

ROBOT BIOLOID PREMIUM JARANERO CONTROLADO REMOTAMENTE POR VOZ

Cinhtia Maribel González Segura

Universidad Autónoma de Yucatán

gsegura@correo.uady.mx

Michel García García

Universidad Autónoma de Yucatán

michel.garcia@correo.uady.mx

Lizzie Edmea Narváez Díaz

Universidad Autónoma de Yucatán

lendiaz@correo.uady.mx

Roger Bacab Pech

Universidad Autónoma de Yucatán

r0g3r.bp@gmail.com

Resumen

Este trabajo se enmarca en un proyecto orientado a llevar elementos tecnológicos novedosos a escuelas ubicadas en comunidades rurales maya hablantes del Estado de Yucatán. El objetivo es describir cómo es usada la tecnología robótica como medio de preservación y difusión de la cultura Maya.

Se presenta el desarrollo de un sistema robótico que enseña los pasos de la jarana Yucateca a través de un robot humanoide Bioloid Premium, controlado remotamente a través de una interfaz gráfica que incluye el reconocimiento de comandos vocales. Se muestran los resultados obtenidos en la opinión de los usuarios que probaron los tres componentes del sistema: la ejecución del baile de la jarana, el funcionamiento del sistema de control inalámbrico y el módulo de reconocimiento de voz.

Se concluye que el uso del sistema robótico resulta adecuado para promover el baile de la jarana Yucateca y acercar la tecnología a comunidades rurales maya hablantes.

Palabra(s) Clave: Comunicación inalámbrica, Cultura Maya, Jarana Yucateca, Reconocimiento de voz, Robótica educativa.

Abstract

This work is part of a project that involves bringing innovative technological elements to schools located in rural Maya communities that speak the State of Yucatan. The aim is to describe how it is used robotic technology as a means of preservation and dissemination of the Maya culture. It presents the development of a robotic system that teaches the steps of the Yucatecan jarana through a humanoid robot Bioloid Premium, controlled remotely through a graphical interface that includes the recognition of vocal commands. The results obtained in the opinion of the users who tested the three components of the system are shown: the performance of the dance of the jarana, the operation of the wireless control system and the voice recognition module. The conclusion is that the use of the robotic system is adequate to promote the dance of the Yucatecan jarana and bring the technology to Mayan rural communities.

Keywords: Educational Robotics, Mayan Culture, Speech Recognition, Wireless Communication, Yucatecan Jarana.

1. Introducción

El proyecto denominado Feria itinerante de ciencia y tecnología en Yucatán tiene por objetivo proveer un espacio de intercambio cultural entre los miembros de las comunidades mayas y el personal universitario, promoviendo el interés por la ciencia y tecnología, en escuelas secundarias y de bachillerato de las comunidades receptoras. Una de las áreas tecnológicas que abarca este proyecto es la robótica, conformada por robots Lego NXT y Ev3, con diversos modelos y funciones, así como el robot Bioloid Premium, con forma de humanoide.

Partiendo de que la tecnología robótica tiene un gran potencial y que puede ser utilizada eficientemente para resolver problemáticas específicas de diversas disciplinas, resulta interesante simular el desempeño y razonamiento humano en prácticamente todas las áreas, no sólo liberando al ser humano de los trabajos peligrosos, desagradables o repetitivos [13], sino también aportando elementos que contribuyan al entretenimiento o difusión de la cultura, como en el caso que aquí se presenta.

Uno de los principales fines de la robótica es el de investigación [7], orientándose a crear nuevos algoritmos de inteligencia artificial que pueden ser extrapolados a diversas áreas. Es común simular tareas o comportamientos presentes en la naturaleza, tales como caminar, librar obstáculos, seguir líneas, realizar movimientos precisos, entre otros. Esto ha permitido desarrollar modelos y rutinas que han sido exitosamente empleados para ayudar al ser humano con sus tareas diarias.

También existen robots desarrollados con fines de entretenimiento, entre los cuales figuran los presentes en las exhibiciones de baile como en [4] y [12], que además de ser vistosos y amigables para el público pueden ser imitados, desempeñando así el papel de instructores. Otra alternativa es la posibilidad de contar con un robot que instruya la ejecución de rutinas de activación física [11], permitiendo al instructor humano concentrarse en corregir las posiciones de los participantes.

La cultura maya y la robótica

Entre las tradiciones culturales de la península de Yucatán, el baile de la jarana yucateca destaca como una de las actividades más llamativas, ya que cuenta con su propia música, vestimenta, pasos y coreografía, lo cual constituye un valor cultural de gran importancia para la sociedad local, regional y nacional, junto con otras costumbres que aún prevalecen en diversas comunidades mayas. Uno de los escenarios en los que aún es común observar la jarana yucateca es en las verbenas denominadas “vaquerías”, por su origen en las fiestas ganaderas que se realizan tradicionalmente. Hoy en día, en algunas comunidades del estado que

continúan apegadas a costumbres y tradiciones, se realizan las vaquerías con motivo de la festividad religiosa del santo patrono de cada pueblo o hacienda y, durante ellas, la concurrencia danza el baile regional más importante: la jarana yucateca [3].

Sin embargo, se ha observado que este baile tradicional se encuentra en decadencia pues cada vez son menos los niños y jóvenes que se interesan por aprender a bailar. Algo similar ocurre con la historia de la cultura maya, en general, las tradiciones, costumbres, lengua, leyendas, todo esto ha perdido interés en la población juvenil [14]. Por lo tanto, desde hace algunas décadas el gobierno del Estado ha estado implementando diversas medidas para preservar la cultura maya.

Al respecto, una de las estrategias que podría beneficiar la preservación de la cultura maya sería procurar que el interés de la juventud ocurra de manera natural, por ejemplo, aprovechando el interés que la tecnología despierta en ellos [11]. Esto puede ser a través de videojuegos, dispositivos móviles, animaciones, películas e incluso robots, como se observa en la figura 1.



Figura 1 Robot bailando y niños imitando cada uno de los movimientos que observan.

Durante la demostración de las rutinas robóticas, los niños imitaban con gusto los pasos de baile ejecutados por el robot Bioloid Premium, que inicialmente eran pasos de un baile conocido como el Gangman Style (ver figura 1). Sin embargo, se observó una contradicción entre esta melodía y la música tradicional de la cultura maya, lo cual motivó el desarrollo de una rutina de baile asociada con la jarana Yucateca, de forma que fuera posible sustituir los movimientos del robot

alusivos a la canción del Gangman Style por una demostración de la jarana yucateca.

Así, con el baile de la jarana se propuso lograr una mayor congruencia con el objetivo del proyecto que mezcla la tecnología con la cultura maya.

Existen trabajos relacionados con esta idea, como el de la Universidad Drexel en Philadelphia junto con el Instituto avanzado de ciencia y tecnología de Korea [6], quienes desarrollaron un robot bailarín empleando un robot Robonova tipo humanoide con el cual es posible crear rutinas de baile, además de que identifica ritmos de música. Los tres componentes del sistema en el que opera el robot bailarín son: la identificación del beat, la plataforma del propio robot y la generación de los gestos. En este trabajo se resalta el uso del identificador de beat, con el cual es posible conocer los ritmos de cada canción y con base en esto que el robot ejecute los movimientos, previamente cargados en la memoria del mismo, pero la jarana yucateca no forma parte de estos.

Otro trabajo similar es el realizado con un robot bailarín CODJ23 PLUS [1], en el que sus desarrolladores lograron que un robot pudiera bailar al ritmo de la música, con cuatro ritmos musicales diferentes. Este robot utilizado para este trabajo cuenta con 7 motores el cual es una limitante, debido a que no se cuenta con mucha libertad de movimientos. De igual manera es importante destacar que las rutinas de baile ya diseñadas son específicas para cada género musical y que estas secuencias son controladas por un microcontrolador; por lo tanto, la programación está hecha en el mismo.

En otro proyecto realizado por el Instituto de Ciencia Industrial de la Universidad de Tokio, se realizó una danza típica de la región con el mismo objetivo de preservar la cultura. En su trabajo, los autores mencionan que usan la tecnología para preservar los bailes folclóricos tradicionales que han ido desapareciendo con el paso de las generaciones. Actualmente, el baile objetivo del folclore japonés es el Jongara-Bushi [10].

En México, uno de los avances actuales en torno al tema emplea el uso del Kinect de Microsoft para imitar los movimientos humanos que realiza el usuario, es decir, el robot copia los movimientos de la persona. En [9] se afirma que la programación

de movimientos del robot es una tarea tediosa y sugieren clasificar los movimientos en dos tipos: los que se pueden producir mediante una ecuación matemática previamente desarrollada y programada, y los movimientos que son producidos por la interpolación temporal de una serie de posturas previamente concebidas y memorizadas. Otros autores afirman que los movimientos de baile de los robots son usualmente creados por coreógrafos y diseñados para una particular pieza musical. Si la pieza musical cambia, los movimientos de baile del robot tendrán que ser recreadas [15].

En otros de los trabajos que se han realizado con robots bailarines, como en [2] y [8], es posible encontrar que se crean rutinas ya pre cargadas o de igual manera se utiliza un identificador de ritmos para así hacer que el robot pueda bailar cualquier estilo de música. En el caso del presente proyecto, la secuencia de baile será precargada ya que de esta forma el usuario tendrá el control del robot, logrando indicarle los pasos a seguir.

2. Métodos

El sistema robótico desarrollado para ejecutar la rutina de baile de la jarana Yucateca se compone de tres elementos: una interfaz gráfica para el usuario, un módulo de control por comandos vocales y un módulo para la comunicación inalámbrica. Así, se logró que el robot humanoide ejecute los pasos de baile para la jarana conocida como “Mujeres que se pintan”, tal como lo hacen los yucatecos, siguiendo el ritmo de esta melodía y realizando los movimientos tradicionales, además de permitir el control inalámbrico por medio de comandos vocales. Para lograrlo, fue necesario implementar un algoritmo preciso que permitiera mantener el equilibrio del robot mientras éste realiza los movimientos deseados, con el ritmo y velocidad adecuados para producir el efecto visual similar al que se logra con la ejecución humana.

El modelo de comunicación implementado envía instrucciones personalizadas de manera remota a través de un dispositivo WiFi que permite una comunicación más flexible desde una computadora, sin sujetarse a los comandos preestablecidos que incluye el control remoto del robot. De esta manera, el usuario indica

instrucciones verbales al robot Bioloid, ensamblado como el modelo humanoide tipo C. Este modelo y los principales componentes del proyecto, tanto hardware como software, se describen a continuación.

Elementos de hardware

Se utilizó el kit Premium del robot Bioloid, ensamblado en forma de humanoide tipo C, como se muestra en la figura 2. Este modelo cuenta con 18 motores, cada uno de los cuales posee tres grados de libertad, permitiendo que el robot realice movimientos suaves. Cada motor se conoce como dinamixel AX-12A y posee un movimiento que permite giros de 0° a 300° aproximadamente, por cada grado de libertad, de los cuales 150° giran hacia un sentido y 150° para el otro. Es decir, se cuenta con un ángulo suficiente para alcanzar prácticamente cualquier movimiento deseado. Sin embargo, la estabilidad del robot es una característica que fue necesario considerar al realizar los movimientos correspondientes al baile de la Jarana Yucateca.



Figura 2 Robot Bioloid Premium ensamblado con forma humanoide.

El control CM-530 se ilustra en la figura 3 y es el cerebro del robot, se encarga de la comunicación entre la parte lógica y la parte física. Este también permite el almacenamiento de las rutinas de movimientos y el código del programa, en general. En el proyecto desarrollado, una de las principales utilidades dadas a este dispositivo es el de enviar las señales necesarias a las articulaciones del robot para mover los motores a la posición deseada.

El control inalámbrico Zig-100/110A se encarga de enviar y recibir las señales WiFi hacia y desde el robot Bioloid. En la figura 4 se puede observar que se trata de un diminuto componente que forma parte del hardware incluido en el kit Premium.

Este control es utilizado para que el robot pueda recibir las señales enviadas por el software de control, por lo que este componente forma parte de la comunicación inalámbrica entre el robot y la aplicación.



Figura 3 Control CM-530 del robot Bioloid Premium.



Figura 4 Control inalámbrico zig-100/110A.

Cabe mencionar que aun cuando el kit Bioloid Premium incluye un control remoto, la funcionalidad de este control es sumamente limitada ya que no permite realizar el control inalámbrico por voz que se requería en este trabajo, por lo que fue necesario emplear el componente Zig2serial, que se describe enseguida.

El hardware encargado de enviar las señales al control inalámbrico del robot es el denominado Zig2serial que se puede apreciar en la figura 5. Esta pieza de hardware se encarga de enviar las señales provenientes de la aplicación en la PC hacia el zig-100/110A, descrito previamente. En la interfaz Zig2serial se conecta el control zig100 y el zig110A se conecta directamente al robot. De esta forma se crea un enlace entre ambos, permitiendo así la comunicación inalámbrica.

Finalmente, el Zig2serial ensamblado con el Zig 110 se conecta a su vez con un convertidor de serial a USB, para finalmente colocarlo y enlazarlo en la PC.



Figura 5 Interfaz Zig2Serial.

Elementos de Software

La programación del sistema robótico requirió de las herramientas Robo Plus Motion y Robo Plus Task. La primera para crear la secuencia de movimientos que constituyen la rutina de baile y la segunda para coordinar el instante y duración adecuada de cada posición.

El software Robo Plus Motion permite controlar el movimiento específico de cada uno de los 18 motores que forman parte de la estructura física del robot Bioloid Premium. La interfaz gráfica permite especificar la cantidad de grados que debe girar cada motor, misma que fue calculada dependiendo de la posición que éste ocupa en el humanoide. La figura 6 ilustra la interfaz de programación de este software. Cada paso es guardado en una página de movimientos el cual es distinguido por un ID.

La programación de rutinas y movimientos se realizó configurando una secuencia de posiciones que el robot debía ejecutar, dependiendo de la instrucción recibida. Esto se realizó de manera similar a como se producen las animaciones, como una secuencia de fotografías que al visualizarse consecutivamente genera el efecto de animación. En este caso, cada fotografía corresponde a un conjunto de 18 posiciones específicas de los motores.

El software Robo Plus Task es el encargado de invocar a cada una de las páginas de movimientos guardadas en un archivo con extensión .mtn, mediante el manejo de etiquetas asignadas es posible distinguir los movimientos correspondientes. La figura 7 ilustra esta interfaz de programación cuyas instrucciones son textuales, y es necesario hacer uso de las librerías y funciones disponibles.

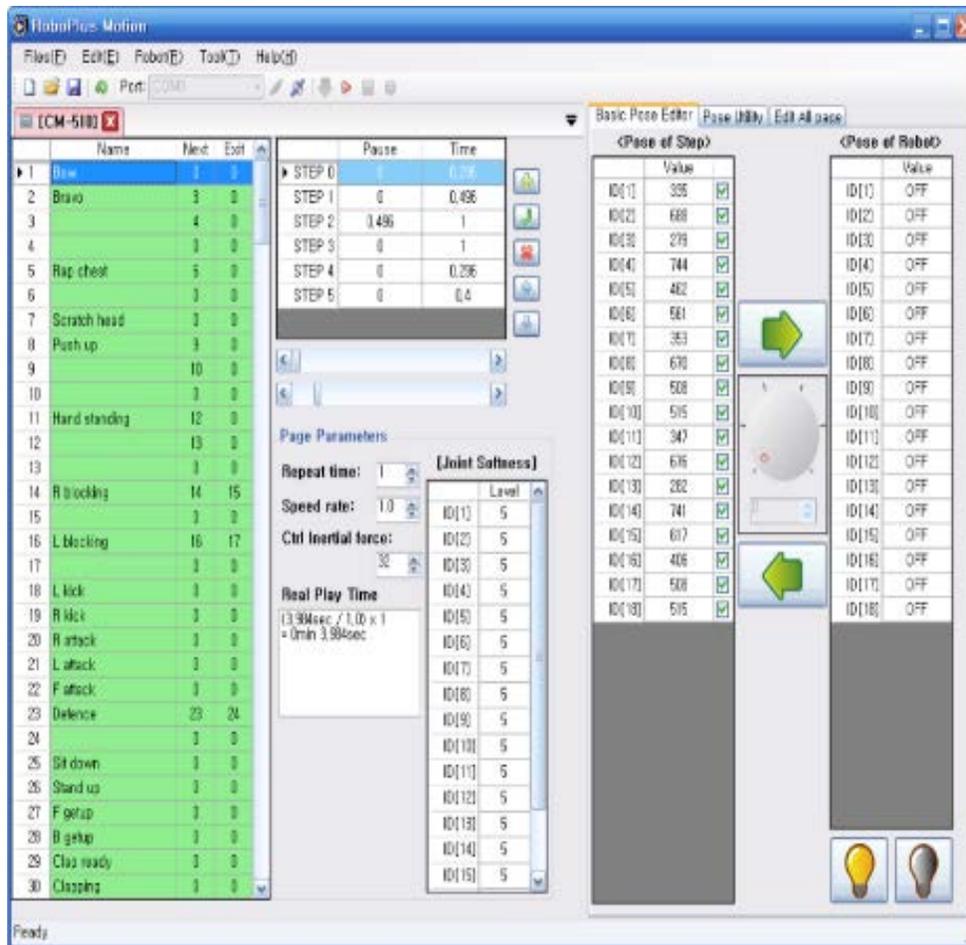


Figura 6 Interfaz gráfica dl software Robo Plus Motion.

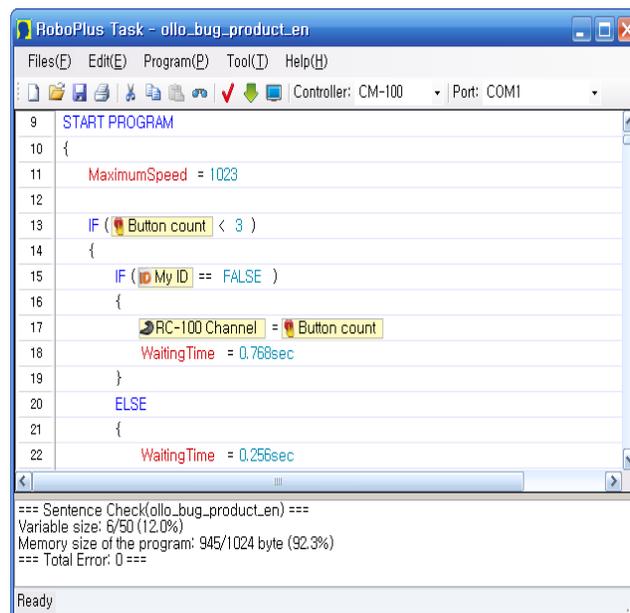


Figura 7 Interfaz de programación Robo Plus Task.

Por otro lado, la comunicación inalámbrica se logró mediante el software Zigbee SDK para Windows, que fue necesario descargar del sitio web oficial de Robotis (2016), instalar y configurar. Desde este software se enviaron y recibieron las señales inalámbricas de la computadora al robot y viceversa, que consistieron en dígitos del 1 al 7, uno para cada instrucción enviada.

Para lograr el reconocimiento de voz, se trabajó con la librería Speech Recognition que forma parte de las librerías contenidas en el Microsoft .Net Framework 4.5, que comúnmente se incluyen en el sistema operativo Windows 8.

En la tabla 1 se indican los comandos de voz disponibles y se describe la rutina correspondiente. En la primera columna, se muestran los comandos de voz que pueden emplearse, en la segunda columna se describe la rutina que se ejecuta y en la tercera columna se muestra el código interno que se envía, cuando el comando es reconocido, tras lo cual se inicia la secuencia de movimientos que se solicitó ejecutar.

Tabla 1 Lista de comandos disponibles

| Comando de voz | Rutina que se ejecuta | Código |
|----------------|---|--------|
| Completo | Se ejecutan todos los pasos disponibles en una secuencia que corresponde a la jarana "Mujeres que se pintan". | 1 |
| Básico | Corresponde a uno de los zapateos básicos de este baile. | 2 |
| Arriba | El robot levanta ambos brazos, poniendo las manos a la altura de la cabeza. | 3 |
| Atrás | Los brazos del robot se disponen hacia atrás. | 4 |
| Movimiento | Se ejecuta un zapateo hacia adelante y hacia atrás, al ritmo de la jarana yucateca. | 5 |
| Levantamiento | Uno de los pies del robot se levanta hacia adelante, realizando un vaivén que va rodeando al otro pie. | 6 |
| Detener | Detiene cualquier ejecución. | 7 |

Finalmente, el desarrollo de la interfaz de usuario que contiene el menú de opciones para controlar al robot (figura 8) fue desarrollada empleando el lenguaje C#. Esta interfaz permite indicar al robot cuál rutina de movimientos se desea realizar, ya sea haciendo clic sobre los botones gráficos, o bien, a través de un conjunto de comandos vocales definidos.

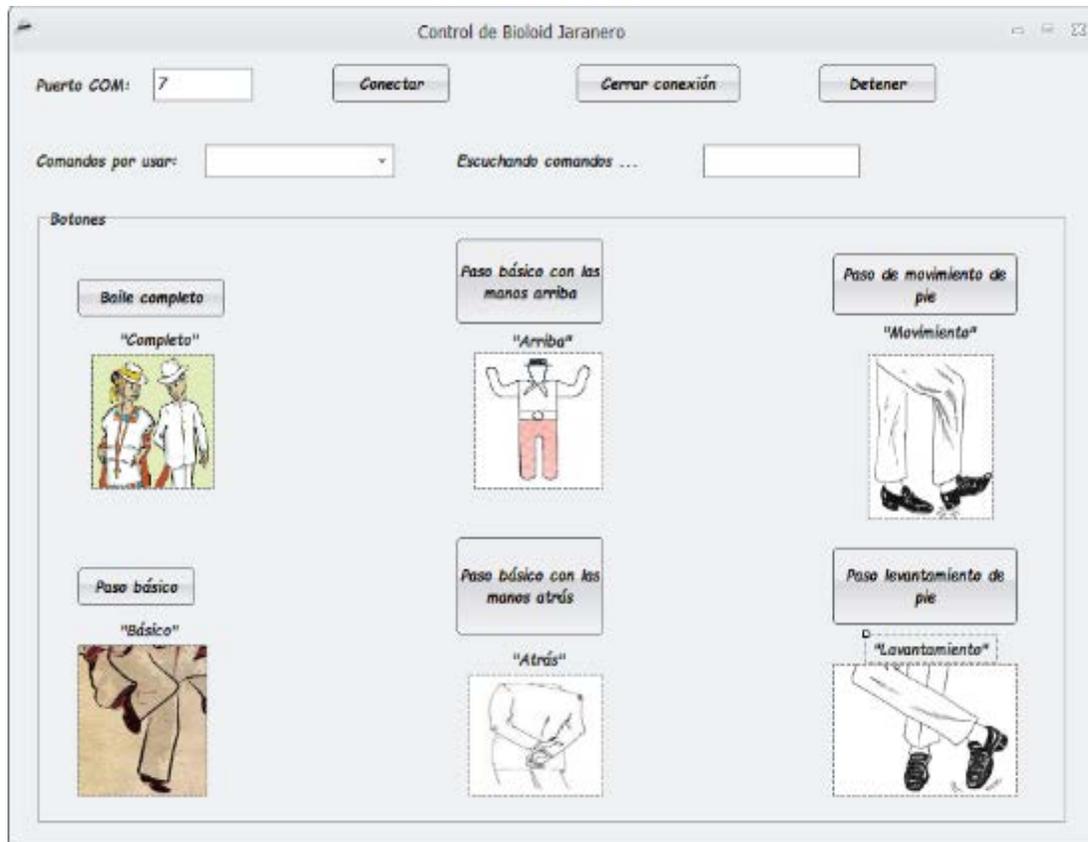


Figura 8 Interfaz gráfica de la aplicación con menú de movimientos disponibles.

Al iniciar la aplicación, se presentan tres botones habilitados: conectar, cerrar conexión y detener, los cuales permiten iniciar y finalizar la conexión entre la computadora y el robot, a través de los dispositivos previamente mencionados. Una vez establecida la conexión, se habilitan las opciones disponibles, ya sea por comandos vocales o mediante los botones gráficos que se observan en la figura 7. Haciendo uso de los elementos descritos previamente, el sistema robótico completo cuenta con varios módulos que hacen posible la ejecución de rutinas, obedeciendo a los comandos del usuario. Una vez que el usuario indica cuál es la rutina que desea ejecutar, la aplicación principal interpreta la acción del usuario y envía una señal inalámbrica a través del dispositivo Zigbee. Por su parte, el robot recibe la señal inalámbrica a través del Zig100A y envía los datos al control CM-530, quien finalmente se encarga de indicar la posición exacta de cada motor, así como el tiempo de duración de cada secuencia de movimientos. En el esquema de la figura 9 se puede apreciar gráficamente lo anterior.

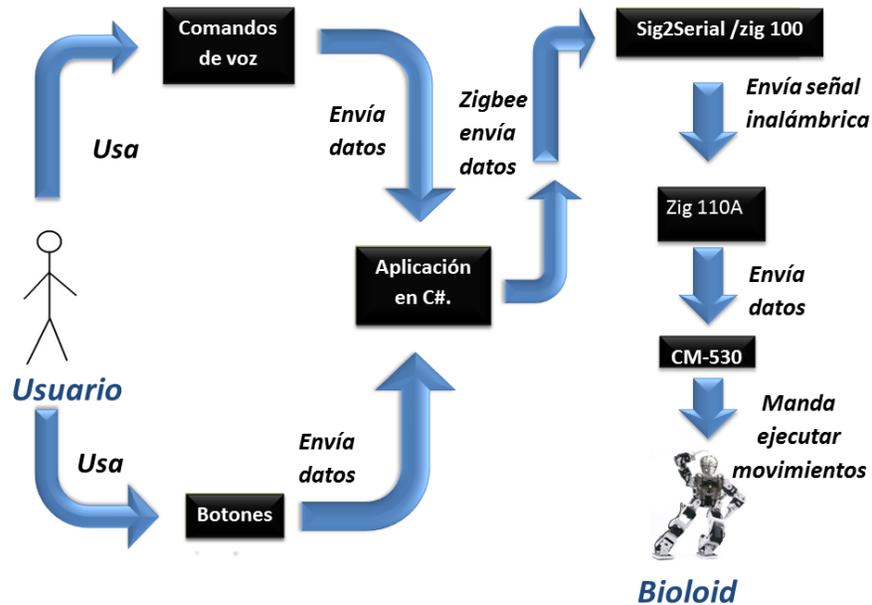


Figura 9 Arquitectura del sistema robótico completo

3. Resultados

Las pruebas realizadas se dividieron en dos fases, la primera de ellas en un ambiente controlado de experimentación y la segunda en un ambiente real, durante la ejecución del proyecto descrito al inicio. En la primera fase de las pruebas se contó con un grupo de usuarios que interactuaron con el sistema a través de una computadora portátil, el robot Bioloid y un micrófono. Posteriormente, el instrumento que se utilizó para recabar la información y opinión de los usuarios fue una encuesta con la cual se pudo realizar un análisis de la usabilidad del software y del sistema en general.

El primer grupo de usuarios que participó se seleccionó invitando aleatoriamente a estudiantes de nuevo ingreso pertenecientes a la Unidad Multidisciplinaria Tizimín (UMT) de la Universidad Autónoma de Yucatán, que cursan las licenciaturas impartidas en esta unidad académica como son: Licenciatura en Educación, Licenciatura en Ciencias de la computación, Licenciatura en Enfermería y, Contador público. Los 20 participantes que accedieron voluntariamente a probar el sistema lo hicieron en el laboratorio de Sistemas Inteligentes, en un ambiente controlado, con poco ruido y una superficie plana para la ejecución de las rutinas

de baile. Fueron 10 alumnos del género masculino y 10 del género femenino, con una edad promedio de 20 años.

En el primer experimento, realizado en un ambiente controlado donde cada alumno pudo utilizar libremente el sistema, el procedimiento consistió en dar una breve explicación grupal a los alumnos participantes acerca de cómo funciona el sistema, así como el propósito del mismo y una pequeña demostración de su uso; posteriormente, cada estudiante dispuso de un tiempo aproximado de 5 minutos para interactuar con el robot a través de los comandos gráficos y/ comandos vocales disponibles. Una vez finalizada la interacción se le proporcionó una encuesta para expresar su opinión acerca del sistema y determinar si con éste se logra motivar a los jóvenes a interesarse por la cultura maya en general, y en particular, en el baile de la jarana.

El instrumento utilizado para la obtención de la información fue una encuesta dividida en 3 secciones: la primera para la obtención de resultados de cada componente del sistema, la segunda para la obtención de resultados del sistema en general, así como el nivel de interés que despierta en el usuario y una tercera sección dedicada a la obtención de comentarios, en general.

Entre los resultados obtenidos respecto a los componentes del sistema, se puede observar que hay una respuesta aceptable, como es posible ver en figura 10. La mayoría de los usuarios considera que el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema es bueno o excelente.

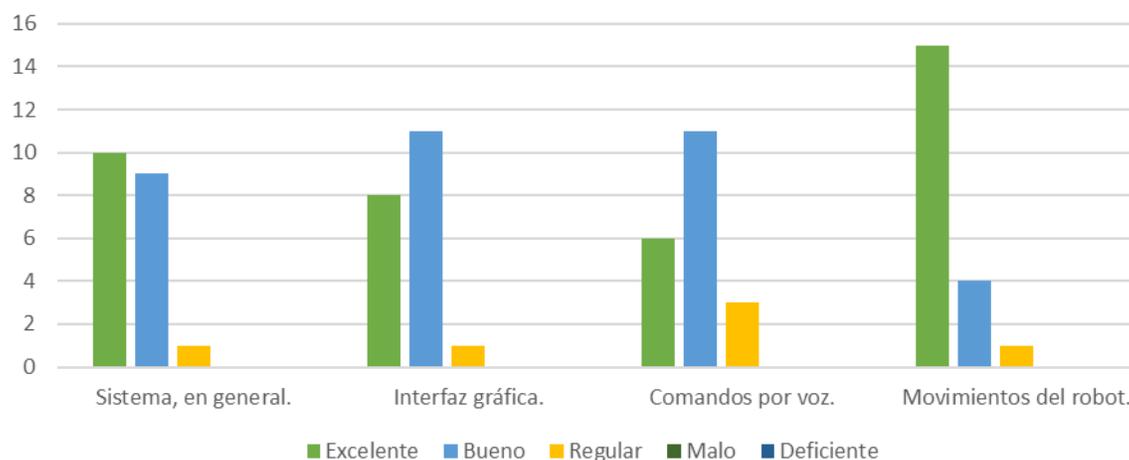


Figura 10 Opinión de los usuarios respecto a los componentes del sistema.

En cuanto a la utilización del software, más del 90% señaló que es totalmente fácil de usar o muy fácil de usar. El interés que el sistema despierta por la tecnología se señaló como totalmente interesante o muy interesante y el interés por la cultura de Yucatán o la jarana Yucateca estuvo también entre totalmente interesante y muy interesante, esto se puede observar en figura 11.

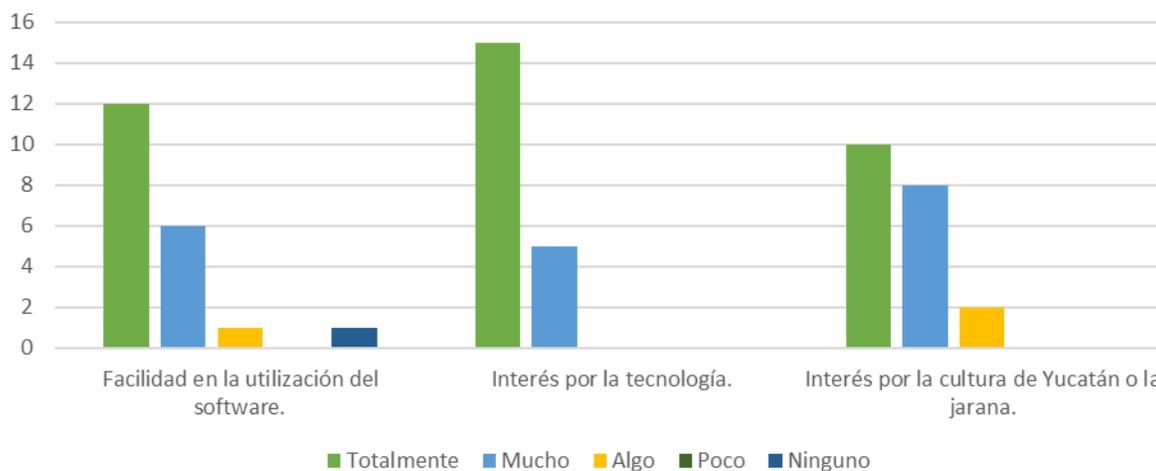


Figura 11 Facilidad/dificultad de uso e interés que despierta el sistema robótico.

En la sección de comentarios, la mayoría de los encuestados opinaron que este sistema sería de utilidad para personas que quieran aprender a bailar jarana, ya sean de nacionalidad local o extranjera, así como niños de primaria y secundaria que tienen poco contacto con la tecnología, especialmente con la robótica. Otra posible aplicación es que una persona que haya perdido los miembros inferiores pueda utilizar las extremidades del robot como extensiones suyas para diseñar o enseñar rutinas de activación física o de baile.

En el segundo conjunto de pruebas que se realizó, el robot fue llevado a las escuelas ubicadas en las comunidades rurales que participan en el proyecto, a lo largo de un ciclo escolar. En esta segunda etapa de pruebas participaron 4 escuelas, 3 de educación secundaria y 1 de bachillerato, con aproximadamente 700 estudiantes y 24 profesores en total. La exposición en cada escuela fue realizada a todos los estudiantes divididos en 4 grupos, siguiendo una planeación con grupos organizados, como los que se observan en figura 12.



Figura 12 Exposición del robot jaranero a estudiantes y profesores de una comunidad.

En este escenario, similar al descrito en [5], el robot fue expuesto ante la comunidad integrada por jóvenes estudiantes y sus profesores, quienes observaron la ejecución de las rutinas del baile de la jarana, teniendo como sonido de fondo una canción de la jarana conocida como “Mujeres que se pintan”. En estas exposiciones, el robot fue controlado inalámbricamente mediante la interfaz gráfica, pues la cantidad de voces simultáneas produce niveles de ruido que dificultan el reconocimiento preciso de los comandos vocales.

Las opiniones en torno a la ejecución del robot jaranero fueron expresadas oralmente por los espectadores, durante las visitas realizadas a las escuelas. Los rostros de los participantes evidencian el interés que despierta en los jóvenes la interacción con elementos tecnológicos como los robots, lo cual se aprovechó para difundir la importancia que tiene preservar las costumbres y tradiciones de nuestra cultura, a la vez que se aprovechan las ventajas que tiene la tecnología.

4. Discusión

Durante el ciclo escolar 2015-2016 en el que se expuso el robot Bioloid Premium en las comunidades receptoras del proyecto, se ha logrado difundir un elemento fundamental de la cultura maya, como es la jarana Yucateca, al mismo tiempo que se ha logrado incidir en el acercamiento de tecnologías como ésta a comunidades rurales, tal como se planteó al inicio del proyecto.

La inclusión de comandos de voz dentro del sistema permite una comunicación más natural, lo cual resulta atractivo para el usuario y provoca un mayor interés, aunque también requiere condiciones más restrictivas para su adecuado desempeño, pues el ruido del ambiente distorsiona los sonidos captados por el sistema. El control inalámbrico permite un mayor alcance y abre la posibilidad de incrementar drásticamente la distancia, incorporando una cámara que permita observar los movimientos del robot, ya sean de la jarana yucateca o de cualquier otra rutina deseada.

Una de las principales dificultades al crear la rutina de baile fue mantener el equilibrio, debido al tipo de movimientos que se realizan en la jarana Yucateca. Sin embargo, las rutinas implementadas pueden ser modificadas para poder desempeñar diversas tareas.

El objetivo planteado se cumplió pues el sistema creado es atractivo y estable. Los comentarios recibidos señalan que este sistema podría ser usado como medio de enseñanza del baile y de igual forma podría ser usado como exhibición del baile de la jarana, ya sea para turistas o para niños de primaria; además de que se pudo observar el interés que provoca éste en la cultura de la región y en la tecnología implementada en su desarrollo.

El sistema creado genera un aporte a la sociedad ya que contribuye a la difusión de la cultura yucateca además de que, como parte del proyecto en el que se expone a estudiantes y profesores de comunidades maya hablantes, también permite un mayor acercamiento de la tecnología robótica a las comunidades rurales participantes, donde la brecha digital los ubica en una considerable desventaja con respecto a comunidades urbanas.

Como trabajo futuro se contempla vincular al robot bioloid premium con un Kinect, de tal forma que los movimientos puedan ser generados a partir de la imitación de un individuo, lo cual se espera que mejore la precisión en las posiciones que componen una rutina.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma de Yucatán, especialmente a la Facultad de Matemáticas, la Unidad de Proyectos Sociales y a la administración de la Unidad Multidisciplinaria Tizimín, así como a la Fundación Kellogg, por el invaluable apoyo recibido para la realización de este proyecto.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Aguirre, D., Cabascango, J., Erazo, C., Pacheco, J., Quimbita, D., & Sánchez, O. (2007). Robot bailarín de cuatro ritmos CODJ23 PLUS. <http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/CControlC/materias/cmicros/PROYECTOS/06-07/paper%20final%20robot.pdf>
- [2] Bravo, D., & Rengifo, C. (2014). Capture system for human motion imitation by a fixed base planar robot. *Revista inge@UAN*, 5(9), 25-33.
- [3] Fernández Repetto, F. (2010). Estampas etnográficas de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- [4] Fudal, P., Gimert, H., Gondry, L., Hofer, L., Ly, O., & Passault, G. (2013). An experimental of low cost entertainment robotics. *RO-MAN*, 820-825. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2013.6628414>
- [5] González, S., González, C., & García, M. (2014). Electrónica interactiva con niños de educación primaria del estado de Yucatán. *Pistas Educativas*, 35(108), 449-470.
- [6] Grunberg, D., Ellenberg, R., Kim, H., Ho Oh, J., Oh, P., & Youngmoo, K. (2010). Development of an Autonomous Dancing Robot. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 3(2), 33-43.

- [7] Herrero Reder, I. (2015). *Arquitectura de comportamientos reactivos para agentes robóticos basada en CBR (Tesis Doctoral)*. Universidad de Málaga, Málaga. Recuperado a partir de <https://riuma.uma.es>
- [8] Jiménez Moreno, R., Espinosa Valcárcel, F., & Amaya Hurtado, D. (2013). Motion Control of a Humanoid Robot Through Machine Vision and Human Motion Replica. *INGE CUC*, 9(2), 44-51.
- [9] Mogollán-Toral, R., Díaz Márquez, O. R., & Aceves López, A. (2013). Imitación de movimientos humanos en un robot humanoide bioloid mediante Kinect. Presentado en Congreso Nacional de Control Automático, Ensenada, B.C.
- [10] Nakaoka, S., Nakazawa, A., Yokoi, K., & Ikeuchi, K. (2004). Leg Motion Primitives for a Dancing Humanoid Robot. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1.
- [11] Poot, J., González, C., García, M., Narváez, L., & Chí, V. (2016). Rutina infantil de activación física con un robot Bioloid Premium como instructor. En *La tecnología como instrumento para potenciar el aprendizaje*. México: Manuel Prieto y Silvia Pech, (eds).
- [12] Shinozaki, K., Iwatani, A., & Nakatsu, R. (2006). Study of Dance Entertainment Using Robots. En *Mobile Robots: towards New Applications*. Osaka, Japan: Intech. http://www.intechopen.com/books/mobile_robots_towards_new_applications.
- [13] Stuart, R., & Norving, P. (2003). *Artificial Intelligence. A Modern Approach* (2a ed.). Spain: Pearson Education.
- [14] UADY. (2000). Sitio web oficial de la Universidad Autónoma de Yucatán. [Noticias]. <http://www.uady.mx/sitios/mayas/breves/mayo2000.html>.
- [15] Xia, G., Junyun, T., Dannenberg, R., & Veloso, M. (2012). Autonomous Robot Dancing Driven by Beats and Emotions of Music. En *Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*. Valencia, Spain: Conitzer, Winikoff, Padgham, and van der Hoek (eds.). <http://www.cs.cmu.edu/~gxia/PDF/12aamas-XiaTayDannenbergVeloso.pdf>