



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Innovación educativa con apoyo de las TIC: la
robótica como recurso educativo

Educational innovation with ICT support: robotics
as an educational resource

Autor

Raúl Ceperuelo Pardos

Director/es

José María Falcó Boudet

FACULTAD DE EDUCACIÓN

Especialidad Tecnología e Informática

Curso 2016 - 2017



Facultad de Educación
Universidad Zaragoza

RESUMEN

El presente Trabajo Final de Máster pertenece a la modalidad B y estudia las características de la robótica y sus posibilidades como recurso de innovación educativa en la etapa de Educación Secundaria. A partir del análisis de varias experiencias realizadas con robots se observa que la robótica aumenta la motivación de los alumnos, permite desarrollar competencias como el trabajo en equipo o la resolución de problemas y fomenta un aprendizaje multidisciplinar e integrado de las ciencias y la tecnología. Después, empleando la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, propongo un proyecto en el que los alumnos imaginan, diseñan, construyen y programan robots que resuelvan situaciones y problemas detectados en el entorno. En el proyecto los alumnos de 3º de ESO trabajarán junto a alumnos de Formación Profesional.

ABSTRACT

The present Master Degree Final Project belongs to a B modality work and it studies the characteristics of robotics and its possibilities as a resource of educational innovation in Secondary Education. Based on the analysis of different experiences using robots it is observed that robotics increases students' motivation, it develops teamwork and problem-solving competences and it encourages a multidisciplinary and integrated learning of sciences and technology. After that, using the Project Based Learning (PBL) methodology, I propose a project in which students imagine, design, build and program robots that can solve situation and problems that have been identified in the environment. In the project the students of 3rd year of ESO will work together with students of Vocational Training.

ÍNDICE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. ROBÓTICA EDUCATIVA Y ROBOTS	5
2.2. FUNDAMENTACIÓN PEDAGÓGICA.....	7
2.3. EXPERIENCIAS CON ROBOTS.....	8
2.4. LA ROBOTICA DENTRO DEL CURRÍCULO DE ESO.....	9
2.5. LA ROBÓTICA FUERA DE LAS AULAS	10
2.6. METODOLOGÍA DE LOS PROYECTOS DE ROBÓTICA.....	11
2.7. HERRAMIENTAS DISPONIBLES	12
2.8. DESARROLLO DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA. FASES Y DIFICULTADES.....	15
3. DISEÑO METODOLÓGICO	16
3.1. CONTEXTUALIZACIÓN	16
3.2. ORIGEN Y FUNDAMENTACIÓN.....	17
3.3. ASPECTOS INNOVADORES	17
3.4. OBJETIVOS	18
3.5. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	18
3.6. TEMPORALIZACIÓN	21
3.7. RECURSOS.....	21
3.8. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	22
4. CONCLUSIONES	23
4.1. ACERCA DE LA ROBÓTICA	23
4.2. APRENDIZAJE DURANTE EL MÁSTER	23
5. REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	26
5.1. BIBLIOGRAFÍA	26
5.2. REFERENCIAS LEGISLATIVAS	27
5.3. REFERENCIAS DE LAS IMÁGENES.....	27

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

En diferentes asignaturas a lo largo del Máster hemos hablado sobre el concepto de motivación y su importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Durante el periodo del Prácticum he podido observar, de manera generalizada, una falta de motivación y de interés por la asignatura de Tecnología en los alumnos de la ESO. Sin embargo, podemos afirmar que la tecnología se encuentra presente de una manera muy importante en sus vidas y son usuarios de productos tecnológicos todos los días.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la robótica educativa como herramienta para mejorar la motivación, promover el desarrollo de competencias y fomentar el aprendizaje en ámbito de las ciencias y la tecnología y analizar las posibilidades de su incorporación a la etapa de Educación Secundaria, aspectos que se abordarán en una primera parte del trabajo. En segundo lugar se realizará una propuesta de actividades para trabajar la robótica en el aula basada en el estudio realizado.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los avances en ciencia y tecnología en el último siglo han producido grandes transformaciones en la sociedad, cambiando la forma de comunicarnos, de actuar, pensar y expresarnos. Vivimos en la era de la información, inmersos en el uso las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Las nuevas generaciones, a las que Mark Prensky define como “nativos digitales”, han nacido y se han formado rodeadas de ordenadores, vídeos y videojuegos, música digital, telefonía móvil y otras herramientas similares. Estos nativos digitales están acostumbrados a recibir la información de forma rápida, se sienten atraídos por multitareas y procesos paralelos, prefieren los gráficos a los textos y trabajan mejor en red (Prensky, 2001). Más allá de esta división entre nativos e inmigrantes digitales, las Tecnologías de la Información y la Comunicación están presentes en nuestro día a día y las empleamos como consumidores y como productores de información.

Este nuevo escenario social demanda cambios sustantivos en la formación de los futuros ciudadanos y plantea retos ineludibles a los sistemas educativos, a las escuelas, al currículum, a los procesos de enseñanza y aprendizaje y, por supuesto, a los docentes (Pérez Gómez, 2012, p. 68). Es necesario considerar el papel de las TIC en los procesos de aprendizaje y apostar por la innovación educativa, con el objetivo de encontrar formas de adaptar la escuela, el aprendizaje y las metodologías a las características de los alumnos y de las demandas de la sociedad actual.

El sistema educativo ha de preparar a los estudiantes para que manejen y resuelvan situaciones en el futuro, bien distintas, por lo general, a las que rodean el presente (Pérez Gómez, 2012, p. 70).

En el preámbulo de la LOMCE podemos observar la intención de que la educación sea capaz de responder a las necesidades y demandas de la sociedad. En el apartado k) del artículo 2, se establece como uno de los fines del sistema educativo *la preparación para el ejercicio de la ciudadanía y para la participación activa en la vida económica, social y cultural, con actitud crítica y responsable y con capacidad de adaptación a las situaciones cambiantes de la sociedad del conocimiento.*

Para atender a estas necesidades, se deben promover experiencias innovadoras en procesos de enseñanza-aprendizaje apoyados en las TIC. En este trabajo plantearé la utilización de la robótica educativa como una herramienta que permita a las escuelas convertirse en escenarios de aprendizaje, donde los estudiantes investiguen, compartan, apliquen y reflexionen (Pérez Gómez, 2012, p. 70).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ROBÓTICA EDUCATIVA Y ROBOTS

La robótica educativa se define como una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología (Ruiz-Velasco, 2007, p.113). Otros autores entienden la robótica educativa como un contexto de aprendizaje que promueve un conjunto de desempeños y habilidades vinculados a la creatividad, el diseño, la construcción, la programación y divulgación de creaciones propias primero mentales y luego físicas, construidas con diferentes materiales y recursos, que pueden ser programados y controlados de s un ordenador o dispositivo móvil (Acuña, 2012, p.8).

Los ámbitos de trabajo de la robótica educativa son, fundamentalmente, el tecnológico, el científico y el relacional (Arlegui y Pina, 2016, p.18).

En el ámbito tecnológico se programan robots autónomos que realizan tareas relativas a problemas reales de interés general, ecológico, social, buscando soluciones innovadoras a los mismos.

En el ámbito científico se profundiza en problemas vinculados a la producción, a las soluciones para mejorar la calidad de vida y para afrontar las emergencias ambientales y otras problemáticas actuales, dando soluciones desde un enfoque integrador y multidisciplinar.

En el ámbito relacional los estudiantes y profesores deben trabajar para cumplir la responsabilidad de compartir conocimiento y competencias con el resto de integrantes del grupo para la consecución de los objetivos.

Aunque el término robot es relativamente reciente el ser humano ha desarrollado desde hace siglos mecanismos que realizan movimientos de manera automática, denominados *autómatas*.

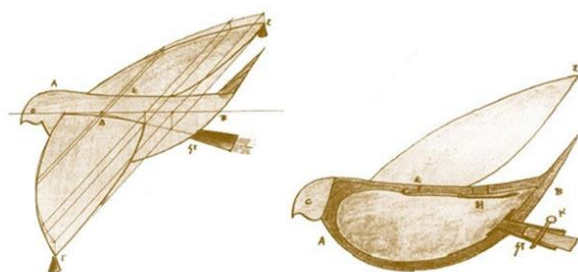


Imagen 1. Paloma de vapor de Arquitas de Tarento

En torno al 400 a.C. Arquitas de Tarento, considerado el padre de la ingeniería mecánica y precursor de la robótica, construyó un autómatas de madera con forma de paloma capaz de volar propulsada por la presión del vapor de agua en su interior.

Otro ejemplo de autómeta es el *Canard Digérateur (El pato que digiere)*, también conocido como el Pato de Vaucanson, ya que fue construido por Jacques de Vaucanson a mediados del siglo XVIII. Consistía en una máquina con forma de pato compuesta por más de 400 piezas móviles que era capaz de graznar, comer de la mano del público y completar de forma total la digestión (Sánchez et. al., 2007, p.71-72).

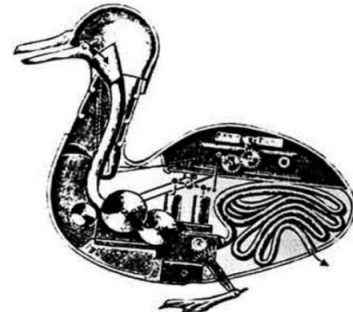


Imagen 2. Pato de Vaucanson

El término robot no fue utilizado hasta el siglo XX. Su origen etimológico es la palabra checa *robot*, que significa *trabajo o labor* y fue empleado por primera vez en el año 1921, en una obra teatral de Karel Capek para designar a las máquinas que realizaban el trabajo de los humanos en una fábrica.

Una definición de robot dada por Arlegui y Pina es la de “mecanismo físico programable capaz de actuar para resolver problemas interactuando con su entorno de manera autónoma” (Arlegui y Pina, 2016, p.20). La idea de robot ha ido cambiando con los años, pero, en general, gira alrededor de tres elementos centrales: mecanismo, programa e interacción con el entorno (García y Castrillejo, 2011, p. 324). Analizando la definición anterior podemos encontrar esos tres elementos y destacar algunos aspectos de las aportaciones de los robots a la educación:

- “*Un mecanismo físico...*”: un robot es una máquina y en su construcción se integran diferentes saberes de tecnología, física, matemáticas o diseño. Conceptos relacionados con los motores, la transmisión de movimientos con engranajes y poleas o el cálculo de la velocidad.
- “*...programable...*”: un robot se controla a través de un lenguaje de programación. A partir de la escritura de “tareas” podemos ir construyendo el comportamiento del robot, un comportamiento que se va mejorando a partir de los errores cometidos en la escritura. De esta manera se ayuda a la construcción del pensamiento formal de los alumnos (Arlegui y Pina, 2016, p.20).
- “*...capaz de actuar para resolver problemas interactuando con su entorno de manera autónoma*”: el robot, a través de sensores, se relaciona con el entorno que le rodea y adapta sus acciones para llevar a cabo la función para la que ha sido programado. Al programar debemos establecer hipótesis sobre los posibles estados del entorno y deducir las acciones que deberá ejecutar el robot, ejercitando de esta manera el razonamiento hipotético-deductivo (Arlegui y Pina, 2016, p.22).

2.2. FUNDAMENTACIÓN PEDAGÓGICA

La robótica educativa se basa en la teoría del constructivismo planteada por Piaget, que plantea que es la persona la que activamente construye el conocimiento: el aprendizaje se forma a partir de la construcción del conocimiento que realizamos sobre las estructuras de conocimiento que ya tenemos como individuos. El individuo construye estructuras a través de su interacción con el entorno combinándolas con las que ya posee a través de los procesos de asimilación y acomodación.

La asimilación es el proceso por el que el sujeto interpreta la información del entorno basándose en los esquemas y estructuras conceptuales que posee. Solo asimilamos aquellos elementos que nuestros esquemas reconocen.

Por el proceso de acomodación el individuo tiende a modificar sus esquemas y estructuras conceptuales para adecuarse a la realidad y asimilar nuevas características del medio. La acomodación produce una nueva asimilación o reinterpretación de los conocimientos anteriores en función de los nuevos esquemas construidos. Así, el conocimiento se construye de manera dinámica a partir de la adaptación o tendencia al equilibrio entre los procesos de asimilación y acomodación.



Imagen 3. Esquema adquisición del conocimiento

El constructivismo de Piaget originó una nueva teoría: el construccionismo, planteada por Seymour Papert, que se basa en aprender construyendo. Según Papert, se logra un aprendizaje significativo cuando el individuo se implica en la construcción de un producto, ya sea un ensayo, un poema, un dibujo, un robot, etc.

El construccionismo integra dos tipos de construcción: la construcción de conocimiento en su cerebro (interactividad cognitiva), mediante la proyección de su sistema intelectual, y la construcción de un producto del mundo externo (interactividad física), mediante la proyección de sus sistemas sensoriales. Cada vez que los aprendices son capaces de construir productos del mundo externo más sofisticados, están construyendo al mismo tiempo conocimientos más complejos, generando de esta forma más conocimiento (Ruiz-Velasco, 2007, p.63).

2.3. EXPERIENCIAS CON ROBOTS

La robótica puede incorporarse a las aulas en todas las etapas. En Educación Secundaria podemos trabajarla de diferentes formas. Acuña (2012, p.10-11) distingue los siguientes tipos de experiencias:

- Competiciones robóticas: construcción de robots que han de demostrar determinadas habilidades de movilidad y discriminación de información.
- Robótica para el apoyo curricular: recrear modelos o construir prototipos que demuestran ciertas leyes o comportamientos físicos.
- Actividades como cursos de verano, para el desarrollo de habilidades relacionadas con el diseño y la manipulación de conceptos básicos de robótica.
- Proyectos educativos con robótica con una propuesta pedagógica.

El resultado de estas experiencias es que la construcción de robots ayuda a desarrollar aprendizajes para dar respuesta a problemas del mundo real (Vázquez Cano, 2012, p. 67; Chalmers, 2013, p.123) y habilidades como el sentido crítico, la autoestima y las relaciones interpersonales (Vázquez Cano, 2012, p. 68). Los alumnos tienen que trabajar conjuntamente para resolver el problema planteado, analizando sus propios errores y buscando nuevas alternativas para encontrar una solución. Se desarrolla así el pensamiento divergente. Otro de los aprendizajes que se obtiene es descubrir que un problema puede tener más de una solución o diferentes caminos para llegar a una solución, como ocurre a menudo con los problemas del mundo real (Chalmers, 2013, p.121).

Ocaña señala también el desarrollo de la creatividad y la autonomía e iniciativa personal de los alumnos, ya que ellos mismos se ven capaces de seguir superando los problemas planteados. Destaca que estas habilidades son a menudo difíciles de conseguir puesto que no son propias de ninguna asignatura del currículo. Además, cada alumno construye los robots a su propio ritmo, por lo que el autor considera que en la robótica podemos encontrar una herramienta de atención a la diversidad del alumnado (Ocaña et al., 2015, p. 77).

La robótica integra conocimientos de diferentes bloques del currículo de Tecnología: electrónica analógica y digital, energías renovables, hidráulica, neumática, informática, etc. (Ocaña et al., 2015, p. 77); y promueve el interés por la aplicación práctica de conocimientos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Chalmers 2013 p.122). Se fomenta un conocimiento interdisciplinar, no compartimentado en materias.

Dada la importancia de la tecnología en la actualidad y las capacidades que la robótica permite desarrollar en los alumnos considero positivo trabajar con ella en la etapa de Educación Secundaria. La robótica puede ser un motor de innovación en los centros educativos, ya que permite insertar cambios en las formas de enseñar y aprender de los estudiantes (Acuña, 2012, p.26). A través de la robótica se generan ambientes de aprendizaje multidisciplinarios que permiten a los estudiantes fortalecer su proceso de aprendizaje al tiempo que desarrollan diferentes habilidades que les permitirán afrontar los retos de la sociedad actual (Bravo y Forero, 2012, p.133).

2.4. LA ROBOTICA DENTRO DEL CURRÍCULO DE ESO

Las características de la robótica educativa y los beneficios de su aprendizaje para los alumnos han llevado en algunas comunidades autónomas a incorporar la robótica como una asignatura propia dentro de la Educación Secundaria Obligatoria. En otros casos la robótica se incluye dentro de la asignatura de tecnología.

En Aragón, el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria queda establecido en la Orden ECD/489/2016. Se observa que dentro de la asignatura de tecnología en 4º de ESO hay un bloque dedicado a la robótica (Bloque 4: Control y robótica). Los contenidos que establece la orden para ese bloque son:

- Sistemas automáticos, componentes característicos de dispositivos de control.
- Diseño y construcción de robots. Grados de libertad. Características técnicas.
- El ordenador como elemento de programación y control. Lenguajes básicos de programación. Aplicación de tarjetas controladoras en la experimentación con prototipos diseñados.

Más allá de dichos contenidos que trabajan con la robótica como tal, con la robótica se pueden desarrollar otras áreas del conocimiento tecnológico:

- Mecánica: construyendo la estructura de un robot se trabajan conceptos como estabilidad estructural, transmisión y transformación de movimientos.
- Electrónica: diseño de circuitos electrónicos para conectar los sensores y actuadores, motores y sistemas de control
- Informática: programación del robot para llevar a cabo las diferentes tareas que debe llevar a cabo de manera autónoma.

Como podemos ver, la robótica educativa permite desarrollar contenidos y competencias propios de la asignatura de Tecnología e Informática, pero también de otras asignaturas de ciencias como Matemáticas o Física.

2.5. LA ROBÓTICA FUERA DE LAS AULAS

El trabajo realizado con robots dentro de las aulas puede complementarse con otras actividades, como las competiciones de robots, que añaden la motivación de una competición a las actividades relacionadas con la robótica.

Una de las competiciones de robots más extendida a nivel mundial es la FIRST LEGO League (FLL), organizada por primera vez en 1988 y que se celebra en España desde el año 2006. En el curso 2015-2016 participaron en España más de 10.000 jóvenes entre 10 y 16 años (Ocaña, 2016, p.8).

El objetivo de la FIRST LEGO League es promover vocaciones científicas y tecnológicas entre los más jóvenes mediante la innovación, la creatividad, el emprendimiento y el trabajo en equipo. Cada año se propone un desafío relacionado con algún tema o problemática actual que los equipos deben resolver en tres ámbitos:

- Proyecto Científico: identificar e investigar un problema real proponiendo soluciones innovadoras.
- Juego del Robot: diseñar, construir y programar robots que tienen que superar de manera autónoma una serie de pruebas propuestas en un campo de juego.
- Valores FIRST LEGO League: demostrar cómo se han integrado valores como la innovación, la creatividad, el trabajo en equipo, la comunicación, etc.

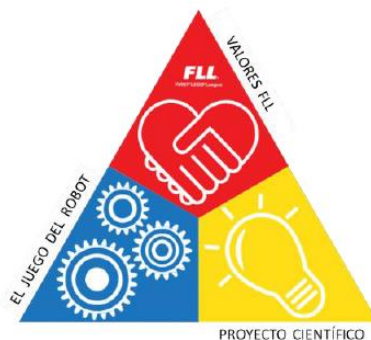


Imagen 4. Esquema FIRST LEGO League

En la página web de la FIRST LEGO League (<http://www.firstlegoleague.es>) podemos encontrar los últimos temas propuestos en los desafíos:

- *Animal Allies* (2016): pensar en personas y animales como aliados para una vida mejor para todos.
- *Trash Trek* (2015): explorar nuevas formas de gestionar los residuos.
- *FLL World Class* (2014): rediseñar como adquirir conocimientos y habilidades en el siglo XXI.

2.6. METODOLOGÍA DE LOS PROYECTOS DE ROBÓTICA

El desarrollo de los contenidos de robótica en la educación suele llevarse a cabo empleando el enfoque de educación STEM y la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos.

2.6.1. EDUCACIÓN STEM

El término STEM es el acrónimo de los términos en inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics* y consiste en la enseñanza conjunta e integrada de ciencias y tecnología, enfocando el aprendizaje al desarrollo de conocimientos dirigidos a la resolución de problemas tecnológicos reales. Algunos de los beneficios de este enfoque son (Ocaña et al., 2015, p. 67):

- Transferencia de los conocimientos y las habilidades a problemas y situaciones del mundo real.
- Incremento de la motivación para aprender.
- Retención a largo plazo.
- Mejora los aprendizajes posteriores de conocimientos relacionados.

2.6.2. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología de enseñanza-aprendizaje en la que los alumnos, trabajando colaborativamente, llevan a cabo un proceso de investigación para responder a una pregunta abierta formulada desde situaciones del mundo real, fuera de los muros del aula, y cuyo resultado es un producto, presentación o representación, que puede ser utilizado o visto por otras personas. Se trata de un nuevo paradigma que da el protagonismo al alumnado evitando su papel pasivo del sistema de contenidos y trabajando desde su participación activa y crítica para que alcance los aspectos clave definidos en el proyecto.

Un proyecto de aprendizaje se realiza a partir de una pregunta guía, que dirige la investigación. Esta pregunta debe ser atractiva, de respuesta abierta, compleja y conectada con el núcleo de lo que los alumnos deben aprender. A partir de la pregunta guía empieza la verdadera investigación. Los alumnos deben seguir un hilo que les lleve a más preguntas, a la búsqueda de nuevos recursos y finalmente a sus conclusiones e ideas propias sobre cómo resolver el problema. Es importante crear un ambiente en clase que anime a los estudiantes a añadir nuevas preguntas, a hacer hipótesis y a estar abiertos a nuevas perspectivas.

2.7. HERRAMIENTAS DISPONIBLES

En la actualidad podemos encontrar una gran variedad de herramientas disponibles para la enseñanza y el aprendizaje de robótica en la Educación Secundaria. Por su mayor facilidad y rapidez de construcción, una opción es el uso de kits comerciales, que contienen las diferentes piezas y sensores con las que construir los robots. Estas herramientas permiten a personas de todas las edades construir diferentes robots sin necesidad de tener conocimientos avanzados en mecánica, electrónica o programación (Bravo y Forero, 2012, p.124). A continuación se describen, de manera muy breve, las más extendidas en el campo de la educación de acuerdo al análisis realizado por González et al. (2015):

1. LEGO

La empresa, originaria de Dinamarca, proporciona una línea de robótica que incluye el hardware y software necesario para crear robots programables y modulares. No son necesarios conocimientos de mecánica ni de electrónica por parte del usuario. Sus kits se componen de una gran cantidad de piezas, sensores que se unen al *brick* principal (cerebro del robot). Utiliza el lenguaje de programación EV3 basado en bloques. También puede emplearse el entorno de programación Enchanting, basado en Scratch. El kit principal en la actualidad tiene el nombre de Lego Mindstorms EV3.



Imagen 5. Robot LEGO Mindstorms

2. VEX

La empresa VEX Robotics también ofrece una plataforma con gran cantidad de accesorios: piezas, sensores y motores, con diseño modular y reconfigurable. Su diseño es cerrado, solamente hay que conectar los sensores y motores al cerebro principal.



Imagen 6. Robot VEX

3. FischerTechnik

Empresa alemana que fabrica juguetes educativos y kits de construcción con bloques que pueden combinarse unos con otros. La mayoría de sus kits no están orientados a la robótica, pero ofrece varios kits para la construcción de robots móviles. El software para programar sus kits (únicamente para Windows) consiste en una programación basada en diagramas de flujo.



Imagen 7. Robot FischerTechnik

4. Arduino Robot

La empresa Arduino, creadora de las placas de control basadas en hardware libre, cuenta con un gran número de usuarios creadores de hardware y software en todo el mundo. Uno de sus desarrollos es el Robot Arduino, un robot móvil que utiliza el entorno propio de Arduino, el cual cuenta con multitud de ejemplos de programación debido a la gran comunidad de usuarios que utilizan el entorno de programación de Arduino.



Imagen 8. Robot Arduino

5. BQ

Empresa española dedicada a la electrónica que también ofrece kits de robótica. Su software de programación se basa en bloques que se encadenan para formar programas.



Imagen 9. Robot BQ

6. MiniRobots

La empresa MiniRobots ha desarrollado los kits mOway y Mowayduino. La estructura del robot no tiene un diseño modular, pero tiene diferentes ampliaciones, como módulos de comunicación y sistemas de visión. Además es compatible con RaspberriPi.



Imagen 10. Robot Mowayduino

El principal inconveniente de estos sistemas es el precio de los kits, ya que muchos centros pueden no disponer del presupuesto necesario para adquirirlos. También puede realizarse la construcción del robot por parte de los alumnos empleando cartón, madera, incluso realizar una propuesta con materiales reciclados. En estos casos debe invertirse más tiempo en el proceso de construcción, aunque de esta forma los alumnos pueden desarrollar diferentes habilidades en el manejo de herramientas en el taller y conocimientos sobre las características y propiedades de los materiales utilizados en la construcción de los robots.

2.8. DESARROLLO DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA. FASES Y DIFICULTADES

El proceso necesario para el desarrollo de proyectos de robótica educativa en el aula puede dividirse en cuatro etapas (Bravo y Forero, 2012, p.127-130):

1. Etapa de integración de recursos tecnológicos basados en robótica al currículo. Esta etapa requiere superar la concepción de la robótica como una actividad extraescolar y extracurricular y reconocerla como una herramienta de aprendizaje. Como hemos visto son muchos los conocimientos y habilidades que podemos desarrollar si introducimos la realización de proyectos de robótica en el aula.
2. Etapa de reestructuración en las prácticas pedagógicas. Aplicar la robótica en el aula supone establecer una nueva metodología de aprendizaje a través del uso de prototipos robóticos y programas especializados. La metodología más empleada, basada en proyectos, exige introducir cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello es necesario un cambio de actitud por parte de los docentes y por parte de los estudiantes a la hora de trabajar en el aula.
3. Etapa de instrumentación. Es necesario disponer de diferentes herramientas de software y hardware que permita la construcción y programación de los dispositivos. La adquisición de estas herramientas puede suponer una dificultad de tipo económico para algunos centros educativos. En este trabajo me he centrado en el uso de kits de robótica que incluyen todos los elementos necesarios para construir y programar los robots, pero existen opciones más económicas como el uso de placas Arduino y programas de software libre para la programación de los dispositivos y el uso de materiales empleados en el taller de tecnología o materiales reciclados para la construcción de los robots.
4. Etapa de definición del uso pedagógico de los recursos tecnológicos. No basta con disponer de las herramientas. También hay que saber cómo utilizarlas. Es necesaria la formación de los docentes en el campo de la robótica, tanto en el manejo de las herramientas como en el diseño de actividades que sean motivadoras y que integren los conocimientos y las competencias a desarrollar por los alumnos.

En resumen, la incorporación de la robótica educativa es una herramienta con la que podemos realizar actividades en el aula que desarrollen no sólo conocimientos y contenidos del currículo sino también habilidades y competencias como el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la creatividad o el sentido crítico.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Basándome en la reflexión y el análisis realizado en la primera parte de este trabajo, plantearé una propuesta de actuación para el centro educativo en el que he realizado el Prácticum durante este curso.

3.1. CONTEXTUALIZACIÓN

3.1.1. CENTRO DOCENTE

El centro en el que se desarrollará la propuesta es el Colegio Salesianos Nuestra Señora del Pilar. Se trata de un centro privado concertado cuya oferta educativa comprende los niveles de Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Ciclos Formativos de Grado Medio y de Grado Superior.

El colegio se encuentra en la zona de Ciudad Jardín limítrofe con el barrio de Delicias. El nivel socio-cultural del entorno puede calificarse de medio-bajo, así como el predominio de una clase media-baja, con una presencia de familias inmigrantes de nacionalidades diversas en el barrio.

3.1.2. ETAPA Y CURSO

La propuesta se planteará para los alumnos de 3º de ESO, que son un total de 60 alumnos divididos en dos grupos de 30. Se escoge este curso para llevar a cabo el proyecto por ser el último curso de la etapa en el que la asignatura de Tecnología es estudiada por todos los alumnos, ya que en 4º de ESO la asignatura de Tecnología tiene carácter optativo.

Se pretende motivar los alumnos hacia las asignaturas científicas –en las que los alumnos encuentran más dificultades– y que todos tengan un primer contacto con la robótica y los lenguajes de programación.

En la propuesta también colaborarán algunos alumnos de los Ciclos Formativos de Grado Medio que ofrece el centro. Su participación será voluntaria y se propondrá fundamentalmente a los alumnos de los ciclos formativos de Técnico en Instalaciones de Telecomunicaciones y Técnico en Instalaciones Eléctricas y Automáticas, puesto que sus estudios están más relacionados con la robótica y la automatización y se espera un mayor interés en participar que los de otras especialidades.

3.2. ORIGEN Y FUNDAMENTACIÓN

El Colegio Salesianos Nuestra Señora del Pilar se encuentra en la actualidad participando en el Proyecto COPO, un proyecto de innovación educativa en colaboración otros centros de la comunidad: el colegio Salesianos Laviaga-Castillo (La Almunia de Doña Godina) y el colegio Salesianos Santo Domingo Savio (Monzón). La información del proyecto puede encontrarse en la página web del proyecto dentro del portal de innovación del Departamento de Educación del Gobierno de Aragón: <https://innovacion.educa.aragon.es/w/index.php?curid=1836>.

El proyecto parte de la reflexión realizada por el colegio Salesianos Nuestra Señora del Pilar mediante herramientas DAFO (Debilidades – Amenazas – Fortalezas – Oportunidades), encuestando a alumnos y familias sobre el funcionamiento de los centros y debatiendo en los claustros como deben ser las escuelas del futuro. De la justificación del proyecto COPO se extraen las siguientes ideas que son también el origen de este proyecto:

- Parte de los alumnos consideran la escuela un lugar importante en sus vidas y para su futuro, pero no se sienten protagonistas de su aprendizaje.
- Se detecta un creciente desinterés hacia los estudios de tipo científico técnico (STEM), así como un número de alumnas mucho menor con respecto al de alumnos que eligen este tipo de estudios.
- Necesidad de formar personas con una fuerte sensibilidad social, comprometidas con su entorno.

3.3. ASPECTOS INNOVADORES

APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ALUMNO

Se empleará el Aprendizaje Basado en Proyectos, de manera que los alumnos sean protagonistas de su aprendizaje y sea su trabajo e implicación la que les permita avanzar en el proyecto.

CURIOSIDAD E INTERÉS POR EL ENTORNO

El proyecto se establece a partir de situaciones cercanas a los alumnos, buscando fomentar la comprensión del entorno que les rodea través de las actividades que se plantearán.

USO DE NUEVAS HERRAMIENTAS

Se plantea el aprendizaje a través del uso de la robótica educativa como recurso educativo para motivar a los alumnos en los ámbitos de ciencias y tecnología.

TRABAJO COLABORATIVO ENTRE ALUMNOS

En la propuesta se fomenta el trabajo conjunto entre alumnos de la ESO y alumnos de Ciclos Formativos. Se acerca a los alumnos de ESO las enseñanzas de Formación Profesional, que pueden ser una alternativa para continuar sus estudios.

3.4. OBJETIVOS

OBJETIVOS PARA LOS ALUMNOS:

- Obj.1.1. Descubrir el funcionamiento y las características de programación de los robots.
- Obj.1.2. Promover el análisis del entorno para identificar situaciones en las que intervenir realizando propuestas de mejora.
- Obj.1.3. Trabajar en equipo para el diseño, programación y construcción de un robot que realice una serie de acciones concretas.

OBJETIVOS PARA LOS PROFESORES:

- Obj.2.1. Incorporar el aprendizaje basado en proyectos como metodología activa en el aula, desarrollando un aprendizaje centrado en el alumno.
- Obj.2.2. Fomentar la motivación de los alumnos en el aula y el interés por el aprendizaje de las asignaturas científicas.

OBJETIVOS DEL PROFESORADO Y LOS ALUMNOS

- Obj.3.1. Acercar los estudios de Ciclos Formativos a los alumnos de ESO como una alternativa para continuar su formación académica.

3.5. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

La propuesta consiste en el desarrollo de un proyecto de aprendizaje empleando la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la que se realizará el diseño y construcción de un robot.

El proyecto se realizará desde la asignatura de Tecnología, con los alumnos de 3º de ESO y partirá de la siguiente pregunta guía: ¿Cómo pueden los robots ayudar en el cuidado del medio ambiente de nuestra comunidad?

Para el desarrollo del proyecto seguiremos las cuatro etapas que proponen García y Castrillejo para definir el trabajo realizado por los alumnos al realizar proyectos de robótica: imaginar, diseñar, construir y programar (García y Castrillejo, 2011, p. 307).

ETAPA 1: IMAGINAR

A partir de la pregunta guía, los alumnos realizarán una búsqueda de información sobre las relaciones entre los robots y el medio ambiente. Algunas de las posibilidades son (Fernández Muerza, 2010):

- Aumentar el uso de la energía solar.
- Estimular el reciclaje.
- Estudiar los mares y los ríos.
- Recuperar especies en peligro.
- Mejorar la agricultura.
- Luchar contra la contaminación.

Los alumnos escogerán uno de los usos que hayan encontrado y realizarán una propuesta de incorporación de la robótica en ese aspecto, analizando las mejoras que supondría a la situación actual.

ETAPA 2: DISEÑAR

Una vez imaginado el dispositivo los alumnos deben trabajar en el diseño del mismo concretando el robot físico que van a construir, que realizará algunas de las funciones que se han propuesto en la fase anterior.

En esta etapa los alumnos realizan también una planificación del trabajo, ya que diseñan las partes que compondrán el robot y qué problemas tienen que resolver para construirlo (García y Castrillejo, 2011, p. 310).

ETAPA 3: CONSTRUIR

En esta etapa los alumnos construyen físicamente el proyecto imaginado y diseñado, dando importancia a que los niños realicen la construcción del robot con sus propias manos, de acuerdo con la teoría constructorista de Seymour Papert.

ETAPA 4: PROGRAMAR

Los alumnos deben programar el robot construido para que realice las diferentes acciones de manera autónoma. Para ello deben analizar cómo el dispositivo interactúa con el entorno y qué acciones quieren que realice en cada momento, desarrollando así el pensamiento lógico de los alumnos.

Tras la construcción y la programación de los robots, los alumnos elaborarán un póster en el que muestren el proceso de trabajo y las dificultades encontradas. Los pósters y el funcionamiento de los robots se expondrán a la clase para que todos conozcan el trabajo realizado por sus compañeros.

Aunque el proyecto se ha planteado como un proceso con cuatro etapas, el trabajo con los robots no es un proceso lineal, sino que todas las fases están interrelacionadas y los alumnos pasarán varias veces por ellas. Será necesario reconsiderar el diseño y hacer modificaciones del robot a la hora de construirlo o cuando llegue el momento de realizar la programación, si lo que los alumnos han construido no se corresponde con lo que habían imaginado o diseñado. También podrán, una vez construido y programado correctamente, volver a las fases de imaginación y diseño para incorporar mejoras o añadir nuevas funciones al robot.

Dada la relación entre las diferentes etapas, García y Castrillejo explican el trabajo con robótica empleando la figura de un tetraedro, en el que cada vértice es una de las etapas descritas anteriormente –imaginar, diseñar, construir y programar–. El trabajo es dinámico e implica un continuo movimiento entre esos vértices para poder avanzar en el desarrollo de un proyecto (García y Castrillejo, 2011, p. 312).

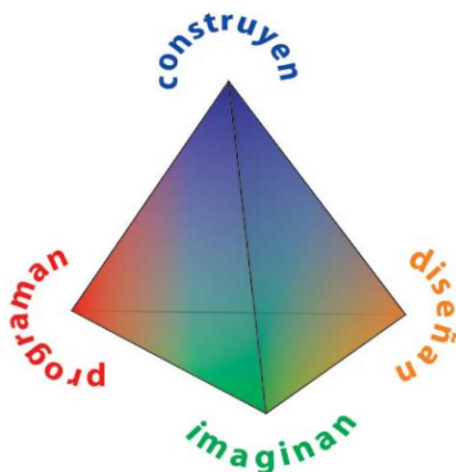


Imagen 11. Esquema trabajo con robots

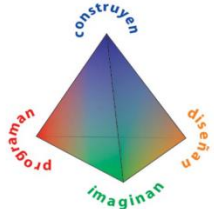
Como se ha dicho, en el proyecto colaborarán los alumnos de 3º de ESO con los alumnos procedentes de Formación Profesional que, de manera voluntaria, quieran participar en el proyecto. Los alumnos se dividirán en grupos de cinco alumnos, intentando que cada grupo de trabajo cuente, al menos, con un alumno de FP. Estos alumnos, algo más familiarizados con el funcionamiento de los robots y la estructura de los lenguajes de programación, ayudarán a los alumnos de la ESO a avanzar en los proyectos.

La presencia de los alumnos de FP en los grupos de trabajo ha de ser una ayuda, pero no deben ser ellos los que realicen todo el trabajo. Por ello, a la hora de evaluar el trabajo se tendrá en cuenta la participación de todos los miembros y su implicación en el proyecto.

3.6. TEMPORALIZACIÓN

El proyecto se llevará a cabo durante un total de 9 sesiones, lo que corresponde a una duración de 3 semanas, ya que la carga lectiva de la asignatura de Tecnología en la ESO es de 3 clases por semana.

Se realizará durante la tercera evaluación para que los alumnos hayan trabajado previamente en la asignatura de Tecnología conceptos relacionados con motores y sistemas de transmisión de movimiento. Será necesaria la coordinación con los profesores de los Ciclos Formativos de Grado Medio para determinar las fechas concretas para la realización del proyecto.

Fase	Actividades a realizar	Duración
Inicio	- Presentación del proyecto de aprendizaje y formación de los grupos de trabajo	1 sesión
Desarrollo 	- Búsqueda de información e investigación a partir de la pregunta guía - Elección de una propuesta de incorporación de la robótica en el cuidado del medio ambiente (Etapa 1: Imaginar) - Diseño del robot que responda a las necesidades planteadas (Etapa 2: Diseñar)	2 sesiones
	- Construcción del robot de acuerdo al diseño (Etapa 3: Construir) - Programación de los robots (Etapa 4: Programar) - Elaboración del póster resumen	5 sesiones
Conclusión	- Exposición de los proyectos y evaluación	1 sesión
TOTAL		9 sesiones

3.7. RECURSOS

Puesto que el objetivo del proyecto es que los alumnos descubran la robótica y sus posibilidades pero sin profundizar ni en la programación ni en la construcción de los robots, se emplearán los kits de robótica *LEGO Mindstorms NXT* con los que cuenta en el centro.

Las sesiones se desarrollarán en el aula de informática, ya que los alumnos necesitarán los ordenadores en la búsqueda de información inicial y durante el proceso de programación de los robots.

3.8. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

En el apartado de evaluación es preciso diferenciar, por un lado, la evaluación de los proyectos de los alumnos y que son la muestra del trabajo realizado y, por otro lado, la evaluación del proyecto planteado desde el punto de vista del diseño metodológico.

Para evaluar los proyectos realizados por los alumnos se tendrá en cuenta no sólo el resultado final (robot construido y póster resumen), sino también el trabajo realizado por los miembros del equipo durante el proyecto. Se realizarán tres tipos de evaluación:

- Autoevaluación: cada alumno analizará cómo ha sido su trabajo a lo largo del proyecto, que ha aportado al grupo, etc.
- Evaluación entre iguales: los miembros del grupo evaluarán a sus compañeros, valorando qué tareas ha desempeñado cada uno, cómo ha sido la participación en el trabajo o cómo se han organizado.
- Evaluación del profesor: el profesor evaluará el trabajo de los alumnos de acuerdo al trabajo observado durante las sesiones y mediante la presentación final del proyecto realizada por cada uno de los grupos.

Para evaluar los resultados del proyecto el profesor tendrá en cuenta el cumplimiento de los objetivos planteados, la temporalización de las actividades planteadas, la implicación y participación de los alumnos, el resultado de los trabajos realizados, etc. Además de los datos observados por el profesor, se tendrá en cuenta también la opinión de los alumnos. Para ello en la última sesión, tras finalizar las exposiciones y realizar la evaluación del trabajo realizado (autoevaluación y evaluación entre iguales), completarán un breve cuestionario sobre el proyecto.

Para las evaluaciones se empleará la herramienta Google Forms, que permite al docente recopilar de manera rápida, los datos proporcionados por los alumnos. Se aprovecharán los ordenadores del aula de informática para completar las diferentes evaluaciones.

4. CONCLUSIONES

4.1. ACERCA DE LA ROBÓTICA

A partir del trabajo de análisis sobre la robótica educativa como un recurso educativo realizado podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. La robótica es una herramienta que permite desarrollar la creatividad de los alumnos. Con ella se potencia el espíritu de búsqueda y la experimentación para resolver los diferentes problemas planteados, el sentido crítico, la capacidad de aprender a aprender, etc. Todas ellas son competencias que los alumnos necesitarán en su futuro para desenvolverse en la sociedad del conocimiento y la información en la que vivimos.

2. Existen diversas experiencias que muestran las posibilidades de introducción de la robótica en las aulas. Del análisis de algunas de ellas podemos observar que las posibilidades de trabajo van más allá del mero aprendizaje de la robótica. Puede emplearse para el aprendizaje de contenidos de otras materias, proporcionando un conocimiento multidisciplinar e integrado.

3. La metodología que se utiliza habitualmente en el aprendizaje de robótica, el Aprendizaje Basado en Proyectos, promueve un alto grado de implicación de los alumnos y aumenta la motivación y el interés de los mismos. Además se favorecen habilidades como el trabajo en equipo para la resolución de problemas, el reparto de tareas o la ayuda entre compañeros. De esa manera se consigue una formación no sólo en conocimientos (aprender a conocer) sino también en habilidades (aprender a hacer) y en valores (aprender a ser y a convivir).

4. La robótica debe ser considerada como un recurso educativo. Aunque el componente dinámico y motivador de su trabajo la hace divertida para muchos alumnos y que la consideren como un juego, con ella se pretenden desarrollar diferentes competencias y habilidades en los alumnos. En el proyecto propuesto se busca una mejor comprensión del entorno y de sus necesidades a través de la investigación planteada. Los trabajos desarrollados en el aula tienen su origen en el entorno de los alumnos y su objetivo es buscar soluciones para la mejora del mismo.

4.2. APRENDIZAJE DURANTE EL MÁSTER

La realización del Máster me ha proporcionado, a través de sus diferentes asignaturas, nuevos puntos de vista acerca de la educación y un mayor conocimiento de la función del docente. A continuación señalaré algunos aspectos que considero importantes sobre mi aprendizaje, relacionándolos con el trabajo elaborado.

Partiendo de lo más general, destacaré en primer lugar el papel de las leyes educativas como los instrumentos que definen el sistema educativo: las etapas y cursos en los que se divide, las asignaturas que forman parte de cada curso, el reparto de contenidos o los estándares de aprendizaje de cada asignatura quedan establecidos por las leyes educativas y son el marco de nuestra labor como docentes. El proyecto propuesto se plantea para el curso de 3º de ESO porque es el último curso en el que la asignatura de Tecnología tiene carácter obligatorio y se considera positivo que todos los alumnos conozcan qué son la robótica y los lenguajes de programación.

En segundo lugar, la importancia del centro educativo como lugar en el que se desarrolla el aprendizaje de los alumnos. Cada centro tiene unas características propias y podemos sacarles partido para crear situaciones de aprendizaje. En este caso, la presencia de Ciclos Formativos de Grado Medio en el centro se toma como base para realizar un proyecto en el que estos alumnos colaboren con los alumnos de la ESO.

Dentro del centro, considero importante apostar por el trabajo multidisciplinar entre asignaturas para ofrecer a los alumnos un mejor aprendizaje. Tal y como ocurre con la robótica, que integra diferentes disciplinas, muchos de los conocimientos que se estudian en Secundaria tienen relación con diferentes asignaturas cursadas por los alumnos. Para ello es necesaria la colaboración y el trabajo en equipo entre profesores de varias materias. Durante el Máster hemos contado con la presencia de profesores que han llevado a cabo proyectos multidisciplinarios y nos han contado tanto el trabajo que conlleva como los buenos resultados que han conseguido.

También quiero destacar el papel de las metodologías a la hora de planificar, diseñar y evaluar las actividades que desarrollamos en el aula. Ellas nos permiten alcanzar los objetivos planteados y atender a la diversidad de ritmos y tipos de aprendizaje que encontramos en el aula. En el proyecto que se propone en este trabajo se emplea el Aprendizaje Basado en Proyectos para que sean los alumnos los que marquen el ritmo de avance en su aprendizaje.

En relación con la metodología empleada es necesario hablar también del rol del profesor en el aula, que va más allá de ser un transmisor de conocimientos. Ante la inmensa cantidad de información que podemos encontrar hoy en la red con un solo clic, es necesario que el profesor ayude a los alumnos a analizar y filtrar toda esa información, es decir, adquiere un papel de mediador entre la totalidad de la información disponible y aquella que tiene utilidad educativa para los alumnos. El profesor debe ser también facilitador, ayudando a los alumnos a promover su desarrollo cognitivo y personal para que construyan de forma activa su propio conocimiento y no se limiten a una recepción pasiva de información. En el proyecto planteado, el profesor debe guiar a los alumnos en sus investigaciones sobre las necesidades del entorno y en las soluciones posibles, facilitándoles recursos útiles para sus proyectos.

De acuerdo con José Antonio Marina, la tarea de los docentes no es enseñar, sino conseguir que los alumnos aprendan y eso implica una educación lo más cercana posible al alumno, atender a las distintas velocidades de aprendizaje, aprovechar las metodologías cooperativas, utilizar las nuevas tecnologías para hacer posible esa diversificación, hacer proyectos con otros profesores para aprovechar sinergias (Marina, 2015, p.15).

Todo ello me lleva a valorar la importancia de la innovación educativa para mejorar así el proceso de enseñanza-aprendizaje. El trabajo realizado muestra un ejemplo de innovación educativa que pretende mejorar, entre otras cosas, la motivación de los alumnos y el interés por la asignatura de Tecnología.

En conclusión, el Máster en Profesorado de ESO y Bachillerato ha supuesto un primer paso en mi formación como profesor, que espero seguir completando en el futuro, teniendo presente la innovación como herramienta necesaria para producir cambios y mejoras en la práctica docente y el aprendizaje de los alumnos, preparándolos para su futuro de la mejor manera posible.

5. REFERENCIAS DOCUMENTALES

5.1. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Zúñiga, A. L. (2012) *Diseño y Administración de Proyectos de Robótica Educativa: Lecciones aprendidas*. Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13 (3), p. 6-27.
- Arlegui, J. y Pina, J. (2016). *Didáctica de la Robótica Educativa. Un enfoque constructivista*. Madrid: Dextra Editorial
- Bravo Sánchez, F.A. y Forero Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13 (2), p. 120-136.
- Chalmers, C. (2013) *Learning with FIRST LEGO League*. In Society for Information Technology and Teacher Education (SITE) Conference. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), New Orleans, Louisiana, pp. 118-124.
- Fernandez Muerza, A. (2010). *Robots ecológicos*. Eroski Consumer. Disponible en http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2010/05/06/192898.php
- García, J. y Castrillejo, D. (2011). *Los robots como excusa. El modelo CEIBAL. Nuevas tendencias para el aprendizaje*. Montevideo: ANEP-CEIBAL, p. 300-333.
- González, V.; Oerula-Martínez, R.; Cañadillas, F.; Salichs, M. y Balaguer, C.(2015). *Estado de la tecnología en robótica educativa para la Educación Secundaria*. Actas de las XXXVI Jornadas de Automática, p.644-651.
- Marina, J.A; Pellicer, C y Manso, J. (2015). *El libro blanco de la profesión docente y su entorno escolar*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Ocaña, G.; Romero I.; Gil, F. y Codina, A. (2015). *Implantación de la nueva asignatura "Robótica" en Enseñanza Secundaria y Bachillerato*. Investigación en la escuela, 87, p.65-79.
- Ocaña, G. (2016). *FIRST LEGO League. Guía de integración Curricular*. Fundación Scientia. FIRST LEGO League. Disponible en http://firstlegoleague.es/wp-content/uploads/2016/09/DocumentosAA/Recursos/FLL_AA16_Guia_integraci%C3%B3n_curricular_160905.pdf

- Pérez Gomez, A. (2012). *Educarse en la era digital: la escuela educativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Prensky, M. (2001). *Digital Natives, Digital Immigrants*. Disponible en: <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>
- Ruiz-Velasco Sanchez, E. (2007). *Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Sánchez, F.; Millán F.; Salvador J.; Palou, J.; Rodríguez, F.; Esquema, S: y Villavicencio, H. (2007). *Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci (Parte I)*. Actas Urológicas Españolas, 31(2), p. 69-76.
- Vázquez Cano, E. (2012). *Simulación robótica con herramientas 2.0 para el desarrollo de competencias básicas en ESO*. Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13(2), p. 48-73.

5.2. REFERENCIAS LEGISLATIVAS

- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE).
- Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

5.3. REFERENCIAS DE LAS IMÁGENES

- Imagen 1:** <http://www.ancient-origins.net/ancient-technology/steam-powered-pigeon-archytas-flying-machine-antiquity-002179>
- Imagen 2:** http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatas_en_la_historia.htm
- Imagen 3:** <http://neuromosobe.blogspot.com.es/>
- Imagen 4:** FIRST LEGO League. Guía de Integración Curricular, p.9.
- Imagen 5:** <https://www.lego.com/es-es/mindstorms/build-a-robot/track3r>
- Imagen 6:** <https://www.vexrobotics.com/vexedr/products/kits-and-bundles>

Imagen 7: <https://ro-botica.com/Producto/Kit-robotica-TXT-Discovery-Fischertechnik-ROBOTICS/>

Imagen 8: <https://www.arduino.cc/en/main/robot>

Imagen 9: <http://www.logix5.com/roboticaeducativa/producto/printbot-evolution/>

Imagen 10: <http://moway-robot.com/es/moway/robot-mowayduino/>

Imagen 11: García y Castrillejo, 2011, p.315