

# Curso de Robótica en Educación Secundaria usando Constructivismo Pedagógico

Julio Vega  
Colegio Ntra. S.<sup>a</sup> Sagrado Corazón  
Grandeza Española, 89  
Madrid  
julio.vega@sagradocorazonfranciscanas.es

J. M.<sup>a</sup> Cañas  
Universidad Rey Juan Carlos  
Despacho 114, Dept-III  
Fuenlabrada, Madrid  
jmplaza@gysyc.es

## RESUMEN

*La idea de incorporar las nuevas tecnologías en el sistema escolar puede resultar muy beneficiosa para los adolescentes, aunque depende en gran medida de los profesores. Sin una preparación adecuada sobre el uso y los beneficios de las tecnologías educativas, los docentes no estarán preparados para aplicar las tecnologías en el aula.*

*Este artículo describe la base teórica pedagógica, así como el diseño, desarrollo y la evaluación que se pone en práctica en un curso piloto de Robótica para niños, que podría enmarcarse dentro del área de Tecnología. Los resultados obtenidos tras la realización de este curso demuestran la eficacia del constructivismo pedagógico e ideas creativas, y la Robótica como vehículo de transmisión de los valores que subyacen de estas teorías a los estudiantes.*

*La Robótica resulta ser una gran aliada de las Matemáticas o la Física debido a su poder para que los jóvenes den rienda suelta a su imaginación y a su creatividad. Así, los desarrollos de dispositivos robóticos con distintos fines, pueden ser empleados para aclarar conceptos abstractos a menudo difíciles de asimilar por los niños: medición, mecánica, planificación, programación, formulación matemática de un problema, optimización, límites, etc.*

## Palabras Clave

education, robotics, teaching, constructivism

## 1. INTRODUCCIÓN

En la última década, la tecnología se ha convertido cada vez más común en la mayoría de los aspectos de la vida cotidiana. En los hogares se dispone cada vez más de un mayor número de dispositivos tecnológicos, tales como ordenadores, *tablet's*, teléfonos inteligentes -o *smartphones*-, etc. Además, la mayoría de estos dispositivos también suelen tener acceso a Internet.

El uso de la tecnología está más presente en nuestras vidas de lo que *a priori* nos podemos imaginar: el cajero automático del banco, el pago automático en supermercados, o el uso masivo de Internet para comunicarnos, realizar compras, llevar a cabo gestiones bancarias, y mucho más.

Cada vez más, debido a esta tendencia hacia la automatización de casi todas las tareas cotidianas, se hace imprescindible el conocimiento del uso de las tecnologías. La incorporación de la tecnología en las escuelas proporciona a los niños las habilidades que les serán muy útiles más adelante.

El uso de las tecnologías en las escuelas públicas y privadas también ayudará a reducir la *brecha digital* que existe actualmente en todo el mundo. La brecha digital es un término usado para describir las grandes diferencias en el uso de la tecnología entre los diferentes grupos étnicos y socio-económicos ([Schiller, 1996], [Wresch, 1996]).

La presencia de ordenadores en el aula también puede ayudar a aquéllos que están socialmente más apartados del uso de la tecnología. Una de esas poblaciones son las niñas en edad escolar. Ya se trate de condicionamiento social, falta de interés o falta de confianza en uno mismo, las jóvenes están menos dispuestas que ellos a involucrarse con la tecnología. Esta distinción se manifiesta también en otras áreas. En el nivel universitario existe una clara diferencia entre el número de hombres y de mujeres que deciden seguir alguna ingeniería relacionada con las tecnologías como campo de estudio. Incluso en el ámbito laboral, hay más hombres que mujeres en campos altamente tecnológicos. Dar a las niñas la oportunidad de jugar y explorar en un ordenador puede ayudar a aumentar su interés en las actividades relacionadas con la tecnología ([Rodger y Walker, 1996]).

Pero la presencia de tecnología en el aula no sólo proporciona una valiosa experiencia tecnológica para niños de diferente sexo y origen, sino que también ofrece un nuevo medio de enseñanza en el que los niños se sienten involucrados y entusiasmados por aprender. Cuando se emplea en un estilo de enseñanza constructivista, la presencia de ordenadores -y la tecnología, en general- en el aula puede ayudar a animar a los niños a pensar activamente, probar ideas, y desarrollar un verdadero amor por el aprendizaje y el descubrimiento. Muchos profesores que utilizan ordenadores y otras tecnologías en sus aulas lo hacen en un estilo principalmente educativo. Ofrecen a los niños tiempo en el ordenador para jugar o navegar por la red, con poca libertad para la interacción real. Pero este tipo de interacción no puede ser controlado o dirigido por un profesor. Muchos estudiantes están interesados en la tecnología y quieren hacer uso de ella en el aula, pero necesitan de profesores que les proporcionen actividades que realmente les valga la pena.

Desde hace algo más de una década, muchos centros de investigación de todo el mundo, empresas privadas y determinados colectivos del ámbito científico, han desarrollado ciertos dispositivos -mecanismos y herramientas- con los que construir un robot. Este propósito está ideado para estimular el aprendizaje de conceptos teóricos incluidos en los contenidos de áreas como Matemáticas, Física, o Tecnología. Los *kits* robóticos suelen incluir pequeños motores, servos, ruedas, engranajes, poleas, y sencillos sensores; es decir, todo aquello que un estudiante puede necesitar para construir un robot. La base teórica que hay detrás de estos *kits* la encontramos en el desarrollo cognitivo de Jean Piaget ([Piaget, 1969]), revisado por Seymour Papert ([Seymour y Harel, 1991]). Según este enfoque, el niño -como sujeto activo que aprende- es el centro del proceso de aprendizaje, ampliando sus conocimientos mediante la manipulación y la construcción de objetos.

El hecho de emplear un artefacto físico tridimensional en el mundo real (como, por ejemplo, un robot) puede ayudar a muchos estudiantes a comprender los aspectos fundamentales de un tema de forma más rápida que empleando únicamente un papel y un bolígrafo. Asimismo, la Robótica, a parte de ayudar en la conceptualización de un problema, proporciona un entorno para la experimentación. Las posibles soluciones se pueden programar en el robot o en un simulador, y el comportamiento observado determinará si la solución se ajusta a lo que el estudiante espera. De este modo, la solución correcta a un problema será determinada tras varias posibles iteraciones. Dicho de otro modo, el aprendizaje constructivista, aquél que prioriza la capacidad de explorar -de crear- por parte del niño, puede ser llevado a cabo fácilmente empleando la Robótica como mecanismo de ayuda en el proceso de *Enseñanza-Aprendizaje*.

## 2. MARCO TEÓRICO

Es necesaria una base teórica para comprender la metodología llevada a cabo en la práctica, y que veremos reflejada en la sección 3. En esta sección se describen dos principales conceptos: *constructivismo pedagógico* e *ideas creativas*.

### 2.1 Constructivismo pedagógico

La tecnología abre una nueva ventana a la Educación. Proporciona un entorno nuevo e interactivo para el aprendizaje. Los docentes deben aprender a utilizar esta oportunidad que les brinda la tecnología. Aunque es un hecho que los estudiantes, cada vez con más frecuencia, utilizan los ordenadores para navegar por Internet o jugar, los docentes, por contra, deben usar los ordenadores para proponer desafíos a los estudiantes. Las tecnologías educativas, cuando se emplean debidamente, permiten a los estudiantes participar en el aprendizaje. Con el fin de inspirar a los estudiantes a aprender con las nuevas tecnologías, los profesores han de aplicar una metodología constructivista en el aula.

Pero ¿qué es el constructivismo pedagógico? Es un enfoque poco convencional para los dos enigmas del aprendizaje: el conocimiento y el saber. Se parte de la premisa de que los conocimientos están en los sujetos, y que éstos -que podríamos llamar *sujetos pensantes*- no tienen otra alternativa que construir sus propios procedimientos o vías de aprendizaje basándose en lo que les dicta su propia experiencia.

El padre de esta corriente es Ernst von Glasersfeld ([von Glasersfeld, 1995], [Steffe y Gale, 1995]). También podemos citar como figuras clave del constructivismo a Jean Piaget y a Lev Vygotski. Piaget se centra en cómo se construye el conocimiento partiendo de la interacción con el medio. Por su parte, Vygotski se centra en cómo el medio social permite una reconstrucción interna. La instrucción del aprendizaje surge de las aplicaciones de la psicología conductual, donde se especifican los mecanismos conductuales para programar la enseñanza de conocimiento.

De acuerdo con la teoría constructivista, los estudiantes aprenden más cuando se les da la oportunidad de explorar y crear un conocimiento que sea de interés personal para ellos. Así, los estudiantes deben tener la oportunidad de trabajar con proyectos prácticos que les resulten de interés, les permita explorar y poner a prueba sus habilidades, sus ideas ([Lefoe, 1998]).

Al proporcionar a los niños herramientas constructivistas, como el *kit* de *Lego Mindstorms*<sup>1</sup> (que recientemente hemos adquirido en el Colegio Villa de Móstoles), el docente puede aportar constructivismo a sus alumnos y, a fin de cuentas, al aula. Estas tecnologías dan a los niños la libertad de formar ideas, profundizar y/o investigar sobre ellas, construir unas nuevas... en resumen: *aprender*. Además, empleando correctamente estas nuevas herramientas en las escuelas, los niños no sólo podrán divertirse a la vez que aprenden, sino que también desarrollan el pensamiento creativo y habilidades de aprendizaje que les serán de utilidad en sus proyectos futuros.

El enfoque constructivista puede ser especialmente útil para aquellos estudiantes que presentan alguna dificultad en las clases magistrales tradicionales. Algunos estudiantes tienen la capacidad memorística poco desarrollada, con lo que tienen dificultades para aprobar los exámenes; o también están aquéllos que simplemente se aburren con el nivel de estimulación intelectual que reciben. Estos niños, en particular, se beneficiarán especialmente de un enfoque constructivista. Este método de enseñanza les permite elegir su propio ritmo, trabajar en proyectos que realmente les importe o les motive, y aprender sin necesidad de preocuparse por recordar textos, palabras, fórmulas o aprobar un examen ([Harper y Hedberg, 1997]).

Como método de aprendizaje, el constructivismo puede ser muy útil para los estudiantes; pero llevar a cabo una filosofía constructivista en el aula puede ser todo un reto para los profesores. Con unos presupuestos limitados, los docentes pueden tener problemas para justificar el elevado coste de la tecnología necesaria para equipar a toda la clase. Muchos sistemas escolares ya están recortando en otras áreas, y aun así no pueden sostener equipos tecnológicos medianamente sofisticados. Otro gran problema es la rigidez en cuanto a los planes de estudio o currículum escolar. Así, muchos profesores no están dispuestos a invertir tiempo -que incluso quizás no tienen- para incorporar las teorías constructivistas en Educación. Y, por otro lado, también está presente el escepticismo que rodea a la filosofía constructivista y sus beneficios.

### 2.2 Ideas creativas

<sup>1</sup><http://mindstorms.lego.com>

Permitir a los niños explorar e interactuar con los proyectos ideados por su cuenta es darles la oportunidad para el descubrimiento. Al probar sus propias iniciativas, ideas y diseños, los estudiantes descubren habilidades que no habían percibido hasta entonces. Estas habilidades, estas *ideas creativas* ([Seymour, 1993], [Allen-Conn y Rose, 2003]) relativas a un determinado propósito, permiten al niño ver cómo y por qué algo funciona. Si un niño conoce el *cómo* y el *por qué* que hay detrás de un vago concepto, no sólo tendrá una mejor comprensión de la información, sino que también tendrá la habilidad necesaria para aplicar ese concepto, esa idea, en otra situación. Estas ideas son particularmente significativas para los niños, ya que son concebidas precisamente por ellos para sus propios fines.

Los docentes pueden estimular el aprendizaje y el desarrollo de los niños considerando estas ideas creativas, ya que así se reconoce al niño como un *pensador eficaz*. Aquellos profesores que siempre asumen que un niño necesita que se les diga qué hacer no están ayudando a que el niño aprenda a pensar por sí mismo. Ofrecer apoyo al niño, sin dejar de potenciar su propia experimentación a nivel individual, es esencial en la creación de un *entorno creativo*. Asimismo, los profesores han de tener una gran formación y experiencia para poder crear estos entornos en los que la tecnología fomente la actividad creativa de los niños.

### 3. METODOLOGÍA

En esta sección se describe el contexto del proyecto, la tecnología educativa utilizada a lo largo del mismo, y las medidas concretas adoptadas para crear, ejecutar y evaluar un curso de *Robótica para niños*.

#### 3.1 Kit de Robot y Software Lego Mindstorms Education NXT

Este trabajo de investigación se ha centrado en el uso de la tecnología y la robótica en Educación desde la perspectiva de estudiantes y profesores. Así, la tecnología empleada para ello ha de ser *educativamente* útil para ambos. En el mercado existen varias tecnologías educativas en este campo, aunque la más apropiada para Educación Secundaria es la proporcionada por la compañía Lego. Ésta nos facilita un *kit* de programación denominado *Lego Mindstorms NXT Education*, que incluye tanto la plataforma *hardware* (los distintos dispositivos robóticos ampliamente combinables) como el *software* o aplicación destinada a programar -dar inteligencia, comportamiento- a dicha plataforma.

Éste ha sido el producto elegido, por su facilidad de uso, tanto para el docente como para el alumno, pero sobre todo por su gran versatilidad. Ambos productos mencionados anteriormente se pueden aplicar y enfocar a muchos y muy variados propósitos de interés para estudiantes y profesores. El *kit Lego Mindstorms* se desarrolló como un proyecto conjunto entre la compañía Lego y el centro de investigación *MIT Media Lab*<sup>2</sup>.

La parte principal del *kit* es el *ladrillo* inteligente NXT, que cuenta con un altavoz, un LCD monocromo, y teclas de navegación en la parte frontal (figura 1). Éste es el con-

<sup>2</sup><http://www.media.mit.edu>



Figure 1: Robot *Lego NXT Mindstorms Education*.

trolador del robot, su cerebro. Tiene 3 puertos en la parte superior para conectar los servos, y 4 puertos en la parte inferior para conectar 4 sensores diferentes: tacto, luz, sonido y ultrasonidos, y muchos más sensores opcionales de la gama de accesorios de *Lego Mindstorms Education*.

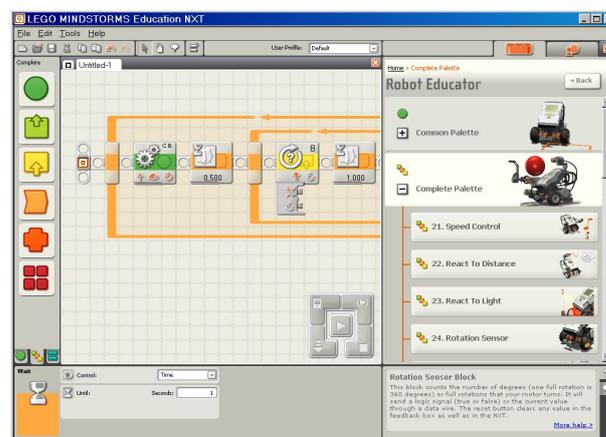


Figure 2: Software *Lego NXT Mindstorms Education*.

Por otro lado, el *software NXT-G 2.1* (figura 2) -en su versión educativa- es muy intuitivo, permitiendo a alumnos y profesores navegar muy fácilmente por el entorno de programación visual. Está basado en iconos (bloques de programación). También incluye el *Robot Educator*, que es una completa guía de programación de dicho entorno visual *NXT-G 2.1*. Contiene una serie de 46 tutoriales animados de distintos niveles de dificultad que resuelven retos o ejercicios para ayudar a los estudiantes (y profesores) a conocer cómo

construir y programar un robot totalmente funcional.

## 3.2 Curso de Robótica para niños

Para poner en práctica las teorías pedagógicas que vimos en la sección 2, se han llevado a cabo 8 semanas de trabajo por parte de los alumnos que voluntariamente se ofrecieron entusiasmados a la idea de crear por sí mismos un robot totalmente funcional que pudiera participar en la competición de *RoboCampeones*.

### 3.2.1 Concurso de Robocampeones

RoboCampeones<sup>3</sup> es un concurso que comenzó en el año 2004, organizado en sus orígenes por la Universidad Rey Juan Carlos, con el fin de promover las carreras de ingeniería entre los estudiantes de Educación Secundaria. A lo largo de sucesivas ediciones se incluyeron diferentes pruebas: el pañuelo, limpiadores de latas (figura 3), fútbol entre robots, el transportista, la prueba de rescate, etc... En 2008, la Universidad Rey Juan Carlos organizó RoboCampeones por última vez. En 2009, ante el vacío existente y un serio peligro de desaparición, el I.E.S. Antonio de Nebrija organizó en sus instalaciones una nueva edición en la que participaron 13 institutos de toda España. Desde entonces, cada año un determinado instituto de la Comunidad de Madrid toma el relevo en cuanto a la organización de este evento.

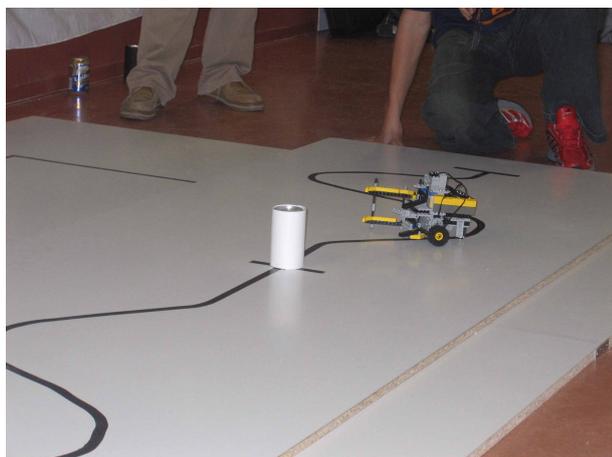


Figure 3: Una de las pruebas de RoboCampeones: el robot limpiador de latas.

### 3.2.2 Fases del proceso de aprendizaje

Veinte niños del Colegio Villa de Móstoles, con edades comprendidas entre los 15-17 años, se han registrado en este curso. Contamos con un completo *kit* de *Legó Mindstorms* para todos, así como un ordenador para cada uno de los participantes, equipados con el *software* de *Legó Mindstorms Education*, donde los estudiantes pueden poner en práctica sus ideas, desarrollos, así como diseñar algoritmos completos que luego pueden probar en el robot real.

Este curso, que tiene lugar tras las clases habituales, tuvo tres fases. La primera fase, o fase que se podría denominar

<sup>3</sup><http://www.robocampeones2013.com>

*de instrucción*, estuvo presente durante la primera semana. En ella, se les inculcaron nociones básicas de Robótica. Los alumnos descubrieron que los robots que habitualmente aparecen mostrados en películas distan bastante de los robots que a día de hoy existen en los más prestigiosos centros de investigación de todo el mundo. Asimilaron las ideas o fundamentos que hacen que un robot sea considerado como tal.

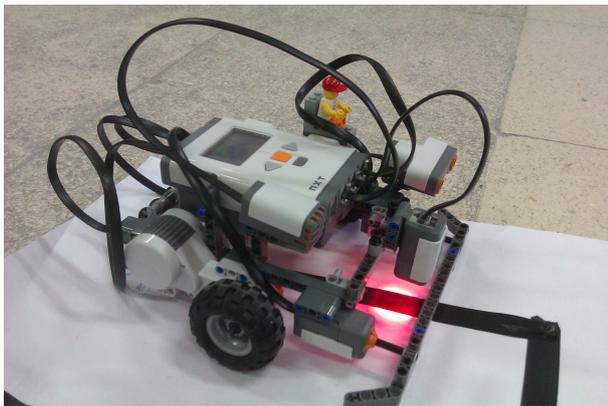
En las dos semanas siguientes, la idea principal era que descubrieran, por sí mismos (recordemos el constructivismo pedagógico visto en la sección 2.1), la versatilidad -en cuanto a funcionamiento- de un robot de *Legó NXT* como el que tenemos. Para ello, dieron rienda suelta a su imaginación, y la plasmaron en el *software* que se les ha facilitado. Y en última instancia, pusieron en prueba estos diseños en el robot real, consiguiendo con ello ver cómo algo que ellos mismos habían ideado derivaba en un comportamiento determinado por parte del robot. Combinaron de multitud de formas las distintas piezas que permiten al robot actuar: servos, ruedas, sensores, etc... para ver qué forma era la más idónea hasta conseguir que aquello que habían programado funcionase como ellos tenían *programado* en su cabeza (ver figura 4). Y es que, como dice una de las leyes de Greer: *Un programa de ordenador hace lo que usted le ordena que haga, no lo que quiere usted que haga*.



Figure 4: Grupo de alumnos del Colegio Villa de Móstoles trabajando en el diseño y programación del Robot *Legó NXT*.

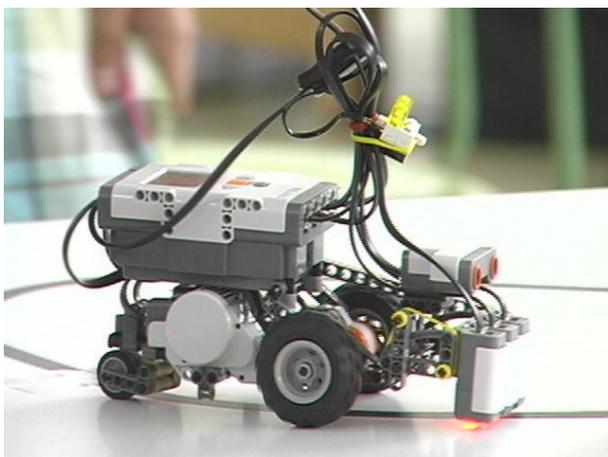
Durante las dos semanas siguientes se les plantearon diferentes retos a los estudiantes, retos propios de la construcción y la programación de robots. Estos desafíos tenían la intención de enseñar a los estudiantes sobre programación básica y habilidades de construcción, e incorporar diversos temas *teórico-educativos*. Había varios retos cada semana, y los estudiantes podían pasar de una estación a otra de trabajo, según fuera de interés para ellos.

Uno de esos retos consistía en que los estudiantes debían programar su robot para que éste pudiera ir siguiendo una línea pintada en el suelo, sin salir en ningún momento de ella (ver figura 5). Además, en caso de que encontrara la silueta de un humano pintada en el suelo, debía esquivarla, volviendo nuevamente a la línea que debía continuar. Se le dio total libertad a los estudiantes para que resolvieran es-



**Figure 5: Robot Lego NXT diseñado y programado por los alumnos para superar uno de los desafíos.**

te problema de la forma que ellos creyeran más adecuada. A raíz de esta experiencia, los estudiantes aprendieron la programación básica de sus robots, a la vez que ponían en juego nociones de Física básica que alguna vez habían visto en clase.



**Figure 6: Robot Lego NXT diseñado y programado para seguir una línea.**

La segunda fase duró esas cuatro semanas descritas, donde el aprendizaje constructivista se ponía en práctica. Y, por último, las tres últimas semanas formaron parte de la tercera y última fase de dicho aprendizaje, pero llevado un paso más allá. En la tercera fase del programa, la idea primordial era pedir a los estudiantes elegir un proyecto que fuera de interés para ellos y simplemente llevarlo a cabo (figura 6). Estudiaron videos, fotos, tutoriales y manuales de proyectos similares que pudieran darles ideas para aquello que tenían en mente y que querían crear. Una vez que tenían claramente definido su proyecto, teníamos tres semanas para trabajar plenamente en él. La figura del docente en esta fase fue la de un orientador, más que un instructor. Contaban con ese apoyo -ayuda y guía- siempre que les fuera necesario, pero el trabajo, la forma de llevarlo a cabo, y las herramientas nece-

sarias para su consecución eran frentes que debían abordar por sí mismos.

### 3.2.3 Mecanismos de evaluación

A lo largo de todo este curso de *Robótica para niños*, se les proporcionó ayuda y apoyo a los estudiantes, pero no se les empujaba a hacer cosas por las que no sentían interés. Recibieron ayuda en forma de preguntas y estímulos. Esta forma de asistencia era la base sobre la cual ayudarlos a probar sus propias ideas e iniciativas en lugar de darles todas las respuestas o ideas *cerradas*. Con este proceder, teníamos la esperanza de promover en los estudiantes un interés en el aprendizaje activo, la resolución de problemas y el pensamiento independiente.

Asimismo, los estudiantes fueron evaluados durante este curso por varios medios. En la primera sesión se le pidió a cada estudiante que rellenara un cuestionario sobre su experiencia previa y gustos o preferencias sobre el campo de la Tecnología. Al final del curso se les dio una encuesta similar, que nos permitiría observar cualquier cambio en sus puntos de vista. A lo largo de las ocho semanas, los estudiantes tuvieron la oportunidad de comentar y valorar sus proyectos y los de sus compañeros. Al final de cada sesión se tomaron por escrito aquellos comentarios individuales de cada niño que resultara relevante sobre el estado de su proyecto y lo que sentía por él.

Los principales objetivos de realizar este curso de *Robótica para niños*, tras la jornada habitual de los estudiantes, fueron básicamente dos: explorar el uso de la tecnología en un entorno educativo (cuyos beneficios vimos en la sección 1), y evaluar la metodología pedagógica que se ha llevado a cabo (ver la fundamentación teórica, sección 2).

## 4. RESULTADOS

En esta sección se describen los resultados de la evaluación del curso de *Robótica para niños*. A continuación se detallan las respuestas de los estudiantes a las encuestas y entrevistas previas y finales al proyecto, tanto para la parte de teoría como para la parte de diseño o práctica del curso. La diversidad de estudiantes, en cuanto a su experiencia con las nuevas tecnologías, fue un factor decisivo para corroborar la eficacia de la muestra de población de este estudio, puesto que no fueron elegidos, sino que fueron voluntariamente inscritos.

### 4.1 Encuestas previas

Todos los estudiantes del curso participaron en la encuesta que se realizó previa al curso, el primer día; rellenando los diferentes apartados de la misma. La encuesta constaba de tres partes principales: formación y/o experiencia relacionada con la programación, con la robótica, expectativas del curso, ideas, sugerencias, propuestas, y varias preguntas de respuesta libre. Los estudiantes necesitaron aproximadamente quince minutos de clase para poder aportar todas sus respuestas.

A la pregunta de nociones básicas de programación, la gran mayoría indicó no poseer conocimiento alguno al respecto, aunque por el contrario sí que expresaron su deseo por adquirir esas habilidades necesarias para la programación de robots. Asimismo, todos coincidían en su ilusión des-

de siempre por ser capaz de construir un artefacto, un robot, que fuera capaz de moverse, o realizar una determinada actividad para la que éste fuera programado. Pocos eran los estudiantes que tenían alguna noción de programación de ordenadores; sólo los mayores, pertenecientes al primer curso de Bachillerato, que conformaban la mitad del total de estudiantes del curso.

Cada estudiante indicó que tenía al menos un ordenador en casa, la mitad de ellos incluso disponía de algún portátil. Y el 95% de ellos eran usuarios del sistema operativo *Microsoft Windows*; el 5% restante hacían uso de equipos desde hacía dos o tres años, y alguno incluso más. Al describir sus niveles de *cercanía* respecto al uso de ciertas tecnologías, todos los estudiantes indicaron ser usuarios habituales del ordenador para tareas que ellos consideraban cotidianas: navegar por Internet, consultar el correo, hacer uso de redes sociales o realizar trabajos para el entorno escolar. Una minoría resaltaba el uso de ciertas aplicaciones de diseño de videojuegos, creación y edición musical, así como de edición de vídeo.

En la respuesta relativa a sus expectativas referentes al curso, todos los estudiantes daban a conocer sus deseos de aprender una nueva tecnología, con confianza en sus posibilidades de afrontar ese reto a lo desconocido. Igualmente, en la pregunta referente a su experiencia en construcción de robots, la mayoría admitió no tener noción alguna; si bien uno de cada cinco estudiantes sí que reconocía tener cierta experiencia en la construcción de estructuras de Lego.

En la descripción de su bagaje general respecto al uso de la tecnología y los ordenadores, la mitad de los estudiantes explicaba que la mayor parte de su conocimiento provenía del uso de ordenadores en la escuela. Mientras que la otra mitad indicaba que la mayoría de sus conocimientos en tecnología provenían de su entorno familiar y también de sus propias iniciativas. Explicaban que, indagando por la web, podían extraer muchos conocimientos que les servían de utilidad para la creación -por ejemplo- de páginas web, o bien para la creación y edición de recursos multimedia: vídeos, canciones, o composiciones de muy diversa índole.

## 4.2 Entrevistas

Las entrevistas se llevaron a cabo a partir de la semana quinta del curso durante el transcurso de las clases, mientras los estudiantes realizaban sus proyectos, y tenían una duración de aproximadamente cinco minutos con cada alumno. Estas entrevistas consistían en realizar una serie de preguntas para indagar en las sensaciones que los estudiantes estaban teniendo respecto a los temas tratados y los proyectos realizados por ellos mismos durante el curso.

Tres cuartas partes de los estudiantes admitía haber ido incrementando su empatía hacia la programación de ordenadores en general y concretamente en la programación de robots. Uno de cada cinco sentía haber descubierto que sus expectativas del curso no estaban siendo del todo satisfechas, ya que las tareas a realizar para que un robot realizase un mínimo comportamiento requería más esfuerzo del que *a priori* esperaban.

Todos los entrevistados indicaron que la forma de llevar a

cabo las clases era muy motivadora. Disfrutaron de tener la clase dividida en las secciones de análisis, diseño y programación. La gran mayoría de los estudiantes mencionó que, a pesar de que las clases tenían lugar por la tarde, en su tiempo libre, y tras su larga jornada de estudios, las sesiones estaban siendo interesantes y enriquecedoras. También resaltaron que la libertad en su elección de tareas a realizar y aprender fue crucial para que se sintieran cómodos y útiles dentro del grupo de trabajo.

La mayoría de los entrevistados coincidió en que los desafíos o retos planteados en clase eran útiles para su proceso de aprendizaje. Resaltaban el hecho de que el docente primero les permitiera experimentar por sus propios medios y luego les guiara ligeramente en la dirección correcta. Percibían la utilidad de tener la oportunidad de explorar los conceptos de clase antes de intentar resolver los problemas o retos planteados. Si tenían preguntas o problemas en la consecución de sus objetivos, el docente estaba allí para ofrecerles respuestas y sugerencias al respecto. Uno de cada cinco estudiantes indicaron que hubieran preferido dedicar más tiempo a la experimentación individual, en vez del trabajo en grupo en el que se veían involucrados para algunas de las actividades. Otro estudiante indicó que tenía algunos problemas con las actividades propuestas en clase dada su falta de experiencia con herramientas de Lego y las limitaciones en cuanto al tiempo que tenían para llevarlas a cabo. Asimismo reconoció sentirse incómodo al principio con los retos propuestos, aunque pronto se acostumbró al procedimiento y al tiempo disponible para resolverlo.

Las respuestas de los estudiantes respecto a los retos planteados fueron muy variopintas. Todos ellos consideraban el mecanismo de plantear desafíos como una buena forma de aprender los conceptos, pero también apuntaron que en ciertos momentos se sintieron frustrados. Admitían que se necesitaba mucho tiempo para averiguarlos, pero que en el fondo les gustaba la idea de ser capaces de poder probar algo e intentarlo. Algunos describieron sus problemas con los conceptos de programación, pero admitieron que la ayuda que el propio *software* que *Lego Mindstorms* ofrecía les hacía más intuitivas las labores de programación. Mientras que otros tenían más problemas con la *física* de construcción de Lego. Varios de los entrevistados mencionaron que les gustaba hablar de sus ideas y proyectos en clase y ver cómo otros estudiantes completaban esas ideas. De este modo obtenían soluciones alternativas que podían aplicar a sus proyectos. Era un proceso enriquecedor.

## 4.3 Resumen

- La mayoría de los estudiantes tenía poca o ninguna experiencia en la programación de robots antes de empezar este curso.
- Respecto a la parte teórica del curso, los estudiantes preferían el procedimiento que implica investigar por su cuenta y luego poner en común, en lugar de leer y discutir.
- Participar en este curso después de la jornada escolar habitual ha merecido la pena para los estudiantes. El motivo principal es que podían ver que aquello que ellos mismos habían ideado, diseñado y programado

funcionaba en la vida real: era un *aparato* haciendo *algo*.

- A través de los desafíos propuestos en clase los estudiantes mostraron una sólida comprensión de los conceptos básicos de programación de ordenadores, así como aquellos concernientes a la Física básica.

## 5. CONCLUSIONES

Haber considerado teorías pedagógicas (ver sección 2) como el constructivismo o las ideas creativas, así como la propia experiencia en el aula en cuestiones de acercar la tecnología a los adolescentes ([Vega, 2011]), han contribuido al correcto funcionamiento del mismo. En el artículo [Vega, 2009] se mostraba la sensación de empatía hacia la tecnología que puede provocar en los estudiantes la construcción de un robot, así como la interacción entre *persona-robot*. Tras varios cursos impartiendo Robótica entre adolescentes, los resultados demostraban que este área, poco descubierta hasta ahora, tenía un gran atractivo entre los ingenieros, que por primera vez veían cómo un algoritmo diseñado por ellos mismos podía *move* por la misma sala en la que ellos se encontraban.

Los estudiantes de este curso mostraron su amplio interés en usar la tecnología tras la consecución de estas sesiones. La fase de diseño de sus proyectos no sólo les permitió aprender a usar el *software* de *Legó Mindstorms Education* y el robot del mismo *kit*, sino que también les ha proporcionado una formación eficaz en conceptos relativos a la programación de ordenadores y Física básica, propios de cualquier ingeniería. La mayoría de los estudiantes expresaron una mayor comprensión de estos conceptos básicos de ingeniería y una mayor comodidad en cuanto al uso de la tecnología. Las presentaciones de sus diseños y proyectos permitieron a los estudiantes aprender de sus compañeros de clase, y además recibían una valiosa retroalimentación sobre sus propias ideas.

Con las mejoras sugeridas, este curso puede ser considerado como un *curso piloto*, una experiencia muy positiva, de cara a introducir la metodología empleada en el plan de estudios de la asignatura de Tecnología de Educación Secundaria. En general, los objetivos de este proyecto fueron alcanzados con éxito. Las sesiones han resultado ser muy gratificantes, tanto para los alumnos como para el docente.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [Allen-Conn y Rose, 2003] B. J. Allen-Conn y Kim Rose. *Powerful Ideas in the Classroom. Using Squeak to Enhance Math and Science Learning*. 2003.
- [Harper y Hedberg, 1997] B. Harper y J. Hedberg. Creating motivating interactive learning environments: a constructivist view. *14th Proceedings of Australian Society for Computers in Tertiary Education. Academic Computing Services, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia*, 1997.
- [Lefoe, 1998] Geraldine Lefoe. Creating constructivist learning environments on the web: the challenge in higher education. *ASCILITE Conference Proceedings*, 1998.
- [Piaget, 1969] Jean Piaget. *Psicología y pedagogía*. 1969.
- [Rodger y Walker, 1996] Susan H. Rodger y Ellen L. Walker. Activities to attract high school girls to computer science. *National Science Foundation's Directorate for Education and Human Resources under the Model Projects for Woman and Girls*, 1996.
- [Schiller, 1996] Herbert Schiller. Information inequity. *Nueva York: Routledge*, 1996.
- [Seymour y Harel, 1991] P. Seymour y I. Harel. *Constructionism: research reports and essays 1985 - 1990*. 1991.
- [Seymour, 1993] Papert Seymour. *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. 1993.
- [Steffe y Gale, 1995] L.P. Steffe y J. Gale. *Constructivism in Education*. 1995.
- [Vega, 2009] Julio Vega. Interacción persona-robot. *Robocity 2030, pp 91-110, Madrid, September 29th. ISBN: 978-84-6925987-0*, 2009.
- [Vega, 2011] Julio Vega. *El humor en el aula de matemáticas*. 2011.
- [von Glasersfeld, 1995] Ernst von Glasersfeld. *Radical Constructivism: A Way of Knowing and Learning. Studies in Mathematics Education Series: 6*. 1995.
- [Wresch, 1996] William Wresch. Disconnected. haves and have-nots in the information age. *New Brunswick, Nueva Jersey: Rutgers University Press*, 1996.