

# Un Juego de Gravedad con Reconocimiento de Voz para Niños con Problemas de Lenguaje

Carlos Miranda-Palma, Reyna Camal-Uc, José Cen-Magaña, Cinhtia Gonzalez-Segura, Sergio Gonzalez-Segura, Michel García and Lizzie Narvaez-Díaz

Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas, Unidad Tizimin, Calle 48 A s/n x 31, 97700, Tizimín, Yucatán, México

[cmiranda@uady.mx](mailto:cmiranda@uady.mx), {[camaluc](mailto:camaluc@tizimin.uady.mx), [cmagana](mailto:cmagana@tizimin.uady.mx)}@tizimin.uady.mx, {gsegura, sgsegura, michel.garcia, lendiaz}@uady.mx.

**Abstract.** En este trabajo presentamos un juego electrónico (Gravedad) con reconocimiento de voz para estimular a niños en edad escolar con problemas del lenguaje dislalia. Se presenta las características y elementos del juego electrónico, así como su integración con el sistema de reconocimiento de voz y los resultados de unas pruebas de usabilidad. El juego de Gravedad se desarrolló utilizando el lenguaje C y las librerías gráficas SDL y los modelos acústicos se desarrollaron utilizando el software de reconocimiento de voz HTK.

**Keywords:** Juego electrónico, reconocimiento de voz, usabilidad, niños, dislalia.

## 1 Introducción

El habla es un medio que el ser humano emplea para el intercambio de información. Sin embargo existen personas con trastornos del habla, lo que les dificulta o les hace imposible comunicarse.

Un trastorno del habla y lenguaje se refiere a los problemas de la comunicación u otras áreas relacionadas, tales como las funciones motoras orales. Estos atrasos y trastornos varían desde simples sustituciones de sonido hasta la inhabilidad de comprender o utilizar el lenguaje o mecanismo motor-oral para el habla y alimentación [1].

La dislalia es un trastorno que se caracteriza por la incapacidad o dificultad de articular uno o más fonemas o sonidos de la lengua en forma regular y constante. Pocas veces este problema tiene una razón orgánica, es decir, en alguna malformación de los órganos del habla [2].

Los trastornos de la comunicación tienen el potencial de aislar a los individuos de sus alrededores sociales y educacionales, por lo que es necesario encontrar los mecanismos que permita elevar la calidad de vida de las personas con necesidades especiales y puedan contribuir a nuestra sociedad.

**2 Carlos Miranda-Palma, Reyna Camal-Uc, José Cen-Magaña, Cinhtia Gonzalez-Segura, Sergio Gonzalez-Segura, Michel García and Lizzie Narvaez-Díaz**

La tecnología puede ayudar a aquellos niños cuyas condiciones físicas hacen la comunicación difícil. El uso de sistemas de comunicación electrónicos permite que la gente que no habla y las personas con severas discapacidades físicas aumenten su calidad de vida [1].

Debido a la importancia del habla en la vida de las personas, el desarrollo de sistemas capaces de aceptar una señal de voz como entrada para realizar una determinada función ha tomado gran interés. En la actualidad se han desarrollado una cantidad de aplicaciones que permiten utilizar la voz humana, como en el ITESM Campus Cuernavaca que por medio de comandos vocales manipula un robot móvil [3][4]. En el IIMAS de la UNAM también se han venido desarrollando diversos proyectos que incluyen la comunicación hablada como forma de interacción [5][6].

Asimismo, en los últimos años se ha incrementado el desarrollo de aplicaciones para personas con algún tipo de discapacidad, ejemplo de esto es el Proyecto Fressa [7] que ha desarrollado con mucho éxito diversas aplicaciones para diferentes tipos de discapacidad. Uno de estos programas es el “Control del mouse mediante órdenes de voz” que permite controlar al mouse mediante la voz, fue diseñado para personas con deficiencias motóricas que no pueden controlar el mouse de forma normal y tengan control de su voz [7].

En este trabajo presentamos un juego de gravedad que emplea la forma más natural de comunicación humana: el habla. Este juego está diseñado para utilizarse en niños en edad escolar que tengan problemas del habla dislalia. Asimismo se describe sus características, su integración con el sistema de reconocimiento de voz y los resultados de unas pruebas de usabilidad.

## **2 Juego de Gravedad**

En esta sección presentaremos el diseño conceptual del Sistema Fonetix y del Juego de Gravedad, así como los elementos y características generales del mismo, su historia, las interfaces y sus personajes.

### **2.1 Diseño Conceptual**

Cuando inició este proyecto nos propusimos desarrollar aplicaciones que fueran interesantes, motivadoras y que apoyaran a niños con problemas de lenguaje, por tal razón y conjuntamente con las maestras del área de lenguaje del Centro de Atención Múltiple (CAM) de la ciudad de Tizimín, Yucatán decidimos implementar este juego. Una vez definido el juego, no quisimos que la aplicación fuera únicamente el juego de gravedad sino que además de éste desarrollamos una historia y un ambiente que fuera conocido para los niños dentro de su contexto en esta región de México. Asimismo, para este juego se decidió (en conjunto con las maestras del CAM) utilizar el conjunto de palabras mixtas y trabadas para el reconocimiento de voz. Una palabra *mixta* tiene por lo menos una sílaba

formada con una consonante, seguida de una vocal, seguida de otra consonante (ej. marimba). Una palabra *trabada* tiene por lo menos una sílaba formada con una consonante, seguida de otra consonante, seguida de una vocal (ej. plato, trabajo).

Como siguiente paso se decidió que toda la historia del juego se desarrollara en una casa y que el ambiente del juego de gravedad fuera la cocina de la misma, asimismo se definieron 4 personajes que el niño puede elegir y ha este personaje el niño lo ayuda a vencer los retos que un alux (personaje mitológico de la cultura Maya) le presenta durante la interacción con el juego.

En la mitología maya, un alux es un pequeño espíritu que viaja a través de la tierra. Un alux es pequeño, un poco más alto de la rodilla, se asemeja a los mayas miniatura en la ropa tradicional, es generalmente invisible pero puede asumir la forma física con el propósito de comunicarse con los seres humanos.

De todo lo anterior nace el sistema Fonetix que en esta etapa contiene el juego de gravedad y que reconoce por medio de la voz palabras mixtas y trabadas. Actualmente estamos desarrollando otros dos juegos para otros conjuntos de palabras que se utilizan en la rehabilitación de los niños.

## **2.2 Historia del Juego**

Al principio del juego se presenta una introducción en donde el alux al verse derrotado en un juego anterior, intenta hacer de las suyas haciendo una nueva travesura. Ahora se fue a la cocina y desafía a un nuevo reto a Rafa, Tony, Luci y Migue. El alux está encantando objetos, haciéndolos volar y tratando de romperlos con su resortera con la intención de ensuciar todo a su paso.

Si la mamá llega y encuentra la cocina desordenada, los culpará y no los dejará salir a jugar al patio (parte trasera de la casa). Entonces el alux habrá logrado su objetivo que los castiguen.

Para desencantar los objetos y colocarlos en su lugar, es necesario que Rafa, Tony, Luci o Migue se coloque debajo de los objetos y pronuncie su nombre correctamente, antes de que estos sean alcanzados por la resortera del alux provocando que caigan al piso rompiéndose y/o ensuciando la cocina.

## **2.3 Descripción del Juego**

Gravedad es un juego cuyo objetivo es desencantar los objetos que se encuentran suspendidos en el aire con el fin de evitar su caída y ensuciar la cocina obteniendo la mayor puntuación, en el menor tiempo posible. El escenario principal es una cocina en donde se encuentran los objetos flotando esperando ser desencantados por el niño.

El juego comienza con la selección de uno de los 4 personajes con el que se va a jugar (Fig. 1). Posteriormente se presenta la introducción del juego en donde se narra como el

4 Carlos Miranda-Palma, Reyna Camal-Uc, José Cen-Magaña, Cinhtia Gonzalez-Segura, Sergio Gonzalez-Segura, Michel García and Lizzie Narvaez-Díaz

alux fue derrotado en la etapa anterior, y como en este nuevo reto busca realizar una nueva travesura con el fin de culpar a Rafa, Tony, Luci y Migue.



Fig. 1. Pantalla de inicio del juego y selección de personaje.

Una vez terminado esta parte, se presenta al jugador la pantalla de la cocina (Fig. 2) con los objetos encantados (incluyendo su nombre), aparecen de uno en uno hasta un máximo de tres simultáneamente. El jugador debe colocarse debajo de uno de los objetos que se encuentran suspendidos en el aire y pronunciar correctamente su nombre para desencantarlo. Como va transcurriendo el juego los objetos van cambiando de color pasando por el verde, amarillo y rojo. Cuando el jugador pronuncia correctamente el nombre del objeto que eligió, este objeto desaparece de la pantalla y entonces el sistema le otorga una puntuación: si fue en el color verde, son 300 puntos; en el color amarillo, son 200 puntos y en el color rojo, son 100 puntos. En caso de que el jugador no logra pronunciar el nombre del objeto y este tiene el color rojo, el objeto es golpeado por la resotera del alux y cae rompiéndose y/o ensuciando el piso de la cocina, en este caso el sistema no le asigna puntuación al jugador.

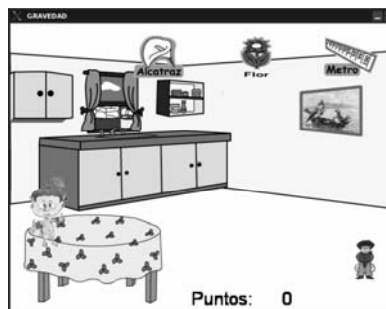


Fig. 2. Pantalla principal del juego de gravedad.

Cabe mencionar que el juego presenta 4 pantallas con diferentes niveles de suciedad de la cocina, el nivel de suciedad se va incrementando como objetos van cayendo (Fig. 3).

## Un Juego de Gravedad con Reconocimiento de Voz para Niños con Problemas de Lenguaje 5

El juego termina cuando todos los objetos han sido desencantados o se han roto en el piso de la cocina.

Una vez terminado el juego, al jugador se le presenta una pantalla que contiene la tabla de posiciones en donde se muestra las 10 mejores puntuaciones y sus tiempos.



**Fig. 3.** Aspecto de la cocina cuando algunos objetos no fueron desencantados y cayeron al piso.

Finalmente, al jugador se le presenta una pantalla que le notifica que tiene la oportunidad de jugar en otro nivel o de salir del juego. Cabe mencionar que el juego tiene 3 niveles de complejidad: en el primer nivel únicamente son palabras mixtas, en el segundo nivel únicamente son palabras trabadas y en el tercer nivel son palabras mixtas y trabadas al mismo tiempo (Fig. 4).



**Fig. 4.** Pantalla del nivel de complejidad.

### 2.5 Personajes

En esta sección presentamos los personajes del juego, estos personajes se diseñaron con ciertas características del entorno con el propósito de que los niños se identifiquen con

6 Carlos Miranda-Palma, Reyna Camal-Uc, José Cen-Magaña, Cinhtia Gonzalez-Segura, Sergio Gonzalez-Segura, Michel García and Lizzie Narvaez-Díaz

ellos. Cabe mencionar que a través de una votación los niños del Centro de Atención Múltiple de la ciudad de Tizimin, Yucatán eligieron los nombres de los personajes.

El primero de ellos es Tony (El deportista): tiene 9 años y le gusta mucho los deportes, le gusta trabajar en equipo y prefiere los deportes de conjunto, porque así tiene la oportunidad de convivir con sus amigos. Su comida favorita es el puchero (Fig. 5).



Fig. 5. Tony

El segundo de ellos es Rafa (El estudioso): tiene 10 años, le gusta leer y ayudar a los demás con sus tareas. Sus materias favoritas son matemáticas y astronomía, porque de grande quiere ser astronauta. Sus pasatiempos favoritos son: mirar las estrellas con su telescopio y resolver acertijos (Fig. 6).

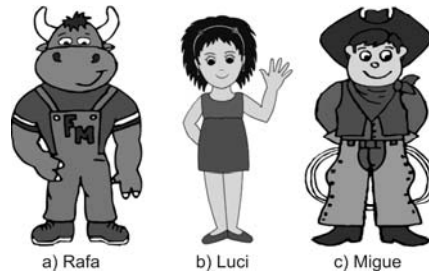


Fig. 6. Imagenes de: a) Rafa, b) Luci, c) Rafa

El tercero de ellos es Luci (la romántica): tiene 8 años, le gusta la música y leer poemas. Toma clases de guitarra y le encanta ayudar a su mamá a cocinar galletitas (Fig. 6). El último de ellos es Migue (El travieso): es hermanito de Luci, tiene 6 años, le gusta las caricaturas y coleccionar insectos. De grande quiere ser vaquero como su papá. Los domingos pide que lo lleven al mercado para comer 2 tacos de cochinita y tomar horchata (Fig. 6).

### 3 Sistema de Reconocimiento de Voz

El sistema de reconocimiento de voz utiliza 3 modelos principales:

- *Un modelo del lenguaje* que está basado en una gramática de estados finitos. En esta gramática se definen todas las palabras mixtas y trabadas que se utilizan en el juego de gravedad. Con esta gramática se reconocen 77 palabras mixtas y 51 palabras trabadas, estas palabras se definieron en conjunto con las maestras de lenguaje del CAM, algunos ejemplos de palabras mixtas son: *árbol, bandera, botón, castillo, cinturón, estampa, dentista, durazno, falda, gancho, imán, jabón, lámpara, manzana, martillo, pescado, postal, reloj, sol, soldado, tambor, vestido, zapato, etc.* Ejemplos de palabras trabadas son: *abrigo, alacrán, blusa, cabra, culebra, dragón, estrella, flan, fresa, globo, ladrillo, lengua, metro, piedra, plátano, regla, sombra, sombrero, tren, trompo, etc.*
- *Un modelo de pronunciación* formado por el vocabulario necesario para definir las palabras de la gramática, donde la pronunciación se representa como la secuencia de fonemas correspondiente a cada palabra. El vocabulario de este juego esta formado con 77 palabras mixtas y 51 palabras trabadas.
- *Un modelo acústico* basado en modelos ocultos de Markov que fue entrenado con un corpus de voz diseñado con un contenido lingüístico basado en oraciones formadas con frases con significado lingüístico que contenían a la mayoría de los fonemas del español hablado en México, este modelo acústico fue creado y utilizado en [8]. El modelo acústico fue entrenado con un corpus de voz formado por 40 personas (23 hombres y 17 mujeres) provenientes de diferentes estados de la República Mexicana cuya lengua materna es el español hablado en México [4]. El modelo fonético es independiente del contexto e identifica los fonemas del Español hablado en México. Para su entrenamiento se usaron las librerías del Hidden Markov Tool Kit, HTK [9].

### 4 Integración entre el Juego de Gravedad y el Sistema de Reconocimiento de Voz

El juego de gravedad fue desarrollado en el Lenguaje C y con las librerías gráficas SDL. Las funciones que utiliza el sistema de reconocimiento de voz también fue desarrollado en el Lenguaje C, estas funciones contienen scripts que utilizan comandos de HTK. El juego de gravedad con reconocimiento de voz se ejecuta bajo el ambiente Linux. Las palabras son detectadas a través de un micrófono.

La interacción entre ambos sistemas se da a través de threads (hilos) al momento de iniciar el juego de gravedad. El programa principal crea un thread para el reconocimiento de voz y otro para el manejo de los eventos del teclado y del mouse. A continuación describimos el funcionamiento de estos threads.

#### 4.1 Manejo de Eventos

Durante el juego, se utiliza un thread para el manejo y control de los eventos del teclado y del mouse, este thread de acuerdo al evento ocurrido se encarga de realizar una secuencia de actividades. Manejar estos eventos a través de un thread nos permite que la interacción entre ambos sistemas no sea lenta.

#### 4.2 Reconocimiento de Voz

Para el reconocimiento de voz se crea un thread que ejecuta la función *thread\_function()* la cual realiza las siguientes actividades:

1. Ejecuta la aplicación *rec\_alsa*, esta función almacena en un archivo la entrada de audio en un formato propio de HTK, este archivo le denominamos *palabra.sig*
2. Ejecuta la aplicación *mi\_rec\_htk.sh*, esta función utiliza el comando HVite de HTK, el modelo de lenguaje, el modelo de pronunciación, los modelos acústicos y el archivo *palabra.sig*. Primeramente el comando HVite genera y almacena el archivo *palabra.rec* con las 5 palabras con mayor probabilidad de haberse pronunciado y sus probabilidades. Posteriormente se genera un archivo que únicamente contiene las 5 palabras reconocidas y las almacena en un archivo que denominamos *palabra2.rec*
3. Desactiva la *bandera de reconocimiento*.

Estas actividades las realiza mientras este activado la *bandera de reconocimiento*, cuando se desactiva la bandera, el thread espera un tiempo y posteriormente verifica si nuevamente se activa la bandera de reconocimiento para iniciar de nuevo las actividades.

#### 4.3 Flujo Principal

Como se mencionó anteriormente, cuando se inicia el juego el programa principal crea el thread del manejo de eventos, crea el thread del reconocimiento de voz y activa la bandera de reconocimiento. Durante el juego el sistema revisa si hay información para procesar en el archivo *palabra2.rec*, en caso de existir, el sistema verifica si alguna de las 5 palabras reconocidas en el archivo *palabra2.rec* corresponde al objeto situado en la parte superior de la columna donde en ese momento esta situado el personaje (Rafa, Tony, Luci o Migue). Si una de las palabras que se reconoció es la palabra correspondiente al objeto del juego entonces al jugador se le asigna los puntos ganados. Una vez realizada esta comparación se activa nuevamente la *bandera de reconocimiento* y se continua con las actividades del juego. Cuando termina el juego, se destruye el thread del manejo de eventos.

## 5 Pruebas de Usabilidad

En estos momentos estamos por liberar la versión final del juego de gravedad con reconocimiento de voz y utilizarlo en los niños con problemas de lenguaje del Centro de Atención Múltiple de la ciudad de Tizimín, Yucatán. Una vez realizado esto se tiene contemplado que las maestras del CAM puedan usar el software de 4 a 5 meses de manera continua en los niños y verificar su utilidad en la rehabilitación de los mismos. Como parte del proceso de desarrollo de este proyecto realizamos unas pruebas de usabilidad con una versión beta del software. Las pruebas se realizaron en 8 niños (del CAM) en edad escolar con diferentes grados de problemas de lenguaje y que tenían únicamente este problema. En esta sección presentamos los resultados obtenidos con estas pruebas.

Los instrumentos que se utilizaron para estas pruebas son tres y se pretendía medir:

1. La familiaridad del niño con una computadora.
2. La facilidad de realizar determinadas actividades durante el juego.
3. La aceptación del juego a través de: la facilidad de interacción (mouse y teclado), el ambiente y la motivación de jugar con él.

Cada una de las interacciones de los niños con el juego fue grabado y almacenado en la computadora, estas grabaciones nos permitieron evaluar algunos aspectos que al momento de realizar las pruebas no se pudieron evaluar. Los resultados que se obtuvieron con estas pruebas son los siguientes:

- Al aplicarse el instrumento para medir la familiaridad del niño con una computadora, se obtuvo que los niños no están familiarizados con una computadora y requieren de previo entrenamiento para interactuar con el mouse y el teclado, solamente dos de los ocho niños habían utilizado una computadora para jugar, editar texto (Word) o editar imágenes (Paint).
- Al aplicarse el instrumento para medir la facilidad de realizar determinadas actividades durante el juego, se obtuvo que en aquellas actividades que involucraba el uso del mouse (seleccionar a los personajes y opciones del juego) les fue complicado a los niños por el manejo del mismo, ya que como se mencionó anteriormente los niños no están muy familiarizados con el manejo de una computadora. En aquellas tareas (posicionarse debajo de un objeto para pronunciar su nombre) que involucraba el manejo del teclado les permitió jugar más rápido y fácil.
- Al aplicarse el instrumento para medir la aceptación del juego, se obtuvo que el juego tiene un *ambiente atractivo*, a los niños les llamó la atención el ambiente que se diseñó para el juego, se emocionaron al seleccionar un personaje y mostraron interés por el juego. Esto se pudo comprobar al tener en un salón a 5 niños que son considerados por sus maestras como muy inquietos y que al usar el software, este capturaba su atención y la de sus compañeros. Asimismo algunos niños comentaron que el nivel de suciedad de la cocina no les indicaba que realmente dicho lugar tenga la apariencia de estar sucio (Fig. 3), ya que los objetos que caen no se aprecian rotos en la imagen. Asimismo que no se observa alguna animación al pronunciar correctamente una palabra como en otros juegos.

10 **Carlos Miranda-Palma, Reyna Camal-Uc, José Cen-Magaña, Cinhtia Gonzalez-Segura, Sergio Gonzalez-Segura, Michel García and Lizzie Narvaez-Díaz**

- En las grabaciones se observó que el juego es un *reto a vencer*, ya que los niños se esforzaban por pronunciar correctamente las palabras, incluso elevaban la voz o repetían la palabra varias veces.
- Finalmente, *un reconocimiento de voz satisfactorio*, ya que se probó en niños con diversos grados de problemas de lenguaje, desde niños con un nivel de pronunciación aceptable hasta en niños con frenillos o con un nivel bajo, en la mayoría de los casos el sistema reconoció satisfactoriamente muchas de las palabras pronunciadas.

Como se mencionó anteriormente estos resultados se obtuvieron observando y aplicando tres instrumentos a 8 niños (de ambos sexos) al interactuar con el juego y de manera complementaria con los comentarios de las 3 maestras de lenguaje del CAM.

## 6 Conclusiones

En este trabajo se describieron las características, historia y personajes de un juego electrónico llamado Gravedad con reconocimiento de voz, así como la manera de interactuar con él.

El sistema de reconocimiento de voz reconoce los fonemas del Español mexicano, estos se modelaron acústicamente utilizando el tipo de modelado independiente del contexto y se entrenaron utilizando los modelos ocultos de Markov. Este sistema de reconocimiento de voz continua en español es multilocutor y maneja un vocabulario de 77 palabras mixtas y 51 palabras trabadas, que se utilizan en la rehabilitación de niños con problemas de lenguaje dislalia.

Se presentó la manera en que se integró el juego de Gravedad con el sistema de reconocimiento de voz.

Asimismo se presentaron los resultados obtenidos al aplicar tres instrumentos para medir: la familiaridad del niño con una computadora, la facilidad de realizar determinadas actividades durante el juego y la aceptación del juego. Los resultados que se obtuvieron son: *el juego tiene un ambiente atractivo pero puede mejorarse, jugar con el es un reto a vencer y el reconocimiento de voz en niños con problemas de lenguaje fueron satisfactorios*. Entre las mejoras que se pretende implementar como resultado de estas pruebas son:

- Antes de que el juego de Gravedad se utilice de manera cotidiana en el CAM, las maestras planean llevar a los niños a que interactúen con computadoras de la misma escuela para habilitarlos en el manejo del mouse y del teclado.
- Mejorar las imágenes de los objetos rotos en las 4 pantallas de suciedad de la cocina para que se vean más reales y de acuerdo a los objetos del juego.
- Incluir retroalimentaciones visuales al momento que el sistema reconoce una palabra que el niño pronuncia correctamente. Si el objeto tiene un contorno verde se presentará una animación del alux de frustración o enojo, si el objeto tiene un contorno amarillo se

presentará un mensaje de texto de felicitación acompañado de una paloma (☺) y si el objeto tiene un contorno rojo se presentará un sonido de aplausos de felicitación.

Finalmente, en los siguientes meses se pretende desarrollar 3 juegos que integrarían el Sistema Fonetix (con diferentes palabras de reconocimiento) y que este software sea una herramienta entretenida, divertida y menos tediosa para los niños al repetir palabras en su proceso de rehabilitación y evaluación. Por lo pronto las maestras del Centro de Atención Múltiple de la ciudad de Tizimín, Yucatán consideran que esta herramienta les va a resultar muy útil con los niños.

**Agradecimientos.** Agradecemos al CONACYT y al Gobierno del Estado de Yucatán todas las facilidades, apoyos y recursos para el logro de nuestras actividades. Este proyecto es financiado por los Fondos Mixtos CONACYT – Gobierno del Estado de Yucatán con clave YUC-2004-C03-028.

## Referencias

1. <http://www.nichcy.org/pubs/spanish/fs11stxt.htm>.
2. [http://www.pediatraldia.cl/lenguaje\\_ninos.htm](http://www.pediatraldia.cl/lenguaje_ninos.htm)
3. Miranda-Palma C. and Mayora-Ibarra O. Robotic Remote Navigation by Speech Commands with Automatic Obstacles Detection. Proceedings of RA 2003, Salzburg, Austria, June 2003.
4. Miranda-Palma C., Mayora-Ibarra O. and Urraga-Serratos E. Interfaz con reconocimiento de Voz para la Manipulación Robotica. Proceedings del Workshop Interacción Humano-Computadora, Avances en la Ciencia de la Computación. ENC 2004, Colima, México, Septiembre 2004 pp.72-78 ISBN: 970-692-170-2.
5. Pineda, L.A., Massé, A., Meza, I., Salas, M., Schwarz, E., Uraga, E. y Villaseñor, L. The DIME project. MICAI 2002: Mexican International Conference on Artificial Intelligence. Lecture Notes in Artificial Intelligence. Vol. 2313. pp 166-175. 2002
6. Romero, L., Impulsa el IIMAS la investigación en Cómputo. Publicado el 2 de septiembre de 2002 en Gaceta UNAM. No. 3569. ISBN 0188-5138. <http://www.unam.mx/gaceta>
7. <http://www.xtec.es/~jlagares/f2kesp.htm>
8. Miranda-Palma, C., (2003), Sistema de navegación robótica por medio de comandos vocales con detección automática de obstáculos, Tesis de Maestría, ITESM, Campus Cuernavaca, Maestría en Ciencias Computacionales.
9. Young, S. The HTK Book. Cambridge University Engineering Department, December 2002.