



ROBÓTICA COMO ASIGNATURA EN ENSEÑANZA SECUNDARIA. RESULTADOS DE UNA EXPERIENCIA EDUCATIVA

ROBOTICS AS A SUBJECT IN SECONDARY EDUCATION. RESULTS OF AN EDUCATIONAL EXPERIENCE

Gabriel Ocaña Rebollo

Instituto de Educación Secundaria Turaniana, Roquetas de Mar, Almería, España

RESUMEN: La construcción de robots educativos resulta muy motivadora para el alumnado de Enseñanza Secundaria y es una manera atractiva e innovadora de aprender poniendo en práctica todos los conocimientos teóricos de Ciencias y Tecnología. Nunca se había afrontado su enseñanza como una asignatura “oficial” de carácter anual y evaluable, que forme parte del currículo de Secundaria con entidad propia. El objetivo de este artículo es presentar la experiencia de la implantación de la asignatura de nueva creación “Robótica” que se inició en el I.E.S. Turaniana de Roquetas de Mar (Almería) de manera pionera en Andalucía, y que ya se ha convertido en una referencia para diversos Institutos de Educación Secundaria andaluces. También se exponen los resultados obtenidos por los alumnos y alumnas participantes, que demuestran que la robótica en el aula es una gran herramienta pedagógica en cuanto a motivación del alumnado, desarrollo de Competencias Básicas y adquisición de conocimientos tecnológicos y científicos en general.

Palabras clave: Robótica Educativa, Enseñanza Secundaria, Tecnología, TIC.

ABSTRACT: Construction of educational robots is very motivating for the students of Secondary Education and is an attractive and innovative way of learning putting into practice the theoretical knowledge of Science and Technology. It had never been addressed its teaching as an "official" subject, annual, evaluable, that forms part of the curriculum of secondary schools by its own. The aim of this paper is to present the implementation experience of the newly created "Robotics" subject which began in the IES Turaniana Roquetas de Mar (Almeria) in a pioneering way in Andalusia, which has already become a reference for a variety of Secondary Schools. The results obtained by the students involved show that robotics in the classroom is a great teaching tool in terms of student motivation, development of basic skills and acquisition of technological and scientific knowledge in general.

Key words: Educational Robotic, Secondary Education, Technology, TIC.

Ocaña Rebollo, G. (2012). Robótica como asignatura en enseñanza secundaria. Resultados de una experiencia educativa. *Espiral. Cuadernos del Profesorado*, 5(10), 56-64. Disponible en: <http://www.cepcuevasolula.es/espiral>.

Fecha de recepción: 31/05/2011
Fecha de aceptación: 10/01/2012

Enviar correspondencia a:
gocanar@terra.es



1.- INTRODUCCIÓN

Los últimos cursos de la ESO (Enseñanza Secundaria Obligatoria) son clave para las asignaturas de Ciencias en Enseñanza Secundaria, ya que es donde se reflejan los resultados de su posible desmotivación y desinterés por los estudios.

A partir de 4º de la ESO las asignaturas de Ciencias empiezan a ser optativas y es donde se aprecian los pocos alumnos que tienen intención de continuar sus estudios postobligatorios en algún campo de la Ciencia o la Tecnología.

En Bachillerato, las últimas estadísticas indican que desde hace años son pocos los centros en que los alumnos de Ciencias y Tecnología en postobligatoria superen el 30%.

Por esto creemos que en estos cursos es donde debemos esforzarnos más por ayudarles a comprender la importancia y aplicaciones de los conocimientos científico-tecnológicos. Además, tal y como resalta Martínez (2009), el proceso de enseñanza-aprendizaje y desarrollo de las Competencias Básicas es importante que esté basado en la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

La relevancia y aplicaciones TIC en la educación están reflejadas en gran cantidad de estudios, según estudia Vidal (2006). Las TIC no son solo una herramienta tecnológica de enseñanza-aprendizaje sino que tiene la facultad de despertar el interés y la motivación de nuestros alumnos y alumnas, en especial el de aquellos con cierto interés científico-tecnológico (Christensen, 2002).

Uno de los objetivos que se pretende conseguir con la docencia de la robótica en Enseñanza Secundaria es facilitar un material que fomente el gusto por lo científico-tecnológico y por lo tanto que anime a nuestros alumnos y alumnas a continuar con sus estudios postobligatorios. Y en particular se quiere potenciar el interés por los estudios de Ingeniería: Telecomunicaciones, Informática, Industriales, Mecánica, Electrónica, etc.

Las áreas de conocimiento que integra la Robótica son la Mecánica, la Electrónica y la Informática. Según la normativa educativa vigente, estas áreas constituyen los bloques de conocimiento principales de las asignaturas de Tecnología, tanto en la ESO como en el Bachillerato Científico-Tecnológico.

Y dado su carácter interdisciplinar, todas las actividades de robótica interrelacionan conocimientos no solo de Tecnología sino también de Informática y otras asignaturas de Ciencias como Matemáticas, Física y Química.

Por todas estas razones se propone hacer uso de robots escolares, con cuyo diseño y construcción se puedan aprender empíricamente los fundamentos tecnológicos básicos de programación de ordenadores, circuitos electrónicos y mecanismos, medición y cálculo de magnitudes, y la resolución de problemas basados en la aplicación de expresiones matemáticas y principios físicos.

2.- ROBÓTICA EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA

Ya existe alguna experiencia previa en cuanto a la enseñanza de robótica en Enseñanza Secundaria, pero se limita a algunas Unidades Didácticas de 3º y 4º de la ESO para las asignaturas de Tecnología e Informática y se basa en la utilización de los antiguos robots LEGO RCX (Relaño y Perea, 2007-2009).

Por otro lado, la normativa vigente permite que los Institutos de Educación Secundaria de Andalucía puedan ofertar asignaturas de libre configuración en diferentes cursos de la ESO y Bachillerato.

Aprovechando esta capacidad, en el I.E.S. Turaniana de Roquetas de Mar (Almería) se diseñó la asignatura “Robótica” como Optativa de Libre Configuración en 4º de la ESO. Por lo tanto, como una asignatura independiente con entidad propia, anual, evaluable y que forma parte del currículo con sus propios objetivos y contenidos educativos.



3.- “ROBÓTICA”, ASIGNATURA EN 4º DE LA ESO.

El diseño y puesta en práctica de esta asignatura por primera vez ha supuesto elaborar desde cero todo el material educativo necesario para impartirla: actividades de clase, fichas de trabajo, programaciones, unidades didácticas, etc.

Este material se basa en los robots LEGO Mindstorms NXT y en el software LEGO NXT-G, (Astolfo, Ferrari y Ferrari, 2007), (Kelly, 2006), (Academia de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon, 2006, 2007a, 2007b y 2007c).

El material LEGO Mindstorms sigue el enfoque didáctico conocido como STEM (*Sciences, Technology, Engineering, and Mathematics*), que consiste en aplicar el aprendizaje basado en proyectos para la enseñanza de manera integrada de Matemáticas, Ciencias, Tecnología y la introducción de conceptos de Ingeniería (Cifuentes y Ozil, 2008). Este enfoque resulta muy adecuado para su aplicación en todas las asignaturas de Tecnología, tanto de la ESO como Bachillerato.

Metodología

Los nuevos paradigmas educativos establecen que la educación está orientada al desarrollo de unas Competencias Básicas. Citando textualmente la normativa vigente, “*la inclusión de las Competencias Básicas en el currículo tiene varias finalidades:*

- *Permitir a todos los alumnos/as integrar sus aprendizajes.*
- *Ponerlos en relación con distintos tipos de contenidos y utilizarlos de manera efectiva cuando les resulten necesarios en diferentes situaciones y contextos.”*

El área de conocimiento que supone la robótica permite desarrollar todas las Competencias Básicas, según expone Ocaña (2010a).

La metodología pedagógica que se ha seguido para organizar la asignatura es el denominado *construccionismo*, según estableció Papert (1992). No en vano, Seymour Papert es uno de los asesores más destacados en el desarrollo de los robots Lego Mindstorms que reciben este nombre en honor a su libro “*Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*”.

Esta teoría educativa es una aplicación de la teoría constructivista del conocimiento. Lo hace resaltando la importancia de la construcción manual de objetos para estimular el pensamiento creativo y favorecer la construcción formal de nuevos conocimientos. El objetivo es darles a los estudiantes objetos adecuados para que al construirlos aprendan mucho mejor de lo que lo harían sin construirlos, (Papert, 1980).

En el caso que nos ocupa, los objetos de construcción son los más de 40 robots educativos que los alumnos construyen a lo largo de la asignatura.

Todas y cada una de las unidades de conocimiento que los alumnos deben aprender se basan en la construcción-programación de un robot específico para esa unidad.

Contenidos

Los contenidos de la asignatura “Robótica” se agrupan en los siguientes epígrafes:

1. Conceptos Básicos de Robótica.
 - 1.1. Definición.
 - 1.2. Introducción Histórica.
 - 1.3. Aplicaciones Actuales y Futuras.
 - 1.4. Arquitectura Básica.
 - 1.5. Robot Educativo LEGO Mindstorms NXT.
 - 1.6. Instalación del Entorno del Programación.
 - 1.7. Construcción del módulo básico de locomoción y apéndices con sensores.
2. Control de Motores.
 - 2.1. Avance, Retroceso y Parada.



- 2.2. Giros: curva, pivotación y giros sin desplazamiento.
- 2.3. Realización de Trayectorias.
- 2.4. Lecturas del Tacómetro.
3. Navegación de Vehículos.
 - 3.1. Velocidad, Aceleración y Distancia.
 - 3.2. Giros. Dirección y Radio de curvatura.
 - 3.3. Recorridos Complejos.
4. Pantalla, Botones y Altavoz.
 - 4.1. Visualización de Texto, Números y Gráficos.
 - 4.2. Manejo de Botones.
 - 4.3. Reproducción de Sonidos.
5. Manejo de Sensores.
 - 5.1. Sensor de Sonido.
 - 5.2. Sensor Ultrasónico.
 - 5.3. Sensor de Luz.
 - 5.4. Sensor de Contacto.
6. Robots de Aplicación.
 - 6.1. Perro Guardián.
 - 6.2. Tracción 4x4. Robot Minero.
 - 6.3. Tracción bípeda. Humanoide.
 - 6.4. Artrópodo. Escorpión.
 - 6.5. Brazo Mecánico.

Ejemplos de actividades

A modo de ejemplo, se comentan algunos de los robots que los alumnos/as de robótica construyen en clase.



Figura 1. Jugador de Golf



Figura 2. Perro Guardián

El robot Jugador de Golf de la Figura 1 es el primero que los alumnos hacen para utilizar más de un sensor en el mismo programa: el de ultrasonidos para localizar una pelota y el de luz para decidir si es la suya para golpearla o la de otro jugador.

Perro Guardián de la Figura 2 es un robot de patrulla que vigila un pasillo en el que hay varias puertas.

Cuando el robot llega a la posición de cada puerta (marcada en el suelo con una línea negra) se gira y comprueba si está abierta o cerrada. Si está cerrada continúa con la patrulla, pero si una puerta está abierta comienza a ladrar hasta que su dueño le toque el hocico.

El Robot Minero de la Figura 3 tiene tracción diferencial en las 4 ruedas y una cabeza móvil para encontrar la dirección de marcha. Avanza por el túnel de una mina y cuando llega al final detecta por donde está el túnel más corto y se dirige hacia él.



Figura 3. Robot Minero



Figura 4. Humanoide

Alpha Rex es un robot humanoide, de tracción bípoda. Según se observa en la Figura 4 el centro de gravedad está muy alto y por tanto la dificultad radica en hacerlo avanzar y mantener el robot derecho sin que se caiga.

Un motor se encarga de mover las dos piernas adelante y atrás alternativamente. Otro se encarga del balanceo del robot para que la pierna que avanza esté despegada del suelo y la que retrocede esté tocando el suelo. Y el tercer motor mueve los brazos y la cabeza alternativamente.

Los tres motores deben funcionar de manera sincronizada para conseguir el movimiento de avance.

La Figura 5 es un robot artrópodo que simula un escorpión.

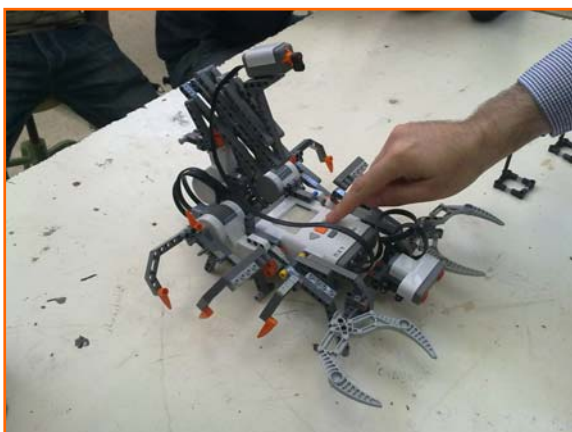


Figura 5. Escorpión

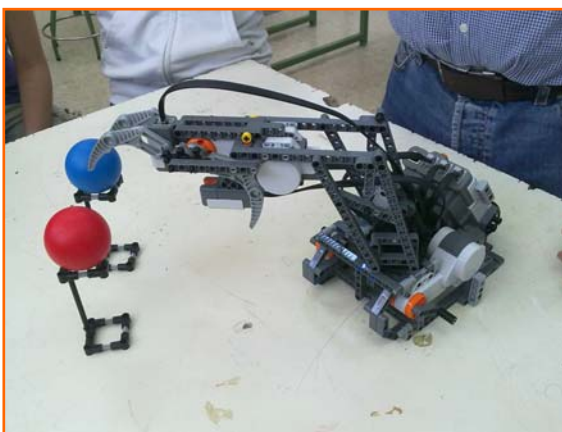


Figura 6. Brazo Mecánico

Avanza hasta que detecta un objeto en su camino. Entonces se prepara para atacar y golpea con su aguijón el objeto. Finalmente gira y sigue en otra dirección.

Dos motores controlan la tracción diferencial de todas las patas, y el tercer motor es el encargado del movimiento del aguijón.

Por último, la Figura 6 muestra un brazo mecánico controlado por el usuario.

Tiene dos modos de funcionamiento para los botones izquierda y derecha: giro y avance-retroceso. La pantalla indica la función de los botones en cada modo, y pulsando el botón naranja se cambia de modo. Un sensor de contacto se utiliza como botón de accionamiento de las garras.

Además, solo permite coger y mover objetos rojos. Si el objeto que se intenta levantar es de otro color (por ejemplo azul) lo suelta inmediatamente y no deja moverlo.

Los vídeos de funcionamiento de los robots mostrados en este apartado se pueden consultar en Ocaña (2010b).

4.- RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos los podemos agrupar en tres categorías: motivación, académicos y divulgación.

Motivación

Basándose en entrevistas informales realizadas con alumnos y alumnas, la motivación de los estudiantes y el gusto por aprender Ciencia y Tecnología se ha potenciado enormemente. Los alumnos/as destacan la satisfacción que les supone poner en práctica sus conocimientos teóricos para resolver situaciones concretas, y la mayor comprensión que adquieren así de estos conocimientos. De repente, lo que estudian es útil y adquiere significado.

Por estas razones, el siguiente paso tras implantar la asignatura “Robótica” en 4º de la ESO fue enseñar Robótica también en Bachillerato con la misma filosofía: formación tecnológica y de ingeniería fomentando el entusiasmo por aprender.

En este caso la programación ya es con el lenguaje Java usando LEJOS (*LEGO Java Operative System*), (Bagnall, 2007) y (Scholz, 2007). El nuevo material de aula para Bachillerato está organizado con la plataforma educativa Moodle, según se muestra en la Figura 7.

En este curso se van introduciendo conceptos de programación con java simultáneamente a los conceptos de robótica, siguiendo un esquema similar al descrito anteriormente en apartado 3.2.

Un ejemplo de los robots que los alumnos llegan a hacer es el “Robot Médico Replicante” de la Figura 8, con el que ganaron el Trofeo al Mejor Proyecto Científico en la primera *First LEGO League Almería*, “*Body Forward 2010*”.

Se trata de un brazo cirujano controlado remotamente de manera inalámbrica con los movimientos del médico que lo maneja. El brazo sube, baja, gira a izquierda y derecha y abre y cierra su mano imitando o “replicando” los movimientos que el médico hace con sus propios brazo y mano.



Figura 7. Curso Moodle de Robótica con Java-LEJOS

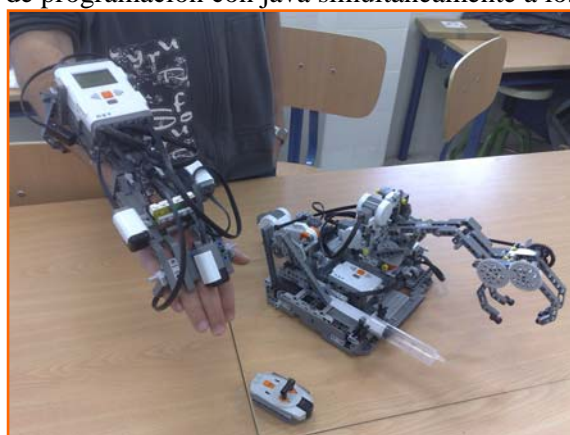


Figura 8. Robot Médico Replicante



El robot dispone además de apéndices como una jeringa que inyecta la cantidad de líquido que decide el médico.

Resultados académicos

Desde el punto de vista académico, el número de alumnos/as en el IES Turaniana que en la actualidad cursan la asignatura “Tecnología Industrial” en el Bachillerato Científico Tecnológico se ha multiplicado: ha pasado de cifras que variaban entre 2-5 hasta los 15-20 actuales. Esto a su vez ha provocado que el alumnado de Ciencias también aumente de manera considerable.

Y además, las notas de estos alumnos en Selectividad en la asignatura “Tecnología Industrial” siempre están entre las más altas de la provincia de Almería.

Por último, los alumnos que al cursar esta asignatura se matriculan en estudios de Ingeniería han pasado de 0-2 a 5-10 anualmente.

Divulgación

Para facilitar que otros Institutos pudiesen reproducir nuestra iniciativa hemos realizado diversas acciones divulgativas.

A la hora de aplicar las TIC en el aula, la formación y motivación del profesorado resulta fundamental para el éxito de su aplicación en el aula (Marchesi *et al*, 2003). Por eso, en primer lugar se preparó un curso de 30 horas para Profesores de Secundaria que se ha impartido en los tres Centros del Profesorado (CEP) de la provincia de Almería (El Ejido, Cuevas de Almanzora y Almería).

En la actualidad más de 70 profesores/as han recibido esta formación de robótica y muchos de ellos ya están siguiendo nuestros pasos en clase con nuestro material de aula.

Y este material de aula va a ser publicado por la Delegación de Educación de Almería para ser distribuido a centros públicos, privados y concertados de Enseñanza Secundaria.

El curso resultó un éxito rotundo (con la máxima valoración de los asistentes por unanimidad) y marcó un antes y un después: fue el escaparate que hizo que la experiencia se diese a conocer y acabase convirtiéndose en una referencia indiscutible.

A partir de aquí, la organización del Certamen de Ciencia y Tecnología “Nautilus” nos invitó ese mismo año a dar una exhibición de robótica al Delegado de Educación en Almería.

Nuestros alumnos/as lo hicieron tan bien, demostraron tanta ilusión y nivel de conocimientos que Canal Sur TV se interesó en nuestra labor: grabaron 5 documentales en nuestro Taller de Tecnología donde los alumnos/as de Robótica explicaban sus robots y lo que aprendían en Robótica de 4º de la ESO y en Tecnología Industrial de Bachillerato, (Ocaña, 2010a).

Así las cosas, de manera totalmente ajena a nosotros, el Parque Científico Tecnológico de Almería (PITA) y el CEP Cuevas-Olula organizan por primera vez en Almería la competición oficial de robótica *First LEGO League* (FLL). La FIRST LEGO League es el mayor programa de robótica para escolares del mundo, y su objetivo es promover vocaciones científicas y tecnológicas entre los más jóvenes mediante la innovación, la creatividad y el trabajo en equipo (Nelly y Daudelin, 2008).

Almería, con el caldo de cultivo que hemos ido sembrando, ha sido la única sede de Andalucía que agotó todas las plazas en pocos días. Incluso algunos equipos se inscribieron en otras sedes vecinas (de hecho, el campeón de Granada ha sido también un equipo de Almería).

Los resultados conseguidos en la FLL por el IES Turaniana han sido impresionantes: único Instituto con 3 equipos inscritos (en la Figura 9, TURABOT Alfa, Beta y Gamma), los 3 equipos TURABOT clasificados entre los mejores de la provincia, TURABOT Alfa Campeón de Almería, participantes en el Campeonato de España (Figura 10) con los 32 mejores equipos a nivel nacional quedando entre los primeros, gran impacto mediático (prensa, TV, Internet¹ y redes sociales), etc.

¹ Una muestra del impacto mediático conseguido por la actuación de los alumnos de robótica del IES Turaniana en la FLL es que al buscar “Turabot Alfa” en Google se obtienen más de 400 referencias.



Figura 9. Equipos TURABOLT



Figura 10. TURABOT alfa en el Campeonato de España celebrado en Bilbao

Y por si todo esto fuera poco, la Fundación Príncipe de Asturias (en su versión catalana de Príncipe de Gerona) nos ha invitado a participar en un Proyecto de Investigación a nivel nacional cuyo objetivo primordial es el fomento de la Ingeniería y la detección de jóvenes talentos. De hecho, somos el único centro de Andalucía al que han invitado.

En este Proyecto participan Ingenieros tanto del ámbito académico como profesional, alumnos de Ingeniería y 6 Institutos de Educación Secundaria. Para seleccionar a los Institutos participantes la Fundación requería un nivel de conocimientos alto y, lo más importante, demostrar que se sabe aplicar esos conocimientos para resolver situaciones concretas, entusiasmo por aprender, espíritu de equipo, comunicación en público, etc.

Es un gran honor que se hayan fijado en nosotros y que consideren que estemos entre los 6 mejores de España. Y también lo es que una organización de prestigio nacional e internacional nos invite a colaborar con ellos para lo que es el objeto de nuestra asignatura: fomentar la Tecnología y la Ingeniería entre los jóvenes estudiantes.

5.- LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

La Consejería de Educación de la Junta de Andalucía ha financiado un Proyecto de Investigación sobre Robótica Educativa para desarrollar actividades de robótica basadas en software libre y darlas a conocer en toda Andalucía, (Ocaña, 2010-2012). Este proyecto está coordinado por el autor de este artículo, es bianual y en él participan varios Institutos de Educación Secundaria de Almería.

Independientemente de lo anterior, hay dos líneas de trabajo a seguir en cuanto a diseño y desarrollo de nuevas actividades:

- En lugar de robots de construcción guiada, diseñar actividades tipo “reto” al estilo de la FLL, donde se plantean problemas concretos y los alumnos tienen total libertad para resolverlos.
- Utilización de sensores avanzados: acelerómetro, giroscopio, brújula, sensores de infrarrojos, control remoto de sistemas, etc.

Desde el punto de vista curricular, el siguiente paso sería integrar la robótica educativa con aspectos transversales como las Energías Renovables o las máquinas históricas. También se puede relacionar con Planes Educativos como interculturalidad, coeducación, convivencia positiva, fomento de la lectura, etc.

Por último, los tres CEP de la provincia de Almería han pedido al autor de este artículo que diseñe y organice un curso de Robótica Avanzada que sea continuación de los ya impartidos con anterioridad.



6.- CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo se ha expuesto la oportunidad educativa que supone la construcción de robots escolares con un enfoque amplio que defina la robótica como asignatura del currículo oficial de Enseñanza Secundaria.

La robótica en el aula es una gran herramienta pedagógica en cuanto a motivación del alumnado, desarrollo de Competencias Básicas y adquisición de conocimientos tecnológicos y científicos en general.

La experiencia iniciada hace algunos cursos de manera pionera en el IES Turaniana ya está dando sus frutos académicos y es una referencia para otros Institutos de Educación Secundaria.

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astolfo, D., Ferrari, M., & Ferrari, G. (2007). *Building Robots with LEGO Mindstorms NXT*. Ed. Syngress.
- Bagnall, B. (2007). *Maximum LEGO NXT: Building Robots with Java Brains*. Variant Press.
- Academia de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon (2006). *Introduction to Robotics*. CD-ROM.
- Academia de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon (2007a). *Robotics Projects: Themes*. CD-ROM.
- Academia de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon (2007b). *Robotics Engineering, Vol. I: Introduction to Mobile Robotics*. CD-ROM.
- Academia de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon (2007c). *Robotics Engineering, Vol. II: Guided Research*. CD-ROM.
- Christensen, R. (2002). Effects of technology integration education on the attitudes of teachers and students. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(7), 411-433.
- Cifuentes, L. & Ozel, S. (2008). Using technologies to support STEM project-based learning. En R M. Capraro y S.W. Slough (Eds.), *Project-based learning: An integrated Sciences, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach* (pp. 117-134). Rotterdam, Sense Publishing.
- Kelly, J. (2006). *LEGO Mindstorms NXT: The Mayan Adventure*. Ed. Apress.
- Kelly, J., & Daudelin, J. (2008). *FIRST LEGO League: The Unofficial Guide*. No Starch Press.
- Marchesi, A., Martín, E., Casas, E., Ibáñez, A., Monguillot, I., Rivière, V., et al. (2003). *Tecnología y aprendizaje. Investigación sobre el impacto del ordenador en el aula*. Madrid: SM.
- Martínez, F.J. (2009) "Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las Competencias Básicas en Educación". *Espiral. Cuadernos del Profesorado*, 2, 5, 15-26.
- Ocaña, G. (2010a). Robótica en el Aula. Una experiencia tecnológica para el desarrollo de Competencias Básicas. *Paradigma Digital. Revista de Divulgación Educativa*, 12, 160-173.
- Ocaña, G (2010b). Canal de vídeos de Robótica Educativa. Disponible en www.youtube.com/user/gocanar
- Ocaña, G. (2010-2012). Robótica Educativa en centros TIC. Una plataforma educativa y actividades de enseñanza-aprendizaje con software libre. Proyecto de Elaboración de Materiales Curriculares y Recursos Didácticos subvencionado por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía.
- Papert, S. (1992). *The Children's Machine*. Basic Books.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.
- Relaño, M.C., & Perea, F. (2007-2009). *Robótica en el Aula*. Proyecto de Innovación Educativa Subvencionado por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Disponible en roboticaenelaula.org
- Scholz, M.P. (2007). *Advanced NXT: The Da Vinci Inventions Book*. Ed. Apress.
- Vidal, M.P. (2006). Investigación de las TIC en la educación. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5(2), 539-552.

