

# Butiá, transformando tu XO en un robot móvil programable

Facundo Benavides<sup>1</sup>, Andrés Aguirre<sup>2</sup>, Federico Andrade<sup>3</sup>

{fbenavides, aaguirre, fandrade}@fing.edu.uy

## Resumen

El presente artículo describe el trabajo desarrollado por el grupo de investigación en Inteligencia Artificial y Gestión de Redes (MINA) perteneciente al Instituto de Computación (InCo) de la Facultad de Ingeniería (FIng-UdelaR) , en el marco del Proyecto Butiá.

Durante 2009-2010, el grupo MINA implementó el Proyecto “*Butiá: Sistema robótico constructivo programable de bajo costo para uso educativo*” [1] financiado por la ANII [2] y apoyado por la Unidad de Extensión de la FIng. El objetivo fue crear una plataforma robótica simple y económica -robot *Butiá*- que permitiera a estudiantes y docentes de liceos públicos del Uruguay[3], interiorizarse en la programación de robots móviles. Desde esa fecha a esta parte el proyecto ha venido creciendo y , por consiguiente, ampliando los objetivos definidos originalmente.

## El proyecto butiá

### Objetivos

El Proyecto Butiá se basa en cuatro ideas principales, las cuales toman como objetivo a perseguir:

- *Acercar la robótica a los estudiantes de enseñanza inicial y media de todo el país.* La robótica, gracias al avance de la tecnología, gana terreno día a día y cada vez más se vuelve parte de nuestro cotidiano. Es importante que las nuevas generaciones no queden por fuera de este conocimiento, no solo del uso de los robots, sino también de su funcionamiento y sus principios básicos. Lamentablemente, las condiciones necesarias para el desarrollo de estos conocimientos no son iguales en los centros públicos de enseñanza que en los privados. Por tal motivo, este

---

<sup>1</sup> Profesor Asistente, FING, UdelaR

<sup>2</sup> Profesor Asistente, FING, UdelaR

<sup>3</sup> Profesor Ayudante, FING, UdelaR

proyecto se plantea contribuir en la disminución de la brecha tecnológica existente entre los centros de enseñanza públicos y privados del Uruguay.

- *Integrar la robótica al trabajo diario de los estudiantes.* Un robot es una herramienta pedagógica realmente fuerte ya que logra atraer la atención de los estudiantes gracias a la interacción del mismo con el entorno permitiendo obtener resultados visuales inmediatos. Además, trabajar con robots desarrolla en el estudiante el razonamiento y es una forma de hacer tangible conceptos abstractos. En muchos casos esto facilita la tarea del docente al permitirle ganar la atención del estudiante para desarrollar un trabajo pedagógico de mejor calidad y con mayor transferencia de conocimientos. Asimismo, el trabajo con un robot no solo permite abordar contenidos de programación, ciencias de la computación o teoría de control. De hecho, estos suelen ser una buena excusa para recordar y aplicar conceptos del programa curricular como: álgebra, trigonometría, lógica y física, entre otras.
- *Promover el descubrimiento de la vocación.* Acercar el robot a los estudiantes y fomentar el trabajo con el mismo, permite que ellos experimenten actividades relacionadas a la programación, robótica y en algunos casos, mecánica. Esto conlleva, en algunos casos, a un temprano descubrimiento de sus gustos, habilidades y orientación vocacional.
- *Fomentar el desarrollo comunitario de la plataforma.* En este sentido estamos convencidos de que las soluciones abiertas permiten una experiencia educativa más rica. Parte de este principio es llevado un nivel más allá en el diseño de la arquitectura del robot, el mismo fue realizado permitiendo que exista poca complejidad en la interacción de los sensores con el resto del robot, dejando las puertas abiertas a los estudiantes que quieren dar un paso más y elaborar sus propios sensores a partir de elementos de fácil adquisición en el mercado o incluso a partir de desechos tecnológicos.

## Desarrollo del proyecto

El Proyecto Butiá es mucho más que solamente un robot. Integra las siguientes actividades de **investigación, extensión y enseñanza universitarias**: diseño de la plataforma robótica Butiá; fabricación de robots; entrega de robots a 27 liceos públicos del país; formación de estudiantes de FIng –a partir del diseño de un nuevo curso de grado- para continuar extendiendo las funcionalidades y mejorando el robot, así como brindar apoyo y formación a docentes y estudiantes de los liceos involucrados; y talleres de robótica en más de 50 instituciones de todo el país para más de 2000 estudiantes y decenas de docentes.

## *El robot Butiá*

El proyecto Butiá se apoya en las computadoras del programa OLPC proporcionadas por el gobierno Uruguayo al sistema de educación pública en el marco del Plan Ceibal. Aprovechando que todos los estudiantes disponían -desde 2008- de una computadora personal “XO” o “Ceibalita”.

Surgió en este contexto la motivación de, aprovechando las capacidades inherentes de procesamiento y sensado (CPU, cámara, micrófono), transformar la XO en un robot autónomo móvil. Para que esto fuera posible el grupo debió desarrollar electrónica adicional para integrar las distintas componentes de hardware: XO, motores y nuevos sensores, de forma transparente y fácilmente comprensible. La capacidad sensorial del robot no debía quedar limitada por lo que dispone la XO en base al micrófono y la cámara, además de necesitar movilidad a través del control de motores.

El robot se distribuyó en setiembre del 2010 en formato de kit, donde por un lado se encontraba con dispositivos de sensado y actuación, una plataforma con ruedas, lugar para conectar dichos dispositivos y piezas para permitir colocar los dispositivos en diferentes posiciones sobre la plataforma, con el fin de adaptar el robot a las necesidades de una gama variada de problemas que podría resolver.

Transformar la XO en un robot móvil permite que los alumnos puedan, de forma económica, potenciar el uso de las XO desde la perspectiva de la robótica pedagógica. La cual fomenta el desarrollo del aprendizaje inductivo y por descubrimiento guiado, posibilitando el diseño de situaciones didácticas que permiten a los estudiantes construir su propio conocimiento[4], esta propuesta busca generar entornos de aprendizaje centrados en la actividad de los propios estudiantes. 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.

## **Tomando el control**

El desafío a la hora de trabajar con robots autónomos es especificar de que manera el robot va a reaccionar como consecuencia del sensado de ciertas propiedades del ambiente. Especificar como un robot transforma lo sensado en información útil para emprender acciones, es usualmente conocido con el nombre de comportamientos robóticos y es una de las grandes áreas de investigación dentro de la robótica autónoma. La forma en que se pueden implementar dichos comportamientos en un computador es mediante un programa, esa es la parte que los alumnos realizan en su XO y para que les fuera accesible

fue necesario desarrollar Actividades<sup>1</sup> que permitieran poner al alcance de los estudiantes conceptos de las ciencias de la computación, los elementos sensoriales y de actuación del robot para programar los comportamientos.

Existen varias actividades Sugar que pueden ser utilizadas para programar el comportamiento del robot, como ser Pippy, Followme, Butialo, TortuBots.

Algunas de estas como es el caso de TortuBots está basado en la actividad Tortugarte la cual ya es conocida y empleada por los escolares en clase. Tortugarte es un entorno de programación gráfico inspirado en Logo, permite poner a la altura de los niños los conceptos de programación siendo un punto de entrada para los principiantes y a la vez permite aumentar las capacidades de programación para los estudiantes más aventurados. El grupo desarrolló un plugin para tortugarte el cual es distribuido mediante una Actividad Sugar [8]. Esta aplicación además, le dio al proyecto visibilidad internacional y permitió establecer lazos con investigadores fuera del país.



Figura 1: Niño utilizando el robot Butiá en talleres realizados en el marco del evento sumo.uy

Dado el origen académico del proyecto se generan los espacios y el ambiente propicio para realizar actividades de investigación y prototipación de nuevas ideas y soluciones técnicas relacionadas con la

---

<sup>1</sup> Actividades es como se conoce a los programas en el contexto del sistema Sugar que viene incluido en las computadoras XO

robótica educativa. Las cuales pueden ser luego puestas a prueba mediante las actividades de extensión que son llevadas a cabo por el grupo. Fomentando el espacio ideal para mejorar el proyecto como el uso del mismo en las instituciones educativas.

### **Manteniendo el vínculo**

El proyecto busca lograr mecanismos para mantener activo el robot y a los estudiantes interesados, fomentando y motivando su uso. No es una tarea fácil y muchas veces es un desafío que supera en complejidad a los desafíos técnicos. A continuación se detallarán algunas de las actividades que se han venido realizando en el marco del proyecto con el fin de hacer mantenible y sustentable el proyecto.

#### *Asignatura Robótica educativa*

Para poder multiplicar la experiencia realizada y brindar un apoyo sostenido a los estudiantes de liceos involucrados en el proyecto, originalmente, se diseñó e implementó un nuevo módulo de taller “Taller Butiá/XO: plataforma robótica educativa” para las carreras de Ingeniería en Computación y Eléctrica. Los principales objetivos fueron formar a los estudiantes de FIng en aspectos relacionados con la programación y la robótica, y orientarlos para que puedan realizar el apoyo antes mencionado cumpliendo el rol de tutores o referentes de los liceos que tienen a su cargo un Butiá. Es también una oportunidad para difundir el proyecto entre los estudiantes terciarios que ha permitido, además, que muchos se integren, se comprometan y lo hagan propio. Hoy día, lo que durante el 2010 y el 2011 fue una asignatura en formato de módulo taller, ha sido aprobada como asignatura electiva de grado “Butia: Robótica educativa” dictándose para las carreras de computación, eléctrica y tecnólogo en informática.

#### *sumo.uy 2011*

Son numerosas las instituciones educativas que a nivel mundial desarrollan competencias y exposiciones robóticas.

En nuestro país, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República es pionera. Desde 2004, año a año el evento sumo.uy [5] ha cumplido con éxito su misión: hacer que la sociedad sea partícipe, y no mero testigo de los avances en robótica e inteligencia artificial.

**Sumo.uy** ofrece un entorno abierto a todo público, donde universitarios, liceales, adultos y niños, uruguayos en general y extranjeros pueden interactuar, presentar sus trabajos y plantear sus inquietudes relacionadas con la temática del evento.

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 que dimos en el año 2010, y de esta manera mostrar el trabajo que estuvieron realizando.

Uno de estos desafíos fue llamado "Butiá Básico" [9] y consistía en la implementación de un robot seguidor de líneas capaz de evadir obstáculos. 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.

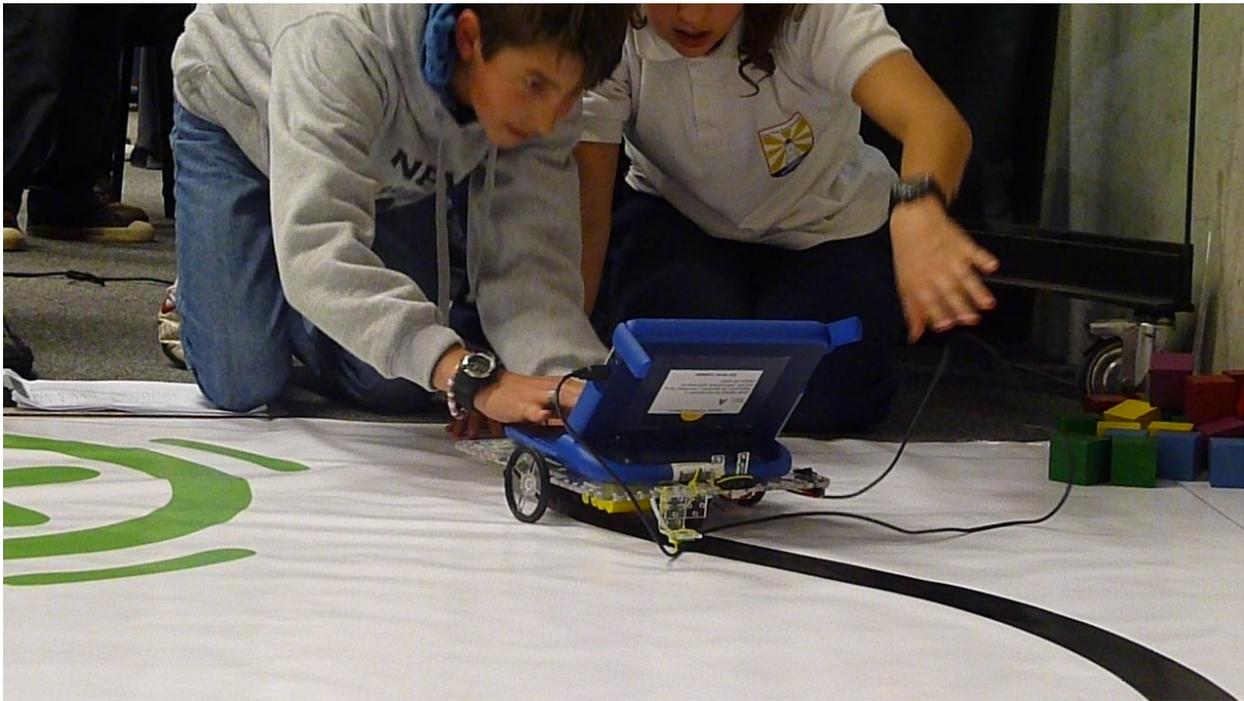


Figura 2: Liceo 1 Colonia trabajando en el Sumo.uy 2011

### *Talleres*

Desde setiembre 2010 el grupo a realizado más de 50 talleres utilizando el robot Butiá, llegando aproximadamente a 2000 jóvenes estudiantes de educación primaria, secundaria y UTU. Algunos son realizados en los liceos que disponen del robot entregado por la FIng, aunque la minoría ya que muchos

centros que no disponen el robot nos piden realizar talleres en los cuales utilizamos robots Butiá que disponemos en nuestro laboratorio. Pese a que originalmente la población a la cual el proyecto deseaba llegar eran estudiantes liceales, luego de la experiencia de los talleres en las escuelas pudimos observar que los niños son los que más se motivan con el uso del robot. Parte de este entusiasmo parece radicar en el gran vínculo afectivo que ellos tienen con sus computadoras y el hecho de que son sus computadoras las que se transforman en el robot con el cual trabajan y es ese sentido de pertenencia el que parece despertar un gran vínculo con el robot Butiá. Otra gran ayuda al trabajar con niños es el hecho de que en la mayoría de las escuelas disponen de conocimientos con la actividad Tortugarte / Turtle Blocks de Sugar y dado que el robot Butiá posee una paleta para trabajar con dicha actividad, permite que la curva de aprendizaje sea menos empinada, redundando en un mayor aprovechamiento del tiempo de taller.

## **Planes actuales y trabajo a futuro**

Actualmente el grupo MINA trabaja en el desarrollo de una nueva versión del robot. Esta versión, a diferencia de la anterior es un desarrollo 100% UdelaR, está basada en el proyecto de grado “USB4all: Plataforma genérica para comunicación con dispositivos electrónicos” [10]. A partir de la experiencia generada en ese proyecto y la obtenida en el desarrollo del robot Butiá se realizó un diseño de placa controladora llamado USB4butiá teniendo como objetivo primordial el permitir realizar la construcción de la misma mediante técnicas manuales y con materiales de fácil adquisición en el mercado uruguayo o incluso reaprovechando desecho tecnológico. La motivación principal detrás de este diseño es que además de ser un diseño abierto, la plataforma sea libre, libre en el sentido de que no exista una barrera al momento de la construcción y que cualquiera que desee tener un robot pueda armarlo, lo que permite la multiplicación del robot en diferentes puntos del país. Para multiplicar el proyecto y hacer uso de los beneficios del nuevo diseño se van a realizar en este año talleres en los cuales se capacitará a los interesados en el armado de robots Butiá basados en este diseño con el objetivo de que el acceso a cierta tecnología no siga siendo un impedimento para trabajar en robótica.

El equipo también tiene interés en realizar estudios sobre el efecto del uso del robot sobre los estudiantes uruguayos con los que hemos trabajado. Principalmente para conocer si la motivación que se manifiesta en los estudiantes a la hora de trabajar con el robot se mantiene en el tiempo. Además, es de interés conocer en forma cuantitativa y cualitativa en qué medida han sido beneficiados estos estudiantes, comparado con los estudiantes que no trabajan con robots en su cotidiano.

El equipo de trabajo fomenta la importancia de la robótica a través de talleres con estudiantes tanto a nivel escolar como liceal. Se espera seguir realizando estos talleres con los objetivos de fomentar el uso de los robots en la educación y compartir el conocimiento con las nuevas generaciones.

Por otro lado recientemente se hizo pública la noticia de que Uruguay compró 60000 computadoras XO 1.75. Este equipo es de gran interés para el grupo ya que posee más sensores internos que las versiones anteriores. Entre los sensores disponibles se puede encontrar acelerómetro, sensor de luz y brújula, los cuales son de gran importancia para utilizar en actividades de robótica y además fomenta el diseño de la arquitectura Butiá, la cual busca siempre reutilizar al máximo las capacidades de la computadora XO.

## Referencias

- [1] Butiá, "Proyecto butiá," Agosto 2010, <http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/>.
- [2] ANII, "Agencia nacional de investigación e innovación," Febrero 2011, <http://www.anii.org.uy/web/>.
- [3] CES, "Centro de educación secundaria," Febrero 2010, <http://www.ces.edu.uy/ces/>.
- [4] S. Colorado, M. María, and A. Gauthier, "Ambientes de aprendizaje con robótica pedagógica," Ingeniería Eléctrica y Electrónica - Universidad de los Andes, Memo de Investigación IEL 2003-001, 2005.
- [5] sumo.uy, "Campeonato de sumo robótico," Agosto 2010, <http://www.fing.edu.uy/inco/eventos/sumo.uy/>.
- [6] Follow Me, <http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/FollowMe>
- [7] Ceibal, "Portal del plan ceibal," Agosto 2010, <http://www.ceibal.edu.uy/>.
- [8] TortugarteButiá, Actividad sugar, <http://activities.sugarlabs.org/es-ES/sugar/addon/4434>
- [9] Actividades Butiá realizadas en el marco del evento sumo.uy, setiembre 2011, [http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/Resumen\\_sumo\\_2011\\_desaf%C3%ADo\\_Buti%C3%A1](http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/Resumen_sumo_2011_desaf%C3%ADo_Buti%C3%A1)
- [10] USB4all, <http://www.fing.edu.uy/inco/grupos/mina/pGrado/pgusb/main.php>