)}{U(0, jw)} \quad (III.8)$$

Aplicando las condiciones de contorno:

$$\begin{cases} U(0, s) = U \\ P(l, s) = 0 \end{cases} \quad (III.9)$$

Se obtiene la función de transferencia:

$$T(s) = \frac{2}{e^{\frac{sl}{c}} + e^{-\frac{sl}{c}}} \quad (III.10)$$

$$T(jw) = \frac{1}{\cos\left(\frac{wl}{c}\right)} \quad (III.11)$$

Donde se puede observar fácilmente que los polos de la función de transferencia  $T(jw)$  se encuentran allí donde  $\cos\left(\frac{wl}{c}\right)$  se anula:

$$\frac{(2\pi f_n)l}{c} = \frac{(2n-1)}{2}\pi \quad (III.12)$$

$$f_n = \frac{c}{4l}(2n-1) \quad (III.13)$$

$$\lambda_n = \frac{4l}{(2n-1)} \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (III.14)$$

Las resonancias tienen lugar en múltiplos impares de la frecuencia fundamental  $f_n$ . Las frecuencias obtenidas tomando  $c = 34000$  cm/s y  $l = 17.5$  cm son 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz, etc.

Para este modelo, la longitud del tracto vocal  $l$  se corresponde con  $\frac{1}{4}\lambda_1$ ,  $\frac{3}{4}\lambda_2$ ,  $\frac{5}{4}\lambda_3$  donde  $\lambda_i$  son las longitudes de onda para las frecuencias naturales. Este tubo, cerrado en un extremo y abierto en el otro, es un resonador  $\lambda/4$ . En un resonador de este tipo con una longitud  $l = 17.5$  cm, los patrones de onda de la velocidad volumétrica para las tres primeras frecuencias naturales F1, F2 y F3 se muestran en la Figura III.2.

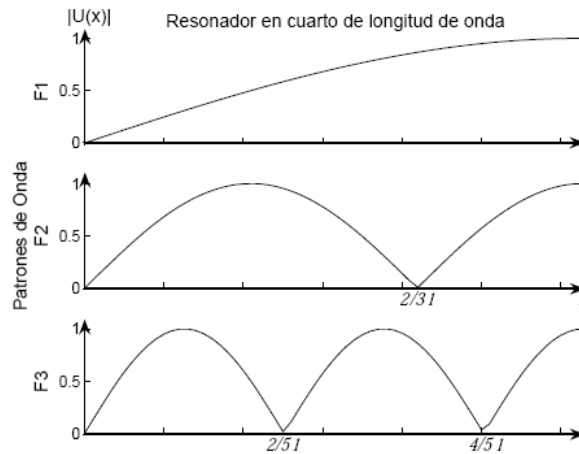


Figura III.2 Ondas en un resonador  $\lambda/4$ .

### *Anexo III: Modelo del Tracto Vocal*

Se observa que  $|U(x)|$  es mínima en el extremo cerrado que representa la glotis y máxima en el extremo abierto que representa los labios para cada frecuencia fundamental [7].

# ANEXO IV. Ejemplos de Actividades

---

En este anexo se proponen ejemplos de actividades que se pueden configurar con el editor diseñado siguiendo los pasos descritos en la sección 4.4. Se comprueba como se pueden diseñar muchas de las actividades que conformaban la versión anterior y la posibilidad de configurar nuevos tipos de actividades.

## IV.1 Actividad de detección de voz

Los niños con problemas de comunicación a nivel pre-lingüístico no distinguen su propia voz del resto de sonidos del entorno y, por lo tanto, no entienden que pueden usarla para comunicarse.

Este tipo de actividad presenta muy buenos resultados en áreas de estimulación temprana, es decir, en niños con discapacidades cognitivas severas. El movimiento de un objeto con su voz, hace captar su atención y ser conscientes de su propia voz y de que pueden utilizarla para comunicarse.

El funcionamiento básico de este tipo de actividades es hacer mover un objeto con la detección de energía. Si la energía detectada es superior a un umbral establecido, la imagen se moverá. Si no se supera este umbral, el objeto mantendrá su posición. Este ejemplo se configura para que el objeto se mueva en posición horizontal. Los pasos a seguir son los siguientes:

#### Anexo IV: Ejemplos de Actividades

- Paso 1: Elección del Mundo.  
Pulsando el botón “WORLD” del panel 1 (Figura 4.16) se selecciona las imágenes que se utilizarán (Figura 4.17). Si se trata de niños con problemas cognitivos severos estas imágenes deben de ser muy simples.
- Paso 2: Posición inicial.  
Se desea que el objeto se mueva horizontalmente de izquierda a derecha por lo que una posición inicial a la izquierda en cuanto a posición horizontal y en el medio para la posición vertical será la adecuada (Figura 4.19).
- Paso 3: Condiciones del mundo.  
En este caso no se añaden condiciones adicionales al mundo así que la opción “Estático” quedará seleccionada (Figura 4.20).
- Paso 4: Tipo de movimiento.  
Para el parámetro de la energía, se selecciona el tipo de movimiento “Detección”. En la pestaña “AVANZADO” se establecerá el umbral de energía por encima del cual se considera que se ha detectado voz. Un umbral de 40 dB debe ser suficiente, pero este valor puede variar dependiendo de las condiciones ambientales.
- Paso 5: Dirección del movimiento.  
Para el parámetro de energía se selecciona la casilla “DERECHA”. En la pestaña “AVANZADO” se selecciona el paso o, visto de otro modo, la velocidad con la que se moverá. La aplicación propone un paso de 0.003 que da lugar a un movimiento lento.
- Paso 6: Otros ajustes.  
En este paso se puede aplicar el efecto de inercia, pero esto implica que el objeto se mueva en ausencia de voz y puede no ser deseable en este tipo de actividades. Se seleccionará según el criterio del logopeda. Una opción que sí es interesante es fijar una línea como objetivo, que el logopeda pueda acercar o alejar según el transcurso de la actividad.

La Figura IV.1 muestra como queda la configuración y el resultado final.

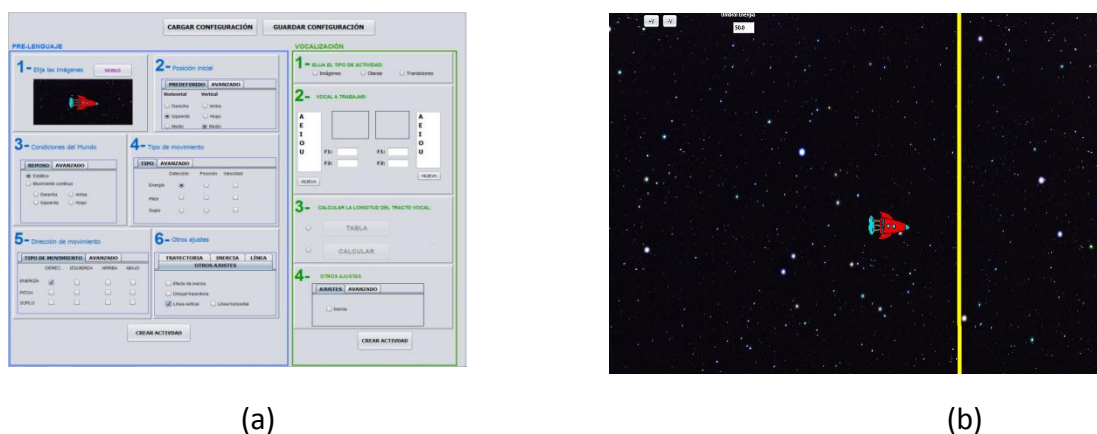


Figura IV.1: Actividad de detección de voz.



## IV.2 Actividad de intensidad de voz

El niño puede ser consciente de su propia voz pero puede no controlar su intensidad. Una actividad como la anterior con la diferencia de que la velocidad del objeto dependa del valor de la energía, es decir, de la intensidad de la voz, puede ayudar a su control. Si el niño habla más alto, el objeto se moverá más rápido.

La única diferencia con la actividad anterior, en cuanto a configuración, es que se debe seleccionar la casilla “Velocidad” en el Paso 4.

## IV.3 Actividad de tonalidad

Partiendo de la misma filosofía que en la actividad anterior, en este caso se pretende que el niño sea capaz de controlar la tonalidad de su voz. El ejemplo que se propone es un pez que se mueve horizontalmente en función de la detección de energía y verticalmente en función del valor del pitch. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Paso 1: Elección del Mundo.  
Pulsando el botón “WORLD” del panel 1 (Figura 4.16) se selecciona las imágenes que se utilizarán (Figura 4.17).
- Paso 2: Posición inicial.  
Se desea que el objeto se mueva horizontalmente de izquierda a derecha por lo que una posición inicial a la izquierda será adecuada. La posición vertical no tiene mucha importancia porque será fijada por el tono de la voz del locutor (Figura 4.19).
- Paso 3: Condiciones del mundo.  
En este caso no se añaden condiciones adicionales al mundo, así que la opción “Estático” quedará seleccionada (Figura 4.20).
- Paso 4: Tipo de movimiento.  
Para el parámetro de la energía, se selecciona el tipo de movimiento “Detección”. En la pestaña “AVANZADO”, se establecerá el umbral de energía por encima del cual se considera que se ha detectado voz. Un umbral de 40 dB debe ser suficiente, pero este valor puede variar dependiendo de las condiciones ambientales. Para el pitch, el tipo de movimiento será “Posición”.

#### Anexo IV: Ejemplos de Actividades

- Paso 5: Dirección del movimiento.  
Para el parámetro de energía, se selecciona la casilla “DERECHA”. En la pestaña “AVANZADO” se selecciona el paso o velocidad con la que se moverá. La aplicación propone un paso de 0.003 que da lugar a un movimiento lento. Para el pitch, se selecciona una de las casillas “ARRIBA” o “ABAJO” que indicará que el movimiento, según el pitch, será vertical. No es necesario dar ningún valor en la pestaña “AVANZADO” para el pitch.
- Paso 6: Otros ajustes.  
El efecto de inercia en este caso es importante pues hará que los movimientos sean más suaves y eliminará valores espurios. Distintos valores de  $\alpha$  serán necesarios. Para el movimiento horizontal de detección de energía, un valor adecuado de  $\alpha$  es 0.007. Para el movimiento vertical de posición,  $\alpha$  tomará un valor cercano a 0.08.

La Figura IV.2 muestra como queda la configuración y el resultado final.

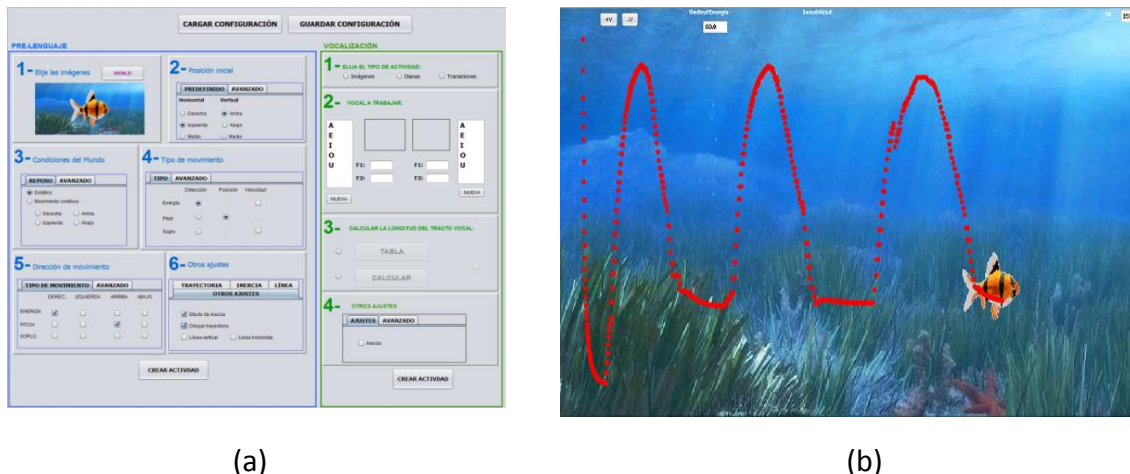


Figura IV.2: Actividad de control de tonalidad.

## IV.4 Actividad de soplo

Las actividades de soplo ayudan a controlar la respiración lo que permite hablar con fluidez. En este ejemplo se presenta un globo que cae continuamente hacia abajo. El niño tendrá que evitar que el globo termine cayendo mediante su soplo, el cual generará un movimiento en diagonal hacia arriba. Si se emiten sonidos sonoros, el globo seguirá cayendo, obligando al niño a soplar. Si el globo termina por caer, volverá a aparecer por arriba para que el niño no se desmotive. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Paso 1: Elección del Mundo.  
Pulsando el botón “WORLD” del panel 1 (Figura 4.16) se selecciona las imágenes que se utilizarán (Figura 4.17).
- Paso 2: Posición inicial.  
Se desea que el globo comience arriba y, por ejemplo, en una posición horizontal entre la izquierda y el medio (0.3) (Figura 4.19).
- Paso 3: Condiciones del mundo.  
Un movimiento continuo hacia abajo simulará el efecto de gravedad por el cual cae el globo (Figura 4.20). En la pestaña “AVANZADO”, dando un valor al paso hacia abajo, se fija la velocidad con la que el globo caerá. El paso que propone la aplicación es 0.001 que genera una caída lenta.
- Paso 4: Tipo de movimiento.  
Para el parámetro de soplo, se selecciona el tipo de movimiento “Detección”. En la pestaña “AVANZADO” se establecerá el umbral de energía por encima del cual se considera que se ha detectado soplo. Un umbral de 40 dB debe ser suficiente, pero este valor puede variar dependiendo de las condiciones ambientales.
- Paso 5: Dirección del movimiento.  
Para el parámetro de soplo se selecciona la casilla “DERECHA” y “ARRIBA”. En la pestaña “AVANZADO” se selecciona el paso de ambas direcciones dando valor así a la pendiente de la trayectoria oblicua definida. La aplicación propone un paso de 0.003 para ambas direcciones, obteniendo una pendiente igual a 1. Se debe tener en cuenta que el valor del paso hacia arriba debe ser superior al asignado al movimiento continuo hacia abajo, sino no se apreciará el ascenso.
- Paso 6: Otros ajustes.  
Un efecto de inercia puede añadirse a esta actividad para simular el impulso que el soplo le da al globo. Un valor de  $\alpha$  para detección de 0.007 será adecuado.

La Figura IV.3 muestra como queda la configuración y el resultado final.

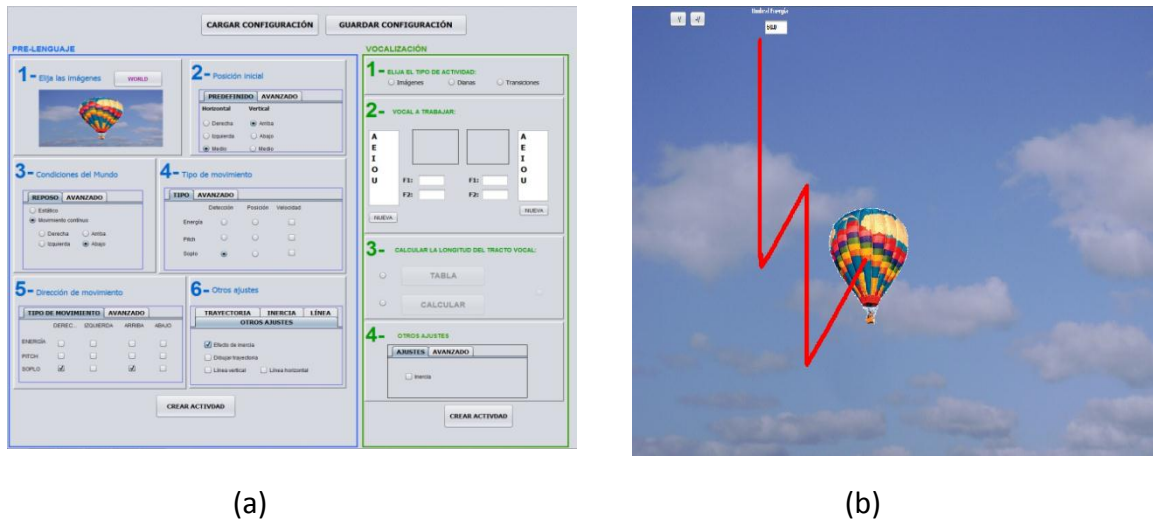


Figura IV.3: Actividad de soplo.

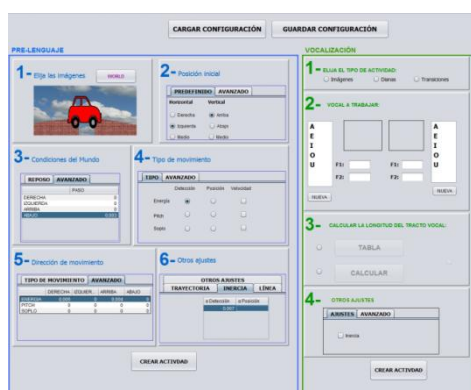
## IV. 5 Actividad de soplo II

Otra actividad de soplo interesante, que puede conseguirse mediante la utilización de máscaras, es la siguiente. Un coche recorrerá su camino con ayuda de la detección del soplo del niño. En mitad de su trayectoria se encontrará con un agujero que el niño deberá superar mediante el impulso del coche con su soplo. Los pasos a seguir son los siguientes:

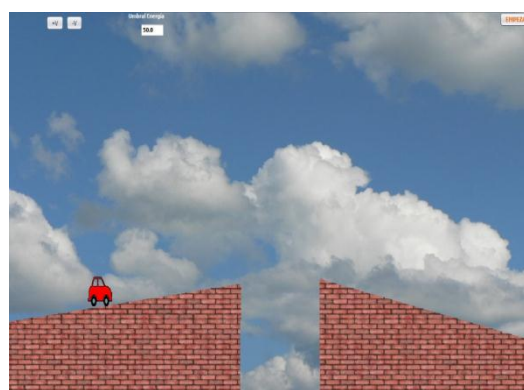
- Paso 1: Elección del Mundo.  
Pulsando el botón “WORLD” del panel 1 (Figura 4.16) se selecciona las imágenes que se utilizarán (Figura 4.17). En este caso, las imágenes se seleccionan en la parte izquierda de la Figura 4.17, pues se debe seleccionar una imagen de fondo, la máscara que constituye la trayectoria donde se moverá el coche y el propio coche.
- Paso 2: Posición inicial.  
El coche caerá hasta encontrarse con la máscara. En el ejemplo, se puede establecer la posición inicial a la izquierda y arriba (Figura 4.19).
- Paso 3: Condiciones del mundo.  
Un movimiento continuo hacia abajo simulará el efecto de gravedad que hará que el coche se mueva sobre la superficie de la máscara (Figura 4.20). En la pestaña “AVANZADO”, el paso que se propone es 0.003, mayor que en el caso anterior.

- Paso 4: Tipo de movimiento.  
Para el parámetro de soplo (también es válido para energía o pitch) se selecciona el tipo de movimiento “Detección”. Como en casos anteriores, el umbral de detección será 40 dB.
- Paso 5: Dirección del movimiento.  
En este caso se asigna un movimiento hacia la derecha y hacia arriba. En la pestaña “AVANZADO” se asigna el paso de estas direcciones. El movimiento hacia arriba es para poder superar la trayectoria que está ligeramente inclinada. Es necesario un paso menor en esta dirección que en la dirección a la derecha que es la que, en realidad, se quiere conseguir. Los valores aconsejados son 0.006 a la derecha y 0.004 hacia arriba. Se consigue un efecto de pequeños saltos.
- Paso 6: Otros ajustes.  
Un efecto de inercia en la detección es necesario para saltar el agujero. Un valor de  $\alpha$  de 0.007 será suficiente.

La Figura IV.4 muestra como queda la configuración y el resultado final.



(a)



(b)

Figura IV.4: Actividad de soplo II.

## IV.6 Actividad de laberinto

Este tipo de actividades requiere un elevado control de la voz y se trata de una de las actividades de mayor dificultad. Se asignan diferentes movimientos y direcciones a los distintos parámetros de la voz. En este ejemplo, el niño debe superar el laberinto propuesto mediante el control de su voz. Se asigna un movimiento continuo hacia abajo como condición del mundo. Con la detección de soplo, el objeto se mueve hacia

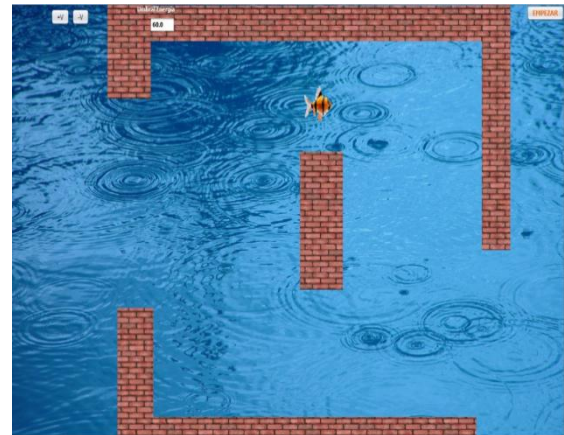
la derecha y con la detección de pitch se mueve hacia arriba. El laberinto (máscara) es un obstáculo que el niño tiene que sortear mediante el control de estos parámetros. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Paso 1: Elección del Mundo.  
Pulsando el botón “WORLD” del panel 1 (Figura 4.16) se selecciona las imágenes que se utilizarán (Figura 4.17). En este caso, las imágenes se seleccionan en la parte izquierda de la Figura 4.17, pues se debe seleccionar una imagen de fondo, la máscara que constituye el laberinto y el objeto en movimiento.
- Paso 2: Posición inicial.  
Es conveniente que los laberintos se diseñen permitiendo un movimiento libre al principio y al final y que la parte superior y la inferior estén ocupadas por la máscara. Esto es para evitar que existan problemas cuando salga el objeto por un extremo de la pantalla y entre por el otro. En este caso, al tener los extremos laterales libres, se puede comenzar la actividad arriba a la izquierda (Figura 4.19).
- Paso 3: Condiciones del mundo.  
El movimiento continuo hacia abajo debe ser lento. Un valor de 0.001 será suficiente.
- Paso 4: Tipo de movimiento.  
Tanto para el pitch como para el soplo se requiere un movimiento de “Detección”. Como siempre, en la pestaña “AVANZADO”, el umbral de detección será 40 dB en condiciones normales.
- Paso 5: Dirección del movimiento.  
Para el pitch se asigna un movimiento hacia arriba y para el soplo un movimiento a la derecha. El paso asignado en la pestaña “AVANZADO” hacia arriba debe ser mayor que el del movimiento continuo hacia abajo para que pueda apreciarse.
- Paso 6: Otros ajustes.  
En este caso no es aconsejable un efecto de inercia pues, al alargarse el movimiento, lo más probable es que el objeto choque con la barreira.

La Figura IV.5 muestra como queda la configuración y el resultado final.



(a)



(b)

Figura IV.5: Actividad de laberinto.

## IV. 7 Actividad de ataque vocal

Las actividades de ataque vocal ayudan a controlar la apertura y cierre glóticos. Este tipo de actividad tiene muy buenos resultados en niños con problemas de tartamudez, pues permite controlar los intervalos de fonación y los intervalos de respiración. Para una actividad de este tipo se utilizará una máscara en forma de escaleras que el objeto irá subiendo dando saltos con cada golpe de voz. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Paso 1: Elección del Mundo.  
Pulsando el botón "WORLD" del panel 1 (Figura 4.16) se seleccionan las imágenes que se utilizarán (Figura 4.17). En este caso, las imágenes se seleccionan en la parte izquierda de la Figura 4.17, pues se debe seleccionar una imagen de fondo, la máscara que forman las escaleras y el objeto en movimiento.
- Paso 2: Posición inicial.  
Se desea que la actividad comience a la izquierda (Figura 4.19).
- Paso 3: Condiciones del mundo.  
El movimiento continuo hacia abajo simulará el efecto de inercia. En este caso es necesario un valor más alto que haga que el objeto caiga más rápido, simulando un salto. Se establece un valor de 0.01.
- Paso 4: Tipo de movimiento.  
Este tipo de actividad trabaja con la energía. Para este parámetro se selecciona un tipo de movimiento de "Detección".

#### Anexo IV: Ejemplos de Actividades

- Paso 5: Dirección del movimiento.  
Para simular el efecto de salto, se debe seleccionar una dirección hacia arriba y hacia la derecha. El movimiento hacia arriba será mayor que hacia abajo. Se establecen valores de 0.02 para el movimiento hacia la derecha y de 0.05 hacia arriba.
- Paso 6: Otros ajustes.  
En este caso no es aconsejable un efecto de inercia.

La Figura IV.6 muestra como queda la configuración y el resultado final.

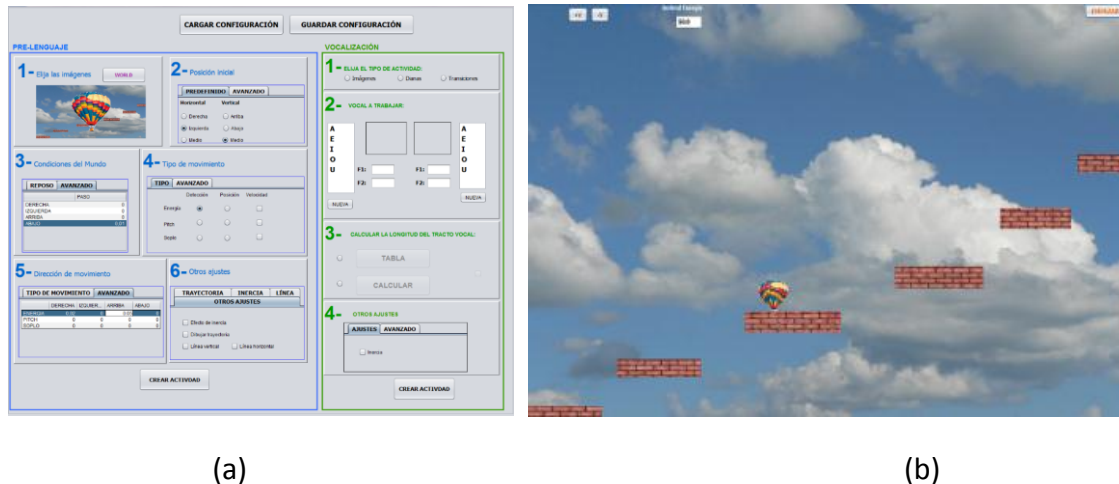


Figura IV.6: Actividad de ataque vocal.

### IV. 8 Actividad de vocalización

En este tipo de actividades se pretende trabajar la vocalización del niño. La actividad de ejemplo es del tipo “Imágenes” descrita en la sección 4.4.2. El niño, mediante la pronunciación de la vocal a trabajar, apuntará con un dardo en el centro de la imagen que representa la vocal. Este centro se corresponde con los formantes teóricos establecidos. Los pasos a seguir para su configuración son muy sencillos:

- Paso 1: Elección del tipo de actividad.  
Se elige el primer tipo, “Imágenes”.
- Paso 2: Selección de las vocales a trabajar.  
En este tipo de actividad solo se elige una vocal. Los valores de los formantes teóricos se pueden adaptar a cada paciente. Se pueden añadir también nuevas vocales como se ha descrito en el paso 2 de la sección 4.4.2.
- Paso 3: Cálculo de la longitud del tracto vocal.  
En el paso 3 de la sección 4.4.2 se describen los dos métodos para el cálculo de la longitud del tracto vocal. En este caso se va a seleccionar de una tabla.



Seleccionando esta opción y pulsando el botón “TABLA” se introducirán el sexo y talla del niño (Figura 4.27 (b)) y se obtendrá el valor de esta longitud.

- Paso 4: Otros ajustes.  
Añadir inercia hará que el movimiento del dardo sea más suave, mejorando la actividad visualmente.

La Figura IV.7 muestra como queda la configuración y el resultado final.

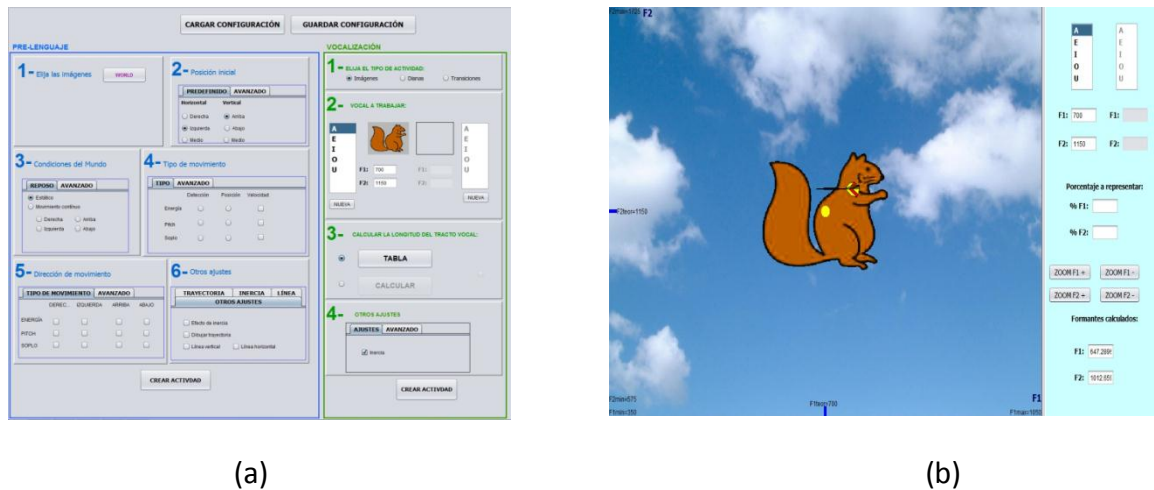


Figura IV.7: Actividad de vocalización.

En (b) se puede observar que es posible cambiar el valor de los formantes teóricos y ampliar o reducir el espacio de visualización estableciendo el porcentaje que se quiere representar respecto a la frecuencia central. El valor de los formantes calculados en tiempo real también es mostrado.

## IV. 9 Actividad de transición entre vocales

En este tipo de actividades se pretende trabajar la transición entre vocales. La actividad de tipo “Transiciones” consiste en dos imágenes que representan dos vocales y que se sitúan en pantalla según las coordenadas que fijan sus formantes teóricos. El niño, mediante la transición de una vocal hacia la otra, hará que un coche recorra el camino entre las dos imágenes. Los pasos a seguir son los siguientes:

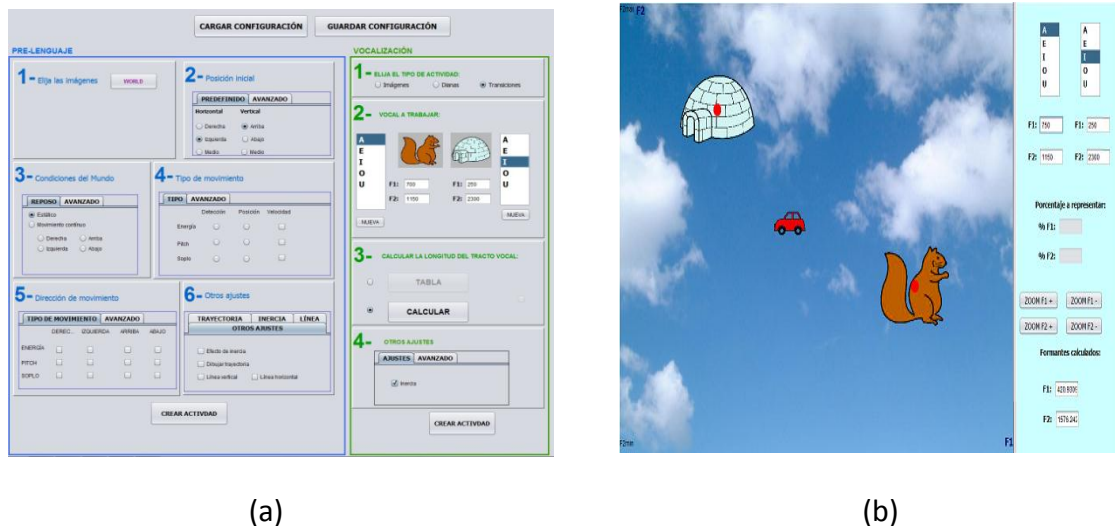
- Paso 1: Elección del tipo de actividad.  
Se elige el tercer tipo, “Transiciones”.
- Paso 2: Selección de las vocales a trabajar.

#### Anexo IV: Ejemplos de Actividades

En este tipo de actividad se eligen dos vocales. Los valores de los formantes teóricos se pueden adaptar a cada paciente. Se pueden añadir también nuevas vocales como se ha descrito en el paso 2 de la sección 4.4.2.

- Paso 3: Cálculo de la longitud del tracto vocal.  
En este caso se va a calcular esta longitud directamente de la voz del niño. Seleccionando la opción “Calcular” y pulsando el botón, aparecerá la ventana de la Figura 4.27 (c). Al pulsar el botón “START” la aplicación comenzará a grabar la voz del niño que deberá pronunciar las cinco vocales. Al acabar y pulsar “STOP” se habrá calculado la longitud del tracto vocal.
- Paso 4: Otros ajustes.  
Añadir inercia hará que el movimiento del coche sea más suave, mejorando la actividad visualmente.

La Figura IV.8 muestra como queda la configuración y el resultado final.



(a)

(b)

Figura IV.8: Actividad de transición entre vocales.

En (b) se puede observar que es posible cambiar el valor de los formantes teóricos y ampliar o reducir el espacio de visualización mediante los botones de “ZOOM”. El valor de los formantes calculados en tiempo real también es mostrado.

# ANEXO V. Archivo de Configuración XML

---

Este es un ejemplo del archivo de configuración que se genera al crear una actividad y que posteriormente se puede volver a cargar para repetirla posteriormente. Además, estos archivos se pueden compartir a través de la red para que los logopedas intercambien las actividades que han configurado.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<java version="1.7.0" class="java.beans.XMLDecoder">
  <object class="galve.yasmina.Configuracion">

    <void property="actividad_vocales">
      <boolean>true</boolean>
    </void>

    <void property="alpha_d_parametros">
      <double>0.007</double>
    </void>

    <void property="alpha_parametros">
      <boolean>true</boolean>
    </void>

    <void property="altura_ventana">
      <int>782</int>
    </void>

    <void property="anchura_ventana">
      <int>1284</int>
    </void>
```

## Anexo V: Archivo de Configuración XML

```
<void property="color_linea">
  <object class="java.awt.Color">
    <int>255</int>
    <int>255</int>
    <int>0</int>
    <int>255</int>
  </object>
</void>

<void property="color_trayectoria">
  <object class="java.awt.Color">
    <int>255</int>
    <int>0</int>
    <int>0</int>
    <int>255</int>
  </object>
</void>

<void property="contenedor_modelos1">
  <object class="galve.yasmina.ContenedorModelos"
id="ContenedorModelos0"/>
</void>

<void property="dx_dcha_energia">
  <double>0.005</double>
</void>

<void property="dy_abajo_cont">
  <double>0.001</double>
</void>

<void property="dy_arriba_energia">
  <double>0.003</double>
</void>

<void property="dy_cont">
  <double>0.001</double>
</void>

<void property="energia">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="energia_arriba">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="energia_dcha">
  <boolean>true</boolean>
</void>
```

```
<void property="indice_lista1">
  <int>-1</int>
</void>

<void property="indice_lista2">
  <int>-1</int>
</void>

<void property="inercia_param">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="laberinto">
  <boolean>true</boolean>
</void>
<void property="mov_cont_abajo">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="n_i_fondo">
  <string>recursos/cielo3_libre.jpg</string>
</void>

<void property="n_i_laberinto">
  <string>recursos/laberinto_agujero.gif</string>
</void>

<void property="n_i_movimiento">
  <string>recursos/coche2.gif</string>
</void>

<void property="posini_izda">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="posini_medio_vertical">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="posini_y">
  <double>0.5</double>
</void>

<void property="tipomov_deteccion_energia">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="tipomov_deteccion_energia_arriba">
  <boolean>true</boolean>
</void>
```

## *Anexo V: Archivo de Configuración XML*

```
<void property="tipomov_deteccion_energia_dcha">
  <boolean>true</boolean>
</void>

<void property="umbral_pitch">
  <int>40</int>
</void>

<void property="umbral_soplo">
  <int>40</int>
</void>

<void property="valor_energia_maximo">
  <int>100</int>
</void>

</object>
</java>
```

