

# NUEVOS MODELOS DE APRENDIZAJE Y DESARROLLO DE LA CREATIVIDAD USANDO AGENTES ROBÓTICOS

## NEW LEARNING APPROACHES AND CREATIVITY DEVELOPMENT USING ROBOTICS AGENTS

JUAN JOSÉ GONZÁLEZ ESPAÑA

*Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial en Educación, Universidad Nacional de Colombia, jjgonzaleze@unal.edu.co*

JOVANI ALBERTO JIMÉNEZ BUILES

*Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial en Educación & SÁBATO: Grupo de Investigación en Pedagogía, Universidad Nacional de Colombia, jajimen1@unal.edu.co*

JUAN FERNANDO RAMÍREZ PATIÑO

*Grupo de Investigación Diseño Mecánico Computacional & SÁBATO: Grupo de Investigación en Pedagogía, Universidad Nacional de Colombia, jframirp@unal.edu.co*

Recibido para revisar julio 30 de 2008, aceptado Marzo 9 de 2009, versión final Marzo 13 de 2009

**RESUMEN:** Este artículo expone las problemáticas que actualmente presenta la educación, en los campos de diseño, creatividad y modelos de aprendizaje, siendo esto crucial en el mundo actual que cambia vertiginosamente. Presenta los modelos que se han desarrollado para solucionar este escollo, dentro de estos se exhibe el proyecto de investigación E-SMART que actualmente desarrolla la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín para ser implementado con estudiantes de grado 10 y 11 de colegio.

**PALABRAS CLAVE:** Robótica, Diseño, Mindstorms, Creatividad, Construccinismo, Constructivismo.

**ABSTRACT:** This article illustrates the current problem in the education's fields such as design, creativity, and learning approaches that are very important in a changing world. Will be found the models that have been developed to solve this riddle, inside of them, it is exhibited the research project E-SMART that is currently developed by the National University of Colombia-Medellin to be implemented with students of 10 and 11 grade of high school.

**KEYWORDS:** Robotic, Design, Mindstorms, Creativity, Constructionism, Constructivism.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en el último siglo produjeron drásticos cambios en sectores como la industria, medicina, comunicaciones, entretenimiento entre otros, pero marginalmente en la educación, siendo ésta un factor primordial en el desarrollo de toda sociedad. Esta dificultad se hace más crítica en los países del tercer mundo, como es el caso de Colombia, donde su economía principalmente basada en la extracción de materias primas y producción agrícola, ha relegado a un segundo plano la producción

tecnológica. Esta es la razón por lo que aun se considera, erróneamente, que en el mundo actual implementar modelos educativos que afirmen que los conocimientos enseñados serán útiles y suficientes durante toda la vida es correcto. Además de esto, las demandas actuales de la sociedad requieren que las empresas deban desarrollar mejores e innovadores productos, lo que a su vez obliga la participación de profesionales con una formación y visión diferente, con un énfasis en buenas habilidades creativas, investigativas, inventivas y comunicativas, con las cuales sea posible asumir estos retos [1]. Llevando esto a los dos asuntos

fundamentales de este artículo: aprendizaje y creatividad. Lo anteriormente enunciado evidencia que los modelos convencionales son anacrónicos, y se hace necesario crear e implementar nuevos, que estén basados en el desarrollo de habilidades creativas y de aprendizaje, que lleven al estudiante en un proceso evolutivo durante su formación. Este artículo está distribuido de la siguiente manera: en el capítulo dos se presenta el concepto de la sociedad de la creatividad. En el capítulo tres se exhiben los principios pedagógicos activos versus los pasivos. En el cuarto se incluye la propuesta E-SMART. En el quinto se muestra el trabajo futuro, para finalmente, en el sexto capítulo exteriorizar las conclusiones.

## 2. SOCIEDAD DE LA CREATIVIDAD

En los años 80's se habló de la transición de una Sociedad Industrial a una Sociedad de la Información, luego en los 90's dado que la información por sí sola no era suficiente, se hace necesario convertirla en conocimiento y de allí se hace referencia a una Sociedad del Conocimiento. Actualmente algunos autores como Resnick M., afirman que estamos en la Sociedad de la Creatividad, puesto que no solo se hace necesario demostrar cuanto se sabe sino más bien como se aplica ese conocimiento para generar solución a las problemáticas actualmente existentes [2]. La creatividad no es un área exclusiva de la ingeniería sino 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 esta habilidad desde la infancia. Tampoco la creatividad es un área limitada a un rango determinado de edad, ni a un curso de educación formal específico, sino que se debe fomentar en toda fase del desarrollo humano, principalmente en las etapas comprendidas entre 0 a 16 años, en las que se centrara este artículo, puesto que es donde el individuo descubre sus intereses y se crean sus modelos de aprendizaje [3], [4].

## 3. APRENDIZAJE ACTIVO VS PASIVO

El paradigma convencional de educación describe al profesor como sistema transmisor activo, y al alumno como sistema receptor pasivo, [5] asumiendo la información como un fluido que se puede transmitir por medio de tuberías desde su origen hasta su destino, lo cual es contrario a la realidad, donde el conocimiento no se transmite sino que se construye, éste se debe crear activamente en la mente del aprendiz [6].

Esta teoría se conoce como constructivismo y fue Piaget en los años 60's quien más ampliamente la desarrolló, y fue el resultado de un cambio de modelo que comenzó desde el siglo XIX, momento hasta el cual el aprendizaje se basaba casi exclusivamente en lecturas y recitales. Uno de los pioneros en esta temática fue el educador suizo Johann Heinrich Pestalozzi, quien propuso que los estudiantes necesitaban aprender a través de los sentidos y actividades físicas, argumentando que “cosas antes que palabras, concreto antes que abstracto” [3]. Basado en estas ideas Friedrich Froebel creó en 1837 en Alemania el primer *kindergarten* 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 Maria Montessori extiende la idea de Froebel a niños de mayor edad e inspiró una red de escuelas en las que jugar con estos materiales constituía un rol fundamental. Finalmente Piaget expone su teoría constructivista [3].

El psicólogo estadounidense David Ausubel también aportó una importante teoría enmarcada dentro del constructivismo que afirma que el estudiante asimila fácilmente los conceptos que se asocian con modelos creados previamente en su mente, a los que el psicólogo designa como *inclusiones* en su Teoría del Aprendizaje Significativo. En esta teoría se afirma que el aprendizaje del individuo 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 de ser ignorados por el educador hace que asignaturas como física, matemática, geometría, se dificulten al individuo debido al nivel de abstracción que presentan para él [7]. Esto también se relaciona con el término *fluency* [8], [9] haciendo referencia al aprendizaje de un idioma extranjero, ya que este proceso no será exitoso si solo se estudia para el examen de final de curso, se hace necesario estar inmerso en un ambiente dominado por este tema, siendo la mejor opción vivir en un país donde el idioma nativo sea éste. Así mismo para familiarizarse con las áreas del saber arriba mencionadas se hace necesario estar inmerso en un entorno dominado por ellas, para luego usar y aplicar la tecnología natural y eficientemente.

Papert, basado en las ideas de Piaget, desarrolla una nueva teoría llamada Construccinismo [10]. Papert afirma, al igual que Piaget, que el conocimiento se crea en la mente del individuo, pero además que esto se logra cuando el individuo construye algo tangible, algo afuera de su mente, que además tiene un significado personal para él [10]. En la práctica se han desarrollado alrededor del mundo diferentes sistemas que permiten a niños y jóvenes interactuar con robots, en los cuales ellos juegan aprendiendo y además desarrollan diferentes competencias y habilidades.

### 3.1 Mindstorms

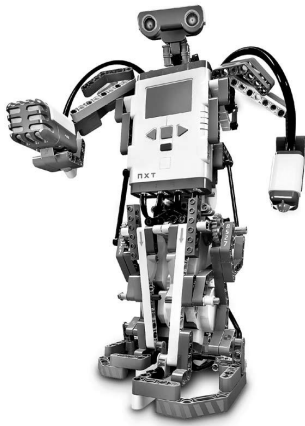
A finales de los años 60's Seymour Papert y sus colegas del *MIT* desarrollaron un lenguaje de programación para niños, siendo su aplicación más famosa una tortuga robot que podía ser controlada desde el computador, por medio de un cable de datos, este se convertiría en el símbolo del lenguaje de programación Logo. En los años 80's *LEGO/Logo* une el mundo de construcción de *LEGO* con el lenguaje de programación Logo, con elementos como llantas, motores, luces, sensores, entre otros que facilitaban a los niños la construcción de máquinas autómatas o robots [11], [12]. Luego, como una evolución de *LEGO/Logo* surge *Mindstorms*, que toma su nombre de un libro de Papert, que tenía un lenguaje de programación más amigable, y muchos otros nuevos elementos

de hardware [9]. Actualmente se está en la versión *Mindstorms NXT* siendo uno de los principales prototipos el humanoide *Alpha Rex* que se visualiza en la figura 1. Este robot tiene su interacción con el entorno por medio de sensores ultrasónicos, infrarrojos, táctiles, y sonoros, distribuidos a lo largo de todo su cuerpo, sus actuadores son servomotores y su control lo realiza el *NXT Intelligent Brick*, que es un computador-controlado de *LEGO* [13].

El objetivo de estos *kits* consiste en que los niños por medio del juego aprendan conceptos básicos de la física, matemática y geometría, entre los cuales se encuentran fricción, vibraciones en sistemas mecánicos, momento angular, operadores lógicos, torque, choque elástico e inelástico, propagación del sonido en el ambiente, velocidad lineal y angular, características de los polígonos, entre otros. Pero no solo se comprenden estos conceptos sino que también se desarrollan o fortalecen habilidades creativas, competencias comunicativas, argumentativas, propositivas, de trabajo en grupo, habilidades relacionadas con el quehacer (desarrollar, construir, armar, entre otras), y además se entiende el mundo de la programación. Este nuevo método obtuvo como resultado que los niños y adolescentes sin importar su desempeño académico, al hacer parte de grupos de trabajo sobre esta temática, se encontraran fuertemente atraídos por crear aquellos sistemas que para ellos tenían un significado personal, verbigracia: unos niños se vieron atraídos por crear carros de juguete que evitaran obstáculos usando sensores infrarrojos, mientras otros por crear alarmas detectoras de presencia, y las niñas por crear un pastel que cante y por medio de luces simulara las velas que eran apagadas cuando el sensor de viento percibiera que alguien sopló sobre ellas.

Un caso de particular interés consistió en niños que construyeron un carro que soltaban sobre una rampa una y otra vez, compitiendo quien lograba el mayor alcance, a lo cual muchos comenzaron a modificar el peso infiriendo, como alguna vez lo hizo Aristóteles, que a mayor peso mayor velocidad, pero luego lograron ver que el peso no afectaba el resultado, siendo esto parte de los descubrimientos de Galileo Galilei sobre la caída de los cuerpos. Luego se movieron a

otro campo: modificar la forma del objeto, con lo cual sí lograron alterar de forma significativa el alcance.



**Figura 1.** Mindstorms NXT Alpha Rex [13]

**Figure 1.** Mindstorms NXT Alpha Rex

Comprender el conocimiento escondido detrás del juego, la fricción en este caso, no es el único impacto positivo obtenido sino también el desarrollo de múltiples competencias como son las deductivas, creativas e investigativas.

### 3.2 Computer Clubhouses

Para fomentar el diseño, la creatividad y la investigación, el Museo de Ciencias de Boston en conjunto con *MIT Media Laboratory*, han creado los *Intel Computer Clubhouses*, estos son centros de aprendizaje ubicados en comunidades de escasos recursos económicos donde jóvenes entre los 10 y 18 años tienen acceso al más actualizado software para crear sus propios trabajos artísticos, simulaciones, composiciones musicales, *websites*, animaciones, presentaciones de multimedia y construcción de robots. La primera *Clubhouse* se abrió en 1993 en Boston, lo cual fue un éxito y generó la apertura de otras nuevas en Alemania, Brasil, Colombia, Costa Rica, Irlanda, India, entre otras naciones [9].

Las *Computer Clubhouses* no deben ser confundidas con la mayoría de los Centros Tecnológicos Comunitarios, ya que la estructura de estos se basa en suministrar acceso a los medios, y según sus características se dividen en dos grupos, en el primero las personas pueden hacer lo que quieran: jugar, navegar en la web,

chatear, entre otros. En el segundo se brindan cursos estructurados sobre conocimientos básicos de computadores. En cambio las *Clubhouses* logran un balance entre libertad y trabajo estructurado, donde el individuo recibe ayuda de los otros miembros de la *Clubhouse*, es decir, de los empleados, mentores voluntarios y otros jóvenes. Las *Clubhouses* tienen en sus paredes muestras de anteriores proyectos lo cual le da a los jóvenes una idea de lo que pueden desarrollar, pero procurando que ningún agente externo presione la decisión, porque la idea fundamental de las *Clubhouses* es dar la libertad suficiente a los jóvenes para crear sus propias fantasías y que la comunidad especializada que los acompaña les sirva como fuente de consulta, mas no quien determina sus decisiones [14].

También las *Clubhouses* tienen como objetivo establecer vínculos con empresas o universidades para que los miembros que hayan terminado la secundaria desarrollen allí pasantías, o prácticas sociales respectivamente. Además por medio de concursos facilita la participación de sus miembros en congresos internacionales [14].

### 3.3 Población rural

Las problemáticas inherentes al modelo convencional de educación son más críticas en las zonas rurales, siendo allí de vital importancia una reforma más profunda que redunde en el progreso de estas comunidades, con mejores modelos de aprendizaje, que además estimulen en gran medida habilidades creativas con las cuales se dé solución a los problemas que aquejan el entorno. Basándose en esta premisa, se han desarrollado proyectos que procuran disminuir la brecha entre la población rural y la urbana mediante el uso de artefactos robóticos y tecnologías digitales en la educación. Esta metodología es parte de un programa de investigación desarrollado por el *Media Lab* del MIT llamado *RURAL*. Un proyecto desarrollado por este grupo, tuvo lugar en El Rodeo, una escuela 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. El primer día del taller ellos estaban muy escépticos 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 logró romper sus esquemas de pensamiento y la tecnofobia. Los profesores encontraron en esta experiencia, nuevas metodologías mediante las cuales el uso de sistemas automatizados permitió enseñar a los niños diferentes conceptos de relevancia en el bienestar de la comunidad, como lo es la preservación de los recursos naturales [15]. El siguiente paso fue trabajar 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 permitieron identificar que algunos niños se inclinaron a desarrollar prototipos enfocados a solucionar las problemáticas de la comunidad o a reproducir los artefactos ya desarrollados, dejando evidente la necesidad de generar nuevos espacios para lograr la fluidez tecnológica, que permita a la comunidad trabajar con la escuela articuladamente para solucionar por medio de la tecnología los problemas que aquejan a la sociedad.

#### 4. PROYECTO E-SMART

Los proyectos anteriormente descritos tienen un gran número de aplicaciones y desarrollan la creatividad en los aprendices, pero la mayoría de ellos solo permite la interacción con cajas negras que mantienen ecuaciones de comportamiento estáticas. El grupo de investigación Inteligencia Artificial en Educación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín desarrolla el proyecto E-SMART (Educación –SMART) con foco de acción inicialmente sobre los estudiantes de educación media (10° y 11°) de las instituciones educativas de la ciudad de Medellín, que además de permitirles mejorar su creatividad por medio del desarrollo de diferentes prototipos, también les brinda acceso y manipulación de las ecuaciones que rigen cada sección del sistema [3].

E-SMART está enmarcado dentro de un proyecto de investigación más general llamado: SMART (Sistemas Multi-Agente Robótico). El primer producto obtenido consiste de tres agentes robóticos para la exploración colaborativa de entornos. Este proyecto fue presentado en un evento del Área Metropolitana de la ciudad de Medellín, donde se notó el gran interés que tienen los jóvenes por los temas de robótica, una de las fotos del evento se puede ver en la figura 2, donde se expone la características del proyecto a un profesor interesado en él.



**Figura 2.** Presentación de la Plataforma (2007)  
**Figure 2.** Platform Presentation (2007)

E-SMART estará conformado por un kit de cinco agentes robóticos que por medio de la interacción con el usuario, le permiten comprender a éste, conceptos de física, matemáticas, electrónica, sensorica, programación, robótica cooperativa entre otros. Cada agente está basado en una filosofía modular que permite integrar de uno a cinco sensores diferentes, adaptados para aceptar cambios en su posición según la aplicación. Cada uno de estos sensores tiene un desempeño específico bajo ciertas condiciones ambientales, es decir, mientras un sensor se puede ver cegado por el ruido sonoro presente en el ambiente, otro operaría eficientemente, desarrollando esto en el aprendiz, la capacidad de inferir a cual información darle más relevancia según el entorno, además de llevarle a comprender

conceptos de radiación de cuerpo negro, acústica, propagación de la luz, temperatura, teoría de mediciones, entre otros.

El área directamente impactada por el proyecto se seleccionará de 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. Se seleccionará ocho colegios, a cada uno de los cuales se les hará entrega de un grupo de robots, con sus respectivos sensores y una guía del curso en la que se detalla los principios físicos que serán estudiados con la ayuda del robot. En primera instancia se hará una inducción a los profesores sobre las funcionalidades del prototipo, esto en pro de romper con la tecnofobia o las premisas negativas con respecto a la robótica, posteriormente 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 el Construccionalismo de Papert, que rompen con el paradigma de asignarle al estudiante un rol pasivo en su aprendizaje para hacerlo elemento activo constructor de su conocimiento [11]. Este papel activo lo realizará a medida que interactúe con los robots, los modifique y observe los resultados.

Luego, en el trabajo con los estudiantes, la primera actividad en realizarse será un acercamiento a los robots ya construidos y la proyección de una película relacionada con robótica o inteligencia artificial, con el fin de incrementar el interés por el tema, siendo éste uno de los principales ítems en la Teoría de la Significatividad de Ausubel [7]. Luego, los estudiantes, en compañía de un tutor, interactuarán con las plataformas educativas, modificarán las condiciones iniciales de las mismas y analizarán los cambios en el comportamiento del sistema, con el propósito que la robótica tome un significado especial para el individuo y comprenda los conceptos intrínsecos de ella. Un factor muy importante del proyecto, es que además de lo anteriormente expuesto, se podrá modificar la mayoría de las ecuaciones que describen las cajas negras del sistema, siendo esto poco común en los sistemas

de aprendizaje con robots, lo cual propicia una comprensión más profunda del sistema. Habiendo el aprendiz entendido los principios o ecuaciones que rigen estas cajas negras, estará en la capacidad de alterarlo según la aplicación buscada, llevándole a comprender aspectos de conceptos como: superposición de lóbulos, momento angular, centro de masa, fricción, resistencia, entre otros.

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 llevará a comprender conceptos de lógica booleana, programación, mejorará su razonamiento lógico y obtendrá nuevos modelos mentales sobre los conceptos mencionados, los cuales le servirán en todo momento de su vida para crear conexiones entre ellos y los nuevos conocimientos, facilitándole su asimilación.

Finalmente se les dará la libertad a los jóvenes de desarrollar nuevos sistemas, no necesariamente robóticos, pero que sí guarden relación con los temas tratados, en aras de clarificar aun más los conceptos aprendidos y entender otros nuevos, además de aumentar la creatividad. Esto se basa en el Construccionalismo de Papert, que sostiene que el conocimiento se crea en la mente del individuo cuando este desarrolla objetos tangibles relacionados con el tema de estudio. La labor del tutor será como ayudante del proceso, mas no quien impone el resultado final, ni los pasos para lograrlos, dando la libertad al aprendiz de indagarse, experimentar y crear.

Al final de los diseños se solicitará a los estudiantes que relaten su experiencia sobre el proyecto, realizando preguntas como: ¿Cuales son las características del mismo?, su nivel de satisfacción, ¿En qué actividad industrial se podrían aplicar los conceptos?, ¿Por qué eligieron específicamente ese diseño?, entre otras preguntas, esto tiene como propósito 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 [8], [16].

También a otros integrantes del grupo de trabajo se les incitará a criticar constructivamente el proyecto para que sea posible identificar mejoras o limitaciones, esto con el objetivo que el individuo aprenda a valorar los diferentes puntos de vista beneficiosamente, además de desarrollar mejor el sentido de comunidad [8],[12].

## 5. TRABAJO FUTURO

El sistema modular está diseñado para soportar una evolución en una nueva versión del proyecto, en la cual los datos obtenidos por el agente podrán ser enviados a un PC remoto para ser procesados y visualizados en una *GUI* (*Graphical User Interface*) en la cual el aprendiz comprenderá en mayor profundidad el significado de estos datos, y podrá comandar el agente para ejecutar ciertas labores específicas, sin suprimir su libre albedrío, además los agentes podrán comunicarse entre si, para desarrollar ciertas labores grupales como mover o recoger objetos, explorar entornos, crear mapas, entre otros. También en esta evolución se pretenderá que los datos obtenidos de la exploración del entorno tenga un uso adicional útil.

También según la experiencia obtenida en el entorno urbano, se llevaría al campo rural, donde se hace extremadamente necesario el desarrollo o mejora de las habilidades creativas, investigativas y el cambio de paradigma educativo.

## 6. CONCLUSIONES

La evolución de la educación debe estar en concordancia con los avances tecnológicos actuales y hacer uso de ellos para lograr mejores impactos. La robótica es una herramienta muy importante que al ser usada adecuadamente permite entender una gran cantidad de conceptos, crear nuevos modelos de pensamiento, y aumentar la creatividad en los individuos. Pero, es importante anotar que la tecnología como elemento aislado no generará el efecto deseado, sino va acompañada de un esfuerzo coordinado con el profesor, lo que le demanda a este último un cambio de actitud, estrategias y del entorno. Esto se traduce en un esfuerzo adicional por parte del profesor, pero

que a su vez produce mejores frutos, siendo esto lo que Dewey hace casi un siglo enuncio 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” [17], [2].

También sería interesante que la plataforma aprendiera de manera automática de las interacciones que tiene con los usuarios. Este aprendizaje estaría representado en un amplio perfil cognitivo del estudiante. El propósito sería adaptar los contenidos y actividades educativas a cada uno de los estudiantes [1].

## 7. AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito en este artículo hace parte del proyecto de investigación “Robótica Educativa: Máquinas 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 Juan José González España dentro del Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores año 2009.

## REFERENCIAS

- [1] PAPERT, S. The children's machine: rethinking school in the age of the computer. Basic Books, USA, 1993.
- [2] RESNICK, M. Sowing the seeds for a more a creative society. En: ISTE -International Society for Technology in Education. USA, 2007.
- [3] ZUCKERMAN, O.; RESNICK, M. System blocks: a physical interface for system dynamics learning. MIT Media Laboratory, 2003.
- [4] SEITINGER, S.; SYLVAN, E.; ZUCKERMAN, O.; POPOVIC, M.;

ZUCKERMAN, O. A new playground experience: going digital?. En: Conference on Human Factors in Computing Systems. USA, 2006.

[5] PAPERT, S. A critique of technocentrism in thinking about the school of the future. En: MIT Media Lab Epistemology and Learning Memo No. 2, 1990.

[6] PIAGET, J.; INHELDER, B. La psychologie de L'enfant.. En: P.U.F. Francia, 1966.

[7] AUSUBEL, D. The psychology of meaningful verbal learning: an introduction to school learning. En: Bureau of Educational Research, University of Illinois. Grune & Stratton, Inc. USA, 1963.

[8] ACUÑA, A. Projects for educational robotics: engines for the innovation. En: Current Developments in Technology-Assisted Education. USA, 2006.

[9] RESNICK, M. Rethinking learning in the digital age. En: MIT Media Lab. USA, 2002.

[10] PAPERT, S. The gears of my childhood. En: Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books. USA, 1980.

[11] MARTIN, F. Kids learning engineering science using LEGO and the programmable brick. En: AERA. USA, 1996.

[12] RECNICK, M.; OCKO S. LEGO/Logo: learning through and about design. En: MIT Media Lab. USA, 1990.

[13] \_\_\_\_\_ MINDSTORMS.  
[http://mindstorms.lego.com/Overview/MTR\\_AlphaRex.aspx](http://mindstorms.lego.com/Overview/MTR_AlphaRex.aspx). Fecha de acceso: 30 de abril de 2010.

[14] \_\_\_\_\_ CLUBHOUSE.  
<http://www.computerclubhouse.org/>. Fecha de acceso: 30 de abril de 2010.

[15] URREA, C. Designing robotic artifacts: rural school-community collaboration for learning. En: Media Lab MIT. USA, 2001.

[16] RUSK, N.; RESNICK, M.; BERG, R.; PEZALLA-GRANLUND, M. New pathways into robotics: strategies for broadening participation. En: Lifelong Kindergarten Group. MIT Media Lab. USA, 2005.

[17] DEWEY, J. Experience and education. Macmillan Publishing Co. USA, 1938.