



**CIMM**  
**2011**

V Congreso Internacional  
de Ingeniería Mecánica  
y III de Ingeniería Mecatrónica

## PLATAFORMA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA EN ROBÓTICA MÓVIL

Erwin José López Pulgarín, Juan José Díaz Vecchio,  
Jorge Ivan Sofrony Esmeral, Carlos Ivan Camargo Bareño

Universidad Nacional de Colombia,

[ejlopezp@unal.edu.co](mailto:ejlopezp@unal.edu.co)

Universidad Nacional de Colombia,

[jjdiazv@unal.edu.co](mailto:jjdiazv@unal.edu.co)

Universidad Nacional de Colombia,

[jsofronye@unal.edu.co](mailto:jsofronye@unal.edu.co)

Universidad Nacional de Colombia,

[cicamargoba@unal.edu.co](mailto:cicamargoba@unal.edu.co)

### RESUMEN

El siguiente trata sobre el desarrollo de una herramienta para la enseñanza de tecnología en diferentes niveles de educación, una plataforma didáctica para la enseñanza de robótica móvil y extensible a la enseñanza de sistemas embebidos, programación básica y avanzada, sistemas mecatrónicos entre otros, compuesta por un sistema embebido desarrollado en la Universidad Nacional de Colombia, una plataforma robótica móvil diferencial y un software de programación por bloques fácil e intuitivo para facilitar el uso y apropiamiento de la plataforma.

The following paper addresses the development of a tool for technology teaching in several education levels, a didactic platform to teach about mobile robotics, also useful for teaching in embedded systems courses, basic and advanced programming courses, mechatronics systems courses and others related, made of an embedded system developed entirely in National University of Colombia, a mobile robotics differential platform and a programming blocks oriented software of easy and intuitive use to facilitate the use and appropriation of the platform.

**Palabras Clave:** Herramientas para la enseñanza (Teaching Tools), Linux (Linux), Plataforma Didáctica (Didactic Platform), Robótica (Robotics), Sistemas Embebidos (Embedded Systems), Sistemas Mecatrónicos (Mechatronic Systems).

## INTRODUCCIÓN

La robótica es un tema de investigación y desarrollo interdisciplinar que reúne especialidades como la mecánica, la electrónica, el control y los sistemas informáticos para diseñar e implementar autómatas capaces de desarrollar distintas funciones en ambientes de distinto tipo; debido a las especialidades que reúne la robótica, se necesita tener el conocimiento necesario para entender todos los aspectos del funcionamiento y construcción del robot y así programar, modificar o mejorar el robot, haciendo que entender y aplicar estos conocimientos sea un reto para los estudiosos y entusiastas del tema, pero a su vez permitiéndole un crecimiento profesional e intelectual más amplio que involucrándose en temáticas de investigación y desarrollo tradicionales o enfocadas en una sola disciplina.

Los diversos conocimientos y habilidades se obtienen al involucrarse en la robótica pueden ser útil y beneficiosos como una herramienta docente en diversos niveles de educación, no solo enfocados al aprendizaje en áreas técnicas específicas avanzadas (control, sistemas embebidos, modelamiento matemático entre otros) sino también para otros contenidos y propósitos en varios niveles de educación, brindando una poderosa y versátil herramienta para la enseñanza.

Experiencias previas han resultado exitosas, como la aplicación de Kits Lego NXT educación universitaria en ingeniería [1] y educación primaria o secundaria [2], mostrando ser una herramienta valiosa en los procesos educativos, sean enfocados en la introducción a conceptos o prácticas específicas o en aplicaciones de conceptos de materias teóricas. También han existido experiencias sobre la incorporación de la robótica en las aulas de clase y su pertenencia para la educación del Siglo XXI [3], con esfuerzos a nivel regional (Europa) alrededor de estas innovaciones.

Uno de los obstáculos a la hora de utilizar sistemas robóticos en la enseñanza es la poca documentación, siendo la documentación existente de fuentes no oficiales, obtenidas de manera experimental por personas con conocimiento y presupuesto suficiente para dismantelar y documentar, luego de varios intentos, el funcionamiento básico y la posible aplicación de estos sistemas en ambientes o aplicaciones fuera de las planteadas por el fabricante originalmente; casos como el Lego NXT [4] muestran este fenómeno, lo cual ralentiza el proceso de conocimiento, desarrollo y expansión de la funcionalidad del sistema utilizado al paso de los entusiastas y sus esporádicos adelantos.

La propuesta planteada, que se aborda con el desarrollo del proyecto, es brindar una plataforma lista para utilizar y modificar, con un poderoso y flexible sistema embebido como centro de procesamiento y control, una completa plataforma móvil robótica y una intuitiva y flexible interfaz inicial de programación para explotar toda la funcionalidad de la plataforma, acompañado con documentación disponible libremente para el público interesado por licenciamiento GNU General Public License sobre la construcción, funcionamiento y operación de cada parte del sistema, llamado en conjunto SIEBOT.

La plataforma SIEBOT es el resultado de la integración de sistemas embebidos, robótica móvil y programación por bloques para brindar una herramienta Open Source para la enseñanza de ingeniería y temas relacionados en distintos niveles de educación. Pretende ser una solución para la enseñanza en niveles iniciales de educación, llevando la tecnología y abriendo las posibilidades a jóvenes talentos, para cultivar su ingenio, su curiosidad y su creatividad con una herramienta fácil de usar, modificable y de fácil acceso. Con una integración hardware-software Open Source documentada, es de fácil replica y mejoramiento para ser usado con lenguajes, dispositivos y para otros propósitos distintos a la robótica móvil.

En la Figura 1 se muestra el esquema general de la plataforma SIEBOT en su versión de prueba.

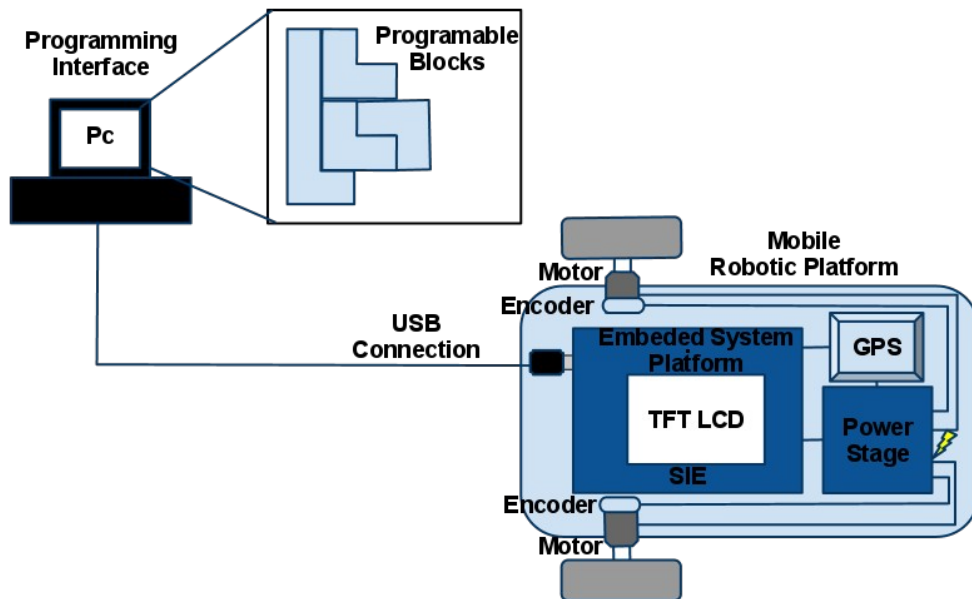


Figura 1: Esquema general por componentes, plataforma SIEBOT.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la plataforma de sistema embebido SIE [5], junto con la plataforma robótica móvil y el software de programación por bloques SIEBLOCKS. A continuación se explica cada uno de ellos.

### 1.1 Sistema Embebido SIE

El sistema embebido SIE es una plataforma embebida Open Hardware diseñada por el Ing. Carlos Iván Camargo Bareño en la Universidad Nacional de Colombia. La plataforma corre un Linux embebido (Openwrt) y posee un TFT LCD de 3 pulgadas, cuenta con la capacidad de leer memorias micro-SD, una memoria NAND de 2GB para almacenamiento dedicado, memoria SDRAM de 32MB y un procesador Ingenix JZ4725 (XBURST - MIPS) corriendo a 400MHz. Cuenta con varios módulos de comunicación serial (2 USART, I2C), 2 entradas y salidas de audio estéreo, 2 entradas análogas y un manejador de memoria externa (EMC).

Una adición interesante es la FPGA XC3S5 Xilinx que viene en el sistema embebido; está conectada al procesador principal mediante el puerto JTAG de la FPGA a pines GPIO del procesador para permitir la reprogramación inmediata el dispositivo, conectada por comunicación serial al procesador principal para hacer depuración y comunicación serial y al manejador de memoria externa (EMC), para permitir la interacción entre el procesador y la FPGA para módulos y funciones implementadas. La FPGA agrega 25 señales de entrada/salida digitales de propósito general (GPIOs) y el control de un convertor análogo digital de 8 canales (ADC). La utilidad de la FPGA es que se pueden programar módulos para funciones específicas de comunicación (USB, USART, I2C-SPI, CAN...), almacenamiento (memorias), control (control de motores, control ADC, control servomotores) o procesamiento (procesadores softcore, DPS), y mediante el EMC el

procesador se comunicará con estos módulos mediante registros mapeados entre la FPGA y el procesador, de la misma forma que se maneja un periférico en cualquier MCU o procesador moderno.

El sistema embebido se comunica, reprograma e interactúa mediante conexión USB con un computador host. En la Figura 2 se muestra la arquitectura general del sistema SIE y sus bloques de construcción.

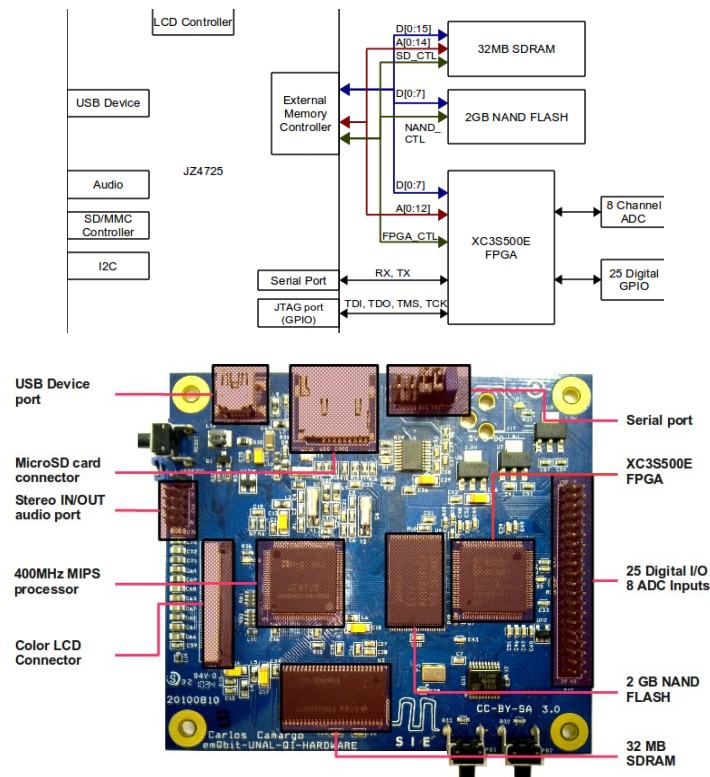


Figura 2: Estructura sistema embebido SIE [5].

## 1.2 Plataforma Robótica Movil

Consta de una tarjeta impresa PCB que permite la regulación y alimentación del sistema embebido y la plataforma robótica móvil, cuenta con un puente H para manejo de motores DC de hasta 6.8V, conectores listos para 2 encoders de cuadratura, 2 sensores de proximidad, 4 servomotores, 8 entradas análogas y 15 GPIO, todo manejado desde SIE mediante la FPGA. A su vez se soporta sobre una plataforma física con 2 motores, cada uno con un encoder de cuadratura, y dos llantas móviles y una libre (plataforma diferencial), para permitir movimiento en un plano y un módulo GPS para saber su posición global en todo momento.

## 1.3 Interfaz de Programación SIEBLOCKS

La interzas de programación por bloques SIEBLOCK es un entorno basado en el proyecto openblocks [6] desarrollado en el MIT, un entorno de programación gráfica por bloques de

funciones configurables que permiten indicar una rutina de ejecución para la plataforma robótica móvil. Cuenta con distintos bloques que controlan el movimiento de la plataforma, la adquisición y procesamiento de las entradas por sensores, el manejo directo de otros periféricos, los textos e imágenes mostrados en la pantalla y cálculos matemáticos y algebraicos en general. Cuenta con iconos para funciones básicas como conectarse a la plataforma, cargar el programa, guardar y salvar la rutina, detener ejecución y apagar la plataforma. En la Figura 3 se puede ver el entorno de programación



Figura 3: Entorno de trabajo SIEBLOCK.

El flujo de diseño en el entorno de programación SIEBLOCKS inicia al generar un script en el lenguaje de programación LUA basado en los bloques de construcción en el computador host, el cual es transmitido y leído en la plataforma SIEBOT por un intérprete de LUA, el cual usa estas sentencias para reprogramar el funcionamiento de la plataforma, sin necesidad de compilación o procesamiento alguno. En la Figura 4 se muestra el flujo de diseño en el entorno de programación SIEBLOCK.

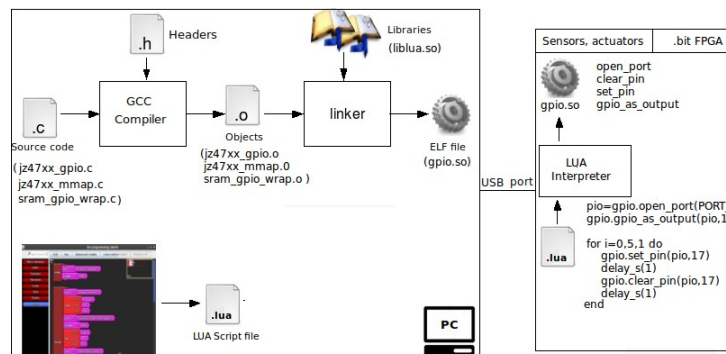


Figura 4: Flujo de diseño SIEBLOCK.

## **RESULTADOS**

El proyecto actualmente se encuentra en su fase de prototipo. Se cuenta con 6 sistemas embebidos SIE, 7 circuitos impresos PCB para la etapa de potencia, 7 plataformas robóticas móviles de prueba y se cuenta con una plataforma totalmente ensamblada y funcional que se ha usado para pruebas y ajustes generales que servirán para el ensamble de las plataformas restantes. El software de programación se encuentra en una etapa de corrección de errores y documentación previa a su publicación y posterior desarrollo.

Todos los resultados (código, diagramas esquemáticos, planos CAD) son publicados con licenciamiento GNU General Public License en servidores públicos con documentación disponible en la wiki del proyecto con la intención de popularizar el proyecto y captar atención y apoyo de instituciones externas (Secretaría de Educación, Colciencias).

## **DISCUSIÓN**

En este trabajo se ha discutido la pertinencia e importancia de este desarrollo, el esquema funcional general del mismo así como los aspectos técnicos en cuanto a programación y utilización.

El trabajo a futuro está encaminado a optimizar la plataforma con respecto a disminución de costos, modularidad, versatilidad y funcionalidad, siguiendo los siguientes cambios:

Se replantea la estructura del sistema embebido utilizado SIE [2] para reducir costos y agregar funcionalidades con un esquema de procesamiento distinto y más sencillo.

Se plantea mejorar la plataforma física robótica para obtener un vehículo vectorial holonómico de bajo costo.

Se plantea ampliar la funcionalidad del software SIEBLOCKS, permitir el uso de más periféricos de uso popular (servos, sensores I2C, motores y sensores LEGO), aumentar las funciones pre-programadas para manejar actuadores o leer sensores, optimizar la ejecución de código Java, permitir mayor interacción con la pantalla del dispositivo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestras familias por su constante apoyo e inspiración, a la Dirección Curricular del Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá por su seguimiento y guía durante todo el proceso de investigación y desarrollo del proyecto, al Comité de Estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia – CEIMTUN por su constante ánimo y confianza puesta en nosotros al emprender este proyecto y a los Ingenieros Daniel Jiménez y Carlos Iván Camargo Bareño por su guía, consejo y desarrollo en el proyecto SIE y SIEBOT.

## REFERENCIAS

- [1] P. Lau, S. McNamara, C. Rogers, M. Portsmouth, LEGO Robotics in Engineering, Tufts University, American Society of Engineering Education Annual Conference and Exhibition Copyright, 2001.
- [2] A. Nagchaudhuri, G. Singh, M. Kaur, S. George, LEGO robotics products boost student creativity in precollege programs at UMES, fie, vol. 2, pp.S4D1-6, 32nd Annual Frontiers in Education (FIE'02), 2002.
- [3] D. Alimisis, M. Moro, J. Arlegui, J. Arlegui, A. Pina, S. Frangou, K. Papanikolaou, Robotics & Constructivism in Education: the TERECoP project, Eurologo, Bratislava, 2007.
- [4] D. Prochnow, Lego Mindstorms NXT hacker's guide, McGraw-Hill Professional, 2006.
- [5] C. Camargo, SIE: Plataforma Hardware Copyleft para la Enseñanza de Sistemas Digitales, XVII Workshop de Iberchip, Bogotá Colombia, Febrero 2011.
- [6] R. Ricarose Vallarta, OpenBlocks : An extendable framework for graphical block programming systems, Master thesis, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, 2007.