

1 adolescente. 1 computadora. 1 robot.

F. Benavides*, A. Aguirre*, X. Otegui**, F. Andrade* y G. Tejera*

*Instituto de Computación, **Unidad de Enseñanza

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

Montevideo, Uruguay

Resumen

El grupo de investigación en Inteligencia Artificial y Gestión de Redes (MINA) perteneciente al Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Uruguay), implementó durante 2009-2010 el Proyecto “Sistema robótico constructivo programable de bajo costo para uso educativo- Butiá”. En este marco se creó una plataforma robótica simple y económica –denominada robot Butiá- que permitió a estudiantes y docentes de liceos públicos de Uruguay, interiorizarse con la programación del comportamiento de robots móviles. Este Proyecto integró actividades de investigación, extensión y enseñanza universitarias: diseño de la plataforma robótica Butiá; fabricación de 27 robots; entrega de robots a 27 liceos públicos del país; formación de estudiantes de Facultad de Ingeniería para extender las funcionalidades del robot, así como para brindar apoyo y formación a docentes y estudiantes de los liceos involucrados.

Palabras claves: robótica, investigación, extensión universitaria, enseñanza.

Abstract

During 2009-2010 the research group on Artificial Intelligence and Network Management (MINA) of the Computer Science Institute of the Engineering Faculty of the Universidad de la República de Uruguay, implemented the project "Constructive, programmable and low-cost robotic system for educational purpose - Butiá". In this context a simple and affordable robotic platform was created, named Butiá robot. It allowed public high school teachers and students in Uruguay to program the behavior of mobile robots. This project integrated research, university contribution to community and educational aspects: designing the Butiá robotic platform, building 27 robots, delivering them to 27 public high schools all over the country, training of engineering college students to extend his functionality -improving the robot- and finally, supporting and training high school teachers and students involved in the project.

Keywords: robotics, research, contribution to community, teaching.

1 INTRODUCCIÓN

El grupo de investigación de Inteligencia Artificial y Gestión de Redes (MINA) perteneciente al Instituto de Computación (InCo) de Facultad de Ingeniería (FIng) de la Universidad de la República (UdelaR- Uruguay), implementó durante 2009-2010 el Proyecto “Sistema robótico constructivo programable de bajo costo para uso educativo- Butiá” (3), financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y la Unidad de Extensión (UEX) de la FIng.

En el marco de este Proyecto se creó una plataforma robótica simple y económica –denominada robot Butiá– que permite a estudiantes y docentes de liceos públicos de Uruguay, interiorizarse con la programación del comportamiento de robots móviles.

Este Proyecto integró actividades de investigación, extensión y enseñanza universitarias: diseño de la plataforma robótica Butiá; fabricación de 27 robots; entrega de robots a 27 liceos públicos del país, incluido el software mediante el cual se programa el comportamiento de los robots; formación de estudiantes de FIng para continuar extendiendo las funcionalidades y mejorando el robot, así como para brindar apoyo y formación a docentes y estudiantes de los liceos involucrados.

El proyecto Butiá se apoyó en las computadoras del programa OLPC (6) (*One Laptop per Child*) proporcionadas por el gobierno uruguayo al sistema de educación pública en el marco del Plan Ceibal, aprovechando que todos los estudiantes disponen desde 2008 de una computadora personal “XO”. En este contexto y considerando las capacidades inherentes de procesamiento y sensado (CPU, cámara, micrófono) de las computadoras personales, surgió la motivación de transformar la XO en un robot autónomo móvil que permitiera potenciar el uso de estas computadoras.

Esto implicó el trabajo del grupo MINA principalmente en 3 aspectos, que se complementan y retroalimentan: i) el diseño del robot Butiá, ii) el trabajo directo con estudiantes y docentes liceales, desde una perspectiva de la robótica pedagógica, y iii) el trabajo con los estudiantes de FIng a partir de la enseñanza de la robótica estrechamente vinculada con el trabajo de investigación en la disciplina, en el marco del curso electivo de grado “Módulo Taller Butiá/XO: plataforma robótica educativa – mtButiá”.

2 TRABAJO EN EL MARCO DEL PROYECTO BUTIÁ

2.1 Contexto que favoreció su desarrollo

El desarrollo del proyecto se vio favorecido por un contexto nacional e institucional particular (7).

A nivel nacional se destacan: 1) El *Plan Ceibal* (8) (Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea): en el marco del proyecto mundial OLPC (6) (*One Laptop Per Child*), el Plan Ceibal proporciona desde 2007 una computadora portátil a todos los maestros y alumnos de las escuelas públicas de Uruguay. A partir de 2008, se habilita la extensión del Plan a la Educación Media Secundaria y Técnica del Plan Ceibal; 2) Los *Programas de apoyo de la ANII* (1): entre los proyectos que lleva adelante se encuentra el “Apoyo a Programas y Proyectos de Popularización de la CTI”, que financia proyectos que tengan como resultado la popularización de la ciencia, la tecnología y la innovación. Las convocatorias para esta iniciativa están dirigidas a instituciones públicas o privadas cuyas propuestas demuestren un alcance relevante en distinto tipo de poblaciones objetivo, en relación al significado de la ciencia, la tecnología y la innovación para el desarrollo del país.

De esta forma, la ANII fue quien financió el Proyecto Butiá, y el Plan Ceibal se constituyó en el marco que permitió potenciar y ampliar el desarrollo del robot creado, facilitando el trabajo con el mismo por parte de los estudiantes y docentes liceales, al adaptarlo para su uso con la computadora personal XO.

A nivel institucional de la UdelaR, la consolidación de la UEX en FIng, con recursos propios y lineamientos de financiación de proyectos y actividades de extensión a la interna de la Facultad,

así como la política UdelaR de curricularización de la extensión, favorecieron el surgimiento e implementación de un curso electivo de grado para estudiantes de FIng con perfil en extensión universitaria.

2.2 Implementación

El trabajo en el marco del proyecto se aborda desde 3 aspectos que se complementan y retroalimentan y se describen a continuación: el diseño del robot Butiá, el trabajo con estudiantes y docentes liceales y el trabajo con los estudiantes de FIng.

2.2.1. El diseño del robot Butiá



Figura 1: El robot Butiá.

El robot Butiá (Figura 1) fue diseñado en base a la situación que se estaba gestando en Uruguay en el marco del Plan Ceibal y la cual se ha establecido como un hecho a la fecha: cada estudiante de la educación pública primaria y secundaria dispone de una computadora portátil.

En base a esta realidad es que el Proyecto buscó como principal objetivo aprovechar al máximo la computadora como un elemento del robot y no como una herramienta para únicamente programar su comportamiento- como ocurre en otras plataformas robóticas educativas ideadas para otro tipo de situaciones-.

Dicho aprovechamiento se realizó al nivel del poder de cómputo, almacenamiento, comunicación y capacidades sensoriales (cámara y micrófono) presentes en la computadora. Dado que los elementos de sensado son de gran importancia a la hora de desarrollar un robot se puso el esfuerzo para presentar la cámara como un sensor de la plataforma, poniendo al alcance de estudiantes, sin conocimientos previos en ciencias de la computación, su uso.

El Butiá también aumenta las capacidades sensoriales y de actuación de la computadora mediante hardware adicional que se conecta al puerto USB, transformado de esta forma la computadora XO en una plataforma robótica móvil con alto poder de interacción con el entorno. El robot se distribuye en formato de kit, permitiendo mediante piezas de acrílico cambiar la ubicación de los sensores disponibles sobre la plataforma, abriendo un abanico de problemas que pueden ser resueltos según cómo se dispongan los mismos.



Figura 2: Paleta de programación en Turtle Blocks para trabajar con el robot Butiá.

Para permitir poner al alcance de los estudiantes las herramientas que les permitan programar el comportamiento del robot es que se brinda compatibilidad a nivel de la plataforma educativa Sugar, la cual es distribuida con las computadoras del Plan Ceibal. Existe compatibilidad para varias Actividades Sugar (el cual es el nombre que se da a los programas en el contexto de la plataforma Sugar), siendo Turtle Blocks la actividad más utilizada.

Turtle Blocks es un lenguaje de programación gráfico inspirado en el lenguaje Logo que permite poner al alcance de los adolescentes los conceptos de las ciencias de la computación necesarios para permitirles programar comportamientos robóticos simples. Como en la mayoría de los ambientes Logo, en Turtle Blocks, la tortuga puede existir en tres formas: como un robot compartiendo el mismo espacio físico que el estudiante (caso del robot Butiá); como un objeto computacional que se mueve en la pantalla; y como una entidad matemática abstracta. Los programas se realizan mediante bloques los cuales se corresponden con instrucciones y permite ir enganchando los bloques como un puzzle para implementar los programas.

Dado que Turtle Blocks es utilizado frecuentemente por los estudiantes en otras asignaturas, al momento de utilizarlo con el robot se presenta una curva de aprendizaje menor. Para el Butiá existe una paleta (Figura 2) donde cada bloque presenta una correspondencia física con el dispositivo (sensor o actuador) conectado al robot. En caso que el dispositivo físico se encuentre conectado el bloque cambia de color, indicando con verde que el servicio brindado por dicho dispositivo está disponible y con gris que el servicio no está disponible. Esto permite disponer de un sistema simple y fácil de configurar para los estudiantes.

La plataforma Butiá, a diferencia de otros kits constructivos comerciales, presenta la característica de ser una plataforma abierta tanto en aspectos de software, hardware como de diseño, permitiendo a cualquiera que lo desee entender cómo está hecha, modificarla o apropiarse de la misma.

Además, va un paso más en esta idea, fomentando que el usuario pueda hacer sus modificaciones a la plataforma creando de forma simple nuevos sensores para el robot a partir de desechos tecnológicos. La arquitectura Butiá está diseñada para que agregar un nuevo sensor sea una tarea sencilla. Este aspecto fue producto de mucho esfuerzo en el momento de diseñar la plataforma, y es de gran importancia ya que creemos que las tecnologías abiertas permiten al usuario empoderarse de las mismas, permitiendo una experiencia educativa más rica y formando estudiantes más eficientes (2).

2.2.2. El trabajo con estudiantes y docentes liceales

El trabajo que se propone en el ámbito liceal, se basa en una perspectiva de la robótica pedagógica que sostiene que el trabajo con robots potencia el desarrollo del aprendizaje inductivo y por descubrimiento guiado, posibilitando el diseño de situaciones didácticas que permiten a los estudiantes construir su propio conocimiento (9) (10).

La propuesta del Butiá busca generar entornos de aprendizaje centrados en el trabajo de los propios estudiantes, donde las actividades son organizadas a partir de su interés, de manera que permitan explorar aspectos muy variados de distintas disciplinas.

Programar los comportamientos de un robot móvil, además del aprendizaje de conceptos básicos de programación, genera interés para los adolescentes y estimula su creatividad. También, en el contexto liceal, brinda la posibilidad de integración con diferentes áreas disciplinares - como matemáticas, ciencias experimentales, comunicación, filosofía, entre otras - lo que amplía la gama de propuestas de trabajo integradas a nivel de los centros educativos (9).

Se busca a través de esta propuesta potenciar el uso de las XO, aprovechar las características propias de la computadora, los programas y sensores que trae incluidos y de esa forma sacarle el máximo provecho a su uso, haciendo con ellas actividades que desafíen a los estudiantes.

Esta propuesta de trabajo desafía sin dudas a los docentes universitarios y a los docentes de educación media en el diseño de estrategias de enseñanza que sean coherentes con este marco, rompiendo con una forma tradicional arraigada del trabajo en clase.

A lo largo del desarrollo del Butiá, se ha podido constatar una gran creatividad en el trabajo realizado por los estudiantes y sus docentes, sacándole realmente provecho a la herramienta. Se han podido ver resultados muy alentadores en los aprendizajes de los estudiantes así como en la motivación de los mismos por las tareas (7).

Otro aspecto que fortaleció la propuesta fue el hecho de que los estudiantes generaran un vínculo emocional muy grande con sus computadoras; prueba de esto es la personalización que cada uno hace de su computador, agregándole stickers o ingeniándose para mostrar un nombre de usuario con logos creados a partir de caracteres especiales. Permitirles que sea **su computadora** la que se transforma en un robot móvil, genera mucho entusiasmo, despertado en parte por el sentido de pertenencia que genera su uso en este marco.

Son numerosas las instituciones educativas que a nivel mundial organizan competencias y exposiciones robóticas. En Uruguay desde el año 2004 la FIng organiza el evento Sumo.uy (11) cumpliendo entre sus objetivos que la sociedad en su conjunto sea partícipe de los avances en robótica e inteligencia artificial, ofreciendo un entorno abierto a todo público donde universitarios, liceales, adultos y niños pueden interactuar, plantear sus trabajos y plantear sus inquietudes relacionadas con la temática del evento. Se busca utilizar la competencia como elemento motivador para el aprendizaje, que permita fomentar el trabajo en equipo y compartir conocimientos.

En el marco de la edición 2011 de este evento se inauguraron dos nuevas categorías que hicieron posible la participación de equipos con el robot Butiá. Los liceos pudieron venir a participar con los Butiás entregados en el marco del Proyecto en 2010, y de esta manera mostrar el trabajo que estuvieron realizando durante el año.

Uno de estos desafíos fue llamado "Butiá Básico" (4) y consistió en la implementación de un robot seguidor de líneas capaz de evadir obstáculos (Figura 3). La arena donde se realizó el desafío fue de 3.20 x 3 metros. También hubo un desafío avanzado (5) que consistió en la clasificación de "productos". Este problema fue modelado con un dojho de sumo el cual representó el "área de clasificación" del cual el robot no debía caerse y pequeños cubos de colores para representar productos. Los cubos verdes representaban los productos buenos y los rojos los que tienen fallas. De esta forma el robot debía llevar fuera del área de clasificación los productos defectuosos y dejar dentro los que no presentan fallas. Este desafío fue resuelto por los estudiantes utilizando el plugin followMe (6), mostrando en la práctica que la computadora XO tiene sensores útiles para la robótica, como ser la cámara web.

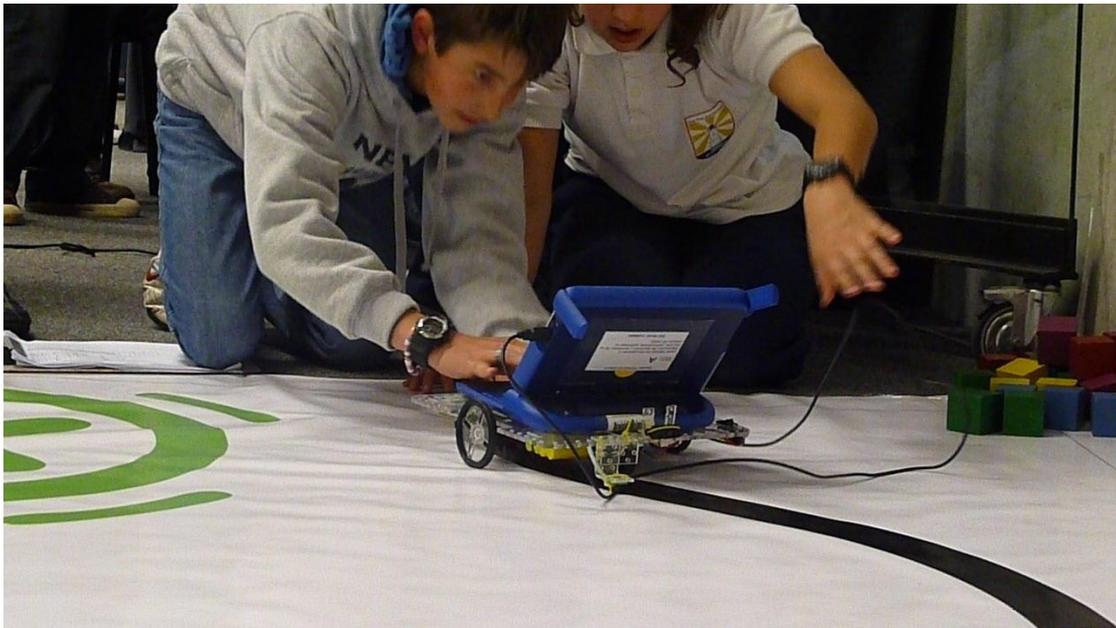


Figura 3: Estudiantes participando en la categoría Butiá del evento Sumo.uy del año 2011.

2.2.3. El trabajo con los estudiantes de FIng

La magnitud adquirida por el Proyecto Butiá, y la necesidad de brindar apoyo sostenido en el tiempo a los grupos liceales presentó el desafío de cómo afrontarlo con sólo muy pocos docentes en el grupo MINA.

La forma de resolver esta situación fue la creación de un curso electivo de grado Módulo Taller de extensión “Butiá/XO: plataforma robótica educativa – mtButiá” como un curso electivo de grado, dirigido a estudiantes de FIng de las carreras de Ingeniería en Computación e Ingeniería Eléctrica, con el requisito de contar con conocimientos básicos de programación.

En 2010 se realizó la primera edición del curso de 6 créditos, dirigido a estudiantes de FIng, con conocimientos previos básicos de programación. Desde entonces, el curso se brinda todos los años. La implementación en corto plazo de un módulo taller con estas características, de manera que 2 carreras de la FIng – Computación y Eléctrica- aprobaran darle créditos, reconociendo así al curso, probablemente en otro contexto institucional no hubiera sido tan sencillo. En este caso, se visualiza claramente cómo una política institucional – curricularización de la extensión- se plasma en el diseño de una actividad con carácter claramente integral.

Los objetivos del mtButiá se centran en dos aspectos: por un lado, desde un punto de vista técnico y disciplinar, formar a estudiantes en temas de programación y robótica, para que aprendan a controlar el robot Butiá y a extender sus funcionalidades, participando del desarrollo continuo del robot. Por otro, orientarlos en cómo enseñar programación y robótica, de modo de poder cumplir el rol de tutores para los grupos liceales participantes en el Proyecto Butiá.

En este proceso, los estudiantes de FIng comprenden los principios de funcionamiento y construcción de robots móviles y conocen los diferentes lenguajes de programación incluidos en las computadoras XO, así como tienen que enfrentarse a los desafíos de lograr comunicar sus conocimientos a un público no universitario.

Esta asignatura por lo tanto promueve claramente el vínculo entre la FIng y diferentes instituciones educativas públicas del país. En el desarrollo del curso, los estudiantes realizan visitas a liceos donde hacen presentaciones y talleres sobre el uso del robot, así como proponen actividades que promueven el aprendizaje de la programación y la robótica. En muchos casos, los vínculos establecidos a partir de esta instancia generan lazos que trascienden el curso (7).

Los docentes del mtButiá destacan como aspectos muy positivos el involucramiento y compromiso de los estudiantes FIng con el curso, más allá de lo que estrictamente se pide en el

mismo, así como lo bueno que resulta la colaboración con el Proyecto Butiá y la interacción de los estudiantes FIng con los docentes y estudiantes liceales. También se concibe al curso como una oportunidad para que los estudiantes de FIng se integren al Proyecto Butiá y se apropien del mismo.

En la opinión de los estudiantes que cursaron el mtButiá, recolectada a través de una encuesta de opinión aplicada al final del módulo, todos indican que sus expectativas respecto al curso se vieron colmadas y en varios casos fueron superadas. Los principales aspectos positivos del trabajo con docentes y estudiantes liceales, refieren - como en el caso de los docentes- al entusiasmo e interés mostrado por los estudiantes; mencionan la buena disposición a las propuestas, lo bueno del trabajo con grupos pequeños de estudiantes, lo enriquecedor del intercambio con estudiantes y docentes liceales, y el sentir que a través de su trabajo pueden fomentar el acercamiento a la robótica en una población diferente.

3 APORTES DEL PROYECTO BUTIÁ AL GRUPO MINA

Las experiencias de extensión universitaria llevadas adelante en el marco del Proyecto Butiá, fueron inicialmente una manera de financiar actividades de investigación para el grupo MINA. Pero estas nuevas actividades posibilitaron visualizar una problemática socio-educativa a la cual era posible dar una respuesta desde el trabajo de investigación del grupo docente, lo que habilitó el desarrollo científico en una nueva área.

Desde el punto de vista de aportes para la investigación, el desarrollo, construcción y extensión continua de las capacidades del robot - que surgen a partir de las necesidades del trabajo con el robot Butiá en distintos ámbitos- es sin dudas un motor para la investigación y crecimiento científico del grupo.

El robot ha sido valorado muy positivamente por científicos internacionales del área, y ha tenido reconocimiento en países de la región, por ejemplo en Brasil. Un aspecto a destacar de la plataforma que lo diferencia de otros kits robóticos educativos es su diseño abierto y libre, que fomenta que los estudiantes que trabajan con la misma puedan ser desarrolladores además de usuarios.

Así, la búsqueda por sostener estas nuevas actividades de extensión e investigación implicó el desafío para los docentes de afrontar con creatividad, el reto de generar estrategias didácticas para el diseño e implementación de actividades de enseñanza que potenciaran las de extensión e investigación.

Se diseñó entonces el curso de grado mtButiá que incluye una metodología de trabajo que favorece los aprendizajes de los estudiantes tanto en la disciplina como en el trabajo colaborativo; que abre las posibilidades de que estudiantes se vinculen a un grupo de investigación, teniendo la oportunidad de investigar, incluso desde el inicio en la carrera; que los desafía a comunicar sus conocimientos a otros, potenciando sin dudas el aprendizaje -aprende realmente aquel que puede enseñar-.

El trabajo en las extensiones del robot, en el marco del curso mtButiá, donde participan varios estudiantes muy jóvenes, favorece el vínculo con el grupo desde el inicio de la carrera y la posibilidad de crecer en ese perfil de investigación, lo que acerca a más personas al grupo y genera masa crítica para seguir creciendo y posicionándose dentro de la FIng.

Además, con el Proyecto Butiá no sólo se desarrolla un robot educativo sino que también emerge una nueva línea de investigación para el grupo, la vinculada con la robótica educativa o robótica pedagógica.

Para todos los docentes participantes, la experiencia del Butiá es sin dudas muy buena. El poder *volcar, llevar, mostrar, transferir tecnología a la sociedad* aparece como el aspecto más positivo de la experiencia. Se destaca también el considerar útil lo que se ha logrado.

También los docentes del Proyecto valoran especialmente el trabajo realizado por los liceales y sus docentes, la creatividad mostrada, y el provecho que han sacado estos actores no universitarios a la herramienta.

Sin embargo, también se pueden identificar tensiones. El grupo en su conjunto visualiza que el desarrollo continuo del Proyecto en los liceos se sostiene básicamente a través de la participación, interés personal y entusiasmo de docentes puntuales, que convocan a sus estudiantes, los motivan a continuar, se mantienen en contacto con el grupo, y no se visualiza tan claramente el soporte institucional que esperarían, dadas las dimensiones del proyecto.

Agradecimientos

A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII- Uruguay) por la financiación del Proyecto “Sistema robótico constructivo programable de bajo costo para uso educativo- Butiá”.

A la Unidad de Extensión de la Facultad de Ingeniería por el apoyo en la financiación del Módulo Taller de extensión “Butiá/XO: plataforma robótica educativa – mtButiá”.

A la Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM-UdelaR) por financiar el proyecto de sistematización de experiencias “RecordIng: media década haciendo extensión en robótica”.

A Walter Bender, director ejecutivo de Sugar Labs y desarrollador de Turtle Blocks por los innumerables agregados en la programación de Turtle Blocks permitiendo al equipo implementar muchos de los requerimientos necesarios para dar soporte a la plataforma Butiá en dicho software.

Referencias

1. Agencia Nacional de Investigación e Innovación. www.anii.org.uy, visitada Mar/2012.
2. Bender, W.; Forster, T., Trinidad, G.; Aguirre, A.; Andrade, F., Aguiar, A., Tejera, G.; Benavides, F. (2012). Turtle Sensors: How open hardware and software can empower students and communities, wiki.sugarlabs.org/images/1/13/Turtle_sensors.pdf, visitada May/2012
3. Butiá – Proyecto Butiá. www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia, visitada May/2012
4. Desafío Butiá básico, www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/files/desafio_basico_sumo_2011.pdf, visitada en May/2012
5. Desafío Butiá avanzado, www.fing.edu.uy/inco/eventos/sumo.uy/Documentos/reglamentoButiaAvanzado.pdf visitada en May/2012
6. Plugin *FollowMe*. www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/FollowMe, visitada May/2012
7. One Laptop Per Child. one.laptop.org/, visitada May/2012
8. Otegui, X.; Recalde, L.; Andrade, F. “RecordIng: integración de funciones universitarias a partir de la robótica”. En: Apuntes para la Acción II. Extensión Libros. 2012
9. Plan Ceibal. www.ceibal.org.uy/, visitada May/2012
10. Ruiz-Velazco, E (2007). Robótica Pedagógica. UNAM. http://cecte.ilce.edu.mx/seiem/file.php/12/sesion12/lec-rec/robotica_pedagogica.doc
11. Odorico, H (2005). La robótica desde una perspectiva pedagógica. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Vol 2 (5), 33.48. <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lie/Revista/Articulos/020205/A4ago2005.pdf>
12. Sumo.uy. www.fing.edu.uy/inco/eventos/sumo.uy/