

Corrientes, 11 y 12 de junio de 2015

## Inclusión Tecnológica de Niños mediante Robótica Educativa de Bajo Costo. Juan Barrios<sup>1</sup>, Rubén Kang<sup>2</sup>, Sergio Morel<sup>3</sup>, Daisy Kang<sup>4</sup>, Alejandro López<sup>5</sup>, Eustaquio Martínez<sup>6</sup>

Centro de Investigación – Facultad Politécnica Universidad Nacional del Este  
<sup>1</sup>juanbaravaos@gmail.com, <sup>2</sup>kangruben@gmail.com, <sup>3</sup>sergiomorel@gmail.com, <sup>4</sup>kangdaisy@gmail.com,  
<sup>5</sup>lopez.gon.alejandro@gmail.com, <sup>6</sup>ealcidesmartinez@gmail.com

### Resumen

Este trabajo tiene por objeto generar un entorno de aprendizaje que permita que alumnos del nivel primario tengan contacto con la robótica educativa y experimenten con las tecnologías en un contexto educacional. Se propone que niños sin conocimientos previos de programación puedan ordenar tareas específicas a un robot, mediante una interfaz gráfica, para luego visualizar de forma tangible los resultados de su código por medio de los movimientos de un robot educativo fabricado con materiales de bajo costo. De esta forma niños de nivel primario pueden introducirse en el mundo de la programación, desarrollar esquemas mentales y luego exteriorizarlos por medio de un conjunto de instrucciones.

La plataforma desarrollada cuenta con una interfaz de usuario, que facilita el entendimiento de los niños en la programación del robot. Finalmente, se realizaron pruebas para verificar la usabilidad y la aceptación del programa interfaz por parte de niños seleccionados al azar, todos ellos entre cinco y seis años de edad de diferentes colegios públicos y privados de la zona. Los resultados muestran que la totalidad de los niños aceptaron el programa. Además, se puede destacar que para la mayoría de los niños, la Interfaz ha sido muy divertida y motivadora.

**Palabras clave:** acceso a la tecnología, aprendizaje, prototipo educativo.

### Introducción

La Robótica Educativa [1] es una disciplina que tiene por objeto generar entornos de aprendizaje mediante procedimientos prácticos basados fundamentalmente en la participación de alumnos, generando aprendizaje a partir de la propia experiencia durante el proceso de construcción y robotización de objetos, de una manera didáctica, práctica, eficaz y entretenida.

Esta herramienta educativa es utilizada desde hace varios años en países como: Corea, donde por ejemplo, en el 2008 se ha desarrollado el primer robot doméstico para enseñar idiomas extranjeros a los niños en sus casas [2]; Brasil, donde la robótica educativa gana cada vez más espacio como apoyo para la enseñanza de materias escolares a alumnos [3].

Este trabajo tiene por objeto generar un entorno de aprendizaje que permita que alumnos del nivel primario de la zona tengan contacto con la robótica educativa y experimenten con las tecnologías en un contexto educacional. Se propone que niños sin conocimientos previos de programación puedan ordenar tareas específicas a un robot, mediante una interfaz gráfica, para luego visualizar de forma tangible los resultados de su código por medio de los movimientos de un robot educativo fabricado con materiales de bajo costo. De esta forma estos niños pueden introducirse en el mundo de la programación, desarrollar esquemas mentales y luego exteriorizarlos por medio de un conjunto de instrucciones.

La plataforma robótica propuesta tiene las características de ser: económica, amigable y de fácil programación.

El proyecto consta de varias partes, pero este artículo se centra principalmente en la

verificación de la aceptación del programa interfaz de usuario, por parte de niños de cinco y seis años.

## Objetivo General

Generar un entorno de aprendizaje que permita que alumnos del nivel primario tengan contacto con la robótica educativa.

## Objetivos Específicos

- Motivar a los niños de la región a estudiar áreas tecnológicas.
- Introducir a los niños en la programación de robots de forma amigable y atractiva.
- Utilizar tecnologías libres y de bajo costo para el desarrollo del programa de control.
- Promover el interés por la experimentación de forma divertida.

## Materiales y Método

Este artículo se centra principalmente en la verificación de la aceptación del programa interfaz, por parte de niños. Sin embargo para tener una mejor comprensión proyecto es necesario realizar una breve descripción general del mismo.

### Visión general del proyecto

A continuación se puede visualizar el esquema general del proyecto (Figura 1):

1. El robot educativo: utiliza elementos reciclados como: estructura de madera, motores de paso y de corriente continua extraídos de impresoras en desuso,
2. Arduino MEGA: se encarga de controlar los motores y demás componentes del Robot educativo. Se ha escogido esta plataforma porque es flexible, es libre y puede ser reutilizada para otros fines,
3. Programa de control: posee toda la lógica de funcionamiento del Robot educativo, se encuentra almacenado en la memoria flash del Arduino,
4. Programa de comunicación: se encarga de comunicar el programa de control con la

interfaz de programación transformando paquetes de TCP/IP a tramas enviadas por el puerto serial.

5. Interfaz de Programación: este programa en java se encarga de recolectar las instrucciones del usuario transformarlas en comandos y enviarlas al Arduino a través del programa de comunicación.



Figura 1. Esquema del sistema robótico educativo

### Diseño y construcción del Robot Educativo

Los materiales utilizados han sido seleccionados teniendo en cuenta su costo y disponibilidad en nuestra zona. El Robot Educativo (R.E.) cuenta con los siguientes componentes:

- El chasis;
- Sistema de locomoción;
- Arduino MEGA;
- Placa interfaz ;
- Sensores;
- Sistema de almacenamiento de energía.

*El chasis* del R.E. consiste en una estructura que sustenta las demás partes. Ha sido construido de elementos reciclados como: plástico, metal y otros; extraídos de desperdicios electrónicos en desuso. Está formado por un armazón de plástico de 245 mm de largo, 240 mm de ancho y 3 mm de espesor, soldado con silicona y pasta epóxica. El plástico fue seleccionado por ser un material resistente a esfuerzos, también muy

ligero y muy abundante entre los residuos informáticos.

*El Sistema de Locomoción (S.L.)* es el que posibilita al Robot trasladarse de un punto al otro de la pista, el mismo ha sido fabricado con motores de paso y engranajes que fueron extraídos de impresoras y juguetes viejos. El S.L. está conformado por los sistemas de dirección y tracción.

- El sistema de tracción proporciona la fuerza motriz que mueve al prototipo. Este sistema está compuesto por un motor de paso de  $9\Omega$ , un engranaje reductor, un sistema de tracción diferencial en las dos ruedas traseras.
- El Sistema de Dirección (S.D.) se encarga de guiar al prototipo a través de la trayectoria deseada, el mismo cuenta con una única rueda que gira  $3,75^\circ$  por paso, pudiendo girar hasta  $60^\circ$  hacia su izquierda o derecha.

El *Arduino Mega* se encarga de controlar los motores y demás componentes del prototipo robótico. Se ha escogido esta plataforma porque es flexible, es libre y puede ser reutilizada para otros fines [7].

*La Placa Interfaz* se encarga de proteger al Arduino de sobre corrientes y cortocircuitos, y comunicarlo con los: motores, potenciómetros de ajuste manual de parámetros, sensores final de carrera, sensores fotoeléctricos (LDR).

*Los sensores* ayudan al R.E. a realizar ajustes en su trayectoria y posición de la rueda de dirección. El R.E. posee 2 tipos de sensores: los sensores fotoeléctricos (LDR) son utilizados para reconocer la diferencia de luminosidad que genera el reflejo de la luz en los bloques oscuros o claros de la pista. Por lo tanto dos LDR fueron instalados a ambos extremos del prototipo robótico, a poca distancia del suelo y apuntando hacia la pista. Además, para aumentar la precisión de las lecturas los LDR fueron protegidos con una cubierta oscura contra luces laterales. Los bloques de la pista pueden ser blancos o

negros, los cuales son colocados de forma alternada para que el prototipo pueda ubicarse dentro de la pista por medio del conteo de los mismos. Los LDR también son utilizados para realizar el ajuste fino de la trayectoria por medio de la comparación de las lecturas de los sensores, cuando éstos pasan a un bloque de diferente color.

El R.E. utiliza dos sensores fin de carrera para limitar el giro de la rueda de dirección, interrumpiendo el funcionamiento del motor cuando alguno de los sensores es activado. También sirven para posicionar automáticamente la rueda de dirección en forma perpendicular al eje de tracción, de tal forma que el prototipo siga una trayectoria rectilínea. Este mecanismo se activa al inicio de la trayectoria o cuando el prototipo pierde su dirección. El R.E. también cuenta con dos potenciómetros de  $10k\Omega$ , los cuales están ubicados en la parte superior del mismo. Uno de los potenciómetros está encargado de regular la longitud de arco del giro y el otro la velocidad de locomoción del prototipo.

*El sistema de almacenamiento de energía* consiste en 2 baterías de ion-litio recargables, conectadas en serie, de 7.4V y 3600mAh de capacidad nominal. Las cuales se encargan de suministrar toda la energía necesaria al Arduino MEGA y al sistema de locomoción.

### **Diseño y desarrollo del Programa de control**

Es el que se ejecuta en el Arduino y controla al robot educativo. Para el desarrollo del programa de control del robot se ha utilizado la interfaz de desarrollo propia del arduino ARDUINO IDE. Por medio de este software se controlan los diversos actuadores y sensores del robot; y se gestiona la comunicación con el programa de interfaz de usuario. La transferencia de datos desde el programa de control a la interfaz de usuario se realiza por medio de módulos XBee PRO (módulo de comunicación inalámbrica por Radiofrecuencia), los cuales utilizan protocolo de comunicación ZigBee.

El desarrollo del programa de control del robot educacional se ha dividido en dos etapas: la recepción, comprobación e interpretación de tramas recibidas de la interfaz XBEE; y el control de los actuadores y sensores del robot educativo.

### **Programa de comunicación con el robot**

El programa de comunicación es el software que funciona como puente entre la Interfaz Educativa y el Programa de Control. Dicho programa de control fue desarrollado en la distribución Ubuntu de linux, utilizando las librerías estándar del sistema operativo para la comunicación serial y por socket. Consiste en un programa desarrollado en el lenguaje C++ que obtiene el control de una comunicación serial por el puerto USB; puerto por el cual se conecta un módulo XBEE, que se comunica en forma inalámbrica con el Arduino. El programa de comunicación funciona como un servidor TCP/IP que aguarda conexiones entrantes. Se crea un hilo por cada comunicación TCP/IP entrante, lo cual permite que existan varias instancias de programas conectadas al mismo puerto USB.

El programa de comunicación asegura que se envíe al USB un mensaje a la vez. Cuando el comunicador recibe un mensaje del puerto USB, este reenvía por medio de TCP/IP a todos los clientes conectados.

Este programa puede ser instalado en una máquina o dispositivo embebido diferente al de la Interfaz, esto permite que se pueda enviar de forma remota los comandos al Robot Educativo.

### **Programa de interfaz de usuario**

Con el objetivo de cumplir con las características establecidas para este proyecto han sido listadas las especificaciones de los requerimientos del programa interfaz. Luego, se han diseñado estudios de casos teniendo en cuenta las características de los usuarios finales. Asimismo, se ha tenido en cuenta para el desarrollo del programa dos aspectos importantes:

- Los dibujos de la interfaz bien coloridos, para obtener la atención de los niños y;
- La división del programa en niveles, para lograr que los niños puedan ir incrementando sus habilidades y conocimientos.

El programa de interfaz de usuario ofrece una abstracción del proceso de comunicación con el Arduino, facilitando la interacción del usuario con el robot. El programa de interfaz de usuario se ejecuta en una computadora, y es utilizado para enviar y recibir datos del Arduino encargado del control del robot de forma inalámbrica.

La interfaz de usuario se desarrolló en lenguaje de programación JAVA, utilizando el entorno de programación Eclipse para Linux. El sistema operativo utilizado durante el desarrollo es una distribución Linux Ubuntu 10.04. Utiliza las clases estándar de JAVA para comunicarse por medio de TCP/IP con el programa comunicador. Se decidió utilizar software libre y multiplataforma para el desarrollo de software del proyecto, pues esto brinda al proyecto una gran independencia en el uso tecnologías.

El programa de interfaz de usuario cuenta con:

- Una interfaz principal,
- Tres interfaces de instrucciones,
- Dos interfaces de juego: nivel 1 y nivel 2
- Dos interfaces de felicitaciones: por superar el nivel 1 y el nivel 2

El diagrama de flujo de la Figura 2 explica el funcionamiento del programa de interfaz de usuario:

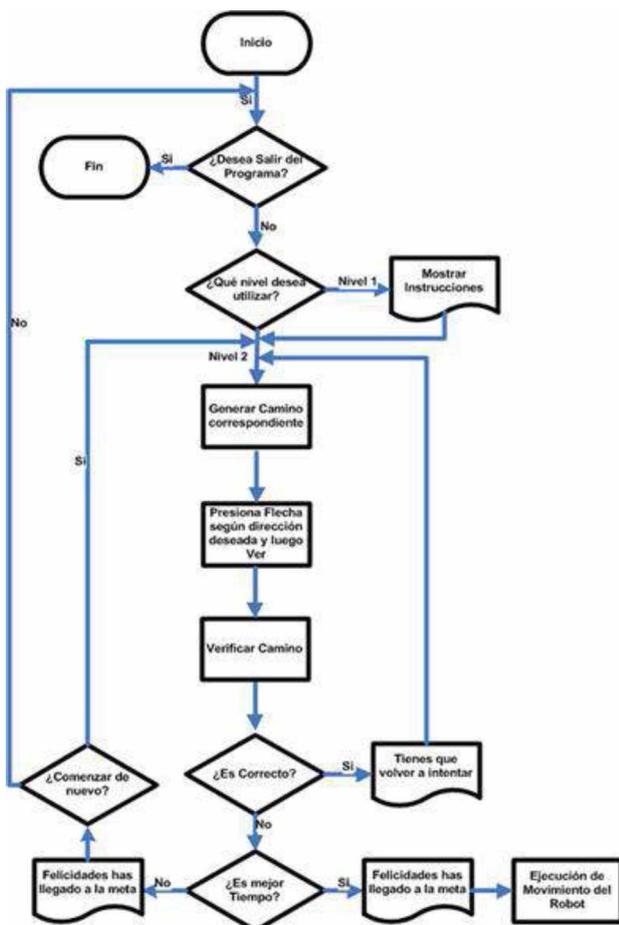


Figura 2. Diagrama de flujo del programa interfaz

En la Figura 3 se puede observar que la interfaz principal tiene varios dibujos e imágenes, se ha optado por los dibujos de niños y el logotipo colorido para que el inicio del programa interfaz sea atractivo para los chicos.



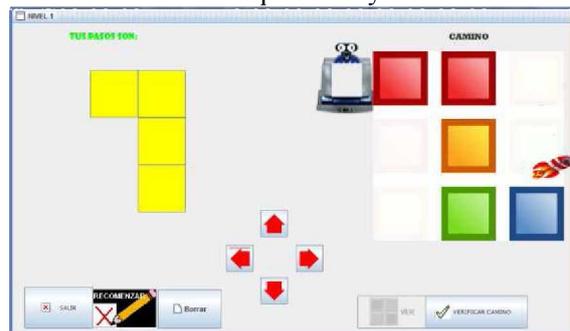
Figura 3. Interfaz de inicio del programa

La interfaz de instrucciones (Figura 4) ha sido desarrollada para enseñar a los niños el funcionamiento del programa y al mismo tiempo, motivarlos a experimentar e interactuar con el artefacto robótico.

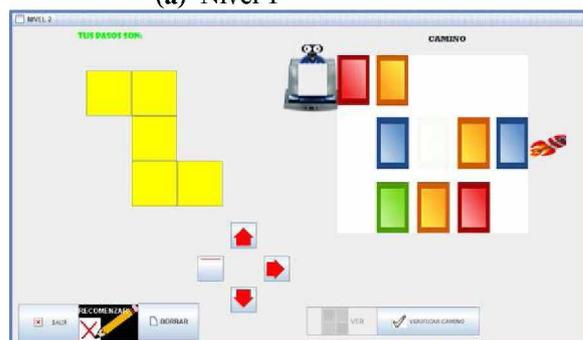


Figura 4. Instrucciones del programa

La interfaces de juego, nivel 1 y nivel 2 fueron desarrolladas para que el niño pueda ir avanzando en su capacidad y desarrollo.



(a) Nivel 1



(b) Nivel 2

Figura 5. (a) Niveles 1 y (b) Nivel 2 del programa

Las interfaces de felicitaciones, del nivel 1 y nivel 2 fueron desarrolladas para que el niño pueda ir avanzando de forma positiva, una vez terminada, si obtiene el menor tiempo tiene la posibilidad de movilizar el robot.



(a) Nivel 1



(b) Nivel 2

**Figura 6.** Felicidades correspondientes a cada Nivel (a) Nivel 1 (b) Nivel 2

### Prueba de usabilidad del Software

Con el fin de verificar la usabilidad y la aceptación del programa por parte de los niños, se ha procedido a la realización de la verificación de usabilidad y amigabilidad del software. La pruebas fueron realizadas por 7 niños y niñas de edades entre 5 y 6 años que han sido escogidos de forma aleatoria (Figura 7 y 8) y cuentan con las siguientes características (Tabla 1)



**Figura 7.** Niños utilizando la interfaz de usuario



**Figura 8.** Niña observando el movimiento del robot

Niño	Sexo	Edad	Grado	Colegio
1	Femenino	6	Primero	Privado
2	Femenino	5	Pre-escolar	Público
3	Femenino	6	Primero	Privado
4	Femenino	6	Primero	Privado
5	Femenino	6	Primero	Privado
6	Masculino	6	Primero	Público
7	Femenino	6	Primero	Público

**Tabla 1** Característica de los niños que realizaron la prueba de usabilidad

En un primer momento los niños han sido invitados a utilizar la interfaz, luego se les realizó las preguntas que pueden ser observadas en la Tabla 2.

Preguntas	Si	No	Nivel 1	Nivel 2
¿Te gustó el programa?	7 niños	-	-	-
¿Te fue fácil entender las instrucciones?	7 niños	-	-	-
¿Le contarías a alguien de este programa?	7 niños	-	-	-
¿Es fácil de usar?	7 niños	-	-	-
¿Qué nivel te gustó más?	-	-	3 niños	4 niños
¿Te gustaría hacer un programa igual?	7 niños	-	-	-

**Tabla 2.** Preguntas y respuestas de los niños

En general se puede observar que para la mayoría de los niños, la Interfaz de prueba ha sido muy buena e interesante.

Cuándo se consultó a los niños “¿Qué fue lo que más te gustó?” la mayoría coincidió en las siguientes respuestas:

“... Me gustó el programa porque tiene dibujos y puedo mover el robot”

“... Me gustó el programa porque me permite hacer el camino para ayudar al robot”

Cuándo se consultó a los niños “¿Le contarías a alguien de este programa? ¿Por qué?” Se obtuvieron las siguientes respuestas:

“... Sí, porque es divertido”

“... Sí, para que le ayude también al robot”

Cuándo se consultó a los niños “¿Es fácil de usar? ¿Por qué?”. Se obtuvieron las siguientes respuestas:

“... Sí, porque tiene pocos botones”

“... Sí, porque memorizo los comandos”

“... Sí, porque es parecido a otros juegos”

### Conclusión

Con este trabajo se logró instruir a los niños en conceptos básicos de programación por medio de la interfaz gráfica desarrollada, la cual permite enviar a un robot un conjunto de instrucciones, de forma sencilla. Estas instrucciones son impartidas por el alumno en el contexto de un juego, el cual mantiene motivado y entretenido al alumno. La encuesta realizada a los niños indica que el robot educativo ayudó a despertar el interés por la experimentación y la tecnología de los niños, en particular, al presenciar el movimiento del mismo de acuerdo a sus instrucciones.

### Referencias Bibliográficas

[1] Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. Sara Monsalves González. Revista de Pedagogía, vol. 32, núm. 90, enero-junio, 2011.

[2] Estudio comparativo sobre el uso educativo Inicial de Robots para niños, Jeonghye Han, Miheon Jo, Vicki Jones and Jun H. Jo, Journal of Information Processing Systems, Vol.4, No.4, December 2008.

[3] Robótica como alternativa nos processos educativos da educação infantil e dos anos iniciais do ensino fundamental, Luana Tortelli, Grégori Betiato Bieniek, Mirian Cátia Zarpelon, Anibal Lopes Guedes, Rodrigo Saballa de Carvalho, Fernanda Lopes Guedes, <En línea>  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23849>.

[4]<http://www.paraguay.com/nacionales/proponen-que-colegios-privados-ensenen-robotica-90753>.

[5] Plataforma de hardware de bajo costo para robótica Educativa, Lic. Gonzalo Zabala, Ricardo Morán, Sebastián Blanco, Matías Teragni, <En línea>  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19419/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19419/Documento_completo.pdf?sequence=1).

[6] Construcción de productos educativos mediante el uso de laboratorios de fabricación personal, Milton Villegas Lemus, Marcela Guzmán Ovarés, <En línea>  
[http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/2863/Informe\\_Final%201.pdf?sequence=1](http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/2863/Informe_Final%201.pdf?sequence=1).

[7] Arduino <En línea> [arduino.cc](http://arduino.cc)