

## **Sistema modular de robótica colaborativa aplicado en educación**

### **Collaborative robotics modular system used in education**

*Jovani Alberto Jiménez Builes\**, *Juan Fernando Ramírez Patiño*, *Juan José González España*

Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Grupo de investigación: Inteligencia Artificial en Educación. Cra. 80 N.º 65-223, oficina M8A-309. Medellín, Colombia

(Recibido el 25 de enero de 2010. Aceptado el 31 de agosto de 2010)

#### **Resumen**

Este artículo ilustra el reciente uso de la robótica como herramienta educativa para el fortalecimiento de habilidades creativas, de diseño y de aprendizaje. Se presentan algunos de los principales aportes y se enmarca dentro de ellos el Sistema Multi-Agente RobEd. La aplicación de RobEd, que actualmente se encuentra en desarrollo en la Universidad Nacional de Colombia, se focaliza en la población de educación media del sistema educativo colombiano.

----- *Palabras clave:* Robótica, Mindstorms, Fischertechnik, Handy Board, RobEd, diseño, creatividad, aprendizaje

#### **Abstract**

This article illustrates the currently use of robotics as an educative tool to strengthen creativity, design and learning skills. the main approaches in this topic, including the Robotic Multi-Agent System RobEd are presented. The application of RobEd, which is currently being developed by the Universidad Nacional de Colombia, is focused on the high-school students of K-10 and K-11.

----- *Keywords:* Robotics, Mindstorms, Fischertechnik, Handy Board, RobEd, design, creativity, learning

---

\* Autor de correspondencia: teléfono: +57 + 4 + 425 52 22, fax: +57 + 4 + 425 52 27, correo electrónico: jajimen1@unal.edu.co (J. Jiménez)

## Introducción

Los problemas que aquejan el mundo actual, como calentamiento global, escasez de recursos naturales, contaminación, entre otros, requieren de una sociedad creativa que diseñe ágilmente soluciones. En contraposición a esto los centros de educación han definido en el proceso de aprendizaje un rol activo al instructor y uno pasivo al aprendiz, mientras relegan el desarrollo de la creatividad a ciertos cursos, niveles o instituciones. Además de ello los modelos educativos no han evolucionado en concordancia con las nuevas herramientas tecnológicas, y les han dado a éstas un uso rudimentario, contrario a lo que ha sucedido en otros campos como la industria, la medicina y las comunicaciones.

Esta tendencia ha cambiado en los años recientes donde diferentes aportes, que han roto con este paradigma, proponen un empoderamiento tecnológico en la educación. Uno de los aportes más significativos se ha dado en la robótica, ya que se utiliza para el fortalecimiento de las habilidades creativas, de aprendizaje y de diseño.

Inicialmente se abordará el fundamento teórico de los aportes alrededor de la robótica educativa. Luego se ilustran algunos proyectos de robótica educativa desarrollados en países de economías emergentes. Después se explica la metodología propuesta, para finalmente presentar las conclusiones y trabajo futuro.

### **Fundamentación teórica**

Conforme evoluciona el mundo también lo hacen los modelos que rigen la sociedad. En la década de los 80's se habló de una transición de una Sociedad Industrial a una Sociedad de la Información, luego en la década de los 90's se define el término Sociedad del Conocimiento, que hace referencia a que la información por sí sola no es suficiente, y se hace necesario convertirla en conocimiento. Actualmente algunos autores como Resnick M. afirman una nueva transición hacia una Sociedad de la Creatividad, ya que la información y el conocimiento no bastan para abordar las problemáticas actuales que aquejan

al mundo y se requiere que estos sean usados para generar soluciones [1]. Durante años se ha cometido el error de restringir la creatividad a ciertas profesiones como las ingenierías, cursos como diseño, e instituciones como la universidad, pero realmente la creatividad es un área propia de toda actividad humana, algunos ejemplos son: la producción agrícola, la medicina, la pintura, y por su puesto la ingeniería, por lo cual se debe incentivar el desarrollo de ésta habilidad desde la infancia. Tampoco la creatividad se limita a un rango de edades sino que se debe fomentar en toda fase del desarrollo humano, principalmente en las etapas comprendidas entre 0 y 17 años, puesto que es cuando el individuo descubre sus intereses y se crean sus modelos de aprendizaje [2]. Éste proyecto se focaliza principalmente en las edades entre 14-17 años.

### **Uso de la robótica en educación**

El paradigma convencional de educación describe al profesor como sistema transmisor activo, y al alumno como sistema receptor pasivo [3], asumiendo la información como un fluido que se puede transmitir por medio de tuberías desde su origen hasta su destino, siendo esto contrario a la realidad, ya que el conocimiento no se transmite sino que se construye, este se debe crear activamente en la mente del aprendiz [4].

El surgimiento de este modelo educativo, conocido como constructivismo, se remonta al siglo XIX, con el educador Suizo Johann Heinrich Pestalozzi quien propone que los estudiantes aprenden a través de los sentidos y actividades físicas [2]. Basado en estas ideas Friedrich Froebel creó en 1837 en Alemania el primer *kindergarden* que contenía 20 diferentes juguetes, los cuales fueron cuidadosamente diseñados para ayudar a los niños a reconocer y apreciar patrones comúnmente hallados en la naturaleza. Luego la médica Italiana María Montessori extiende la idea de Froebel a niños de mayor edad e inspiró una red de escuelas en las que el rol fundamental lo constituía el jugar con esos elementos. Finalmente, Piaget, basado en sus predecesores expone en 1960 su teoría constructivista [2]. A partir de este momento surgen muchas

variaciones del constructivismo, una de ellas desarrollada por el psicólogo Estadounidense David Ausubel quien afirma que el estudiante asimila fácilmente los conceptos que se asocian con modelos creados previamente en su mente, a los que el psicólogo define como inclusores en su Teoría del Aprendizaje Significativo. En ella afirma que el aprendizaje depende de tres factores fundamentales: Significatividad Lógica del material (orden del material expuesto que propenda en la construcción de conocimiento), Significatividad psicológica del material (conexión existente del conocimiento ya adquirido con el nuevo), y Actitud favorable del alumno (disposición), que al ser ignorados por el educador generan dificultades de aprendizaje en asignaturas con alto nivel de abstracción como física, matemáticas, geometría [5].

Basado en las teorías anteriormente mencionadas el matemático sudafricano Seymour Papert desarrolla la teoría del construccionismo. Papert afirma, al igual que Piaget, que el conocimiento se crea en la mente del individuo, pero que además es necesario para alcanzar esto que el individuo construya algo tangible, algo fuera de su mente, que además tenga un significado personal para él [6]. Los primeros aportes alrededor de ésta temática los obtiene Papert en los 60's en compañía de su grupo de investigación en el MIT y desarrollan el primer lenguaje de programación para niños para el control de una tortuga robot, lo cual sería posteriormente el símbolo del lenguaje de programación Logo. Paralelamente en Alemania el reconocido inventor Arthur Fischer desarrolla y pone a la venta Fischertechnik (FT), el cual es un set de construcción, similar al que hasta ese momento desarrollaba LEGO, [7] que tiene el propósito de promover el interés de los jóvenes en temas de tecnología y ciencias. FT en los 70's desarrolla bloques con compuertas lógicas. Posteriormente surge LEGO/Logo que une el lenguaje de programación Logo con el mundo de construcción LEGO, y ofrece elementos como llantas, motores, luces, sensores, entre otros que facilitan a los niños la construcción de máquinas autómatas o robots [8]. A finales de los 80's FT desarrollan el

módulo de CPU de Control de Procesos, en el cual podían ser preprogramadas y ejecutadas las secuencias de movimiento mediante el software "Lucky- Logic" LLWIN. Finalmente LEGO/Logo evoluciona a Mindstorms. A continuación se presentan algunos de los principales sistemas usados en robótica educativa.

### *Mindstorms-LEGO*

Mindstorms, basado en el nombre de uno de los libros de Papert, presenta un lenguaje de programación más amigable y un mayor número de dispositivos de Hardware que LEGO/Logo. Mindstorms LEGO aunque es usado ampliamente como herramienta para el desarrollo de la creatividad en los colegios y en algunos casos en los primeros años de pregrado, su gran fortaleza es la juguetería, donde es el principal productor de juguetes robot. En la figura 1 se ilustra algunos de los componentes del robot Humanoide Alpha Rex. En el centro está el bloque de procesamiento o controlador, en la parte superior se encuentran los servomotores, en la esquina inferior derecha se encuentra la cabeza del robot que tiene unos sensores ultrasónicos, a partir de éste en sentido de las manecillas del reloj, se encuentran: un sensor de luminosidad, un sensor sonoro, y un sensor de contacto. El comportamiento del robot se programa en el Mindstorms NXT Software y se carga luego en el robot vía USB o mediante enlace Bluetooth. La plataforma de programación está desarrollada por LabView [9].

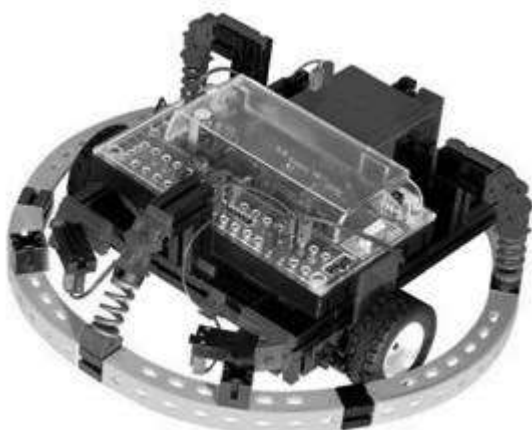


**Figura 1** Mindstorms NXT tecnología usada [9]

### *Fischertechnik*

Las características técnicas y de flexibilidad de los set de construcción Fischertechnik son superiores a las de LEGO lo que hace que sean usados por ingenieros para la enseñanza y simulación de robots industriales, [10] aun así su difusión es inferior a la de la compañía Danesa LEGO y en el campo de la juguetería su participación es aún menor.

El sistema mostrado en la figura 2 hace parte del modelo 93292 que viene con otros siete módulos, cada uno con dos motorreductores, cuatro microswitches, dos foto-transistores, una lámpara, numerosos bloques de construcción, la interfaz ROBO, y software de programación ROBOPro [7].



**Figura 2** Robot Mobile Set 93292 [7]

### *Handy Board*

Desarrollado por el MIT, este sistema es usado como herramienta educativa para la construcción de mini-robots (figura 3). El Handy Board se compone de un procesador Motorola MC68HC11, una memoria RAM battery-backed static de 32k, 4 salidas para el control de motores DC, una pantalla LCD y un bus de conexión para diferentes clases de sensores, con nueve entradas digitales y siete análogas. El software usado es el interactive C, desarrollado específicamente para este sistema, que permite al usuario interactuar con la tarjeta en tiempo real [11].



**Figura 3** Handy Board [12]

### *Robótica educativa en economías emergentes*

Si bien, ha comenzado la transición de los países desarrollados hacia nuevos modelos educativos basados en el fortalecimiento de la creatividad mediante el uso de la robótica, el caso es diferente en las economías emergentes, las más necesitadas de una sociedad creativa, en las que el proceso se ha dado con mayor dificultad. De hecho son más preocupantes aún los limitados recursos económicos de estas regiones, lo cual les impide dotar a los centros educativos de los kits que ofrecen las multinacionales desarrolladoras de estos, debido a sus altos costos. Por ello para dar respuesta a ésta necesidad los productos desarrollados se deben ajustar a la capacidad económica de estas naciones. Algunos proyectos desarrollados por centros de Investigación del primer mundo han aportado soluciones parciales a esta problemática en países como Qatar, Ghana, Costa Rica, entre otros.

### *Curso de robótica en Ghana y Qatar*

El Instituto de Robótica de la Carnegie Mellon University de USA en conjunto con Ashesi University de Ghana desarrolló un curso de robots autónomos en Ghana y Qatar. El propósito principal del proyecto era el fortalecimiento de habilidades creativas en los participantes.

En Qatar el curso, con duración de un semestre, se impartió en la sede del Departamento de Com-

puter Science del Carnegie Mellon University ubicada en éste país. Los participantes fueron 19 estudiantes de segundo año de Computer Science. Las tareas asignadas consistían de lecturas, sesiones de laboratorio, un proyecto de mitad de curso en el cual debían relatar oral y estrictamente un desarrollo robótico contemporáneo de su interés, y como proyecto de final de curso debían describir la solución a una problemática actual mediante la robótica. Finalmente en una sesión de póster los aprendices debían presentar sus proyectos.

En Ghana el curso, con duración de nueve semanas, se impartió en una sala de cómputo transformada en un laboratorio de robótica en Ashesi University. Según el conocimiento de los investigadores éste fue el primer curso de pregrado en Robótica e Inteligencia Artificial impartido en Ghana. El sistema de desarrollo utilizado fue la MIT Handy Board, el software Interactive C y algunos mecanismo robóticos LEGO. La primera tarea realizada fue la construcción de una máquina mecánica usando materiales localmente disponibles, para transportar una pequeña bola a una meta. En la siguiente tarea se construyó un robot con patrones de movimiento básicos que mediante sensores navega laberintos u entornos con obstáculos. Finalmente los resultados del curso fueron presentados en una sesión de póster. Los resultados de ésta investigación evidenciaron que el uso de robots fortalece las habilidades creativas y el interés por parte de los aprendices en temas tecnológicos [13].

#### *Rural*

RURAL un programa de investigación del Media Lab del MIT desarrolló un proyecto en la escuela El Rodeo ubicada en San Marcos de Tarrazu, zona rural de Costa Rica en el año 2001. Inicialmente se instruyó sobre robótica y lenguajes de programación a los profesores, los cuales estaban muy escépticos el primer día de clases porque dudaban de sus capacidades para enfrentar el reto, pero luego de haber participado se sintieron cómodos y atraídos por el tema. Al final del día prometieron volver al siguiente

taller, lo cual reflejó la transformación de sus esquemas de pensamiento y la desaparición de la tecnofobia. Los profesores encontraron en esta experiencia, que mediante el uso de sistemas automatizados es posible enseñar a los niños diferentes conceptos de relevancia en el bienestar de la comunidad, como lo es la preservación de los recursos naturales [14].

En la siguiente fase se trabajó con los niños. Primero se les preguntó sobre las necesidades que identificaban en la comunidad, seguidamente se les comentó sobre diferentes sistemas automatizados o robóticos que podrían desarrollar, que no necesariamente estaban vinculados con los problemas mencionados por ellos. Los resultados obtenidos exhiben que algunos niños se inclinan a desarrollar prototipos que solucionen las problemáticas de la comunidad, haciendo aun más evidente la necesidad de construir nuevos espacios para el fomento de la fluidez tecnológica, que permita a la comunidad trabajar con la escuela articuladamente y solucionar por medio de la tecnología los problemas que aquejan a la sociedad [14].

### **Metodología propuesta**

Los productos de robótica educativa presentados anteriormente son producidos en países desarrollados, que tienen diferentes condiciones económicas y tecnológicas a las de los países en vía de desarrollo. En el caso particular de Colombia se dificulta la implementación de módulos como Mindstorms, FT y Handy Board ya que son elementos importados que requieren para su evolución o mejoras dispositivos de su misma marca, los cuales no se consiguen en Colombia y es necesario importarlos, aumentando así aun más los costos y haciéndolos inaccesibles a las capacidades económicas de la mayoría de los colegios en Colombia. Además de esto, cada kit viene con un manual y un número de piezas definido para el desarrollo de un prototipo predeterminado, y aunque las piezas pueden ser usadas en otros diseños los resultados se encuentran en cierta medida limitados por la disponibilidad de elementos por kit.

Otro inconveniente está en la filosofía de desarrollo de estos sistemas, que consisten en la interconexión de bloques con ecuaciones estáticas asociadas. La dificultad radica en que estas ecuaciones son inmodificables por el usuario y limitan su experimentación, análisis, y creatividad. En el 2006 el grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (GIDIA) de la Universidad Nacional de Colombia construyó un prototipo de enjambre inteligente con el propósito de navegar colaborativamente en un ambiente estructurado (Figura 4). El proyecto se denominó SMART (Sistema Multi-Agente Robótico para la Navegación Colaborativa). Con la creación del grupo de investigación Inteligencia en Educación en la misma institución, se especializó en el uso de la robótica con objetivos pedagógicos. En 2008, este último grupo generó el proyecto Robótica Educativa: Maquinas Inteligentes en Educación en donde las problemáticas arriba mencionadas han sido solucionadas mediante el desarrollo del sistema Multi-Agente robótico RobEd (Robótica Educativa) enfocado para la población estudiantil de los grados 10 y 11 de bachillerato del Área Metropolitana de Medellín. A continuación se definen las características eléctricas y mecánicas del sistema propuesto. El kit RobEd (Robótica Educativa) está compuesto por cuatro agentes robóticos, tres robots hijos y un robot madre.

### **Agentes robóticos**

#### *Agentes hijos*

Cada robot desarrolla labores de navegación de entornos con evasión de obstáculos basado en sensores y en algunos casos sigue la trayectoria trazada por la madre. Tiene una tarjeta principal o Main Board (MB) la cual se encarga de recibir la información de los sensores y desarrollar las labores de control. Las medidas de ésta tarjeta son 8cm\*8cm. El corazón de la MB es el microcontrolador de 20 pines MC68HC908JK3 de la compañía Freescale. La MB tiene también el conversor serial a paralelo CD4094, el multiplexor análogo CD4051 y un bus de datos que permite conectar de 1-8 sensores con salidas análogos o digitales, también hay un bus que

permite identificar que si hay sensor conectado en algún puerto y en caso afirmativo identificar qué clase de sensor es según la información que éste le brinda mediante una línea adicional que éste trae llamada “información”. Como actuadores se usan dos motorreductores de 6V con un torque de 1,5 Kgf, y una velocidad angular de 60Rpm. La tarjeta de control de los motores, que recibe las acciones a desarrollar de la tarjeta MB, tiene como driver el circuito integrado L293DLP el cual puede manejar una corriente pico de 1A. Las medidas de esta tarjeta son 5\*5,6 cm. El sistema puede ser llevado a modo programación mediante el cambio de posición de los *jumpers* que posee (figura 5).



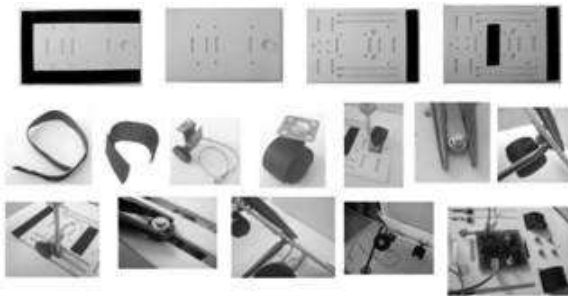
**Figura 4** SMART: Sistema Multi-Agente Robótico para la Navegación Colaborativa en Escenarios Estructurados; construido por GIDIA: Grupo de I+D en Inteligencia Artificial de la Universidad Nacional de Colombia

#### *Agentes madre*

Las características del robot madre son muy similares a las de sus hijos ya que la mayoría de los circuitos integrados son los mismos. Las diferencias básicas consisten en que el control y procesamiento de la información lo realiza un MC68HC908JK8, en el bus de datos no se puede conectar de 1-8 sensores sino de 1-7, y por ultimo tiene un bus de comunicaciones que permite la conexión alámbrica o inalámbrica con un PC remoto.

RobEd se diferencia de los sistemas anteriormente expuestos en que sí acepta accesorios adicionales diferentes a los desarrollados por el grupo de investigación, lo cual lo hace más abierto a

los cambios y se ajusta más a los dispositivos disponibles en Colombia. El kit viene con cuatro robots, cada uno de ellos con cinco sensores diferentes sobre los cuales se puede experimentar y modificar las ecuaciones que los rigen [2] y además viene con las piezas necesarias para que el usuario desarrolle otros 3 más. Los sensores usados pueden ser para evasión de obstáculos o seguidores de línea basados en infrarrojos, de luminosidad basados en fotorresistencias, de contacto basados en *swiches* y sonoros activados por aplausos. Estas características del kit fortalecen en el aprendizaje sus habilidades creativas, de diseño y aprendizaje.

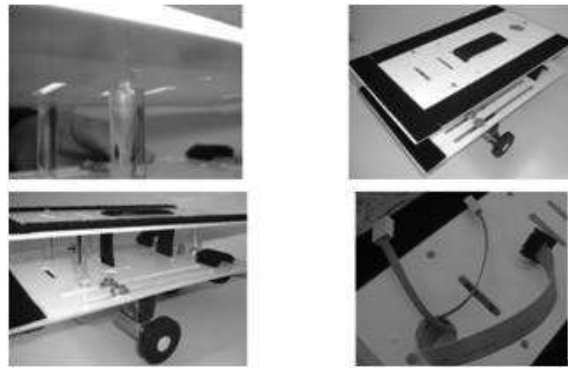


**Figura 5** Primera etapa en la construcción de los kits RobEd. Montaje de la estructura base

## Resultados y discusión

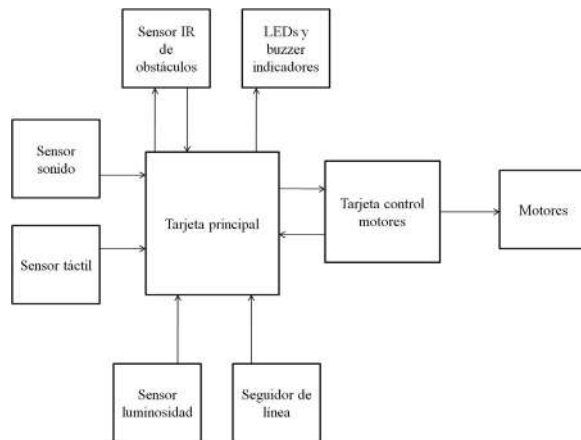
### Características mecánicas

Las características mecánicas del chasis, el cual puede armarse y desarmarse, lo hace ideal para la experimentación y comprensión de conceptos físico-matemáticos. La distancia de los motores con respecto al centro de masa del chasis, la posición de los sensores y la distribución de masa en el sistema, pueden ser variados y permiten comprender conceptos como centro de masa, torque, interferencia de ondas, entre otros. Para variar la posición de los sensores se utiliza Velcro® macho debajo de las tarjetas de los sensores y Velcro® hembra en la periferia de la placa superior del chasis facilitando de esta manera la movilidad de los sensores (figura 6). Las medidas del chasis son 23cm de largo, 14cm de ancho y altura 10cm.



**Figura 6** Segunda etapa en la construcción de los kits RobEd. Montaje de chasis

En la figura 7 se puede ver el diagrama de bloques del hardware del robot. La cola y la cabeza de las flechas indican de donde proviene la información y hacia donde se dirige, respectivamente. Se tienen cuatro sensores pasivos (sensor de sonido, seguidor de línea, sensor de luminosidad y sensor táctil) y un sensor activo (sensor IR de obstáculos) los cuales conforman el sistema de percepción del robot. Adicionalmente, se tiene un bloque llamado “*leds* y *buzzer* indicadores” el cual le permite al usuario conocer el estado del robot. Por ejemplo, cuando los sensores fueron incorrectamente conectados el *buzzer* emite un chirrido y los *leds* prenden y apagan.



**Figura 7** Diagrama de bloques del hardware del robot

También, se puede ver la “tarjeta control motores” la cual cumple las veces de mediador entre la

“tarjeta principal” y “los motores” suministrando la corriente necesaria para el control de los motores. En esta tarjeta además se encuentran otros circuitos asociados al modo programación del robot.

Finalmente, se puede ver el bloque llamado “tarjeta principal” en el cual se encuentra el “cerebro” del robot; es decir, el microcontrolador. Esta tarjeta se encarga de recibir y procesar la información que el sistema de percepción le entrega, identificar el tipo de sensor conectado, dar órdenes a los motores y controlar la tarjeta de los indicadores. Es importante aclarar que aunque el dispositivo principal en esta tarjeta es el microcontrolador, este no es el único, sino que se encuentra también allí un multiplexor y un conversor serial a paralelo. La función de estos es ayudar a cumplir las funciones propias de esta tarjeta.

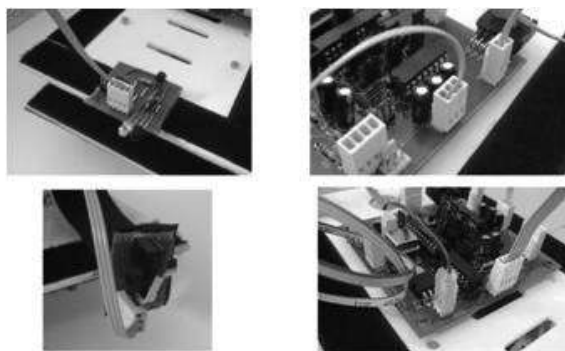
### ***Funcionamiento del sistema***

El kit RobEd es un sistema híbrido ya que tiene características distribuidas y centralizadas. El agente madre puede navegar entornos evadiendo obstáculos mediante sensores infrarrojos o mediante sensores de contacto. También puede pasar a un modo de seguidor línea para lo cual se usa el encapsulado QRB1114. La madre puede comunicarse con un PC remoto al cual entrega la información del entorno o recibe de él tareas a desarrollar, teniendo así el sistema un funcionamiento centralizado. Según las tareas a desarrollar por la madre, ella puede entrar en el modo de guía a sus hijos a un destino determinado, para ello se usa *leds* de chorro en la madre y fotoceldas en los hijos, los cuales al captar la fuente luminosa de la madre la seguirán. Los hijos desarrollan casi los mismos comportamientos de su madre, a excepción de la comunicación con el *PC*, pero además pueden interactuar entre ellos lo cual hace que el sistema también sea distribuido. Los comportamientos aquí mencionados permiten comprender conceptos de robótica cooperativa y de sistemas multi-agente.

### ***Guía de aprendizaje***

La guía de aprendizaje, que actualmente se encuentra en desarrollo, contiene los temas de

física, matemática, electrónica e inteligencia artificial que serán abordados por medio de los agentes. Éste es uno de los puntos más críticos del proceso porque un desarrollo inadecuado del material podría generar una fobia en los aprendices por temas relacionados con robótica, por ello la distribución del libro y el lenguaje usado serán los suficientemente adecuados para no disminuir el entusiasmo en los aprendices sino por el contrario aumentarlo [10]. La figura 8 presenta imágenes tomadas de las guías de aprendizaje donde se indica paso a paso, como se construyen los prototipos.



**Figura 8** Tercera etapa en la construcción de los kits RobEd. Montaje de los componentes electrónicos

### ***Robótica educativa para colegios***

El kit RobEd está enfocado para ser implementado sobre los estudiantes de 10º y 11º de las instituciones educativas de la ciudad de Medellín, siendo el principal objetivo el fortalecimiento de habilidades creativas, de aprendizaje y diseño en los aprendices.

Los colegios ubicados en la zona aledaña a la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, es decir en el sector de Robledo, serán las instituciones en las que se pretende impactar con mayor profundidad. Se escogerán 8 colegios y a cada uno de ellos se le entregará un kit RobEd. Si el colegio cuenta con los requerimientos tecnológicos necesarios, el curso se dictará allí, de lo contrario se destinará un aula especializada de la universidad [13].



La duración del curso será de 5 semanas y la intensidad cuatro horas por semana.

En la primera fase del curso se hará una inducción a los profesores sobre las funcionalidades del prototipo con el propósito de romper con la tecnofobia o las premisas negativas con respecto a la robótica, se explicará la necesidad de cambio de paradigma educativo según las demandas del mercado mundial, y se exhibirá el fundamento que tiene el proyecto en las diferentes teorías de aprendizaje como el Constructivismo de Piaget y Ausbel, y el Construccinismo de Papert, en las cuales el rol pasivo del estudiante es cambiado por un rol activo constructor del conocimiento [8]. Este papel activo lo realiza a medida que interaccione con los robots, los modifique y observe los resultados.

En la siguiente fase se trabaja con los estudiantes. La primera actividad a realizar es proyectar a los estudiantes una película de interés general sobre robótica. Luego se pasa a observar el funcionamiento del kit. Estas dos etapas anteriores tienen como propósito aumentar el interés de los estudiantes en temas de tecnología, lo cual es fundamental para alcanzar con éxito los objetivos propuestos [5, 10]. Luego se asigna un tutor y un robot por grupo de cuatro estudiantes, para que estos interactúen con la plataforma, modifiquen las condiciones iniciales de las mismas y analicen los cambios en el comportamiento del sistema, esto hará que la robótica tome un significado especial para ellos y comprendan más fácilmente los conceptos que la rigen. Habiendo el aprendiz entendido los principios y ecuaciones del sistema, podrá alterarlo para obtener nuevos resultados y así comprender conceptos como: superposición de lóbulos, momento angular, centro de masa, fricción, resistencia, entre otros. Para cada sesión del curso los equipos de trabajo serán modificados, para fortalecer así las labores de comunidad

Se creará una interfaz gráfica adecuada que facilite al aprendiz el desarrollo del software de los agentes, y observe los diferentes resultados que se obtienen. Esto le permite comprender

conceptos de lógica booleana y programación, además mejora su razonamiento lógico y obtiene nuevos modelos mentales que le facilitan en el futuro comprender nuevos conceptos.

Finalmente se les dará la libertad a los jóvenes de desarrollar nuevos sistemas, no necesariamente robóticos, que guarden alguna relación con los temas tratados, esto en aras de clarificar aun más los conceptos aprendidos y fortalecer la creatividad [6]. La labor del tutor consiste en apoyar el proceso de aprendizaje del estudiante, mas no podrá imponer el resultado final ni los pasos para lograrlo, con lo que se busca brindar autonomía al aprendiz para indagar, experimentar y crear.

Al final de los diseños se solicitará a los estudiantes relatar su experiencia sobre el proyecto, ¿Cuales son las características del mismo?, ¿Cual es su nivel de satisfacción?, ¿En qué actividad industrial se podrían aplicar los conceptos?, ¿Por qué desarrollaron específicamente ese diseño?, entre otras preguntas, lo cual busca mejorar las competencias comunicativas en los estudiantes. Se usa este método ya que el individuo se siente interesado por compartir con otras personas lo que es de su agrado [15].

También se fomentará que los grupos de trabajo se critiquen constructivamente entre ellos sus proyectos, para así identificar las mejoras o limitaciones del prototipo, esto con el objetivo que el individuo aprenda a valorar los diferentes puntos de vista beneficiosamente [15].

## Conclusiones y trabajo futuro

RobEd está enfocado para ser aplicado en estudiantes de 10° y 11° grado de colegio, pero en Medellín se hace necesario implementar la robótica educativa desde el *kindergarden* hasta la educación superior. Por ello los resultados obtenidos en éste proyecto se usarán para impulsar nuevas propuestas que abarquen esta otra población.

La experiencia que se obtenga en el entorno urbano, se llevará también al campo rural,

donde se hace extremadamente necesario el fortalecimiento de las habilidades creativas, investigativas, y el cambio de paradigma educativo.

La educación siempre debe tomar de las herramientas tecnológicas disponibles y usarlas para la transformación de sus métodos de enseñanza. Como herramienta tecnológica la robótica es muy importante y al ser aplicada en la educación fortalece habilidades creativas, de aprendizaje y de diseño además de clarificar conceptos que de otra manera serían abstractos y confusos. Pero es importante anotar que la tecnología no puede ser tomada como una entidad aislada, es decir el profesor debe modificar sus métodos de enseñanza, entorno y actitud en concordancia con ella, ya que solo de esta manera se obtendrá el efecto deseado. Esto demanda un mayor compromiso y esfuerzo por parte del instructor, pero que produce mejores frutos, siendo esto lo que Dewey hace casi un siglo enunciar en palabras que continúan siendo vigentes “El camino de la nueva educación no es tan fácil de seguir como el antiguo, sino más exigente y difícil. Pero es un camino que vale la pena tomar” [1, 16].

### Agradecimientos

El trabajo descrito en este artículo hace parte del proyecto de investigación “Robótica Educativa: Maquinas Inteligentes en Educación” auspiciado por la Dirección de Investigación (DIME) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Igualmente se agradece al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, por el apoyo al estudiante de maestría en ingeniería de sistemas Juan José González España dentro del Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores año 2009.

### Referencias

1. M. Resnick. “Sowing the Seeds for a More a Creative Society”. *ISTE International Society for Technology in Education*. Vol. 35. 2007. pp. 18-22.
2. O. Zuckerman, M. Resnick M. “System Blocks: A Physical Interface for System Dynamics Learning”. *MIT Media Laboratory*. 2005. pp. 859-868.
3. S. Papert. “A Critique of Technocentrism in Thinking about the School of the Future”. *M.I.T. Media Lab Epistemology and Learning Memo*. Vol. 2. 1990. pp. 27-28.
4. J. Piaget. B. Inhelder. *La psychologie de L'enfant*. Ed. P.U.F. Paris. 1966. pp. 32-47.
5. D. P. Ausubel. *The Psychology of Meaningful Verbal Learning: An Introduction to School Learning*. Ed. Grune & Stratton Inc. New York. 1963. pp. 147-152.
6. S. Papert. *The Gears of my Childhood. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Ed. Basic Books. New York. 1980. pp. 18-19.
7. <http://www.fischertechnik.com.mx/fischertechnik.htm>. Consultada el 4 de mayo de 2010.
8. F. Martin. *Kids Learning Engineering Science Using LEGO and the Programmable Brick*. Ed. AERA. New York. 1996. pp. 1-14.
9. [http://mindstorms.lego.com/Overview/MTR\\_RoboArm.aspx](http://mindstorms.lego.com/Overview/MTR_RoboArm.aspx). Consultada el 9 abril de 2010.
10. A. Chiou. “Teaching Technology Using Educational Robotics”. *Scholarly Inquiry in Flexible Science Teaching and Learning Symposium*. Sydney (Australia). 2004. pp. 9-14.
11. F. Martin. *Robotic Explorations. A hands-On Introduction to Engineering*. Ed. Prentice Hall. New Jersey. 2001. pp.79-105.
12. <http://www.handyboard.com/hardware/>. Consultada el 12 de mayo de 2010.
13. M. Dias, B. Browning, A. Mills-Tettey, N. Amanquah. “Robotics Education in Emerging Technology Regions”. *Robots and Robot Venues: Resources for AI Education*. California. 2007. pp. 2-5.
14. C. Urrea. *Designing Robotic Artifacts: Rural School-Community Collaboration for Learning*. Ed. Media Lab MIT. Massachusetts. 2001. pp. 142-145.
15. A. Acuña. *Projects for Educational Robotics: Engines for the Innovation. Current Developments in Technology-Assisted Education*. Ed. Formatex. Badajoz (España). 2006. pp. 39-47.
16. J. Dewey. *Experience and Education*. Ed. Macmillan Publishing Co. New York. 1938. pp. 38-51.