

Una experiencia de curricularización de la extensión a partir de la robótica

Federico Andrade, Andrés Aguirre, Ximena Otegui

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

Facultad de Ingeniería - Universidad de la República

Montevideo, Uruguay

Resumen

El grupo de investigación de Inteligencia Artificial y Gestión de Redes perteneciente al Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería implementó durante 2009-2010 el proyecto “Sistema robótico constructivo programable de bajo costo para uso educativo - Butiá”.

En el marco de este proyecto se creó una plataforma robótica simple y económica – denominada robot Butiá- diseñada para que estudiantes y docentes de la educación pública primaria y media pudieran interiorizarse en la programación del comportamiento de robots móviles.

En el 2010 surgió la necesidad de crear un vínculo estrecho entre este grupo de investigación y los usuarios del robot Butiá externos a la universidad. Esto generó el surgimiento del curso Butiá/XO en el cual los estudiantes se capacitan en robótica para luego volcar éste conocimiento en la enseñanza pública de todo el país.

Luego de una larga evolución el curso derivó en un conjunto amplio de actividades. Las principales son talleres, participación en eventos, en competencias robóticas y presentaciones orales de proyectos a público general.

Introducción

La Facultad de Ingeniería (en adelante FIng) de la Universidad de la República (en adelante Udelar) [1] ha realizado en los últimos 5 años diferentes esfuerzos para brindar a sus estudiantes experiencias de formación académica que integren las 3 funciones universitarias principales: enseñanza, investigación y extensión.

El año 2009 fue un hito en este sentido, debido a que resoluciones institucionales de la Udelar pusieron el foco en el diseño de propuestas que permitieran a los estudiantes tener experiencias de extensión universitaria desde el inicio de sus carreras; y más aún, que éstas estuvieran enmarcadas en actividades curriculares de enseñanza que otorgan créditos y que están integradas con la investigación. [2]

Para su implementación, la Udelar definió la creación de Espacios de Formación Integral (EFIs) mediante los cuales buscó impulsar la curricularización de la extensión así como la integración de funciones. En la FIng, varios equipos docentes que contaron con el apoyo de la Unidad de Extensión (UEX) [3] y la Unidad de Enseñanza (UEFI) [4], trabajaron en el diseño e implementación de diversas experiencias que apuntarían a la generación de EFIs. [5]

Entre estos equipos docentes se encuentra uno que ha llevado adelante, a través de un curso, la experiencia de curricularización de la extensión e integración de funciones universitarias a partir de la robótica. [9]

Se presentan en este trabajo la experiencia, dificultades y aprendizajes que implicaron a este equipo docente llevar adelante la propuesta y darle sostenibilidad a lo largo de los años.

Antecedentes

El Proyecto Butiá

El grupo de investigación de Inteligencia Artificial y Gestión de Redes (MINA) perteneciente al Instituto de Computación (InCo) [6] de la FIng implementó durante 2009-2010 el proyecto “Sistema robótico constructivo programable de bajo costo para uso educativo- Butiá”. [7]

En el marco de este proyecto se creó una plataforma robótica simple y económica – denominada robot Butiá- diseñada para que estudiantes y docentes de la educación pública primaria y media pudieran interiorizarse en la programación del comportamiento de robots móviles.

Este proyecto se apoyó en las computadoras del Plan Ceibal [8] y en este marco se incrementaron las capacidades sensoriales y de actuación de la computadora XO (del proyecto OLPC) mediante hardware y software adicional (el robot Butiá), transformando la computadora entregada por el Plan Ceibal en una plataforma robótica móvil con capacidades de interacción con el entorno. El robot Butiá se distribuye en formato de *kit*, permitiendo, mediante piezas de acrílico, cambiar la ubicación de los sensores externos a utilizar sobre la plataforma conforme al objetivo o uso particular que se persiga. A lo largo de la evolución del proyecto se logró tener una plataforma robótica reproducible con materiales electrónicos de fácil obtención en el mercado y con alternativas recicladas para cada componente del robot. Además se desarrollaron dispositivos que permiten a los estudiantes y docentes más curiosos crear sus propios sensores. Finalmente, en las últimas etapas del proyecto se desarrolló una plataforma que puede ser controlada y programada desde tablets y celulares con android.

Inicialmente se entregaron 27 robots y los años siguientes se continuaron entregando robots como material educativo que acompañaba la formación en los cursos de robótica educativa para docentes. Un año de referencia máximo para el grupo fué el 2014, donde se entregaron 162 robots. Además, muchas personas, especialmente niños, han fabricado su propio robot Butiá utilizando los instructivos que están disponibles en la wiki Butiá[ref]. Como consecuencia del proyecto también emergieron emprendimientos que ofrecen comercialmente el robot.

Formación en robótica en la FIng - EFI Butiá

El crecimiento del Proyecto Butiá, en un marco institucional de énfasis en el desarrollo de actividades integradoras, posibilitó el surgimiento del EFI Butiá. Este EFI surge de la integración de diferentes propuestas del grupo docente del MINA que a partir de 2010, logra articular de manera armónica varias de sus actividades de investigación, enseñanza de grado y extensión universitaria, teniendo como tema central a la robótica. [10]

En este marco el equipo docente tuvo el desafío de trabajar en 3 aspectos que se complementan y retroalimentan: i) el diseño del robot Butiá, ii) el trabajo directo con estudiantes y docentes de enseñanza primaria y secundaria, desde una perspectiva de la

robótica educativa, 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.

Como consecuencia de lo expresado en el párrafo anterior en 2010 se creó el curso de grado denominado inicialmente módulo taller de extensión *Butiá/XO: plataforma robótica educativa – mtButiá* dirigido a estudiantes de FIng de las carreras de Ingeniería en Computación e Ingeniería Eléctrica.

Objetivos

Los objetivos de este curso se han centrado principalmente en tres aspectos: por un lado, desde un punto de vista técnico y disciplinar, formar a estudiantes en temas de programación y robótica. Por otro lado aprender a controlar el robot Butiá y a extender sus funcionalidades, participando del desarrollo continuo del robot e integrando a los estudiantes al proyecto. Finalmente orientarlos en cómo enseñar programación y robótica, de modo de poder cumplir el rol de tutores en el trabajo con estudiantes y docentes de enseñanza primaria y secundaria que utilizan el robot Butiá en todo el país..

Las actividades realizadas por nuestros estudiantes en los centros de educación, permiten que tomen contacto con el público objetivo de la plataforma, permitiéndoles identificar oportunidades para llevar adelante su trabajo de desarrollo de nuevas funcionalidades.

Desde 2010 hasta hoy el curso ha sufrido modificaciones tanto en sus contenidos como en su metodología de trabajo, sin perder sus objetivos originales, promoviendo el vínculo entre la FIng y diferentes instituciones educativas del país.

Desarrollo y evolución del curso

El curso inicialmente denominado módulo taller de extensión *Butiá/XO: plataforma robótica educativa* ha sufrido varios cambios desde su creación en 2010 hasta su actual versión 2015 denominada *Butiá: robótica educativa*.

Primera etapa

En sus primeros dos años (2010-2011) la asignatura se ofrecía con un cupo para 12 estudiantes de grado de las carreras computación, eléctrica y mecánica en el marco de los Módulos de Extensión (en adelante MdEx). La FIng denomina típicamente así a cursos electivos para diversas asignaturas donde se busca que los estudiantes tomen contacto con realidades concretas, en relación a las cuales deberán actuar de manera profesional y al egresar de la asignatura se espera que hayan recibido aportes a su formación integral a partir de la adquisición de experiencia en actividades prácticas de su disciplina y del relacionamiento con la sociedad [5]. En general, los MdEx están asociados a cursos de poca dedicación horaria y en modalidad de taller, con una nota de aprobación binaria -aprobado/no aprobado- sin utilizar la escala de calificación.

Durante las dos primeras ediciones, el objetivo principal estuvo centrado en brindar soporte al proyecto *Butiá* [7]. En este sentido, desde el punto de vista de las actividades de extensión, el curso se centraba en la preparación de los estudiantes para que a partir de los aprendizajes logrados en el curso, pudieran llevar adelante talleres dirigidos a otros estudiantes y docentes de enseñanza primaria y secundaria de todo el país. Como complemento, se promovía también la participación en el campeonato nacional de robótica Sumo.uy [14], donde los estudiantes del MdEx debían brindar soporte a los competidores de la categoría *Butiá* (alumnos de primaria y secundaria que venían a participar exclusivamente con el robot *Butiá*) durante la competencia.

Desde el punto de vista del desarrollo e investigación, los estudiantes del MdEX tenían como tarea pensar y desarrollar una nueva función para el robot *Butiá* [19] de forma de ampliar las capacidades del robot. Luego, al final de cada año los estudiantes universitarios (el grupo completo) habían desarrollado alrededor de 5 nuevas funcionalidades del robot que eran publicadas y promocionadas a los usuarios de la plataforma a través de la página web del proyecto y las actividades de difusión. Como consecuencia, muchos estudiantes y docentes de primaria y secundaria que eran usuarios de la plataforma incorporan estas mejoras a sus robots.

Segunda etapa

En 2012, surgieron nuevas necesidades tanto desde la sociedad hacia la universidad como internas de la universidad. En primer lugar existía una demanda muy alta de talleres con el robot *Butiá* por parte de educación primaria, secundaria y técnica. A su vez, los estudiantes

que se inscribían para cursar la asignatura eran cada vez más (alrededor de 60 siendo que el cupo era para 18 - en el 2011 aumentó). Además ese año ANTEL [11] apoyaba económicamente al proyecto Butiá, lo que permitió amalgamar el curso y el proyecto de una mejor manera. Todos estos hechos fueron disparadores de algunos cambios importantes en el curso. A raíz del contexto presentado se decidió pasar la asignatura de *módulo de extensión* a *electiva*. La asignatura que orgaba 6 créditos, un equivalente a 90 horas de trabajo pasó a tener 8 créditos que implican 120 horas de trabajo por parte de los estudiantes. También se amplió el cupo a 30 estudiantes de facultad. Además se creó un cupo para estudiantes del Tecnólogo Informático - UTU [12] de 12. Es decir que el curso pasó a tener 42 estudiantes.

En cuanto a contenidos se distribuyó de la siguiente manera: clases teóricas, prácticos, prueba eliminatoria, talleres de sensibilización, participación en el sumo y trabajo grupal de desarrollo/investigación. En la primera etapa no existía prueba eliminatoria ni prácticos formales.

Es importante destacar que todas estas actividades se realizaban únicamente con el robot Butiá.

Otro aspecto importante fue que a partir del 2012 pasaron a integrar el grupo docente estudiantes de la carrera que habían sido alumnos del mismo en el 2010 y que mantuvieron el vínculo con el equipo docente y con el grupo MINA. Existen otros estudiantes también que se han mantenido unidos al grupo MINA trabajando en diferentes proyectos a raíz de haberse vinculado a través del curso.

En el 2013 y 2014 el curso sufrió modificaciones pequeñas. Se pasó a trabajar con la versión 2.0 del robot Butiá (consecuencia del nuevo desarrollo liberado por el proyecto). Los estudiantes pasaron a realizar 2 talleres en el medio en lugar de 1, dado que nuevamente la demanda de escuelas y liceos había crecido. También las actividades en el evento Sumo.uy [14] pasaron a ser más en cuanto a horas presenciales de los estudiantes en el evento (también consecuencia de un aumento significativo en la cantidad de competidores en el Sumo). Como aspecto más destacado en contenido teórico se agregó una unidad denominada *robótica educativa* en la cual se le transmitía a los estudiantes cómo (desde un punto de vista teórico) llevar adelante un taller de robótica teórico/práctico con grupos de niños y adolescentes. El objetivo de incluir este contenido buscó compensar las dificultades de comunicación, trabajo en grupo y manejo de grupos por parte de los estudiantes de ingeniería. Logrando así mejores resultados en la implementación de los talleres en el medio

extensión	sensibilización en liceos de todo el país y en eventos. Capacitación de docentes en el evento Sumo.	sensibilización en escuelas y liceos en todo el país y en eventos. Soporte a competidores en el Sumo.uy	sensibilización en Antel. Soporte a competidores en el Sumo.uy. Capacitación de docentes.	sensibilización en Antel. Soporte a competidores en el Sumo.uy. Capacitación de docentes.	sensibilización en Antel. Soporte a competidores en el Sumo.uy. Capacitación de docentes.	sensibilización en Antel. Soporte a competidores en el Sumo.uy. Capacitación de docentes.
Robots	Butia 1.0	Butiá 1.0	Butia 1.8	Butia 2.0	Butiá 2.0	Butiá 2.0 Lego NXT Fisher Technics TX/LT

Tabla 1: *Evolución del curso*. La tabla muestra las principales actividades del curso y su evolución desde el 2010 al 2015.

Esta asignatura por lo tanto promueve fuertemente 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 al curso.

En cuanto a sus contenidos, 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.

El Espacio de Formación Integral

La asignatura *Butiá/XO* se ha enriquecido y complementado con diferentes actividades que lleva adelante el EFI Butiá, enmarcadas en las tres funciones universitarias: investigación, enseñanza y extensión. Desde la perspectiva de estas tres funciones es que se integra a varias actividades llevadas adelante por el EFI Butiá.

1- Campeonato robótico Sumo.uy

Desde el nacimiento del Proyecto Butiá se ha utilizado el evento Sumo.uy como plataforma para consolidar diferentes actividades del EFI. La diversidad de actores que participan del evento, estudiantes: escolares, de formación media, técnica, universitarios; aficionados a la robótica, egresados universitarios, investigadores e involucrados a la industria. Esta confluencia de actores permite ser una gran oportunidad para presentar desarrollos obteniendo retroalimentación y por ende enriquecimiento en desarrollo técnico de la plataforma.

En la *figura 1* se muestran estudiantes del curso realizando diversas actividades e interactuando con público en general.



Figura 1: *Estudiantes del curso en talleres y eventos.* Estudiante del curso resolviendo un desafío del evento Sumo.uy (arriba). Estudiantes del curso participando de un evento (Ingeniería de muestra) y explicando/ayudando a usuarios y público en general sobre el uso del robot Butiá (abajo).

2- Cursos de formación de formadores

En lo relativo a las actividades de formación a docentes en robótica educativa, desde el proyecto Butiá se han utilizado dos estrategias de involucramiento de los docentes :

1. Propuestas de desafíos robóticos como apoyo para que el docente pueda aplicar una metodología orientada a proyectos en sus clases, utilizando el robot como herramienta didáctica con el fin de lograr mantener la motivación de los estudiantes

Una experiencia de curricularización de la extensión a partir de la robótica

Federico Andrade, Andrés Aguirre, Ximena Otegui

Facultad de Ingeniería - Universidad de la República - Montevideo, Uruguay
mediante la participación en las competencias. Los estudiantes del curso han apoyado mediante tutorías a los docentes interesados en participar con sus estudiantes en el evento.

2. Propuestas de formador de formadores para docentes de primaria, secundaria y educación no formal a través de cursos en modalidad educación permanente o “incompany” (compra de cursos para docentes por instituciones o programas nacionales como ANTEL, Prociencia y Centros MEC).

3- Investigación y desarrollo

Desde lo relativo a investigación y desarrollo, se presenta la oportunidad para prototipar muchos proyectos asociados al robot Butiá. Esto se realiza a partir del curso y utilizando como herramienta los trabajos de laboratorio que los estudiantes deben realizar en el marco del curso. Muchos de estos trabajos que comienzan como propuestas en los trabajos de laboratorio del curso consiguen alcanzar el nivel de prototipo.

Unas semanas antes al inicio de la tarea de laboratorio los docentes unifican un conjunto de propuestas obtenidas de 4 fuentes distintas:

- docentes del curso
- estudiantes del curso (ellos mismos pueden proponer proyectos)
- usuarios del robot Butiá (internos o externos a la universidad)
- comunidad Butia (alumnos, docentes, particulares que forman tienen interés en el proyecto)

Una vez unificadas estas propuestas se le presentan a los estudiantes del curso *Butiá/XO* como posible trabajo de laboratorio. Existen varios casos exitosos en donde estos prototipos fueron el punto de partida de proyectos más grandes.

Muchos de los prototipos desarrollados fueron *plugins* (extensiones) para TurtleBlocks [15]. TurtleBlocks es un entorno de programación inicial, gráfico, orientado a bloques, donde mediante el encastrado de los bloques se programa un algoritmo para controlar una tortuga en la pantalla (inspirado en el entorno Logo de Papert).

El grupo de investigación MINA mantiene una distribución de TurtleBlocks orientada a la robótica, donde se sustituye al personaje de la tortuga por un robot. Esta distribución basada en *plugins* es llamada TurtleBots.

El sistema de *plugins* de TurtleBlocks es una forma acotada y práctica de plantear los trabajos de laboratorio a los estudiantes. A continuación presentaremos algunos *plugins* importantes que se han desarrollado inicialmente en el marco del curso.

XEvents

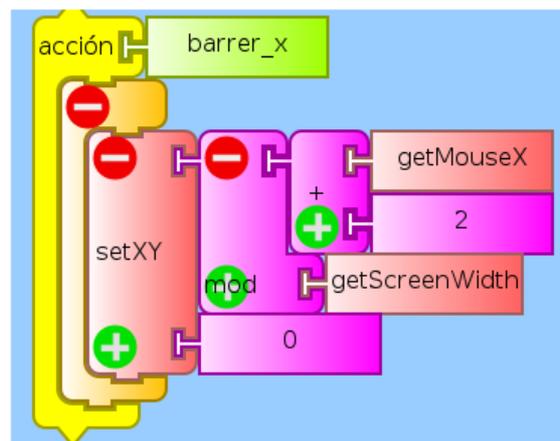
XEvents es un componente de software que permite a usuarios con pocos conocimientos de programación crear rápidamente prototipos de interfaces de accesibilidad.

Se apoya en el entorno de programación principal del Butiá, TurtleBots, con bloques específicos que le permiten generar eventos de mouse y teclado, permitiendo al maestro que trabaja con estudiantes con discapacidad motriz, explotar los mecanismos motrices específicos de cada alumno mediante el uso de la variedad de sensores disponibles en los kits de robótica soportados por TurtleBots. [15]

El desarrollo de esta componente fue validado a partir de un prototipo implementado en el marco de los trabajos de laboratorio del curso Butiá/XO, a partir de una propuesta de laboratorio presentada por los docentes.

La iniciativa por desarrollar este componente surge a partir de las solicitudes de una maestra, que trabajaba con niños discapacitados motrices, de disponer de contenidos que le permitieran trabajar la robótica educativa con sus estudiantes.

En la *figura 2* se puede ver parte de lo que fue desarrollado.



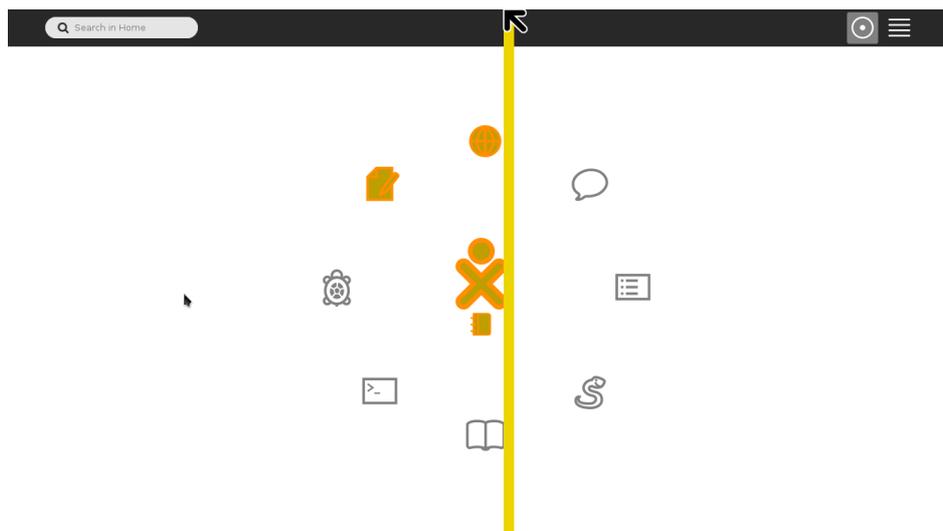
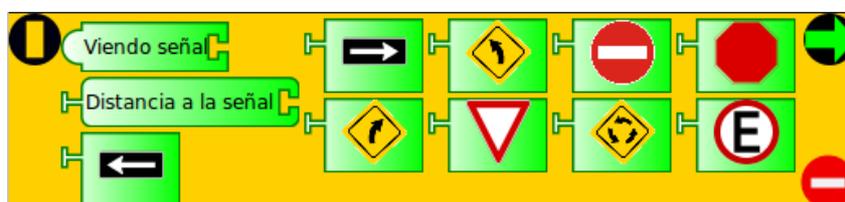


Figura 2: XEvents. Uso de los bloques de XEvents para crear una interfaz de barrido horizontal (arriba) Uso de la interfaz de barra de desplazamiento hecha con XEvents en el sistema sugar (abajo). Estudiantes con limitaciones motrices utilizan la interfaz para indicar las posiciones horizontal y vertical de la pantalla utilizando únicamente sus movimientos limitados.

Señales de Tránsito



Una experiencia de curricularización de la extensión a partir de la robótica

Federico Andrade, Andrés Aguirre, Ximena Otegui

Facultad de Ingeniería - Universidad de la República - Montevideo, Uruguay

Figura 3: *Plugin tránsito*. Plugin de señales Turtle Blocks (arriba) y su uso en un reto de enrutamiento (abajo) (foto cortesía de la Fundación Julio Ricaldoni)

Un *plugin* de detección de patrones se desarrolló con el objetivo de aprovechar las capacidades de la cámara web del computador portátil sobre la plataforma Butiá; el mismo permite a los usuarios crear bloques para detectar distintos patrones de una actividad externa. Un conjunto de bloques de señales de tránsito se incluyen con el plugin para usos didácticos como se muestra en la *figura 3*.

Este componente fue desarrollado completamente por un equipo de laboratorio del curso, a partir de una propuesta del equipo docente.

Aty Arandú

Es un plugin que permite explorar y aprender sobre los diferentes tipos de energía. En particular implementa un bloque que permite tener una estimación de energía eólica para la próxima hora. Dependiendo de la producción de este tipo de energía y de los intereses del estudiante, el software desarrollado puede decidir cuándo encender determinado aparato eléctrico, mediante un bloque que controla una llave electrónica. [16]

Además el estudiante puede trabajar también conceptos de programación. En la *figura 4* podemos ver un programa que cada una hora consulta el pronóstico de energía eólica y si este es mayor a 60 MW entonces enciende la llave electrónica.

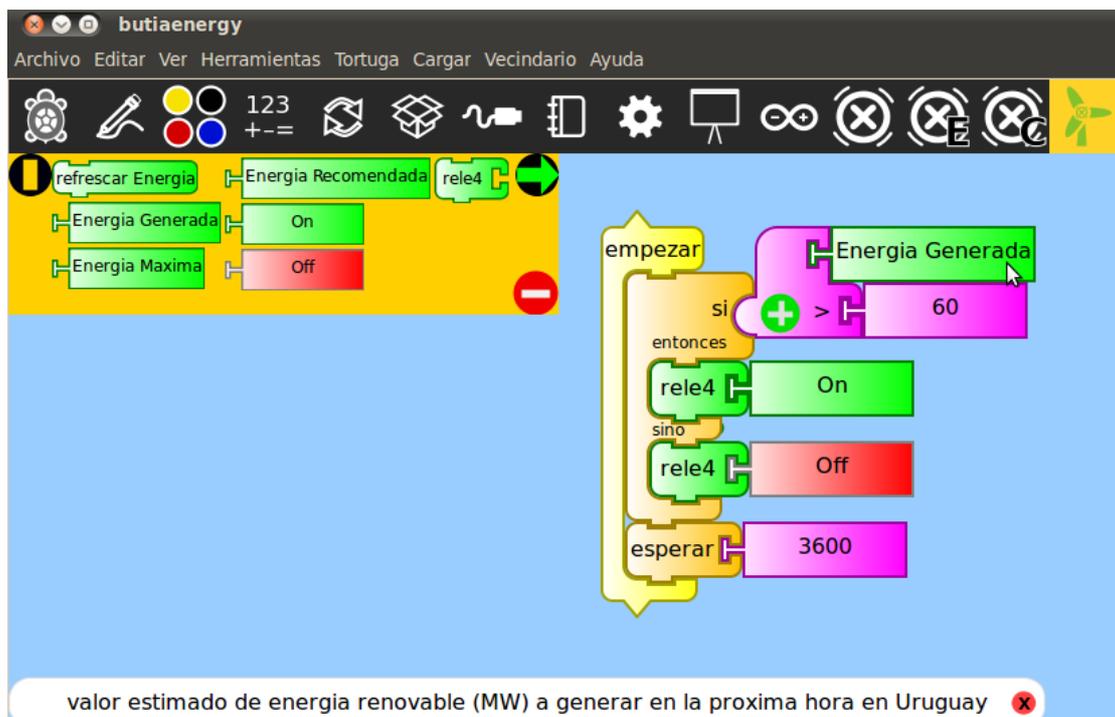


Figura 4: *Aty Arandú*. Programa realizado utilizando el plugin aty arandú.

La implementación de la llave electrónica fue realizado por un grupo del curso.

4- Jornada ReButiá

Año a año los estudiantes de la asignatura presentan sus trabajos de investigación y desarrollo al resto de los estudiantes del curso, pero también a docentes y estudiantes externos a facultad y público general que concurre a las Jornadas Rebutia. Las presentaciones realizadas son recibidas con un gran interés por educadores y estudiantes, así como por otros universitarios y curiosos que se acercaron a las jornadas. Las charlas son disparadores para que el público presente critique y proponga mejoras sobre los trabajos presentados, generando discusiones interesantes que sin duda alguna aportan al crecimiento del proyecto en general tanto como al desarrollo de cada uno de estos individuos.

Las jornadas ReButiá tienen lugar una vez al año en la facultad de ingeniería.

5- Promoción de emprendimientos

En setiembre del año 2014 surgió un emprendimiento privado llamado UYRobot [17] financiado por la ANII [18] dedicado a realizar talleres de robótica con el robot Butiá y también a la venta del kit. Esta empresa fue fundada por dos jóvenes que fueron estudiantes de la asignatura en su primera edición (2010).

Conclusiones

La curricularización de la extensión ha presentado para los equipos docentes de FIng un desafío que los lleva a afrontar nuevos retos a la hora de pensar en la enseñanza de su disciplina y de visualizar posibilidades y estrategias para innovar desde el punto de vista pedagógico-didáctico.

Creemos que los proyectos con un gran contenido integral, aportan un componente didáctico-motivacional importante, debido a que generan la oportunidad a los estudiantes de resolver problemas reales, donde su resolución contribuye con la mejora de nuestra sociedad, motivando al estudiante en comprender los conceptos presentados en el curso y complementando su formación en aspectos más vinculados con el quehacer profesional.

Por otro lado, las actividades llevadas adelante por el EFI y concretamente el curso presentado en este artículo, permiten generar un mayor vínculo entre el docente y el estudiante, permitiendo un mayor seguimiento y apoyo en el aprendizaje del alumno e incluso integración de los estudiantes al grupo de investigación y a la labor universitaria.

La función de extensión queda plasmada en el proceso que se da de interrelación e intercambio constante del ámbito universitario con el medio. El mismo permite recoger propuestas y mejoras constantes respecto a las necesidades de los diferentes actores no universitarios, impactando directa y positivamente en los contenidos y proyectos del curso año a año, mejorando así el relacionamiento con la sociedad y el involucramiento de los estudiantes y docentes que participan de la asignatura.

Referencias

- [1] Facultad de Ingeniería, <https://www.fing.edu.uy/>, visitada el 10 de marzo de 2016.
- [2] Otegui, X.; Chiavone, L.; Míguez, M.; Guerra, A. (2012). La extensión universitaria en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Sistematización de experiencias 2000-2008. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. Año 1, N° 2.* (pp.63- 72) Río Cuarto: Facultad de Ingeniería.
- [3] Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería, <https://www.fing.edu.uy/uefi>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [4] Unidad de Extensión de la Facultad de Ingeniería, <https://www.fing.edu.uy/extension>, visitada el 14 de marzo de 2016
- [5] Otegui, X.; Guerra, A.; Chiavone, L. (2015) La extensión como oportunidad para el asesoramiento pedagógico. IV Encuentro Nacional y I Latinoamericano de Prácticas de Asesorías Pedagógicas Universitarias (APU). 14 al 16 de Septiembre. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Tucumán.
- [6] Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, <https://www.fing.edu.uy/inco/inicio>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [7] Proyecto Butiá, <https://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [8] Plan Ceibal, <http://www.ceibal.edu.uy/>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [9] Robótica educativa en Uruguay: de la mano del robot Butiá; Benavides, F.; Otegui, X.; Aguirre, A.; Andrade, F.; http://www.fing.edu.uy/~aaguirre/papers/inforedu13_robotica_educativa.pdf.
- [10] Otegui, X.; Recalde, L.; Andrade, F. (2012). Recording: integración de funciones universitarias a partir de la robótica. En Berrutti, L.; Dabezies, M.J. ; Barrero, G. (comp.) *Apuntes para la acción II. Sistematización de experiencias de extensión universitaria.* (pp. 39-59). Montevideo: Extensión Libros.
- [11] Administración Nacional de Telecomunicaciones, ANTEL, <http://www.antel.com.uy/antel/>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [12] Universidad del Trabajo del Uruguay, UTU, <http://www.utu.edu.uy/utu/inicio.html>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [13] Lego, <http://www.lego.com/en-us/products>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [14] Sumo.uy, <http://sumo.uy/>, visitada el 14 de marzo de 2016.
- [15] Trinidad, G; et al, Turtle Sensors 2.0: Sensores Tortuga 2.0: Cómo el hardware y software abiertos pueden empoderar a las comunidades de aprendizaje, RED-Revista de Educación a Distancia, 46(5). 15-Sept.-2015, http://www.um.es/ead/red/46/guzman_et_al.pdf, visitada el 27 de marzo de 2016.

[16] A. Aguirre, M. Giachino, A. Gutiérrez and G. Cazes Boezio, "Learning with smart grids: an implementation proposal for Uruguay," *Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LATAM), 2015 IEEE PES*, Montevideo, 2015, pp. 603-607.

[17] UYRobot, <http://www.uyrobot.com.uy/>, visitada el 28 de marzo de 2016.

[18] ANII, Agencia Nacional de Investigación e Innovación, <http://www.anii.org.uy/>, visitada el 28 de marzo de 2016.

[19] Wiki del proyecto Butiá, espacio de documentación para estudiantes del curso, https://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/Wiki_Buti%C3%A1#Curso_Buti.C3.A1:_Rob.C3.B3tica_educativa, visitada el 28 de marzo de 2016