



**Universidad de Valladolid**

**Trabajo Fin de Máster**

**MÁSTER EN PROFESOR DE EDUCACIÓN  
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y  
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL  
Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

**Especialidad de Tecnología e Informática**

# **Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO**

**A proposal of introduction activities to robotics in 3rd  
ESO**

Autor:

**D. José Ángel Diosdado Fernández**

Tutor:

**Dra. D<sup>a</sup>. Carmen Hernández Díez**

***Valladolid, 27 de Abril de 2013***



# RESUMEN

El presente trabajo presenta una serie de actividades para introducir la robótica a los alumnos de 3º de la ESO.

Para ello usaremos el robot mOwayduino junto a la plataforma Arduino.

Desde una perspectiva constructorista se plantea que, además de aprender los fundamentos de la robótica, el alumno adquiera las capacidades que caracterizan al pensamiento computacional.

# ABSTRACT

This paper presents a series of activities to introduce robotics to students in 3rd ESO.

For this, we use the mOwayduino robot with the Arduino platform.

From a constructionist perspective is proposed which, in addition to learning the basics of robotics, students acquire the skills that characterize the computational thinking



## *AGRADECIMIENTOS*

*A mis padres, porque no se cansan de animarme.*

*A mi hermano, él ya sabe porque.*

*Y a Tofi, porque es la que más se alegra cuando llego a casa.*



---

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

## Contenido

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	7
Parte I: ESTUDIOS .....	9
CAPÍTULO 1: Introducción .....	11
CAPÍTULO 2: Fundamentos .....	15
2.1.    Construccionismo .....	17
2.1.1.  Definición .....	18
2.1.2.  Elección .....	20
2.2.    Robótica Educativa.....	22
2.2.1.  Antecedentes de la robótica. ....	23
2.2.2.  Qué es y qué no es. ....	24
2.2.3.  Robótica educativa.....	26
2.3.    Pensamiento computacional .....	29
2.3.1.  ¿Qué es el pensamiento computacional? .....	29
2.3.2.  Cómo nos afecta.....	32
CAPÍTULO 3: Contexto .....	35
3.1.    Entorno de implantación.....	36
3.2.    Marco legal.....	38
3.3.    Reparto horario.....	39
Parte II: REALIZACIÓN.....	41
CAPÍTULO 4: Herramientas .....	43
4.1.    ARDUINO .....	44
4.2.    mOwayduino .....	45
CAPÍTULO 5: Sesiones .....	47
5.1.    MOWAYDUINO ASISTIDO.....	48
5.1.1.  Sesión 1: Introducción. ....	48
5.1.2.  Sesión 2: Rastreador. ....	49
5.1.3.  Sesión 3: Vigilante.....	51
5.2.    MOWAYDUINO INDEPENDIENTE .....	53
5.1.4.  Sesión 4: La X marca el lugar.....	54

5.1.5. Sesión 5: El espejo.....	55
5.1.6. Sesión 6: Sigue el camino de baldosas amarillas.....	56
5.1.7. Sesión 7: El laberinto.....	57
Parte III: REFLEXIONES Y BIBLIOGRAFÍA .....	59
CAPÍTULO 6: Reflexiones finales .....	61
BIBLIOGRAFÍA .....	63
Bibliografía y Referencias .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ANEXOS .....	69
Anexo 1: Manuales .....	71
Anexo 2: Rastreador .....	73
Anexo 3: Vigilante.....	77



# Parte I

---

# ESTUDIOS

---

**CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

**CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS**

**CAPÍTULO 3. CONTEXTO**



# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

---

*Defiendo la revolución en  
nuestras cabezas.*

*John Lennon*

A lo largo del anterior siglo se han producido un sinnúmero de revoluciones que han cambiado estructuras que hasta entonces parecían inamovibles. Esto es cierto en la economía, la industria, la filosofía, la fe, el arte, la moda,... Prácticamente toda actividad humana se ha visto afectada por alguna de ellas.

Paradójicamente una de las actividades que menos se ha visto afectada es la educación, a pesar de ser una de las que más paradigmas novedosos y teorías *revolucionarias* ha cosechado. Tal y como reza el dicho popular, *cada maestrillo tiene su librillo* y por ello resulta complicada la adaptación a los nuevos paradigmas. Tal como decía Lennon, en este caso lo relevante es implantar la revolución en nuestras cabezas y seguramente esta sea la razón de que en pleno siglo XXI se sigan usando técnicas decimonónicas.

En este trabajo no vamos a evangelizar, nuestra intención simplemente es impartir una materia muy concreta usando un enfoque diferente.

Curiosamente esta materia es una de las que más ha cambiado en el último siglo: **la robótica**, que tal y como la conocemos hoy en día comenzó su existencia en la segunda mitad del siglo XX.

José Angel Diosdado Fernández

Así pues, el presente trabajo versa sobre robótica educativa, dos conceptos con una aparente cualidad antagónica; el primero es revolucionario y puntero casi por definición, el segundo parece ofrecer una resistencia a los cambios inusitada.

Concretamente en este texto hablaremos sobre las aplicaciones de una plataforma, Arduino, y unos robots, mOway, al plano educativo. De esta fusión ha surgido mOwayduino, que nos va a servir de vehículo (nunca mejor dicho) para enseñar a los alumnos robótica y, de paso, pensamiento computacional.

Comenzaremos presentando los conceptos en los que nos hemos basado para construir nuestros experimentos y actividades. Esta presentación ocupará el capítulo dos y recorrerá los siguientes ítems:

- Construccionismo
- Robótica educativa.
- Pensamiento computacional.

Realizaremos una introducción sobre la **robótica educativa**, su importancia, los antecedentes y los estudios que avalan su eficacia como herramienta pedagógica.

Es indudable la importancia de la robótica en la industria, la economía y, por qué no, la sociedad actual. A pesar de ello, no son pocas las personas que identifican la palabra robot con ciencia ficción, visiones apocalípticas de un futuro no tan lejano o con simpáticos androides. Evidentemente no sabemos qué nos deparará el futuro, pero a día de hoy esa no es la función que cumplen los robots; hoy por hoy su función se desarrolla en la industria, sustituyendo a los humanos en aquellas labores que por su dureza o peligrosidad no son recomendables para las personas, aunque también hay aplicaciones médicas, militares y de servicios.

Parece claro que no todo el mundo sabe con precisión qué es un robot, en qué se diferencia de un autómatas o qué características le corresponden; por ello en primer lugar aclararemos qué se entiende realmente por robot y qué no.

Seguiremos con sus usos pedagógicos: Ya existen experiencias educativas con robots, es un hecho que de alguna manera se tienen que formar aquellos que van a manipular, programar, construir y diseñar estas máquinas. Pero este enfoque nos remite a un ámbito profesional, en el que se forma en robótica.

El objeto del presente trabajo es formar con robótica: Ésto es, aprender robótica no es sólo nuestro objetivo, sino también nuestra herramienta, un medio para un fin. En este ámbito también existen experiencias que nos servirán de referencia para el presente trabajo como veremos más adelante. Podemos adelantar que, siguiendo la estela construccionista, nuestra intención es que el alumno aprenda creando, fabricando.

Y si no es sólo robótica, ¿qué pretendemos que aprendan nuestros alumnos? Este será otro de los puntos que abordaremos en el segundo capítulo.

Por medio de la robótica educativa, apoyándonos en ella, intentaremos formar a los alumnos en el **pensamiento computacional**, en esa particular manera de pensar que permite buscar soluciones de una manera sistemática pero creativa. Nuestra herramienta concreta será Arduino utilizado sobre los robots mOway, lo que se conoce como mOwayduino. También daremos más adelante, en el capítulo de fundamentos, una visión más completa de lo que es el pensamiento computacional.

Para conseguir que nuestros alumnos logren estos resultados de aprendizaje, seguiremos el paradigma **construccionista**, enunciado por Seymour Papert por primera vez en (Papert & Harel, Constructionism, 1991). Una introducción a esta teoría

Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO pedagógica abrirá el primer capítulo de este trabajo, completando el tercer pilar de nuestro trabajo.

Una vez asentados los cimientos, en el tercer capítulo de esta primera parte abordaremos aspectos más prácticos, como pueden ser la situación dentro del currículum, el número de horas que dedicaremos, su engarce con el resto de materias tratadas, etc. etc.

En la segunda parte de este trabajo presentamos las actividades concretas que desarrollaremos, con una descripción detallada de cada una de ellas, incluyendo los recursos que vamos a usar, las horas que vamos a dedicar a cada actividad, etc.

También en esta parte incluiremos una somera introducción a Arduino y a los robots mOway que vamos a usar.

Por último incluiremos como anexo los códigos correspondientes a cada una de las actividades.



## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS

---

*“... cuando los hombres construyen sobre falsos cimientos, cuánto más construyan, mayor será la ruina.”*

*Thomas Hobbes*

Siguiendo el consejo de Hobbes, en este segundo capítulo de la primera parte vamos a fundamentar nuestro trabajo, a poner unos sólidos cimientos que nos aseguren un sólido resultado final.

Para ello previamente hemos realizado una labor de recopilación, selección y lectura de un buen número de textos, artículos, *webs* y libros para que nos ayuden en nuestra labor.

En este capítulo vamos a presentar el resultado de todo este esfuerzo que conforma los tres pilares en los que se fundamenta nuestro trabajo que, como dijimos en la introducción, son:

- Construccionismo.
- Robótica educativa.
- Pensamiento computacional

Comenzamos con el construccionismo, ya que consideramos necesario establecer el paradigma pedagógico que vamos a seguir.

José Ángel Diosdado Fernández

Nos hemos decantado por el paradigma que imaginó Seymour Papert partiendo del constructivismo de su maestro Piaget ya que, como veremos más adelante, hemos considerado que es el que mejor se ajusta a nuestras necesidades. En la primera parte de este capítulo de fundamentos veremos en qué se parecen y en qué se diferencian el constructivismo y el construccionismo y por qué es más adecuado el construccionismo para nuestro trabajo.

Seguiremos con la **robótica educativa**. Como ya dijimos comenzaremos estableciendo qué es robótica y qué no es, ya que con cierta frecuencia se aplica el término de forma errónea.

Continuaremos repasando algunas experiencias previas en el campo de la robótica educativa.

Para terminar este capítulo dedicaremos un apartado al tercer pilar de nuestro trabajo. Aparte de que los alumnos aprendan robótica, el objetivo evidente de este trabajo, tenemos un objetivo de aprendizaje no tan evidente: **el pensamiento computacional**. En el apartado correspondiente vamos a partir de las aportaciones de diferentes autores, de las características le atribuyen y qué beneficios nos proporciona su aprendizaje.



## 2.1. CONSTRUCCIONISMO

*“Manos, manos, eso es lo que les gusta a los chicos.”*

*Agustín de Dios Hernández*

*“El aprendizaje es experiencia, todo lo demás es información.”*

*Albert Einstein*

Cualquier arquitecto sabe que un edificio sólido y duradero no puede existir sin unos buenos cimientos. Cualquier ingeniero asume que todo buen proyecto conlleva unas tareas previas que den sentido a lo que va a construir. En nuestro caso dotaremos al presente trabajo de un esqueleto formal acogiéndonos a la teoría del aprendizaje formulada por Seymour Papert.

¿Por qué el construccionismo y no cualquiera de las otras muchas teorías del aprendizaje?

A lo largo de los dos últimos siglos se ha producido una inflación de teorías educativas. Esta inflación ha venido dada por la generalización de la educación. En tiempos anteriores no existía la escuela como tal, había escuelas monásticas, existían los gremios que instruían a sus aprendices, pero un sistema educativo tal y como conocemos actualmente era desconocido; y de hecho en ciertos lugares del mundo a día de hoy no existe.

Estas teorías en primer lugar han tratado de responder a una pregunta clave para su desarrollo: **¿Cómo se produce el aprendizaje?** O lo que es lo mismo, ¿qué mecanismos intervienen en el proceso que lleva a alguien a prender conceptos nuevos?



Figura 1: Ciclo de las teorías pedagógicas.

Una vez establecido este punto de partida, se formula la teoría e inmediatamente se consigna una nueva manera de enseñar.

En general, una vez establecida la teoría se seguía un patrón de conducta, similar al que aparece en la figura siguiente: un *gurú* de la pedagogía proponía una nueva teoría, se echaba por tierra en mayor o menor medida a las teorías anteriores y *gurús* menores ensalzaban el trabajo del maestro.

Todas estas teorías han traído nuevos aires a la educación, pero también problemas asociados, como pueden ser la necesidad de formación del profesorado, de adquisición

José Ángel Diosdado Fernández

de nuevos materiales, la resistencia de los docentes al cambio y, en muchas ocasiones, la confusión y el desorden ante teorías contradictorias. Por no hablar de la defensa de las “tradiciones” que algunos sectores del *gremio* han realizado.

Basándonos en el trabajo de (Cerezo, 2007) se considera que las principales teorías educativas que han ido apareciendo a lo largo de la segunda mitad del siglo XX son:

- La escuela nueva.
- La pedagogía liberadora.
- Cognitivismo.
- Constructivismo.
- La teoría socio-histórica.

Cada una de ellas trata de paliar los defectos que percibía en la anterior. Hemos de tener en cuenta que la educación es un tema muy sensible que en no pocos casos se ha usado como *arma* para adoctrinar a las masas, por lo que en algunas ocasiones se mezclaba un sincero interés porque el alumnado lograra buenos resultados con el intento más o menos descarado de dirigir a éstos en una determinada dirección filosófica o ideológica.

En absoluta es esta nuestra intención. No somos pedagogos ni tenemos la formación necesaria para juzgar la bondad o maldad de una u otra teoría. Sólo tenemos nuestros pobres conocimientos en la materia para decantarnos en alguna dirección. En base a ellos y tras un estudio intensivo de las diferentes opciones que se nos presentaban optamos por una teoría que no aparece en la lista anterior: el **construccionismo**.

Por qué no elegimos ninguna de las anteriores es algo que aclararemos a lo largo del presente punto.

### 2.1.1. Definición

Es posible dar una definición simplista de construccionismo (Papert & Harel, 1991) tal como *aprendizaje mediante acción*. Pero el construccionismo implica algo mucho más significativo y profundo, polifacético. El construccionismo, como el constructivismo, alude a la *creación de estructuras de conocimiento*, aunque en el caso del construccionismo, la persona que aprende está dedicada a construir algo tangible, sea un castillo de arena o una teoría sobre el universo.

En palabras de Papert, dar una definición de construccionismo es trivializarlo, ya que la propia naturaleza de esta teoría del aprendizaje nos exige que aprendamos en base a nuestras propias experiencias, experiencias que harán que formemos, en este caso, nuestra propia *construcción* del construccionismo (valga la redundancia). Pero, se pregunta Papert, si lo hacemos así..., cómo saber que, en primer lugar, nosotros estamos dispuestos a construir este conocimiento y, en segundo, una vez construido, cómo podemos asegurar que coincidirá con la construcción de Papert.

Esta manera de pensar pronto se vuelve recursiva, la serpiente que se muerde la cola, ya que cuanto más construccionistas seamos, menos seguros podremos estar de que nuestras construcciones convergerán a un fondo común.

En la experiencia de Papert, existen tipos de personas con predisposición a aceptar el construccionismo y, evidentemente, otros no tanto o nada dispuestos. Esta diferencia, a pesar de ser una dificultad añadida, también se considera valiosa, ya que aporta una mayor riqueza al acervo común.

## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

Siendo así, parece presuntuoso dar una definición formal de construccionismo, a la par que inútil. En nuestra opinión parece mejor, más coherente, explicar qué es lo que propone, qué motiva esta teoría y, después, proponer una definición personal a la par que permitir al lector extraer su propio conocimiento.

Por ello, para entender la teoría de Papert, primero vamos a conocer sus antecedentes, ya que nos servirán para entender mejor como llegó al construccionismo.

Seymour Papert fue el creador del Lenguaje LOGO, con el que pretendía acercar la informática a los alumnos. Además con este lenguaje se pretendía que alumnos aprendieran de sus errores, desarrollando estructuras meta cognitivas propias.

Para este trabajo se basó en los conocimientos que adquirió siendo discípulo de Jean Piaget, el *padre* del **constructivismo**. Esta teoría pedagógica, sintetizando mucho, proclama que el estudiante es responsable de su propio aprendizaje; en otras palabras, *el alumno construye su propio conocimiento* (Cerezo, 2007). Según la teoría constructivista el conocimiento es un “constructo”, no es algo que pueda ser transmitido, sino que debe ser elaborado (construido) por cada persona (Rodríguez Villamil, 2008).

Como vemos, ya aparece la palabra *construir* relacionada con el aprendizaje. Para un profano parecería que ambas teorías son muy similares, y lo son de hecho.

Siendo esto así, ¿qué necesidad habría de crear una nueva teoría del aprendizaje? Un análisis más detenido nos muestra que existen diferencias fundamentales entre constructivismo y construccionismo, (alguna que ya hemos mencionado) y que ahora vamos a resaltar:

El constructivismo construye sus aprendizajes de manera independiente del entorno, crea situaciones artificiales para provocar esa construcción del conocimiento, mientras que el construccionismo hace hincapié en lo construido. Para el construccionismo lo importante es crear, fabricar *algo* y aprender en el proceso de creación. La palabra clave es **fabricar**. Un alumno construccionista no sólo construye conocimiento, a la par construye (fabrica) objetos y es de esa simbiosis de donde obtiene su conocimiento. No sólo obtiene conocimiento al obtener el resultado final (el objeto) sino también en el proceso que conlleva la creación/fabricación del mismo, tanto en el éxito como en cada uno de los muy posibles fracasos que se van a producir en el proceso.

Otra diferencia relevante es que un alumno construccionista está motivado a aprender ya que tiene en un horizonte más o menos cercano un objetivo claro, un resultado tangible que le impulsa a experimentar, a probar, a aprender de sus errores en suma. Y como sabe a dónde quiere llegar y además es un proyecto en el que se ha implicado personalmente, él mismo sabe cuándo está obteniendo el resultado correcto. De la misma manera, se da cuenta de cuándo es posible una mejora. Cuando obtiene ese resultado también obtiene una satisfacción intelectual que fija esos conocimientos y le impulsa a buscar otros nuevos.

El construccionismo también hace hincapié en el trabajo en grupo; considera que es muy enriquecedor que los alumnos puedan transmitir sus conocimientos a sus pares y de esta manera aprovechar los pequeños (o grandes) logros de sus compañeros. Al tener todos una formación similar, entienden mejor que nadie las dificultades a las que se enfrentan en el proceso y son los más indicados para resolver las dificultades de sus compañeros.

Pero no todo son bondades, el construccionismo exige un gran esfuerzo de motivación por parte del docente y compromiso por parte del alumno, sobre todo en las primeras etapas del proceso especialmente con alumnos acostumbrados a otro tipo de

José Ángel Diosdado Fernández

docencia. A nivel práctico es mucho menos exigente para el alumno contar con la guía y el refuerzo constante de un docente que le va encargando tareas y corrige sus errores. Pero a largo plazo esto puede provocar cierta falta de independencia y capacidad crítica, así como incertidumbre ante situaciones nuevas.

Así pues, tras toda esta reflexión sobre el construccionismo, ¿qué concepto nos hemos *fabricado*? Consideramos que:

*El construccionismo es una teoría del aprendizaje que pone énfasis en el valor de construir/fabricar objetos tangibles<sup>1</sup> como medio para obtener aprendizaje. Éste se consigue tanto al lograr el resultado, como durante el proceso e incluso aunque se producen resultados erróneos. La colaboración entre pares conlleva un mejor aprendizaje.*



**Ilustración 1: Vehículo escalador**

Se han llevado a cabo experiencias de puesta en marcha de entornos construccionistas. Un ejemplo relevante es el del Maine Youth Center (MYC), un centro para jóvenes con una trayectoria académica pobre. Este proyecto fue realizado por el propio Seymour Papert a petición del entonces Gobernador de Maine (EE.UU.).

El trabajo realizado en este centro está recogido por Gary S. Stager en (Stager, 2001) donde expone la particular situación previa de los estudiantes, las técnicas

utilizadas y los resultados obtenidos. En la imagen vemos uno de los experimentos propuestos, un vehículo “escalador” con piezas de LEGO®. Mientras realizaban este experimento los estudiantes aprendieron conceptos físicos como el rozamiento, centro de gravedad; conceptos de ingeniería, como la integridad estructural,... Como habíamos mencionado, se dio el caso de estudiantes que superaron el objetivo inicial propuesto, consiguiendo que el vehículo superara paredes con una inclinación superior a 90°.

Parecen unos resultados apreciables sobre todo si se tiene en cuenta que se trataba de estudiantes “desahuciados” por el sistema tradicional.

### 2.1.2. Elección

Una vez expuestas las bases del construccionismo vamos a explicar por qué elegimos esta teoría como fundamento de nuestro trabajo en detrimento de otras quizás más conocidas y/o reconocidas.

Ya hemos visto que se trata de una teoría del aprendizaje basada en la *acción*, un construccionista opina que *haciendo se aprende*.

Esto es algo con lo que estoy de acuerdo desde antes de conocer el construccionismo. En uno de los primeros trabajos que entregué en la parte específica de este máster, en la asignatura de Contenidos Disciplinarios de Tecnología expresaba lo siguiente:

---

<sup>1</sup> Entendidos como objetos que pueden ser apreciados en el mundo real, bien sean físicos (máquinas, construcciones, etc) bien abstractos (teorías, ensayos,...)

# Para aprender a usar un programa hay que MANEJARLO

En aquel momento había oído hablar de Piaget, pero no de Papert. Posteriormente en la asignatura impartida de Diseño Curricular de Tecnología pude comprobar que no era el único que pensaba así. Siempre que había ocasión el profesor Agustín de Dios nos daba uno de los mejores consejos que he escuchado en este Máster, la frase que encabeza este apartado:

*“Manos, manos, eso es lo que les gusta a los chicos.”*

¿Qué quiere decir esta frase tan campechana? Nada más y nada menos que los muchachos aprenden más fácilmente aquello que les resulta tangible, mucho más si son ellos mismos los que han hecho el objeto. Entienden cada una de las partes, sus relaciones y el valor del conjunto como un todo coherente. A mi modo de ver, eso es construccionismo en estado puro. Y es algo con lo que comulgo sin reservas sobre todo tras mi experiencia docente.

Investigando para realizar este trabajo de fin de máster, a la búsqueda de experiencias en robótica educativa, encontré referencias sobre Seymour Papert. Desde el primer momento fui consciente de lo bien que encajaba esta teoría en lo que pretendía hacer, así pues me embarqué en un viaje iniciático a través de los textos de Papert y otros construccionistas, cada vez más convencido de que era la teoría más adecuada para la materia que pretendía impartir.

No me puedo pronunciar sobre lo adecuado o inadecuado de aplicar esta misma teoría a otras materias ya que no tengo los conocimientos necesarios sobre las mismas. Intuyo que en todas aquellas que tengan una base tecnológica es realmente adecuada.

Tras la investigación realizada encontré experiencias y estudios relacionados con el construccionismo, como el ya mencionado de Stager, que me llevaron a pensar que esta teoría del aprendizaje era el enfoque adecuado para este trabajo.

## 2.2. Robótica Educativa

*“El peligro del pasado fue que hizo esclavos a los hombres. El peligro del futuro es que lleguen a ser robots.”*

*Erich Fromm*

*“Vivimos en una sociedad profundamente dependiente de la ciencia y la tecnología y en la que nadie sabe nada de estos temas. Ello constituye una fórmula segura para el desastre.”*

*Carl Sagan*



Ilustración 2: Messe Muenchen GmbH - Automatica 2010

La inclusión de elementos mecánicos en la industria, la exploración, la medicina y tantas otras áreas de la actividad humana es un hecho desde hace décadas. Tareas como soldadura y montaje en diversos bienes, prospecciones, desactivación de explosivos, limpieza de materiales peligrosos y otras muchas se llevan realizando con asiduidad desde hace tiempo, de manera que los robots se han infiltrado en la sociedad y en el tejido de economía mundial.

Aun así, para el público en general existe cierta confusión respecto a lo que es o no es un robot.

En este apartado vamos a comenzar por abordar someramente los antecedentes de la robótica, veremos qué es y qué no es un robot, para finalmente repasar algunas de las experiencias que se han realizado con la robótica educativa.



### 2.2.1. Antecedentes de la robótica.

El ser humano ha buscado maneras de facilitar sus tareas desde tiempos inmemoriales. Tanto bestias de carga como esclavos fueron la primera elección, sobre todo los segundos, ya que su adiestramiento suponía un menor esfuerzo. Quizás esta exposición de los hechos pueda parecer algo descarnada, pero no es más que un reflejo de la manera de pensar en aquella época.

A pesar de ello, las civilizaciones antiguas en ocasiones usaron sus habilidades técnicas para generar artilugios, primitivos autómatas, aunque en la mayoría de los casos el único uso que se les daba era el de sorprender o entretener. Existen ejemplos que se remontan al Egipto faraónico o la Grecia Clásica, como los siguientes, tomados de (Antiquitas, 2010):

#### Antiguo Egipto.

Se cree que los primeros autómatas fueron construidos por esta civilización. En torno al 1300 a.C. Amenhotep III incluyó en la construcción de su templo mortuorio de Luxor dos colosos. Éstos tenían la particularidad de que albergaban un curioso mecanismo basado en la evaporación del agua por la acción del sol que conseguía que pareciera que los colosos hablaban.

Existen historias acerca de ingenios que eran capaces de mover los brazos o incluso lanzar fuego por los ojos, aunque carecen de la credibilidad de la anterior.

#### Grecia Clásica

Existen numerosos ejemplos del talento griego para la ingeniería, muchos de los inventos que realizaron se han venido usando hasta nuestros días.

Algunos ejemplos relacionados con la robótica, pueden ser:

- La paloma de Arquitas de Tarento. Se trataba de una paloma tallada en madera que, gracias a un depósito de agua y el calor de una llama simulaba el vuelo.
- La **camarera automática** de Filón de Bizancio. Con este artefacto se servía vino mezclado agua<sup>2</sup> en la proporción que se quisiera. El mecanismo se servía del peso de la copa para cambiar de un líquido a otro. El usuario podía decidir la proporción vino/agua simplemente levantando la copa en el momento que considerara que estaba en su punto. Si no lo hacía, el sistema contaba con un mecanismo de seguridad que cortaba el flujo cuando se alcanzaba un determinado volumen.
- Herón de Alejandría. Resulta difícil elegir un solo artilugio de los ejecutados por este ingeniero, matemático y filósofo. A pesar de ello, la mayoría de sus ingenios estaban relacionados con actividades religiosas, templos y oráculos de la época. Quizás el más espectacular fue el que permitía el acceso a un templo una vez que el devoto fiel hubiera pagado la correspondiente tarifa. También inventó un oráculo mecánico, una máquina expendedora de vino, un búho que cantaba y se giraba para mirarte...
- Arquímedes. El gran Arquímedes también realizó autómatas, que usaba junto a clepsidras<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Los griegos tenían la costumbre de rebajar el vino con agua de la misma manera que actualmente lo hacemos con gaseosa.

<sup>3</sup> Relojes de agua.

### **Mundo árabe.**

Los árabes heredaron muchos de los textos de los antiguos griegos y egipcios y supieron sacarles provecho. Tanto los hermanos Banu Musa como Al-Jazari y Al-Saati realizaron muchos ingenios mecánicos para deleite de sus contemporáneos.

Concretamente Al-Jazari creó la que se considera la primera computadora analógica del mundo, **el reloj castillo**, que no sólo indicaba la hora correcta (tanto como lo permitían los conocimientos del momento) si no también la fase lunar correspondiente.

### **Extremo Oriente.**

No sólo en la zona Europea y alrededores se realizaron automatismos, también en Extremo Oriente hubo experiencias de este tipo.

En China, King-su Tse, hacia el 500 a.C. realizó una urraca en madera y bambú que movía las alas.

En Japón, existe una tradición relacionada con los autómatas, el *karakuri-ningyō*<sup>4</sup>. Se trata de autómatas que se usan en espectáculos tanto religiosos como teatrales. Se basan en ancestrales inventos japoneses para ocultar la tecnología bajo capas de misticismo y/o magia.

Después de este pequeño recorrido por la historia de los automatismos, podemos pasar al siguiente punto, dónde aclararemos cuántos de todos estos ingenios se pueden considerar robots y cuáles no, qué es un robot en definitiva.

## **2.2.2. Qué es y qué no es.**

Hemos recorrido un buen número de ingenios que ha desarrollado el ser humano a lo largo de los siglos. Algunos estaban tan bien realizados que en muchos casos a sus contemporáneos les parecían reales incluso producto de la magia o de la intervención de un dios. Pero, ¿eran robots? Sus creadores ¿eran los precursores de la robótica?

Comencemos por definir qué son robot y robótica.

Isaac Asimov acuñó el término robótica con el significado actual que aparece en el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua

### **Robótica.**

*1. f. Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales.*

Cuando lo usó por primera vez pensaba que era una palabra que ya existía, de la misma manera que existía **electrónica**. Realmente no era así y con el tiempo se le reconoció como el primero en acuñarla.

Evidentemente, robótica deriva de la palabra robot. Según el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua,

---

<sup>4</sup> *Karakuri*: Se refiere a un dispositivo mecánico que toma a una persona por sorpresa. Implica una magia escondida o un elemento de misterio. (Conoce Japón, 2013). *Ningyō*: Títere.



## **Robot.**

(Del ingl. *robot*, y este del checo *robota*, trabajo, prestación personal).

- I. m. *Máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas.*

Fue utilizada públicamente por primera vez con el sentido actual por dramaturgo Karel Čapek en su obra de 1921, *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)*. Según el mismo Čapek el término fue sugerido en un primer momento por su hermano Josef.

Debemos tener en cuenta que *robota* en el checo tradicional implicaba no sólo trabajo, si no *servidumbre*; originalmente este término aludía a la obligación que tenían los siervos de trabajar durante 6 meses los campos del señor. Una vez abolida la servidumbre, la palabra se utilizó de una manera más extensa, refiriéndose a todo tipo de trabajos.

Pero el sentido que Čapek quería darle al término robot era el original: servidumbre o trabajo forzado.

Hoy en día consideramos que un robot es cualquier artilugio mecánico que, controlado electrónicamente, puede moverse y ejecutar de forma automática diversas acciones contempladas en un programa; estas acciones variarán en función del entorno. (Alvarez, Galan, & Galindo, 2011)

De este último párrafo cabe destacar varias expresiones que acotan lo que es un robot:

- Artilugio mecánico.
- Controlado electrónicamente.
- Automático.
- Programado.
- Reacciona al entorno.

Todo ello conforma lo que es un robot. Y, de la misma manera, nos sirve para dilucidar lo que no lo es.

Analicemos los ingenios que vimos en el apartado anterior:

- Todos ellos eran artilugios mecánicos, tenían partes móviles.
- Todos eran automáticos, realizaban sus tareas de forma independiente.
- Siendo flexibles, se puede considerar que la mayoría estaban de alguna manera programados.
- Algunos incluso reaccionaban al entorno. Así lo hacían, por ejemplo, el reloj castillo o la camarera automática.
- Pero, y aquí está la clave, ninguno de ellos estaba controlado electrónicamente.

Así pues, aunque alguno de los ingenios que hemos visto en el apartado anterior podrían parecer robots, no lo son, ya que no estaban controlados electrónicamente. En este caso estaríamos hablando de autómatas.

Eduardo Gallego, gran experto español en robótica educativa con más de 10 años de experiencia en este campo resume lo que es un robot en una sencilla ecuación:

Es decir que, cuando hablamos de robótica, además de los mecanismos y de la electrónica, debe existir una *inteligencia* que controle y que decida las reacciones del robot atendiendo a las necesidades del entorno y del momento. Hay que aclarar que Gallego usa el término Inteligencia Artificial de una manera algo libre ya que, siendo rigurosos, la mayoría de robots actuales no se ajustan a la definición de inteligencia artificial.

Si un robot precisa de un control inteligente y una parte electrónica... ¿por qué hemos incluido como antecedentes artilugios que no eran robots?

De ninguna manera podemos descartar estos ingenios por no poseer elementos electrónicos o inteligencia artificial, ya que en ellos estaba el germen de lo que hoy conocemos como robótica. El hecho de que la tecnología disponible en el momento de su diseño no permitiera incluir estos dos elementos diferenciadores no les resta valor como precursores.

Parece necesario hablar en este apartado de los llamados **androides**.

Estas máquinas son un subconjunto de los robots, concretamente aquellos que tienen una forma aproximadamente humana. Aunque en el mundo literario y cinematográfico son los más populares, en el mundo real apenas están dando sus primeros pasos y parece que queda un largo camino por recorrer para que sea habitual encontrarse robots como los que se describen en los libros de Asimov o en películas como las de la saga Terminator.

Otros tipos de robot que cabe destacar son:

- Robots móviles. Aquellos que son capaces de desplazarse por medio de ruedas, orugas u otros mecanismos. Se usan para el transporte de mercancías, la exploración de lugares peligrosos para el ser humano y tareas similares.
- Industriales. Aquellos que están especializados en tareas relacionadas con la fabricación de bienes y equipos. Sus tareas suelen ser pesada, peligrosas y/o repetitivas.
- Médicos. Habitualmente prótesis para sustituir las funciones de las que carece el paciente.
- 

### 2.2.3. Robótica educativa.



**Ilustración 3. Evolución Industrial**

Hoy en día nos encontramos inmersos en lo que se ha dado en llamar *Tercera Revolución Industrial*. Tal como vemos en la imagen, la evolución de la tecnología ha tenido varios hitos y el último de ellos ha sido la inclusión de la mano de obra artificial.

Por supuesto estamos inmersos en una revolución mayor, la digital, que se ha venido desarrollando a partir de la última década del siglo

## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

XX y que está íntimamente relacionada con esta Tercera Revolución Industrial. Pero esta revolución digital es mucho más amplia que la que incluye a la robótica: no sólo afecta a los medios productivos si no que influye en la sociedad a todos los niveles, siendo el germen de nuevos paradigmas de relaciones sociales, palanca de cambios en la economía, influencia los medios de comunicación tradicionales y crea otros nuevos, propulsora de novedades en la educación, afectando en definitiva a prácticamente todas las facetas del mundo actual.

Al calor de estas dos revoluciones han ido apareciendo diversas experiencias en robótica educativa, que tratan de enseñar a los alumnos robótica a la vez que introducen otras materias y aptitudes de forma tangencial.

Con la introducción de la informática en la escuela han aparecido varios problemas; en un primer momento parecía que esta materia estaba reservada a un reducido número de alumnos y profesores que tenían predilección por ella, por lo que la enseñanza se reducía a la informática *per se*; por ello se perdía la oportunidad de enseñar a usar la informática como herramienta.

Al incluir internet en el ámbito escolar se superaba ese primer problema ya que se generalizaba el uso del computador; a cambio se generaba otro problema:

“poner simplemente computadoras en las aulas sin crear un rico ambiente de aprendizaje es inútil – peor que inútil, porque es una distracción. Hace parecer que algo bueno está sucediendo cuando en realidad no está pasando nada de nada.” (Kay, 2002)

Kay pone el dedo en la llaga. El simple hecho de proporcionar ordenadores a los alumnos no les hace saber cómo usarlos para explotar al máximo sus posibilidades. De la misma manera, el realizar experiencias con robótica no es útil si el enfoque no es el adecuado. Por ello hemos puesto tanto énfasis en conseguir el enfoque adecuado para nuestro trabajo, optando de una manera tan decidida por la teoría constructorista.

Además aparecen otros problemas como se refleja en (Zabala, Morán, & Blanco, 2010). Por un lado el uso de simulaciones, de un ambiente virtual, propicia que los alumnos pierdan el aspecto empírico de la investigación, ya que el entorno que ofrece una simulación es mucho más controlado y amable que el que se puede encontrar en un laboratorio real.

Por otro, la tendencia a proporcionar un computador por alumno consigue que se extienda el trabajo individualista, que no individualizado, perdiéndose la posibilidad de aprender los valores del trabajo en equipo tan demandado en la sociedad actual.

La robótica educativa viene a paliar estos problemas, ya que acerca el entorno digital a los alumnos, a la vez que les proporciona la oportunidad de interactuar con el mundo real, construyendo sus propios robots y propiciando el trabajo en equipo, permitiéndoles comparar sus desarrollos y aprender de los errores y aciertos de los compañeros.

Además con la robótica conseguimos que los estudiantes construyan sus propias experiencias que les lleven a descubrir conceptos relacionados con la física, las matemáticas, la tecnología,...

Más aún, el aprendizaje no se tiene porqué circunscribir únicamente al ámbito científico tecnológico, se pueden crear experiencias que apoyen el aprendizaje de música, plástica, historia, geografía y otras muchas.

Una posible definición de robótica educativa nos la ofrece (Acuña, 2009) y la podemos sintetizar como el contexto de aprendizaje que se apoya en las tecnologías digitales para hacer robótica, involucrando a los participantes en el diseño y construcción de prototipos.

José Ángel Diosdado Fernández

Otra definición aparece en (Ruiz, 2007) donde se dice que la robótica educativa surge como disciplina que permite a los estudiantes concebir, diseñar y desarrollar robots de manera que se inicien desde pequeños en el estudio de las ciencias y la tecnología. Propugna que el deseo de interactuar con robots favorece el desarrollo de procesos cognitivos en los alumnos.

En todos los trabajos sobre robótica educativa que hemos estudiado nos encontramos con un enfoque claramente constructorista. No en todas se hace una referencia explícita a esta teoría, pero resulta claro que la forma de abordar la docencia de esta materia sigue las enseñanzas de Papert.

Existen muchos ejemplos previos sobre robótica educativa; ya vimos la experiencia que el propio Papert realizó en Maine y que fue recogida por Stager. Además en la bibliografía se pueden encontrar otros trabajos que recogen experiencias relacionadas con la robótica educativa. De entre ellas destacamos los trabajos de Gonzalo Zabala (por ejemplo el más reciente (Zabala, Morán, & Blanco, 2010)) y el proyecto Planeta Rojo NXT (Ontiyuelo, 2010), aunque todas ellas son muy interesantes y enriquecedoras, por lo que recomendamos su lectura.

## 2.3. Pensamiento computacional

*“Los ordenadores son buenos siguiendo instrucciones, no leyendo tu mente.”*

*Donald Knuth*

*“La ciencia de la computación no trata sobre las computadoras más de lo que la astronomía trata sobre los telescopios.”*

*Edsger Dijkstra*

Como hemos visto en el capítulo anterior nos encontramos inmersos en una revolución que afecta a un gran número de facetas de la sociedad, la economía y muchos aspectos de la vida cotidiana.

La revolución digital ha cambiado tantos aspectos que no habría uno que cabría destacar; han aparecido nuevos empleos, nuevas maneras de relacionarse, nuevos medios de comunicación, de intercambio de contenidos, nuevos mercados,...

Nos adentramos en un nuevo paradigma social que lo abarca todo... si dispones de acceso a la red de redes. Pero de la misma manera que tener un coche no implica automáticamente saber usarlo, hay muchas personas con acceso a internet que realmente no saben lo que implica su uso.

Por ello en las escuelas se hace un esfuerzo por formar a los alumnos en el uso de estas nuevas tecnologías y para que no se produzcan abusos, ni por parte de los alumnos, ni sobre ellos.

Pero esta es una pequeña parte del valor real que ofrece el mundo digital; con la expansión de las nuevas tecnologías, del computador, nos hemos encontrado cada vez con más frecuencia con una expresión: *Pensamiento computacional*.

### 2.3.1. ¿Qué es el pensamiento computacional?

Tal como vemos en (Brennan & Resnick, 2012), no existe un acuerdo acerca de lo que es o cómo definir el pensamiento computacional. Tal como explican en dicho trabajo durante los últimos años se ha hablado y escrito mucho acerca del pensamiento computacional, pero hay poco acuerdo acerca de qué abarca e incluso menos acuerdo sobre qué estrategias seguir para evaluar el desarrollo del pensamiento computacional en los jóvenes.

No hemos encontrado una definición ortodoxa de la expresión, sino más bien una serie de ideas, conceptos en torno a los cuales se mueve. Vamos a repasar algunas de las definiciones que han dado algunos autores reputados.

De acuerdo con lo expuesto por Jeanette M. Wing (la primera en acuñar la expresión) en la conferencia que impartió en 2009 en Pensacola para el IHMC<sup>5</sup>:

---

<sup>5</sup> IHMC: Institute for Human & Machine cognition

José Ángel Diosdado Fernández

*El Pensamiento Computacional (PC) será una habilidad fundamental utilizada por todos en el mundo. A la lectura, escritura y aritmética, vamos a añadir el Pensamiento Computacional a la capacidad de análisis de cada niño. El Pensamiento computacional es un enfoque para la solución de problemas, construcción de sistemas, y la comprensión del comportamiento humano que se basa en el poder y los límites de la computación. Si bien, PC ya ha comenzado a influir en muchas disciplinas, desde las ciencias a las humanidades, lo mejor está aún por venir. De cara al futuro, podemos anticipar incluso efectos más profundos del pensamiento computacional en la ciencia, la tecnología y la sociedad....*

*.... Pensamiento Computacional (PC) es realmente todo lo que tiene que ver con el proceso de abstracción.*

(Wing, 2009)

Esta misma autora junto con Jan Cuny y Larry Synder durante un intercambio de correos electrónicos usaron la siguiente definición para referirse al pensamiento computacional:

*Pensamiento Computacional son los procesos de pensamiento involucrados en la formulación de problemas y sus soluciones, de modo que tales soluciones se representen de forma que las pueda ejecutar eficazmente un agente de procesamiento de información.*

(Cuny, Snyder, & Wing, 2010)

Pat Philips lo define así:

*La integración del poder del pensamiento humano con las capacidades de las computadoras.*

(Phillips, 2009)

En (ISTE&CSTA, 2011) exponen que el pensamiento computacional permite:

1. La formulación de problemas de forma que se pueda usar una computadora y otras herramientas para ayudar a resolverlos.
2. Analizar y organizar los datos de forma lógica.
3. Representar los datos de forma abstracta como modelos y simulaciones.
4. Automatizar la solución con pensamiento algorítmico (una serie de pasos ordenados).
5. Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con la meta de lograr la más eficaz y eficiente combinación de pasos y recursos.
6. Generalizar y transferir este proceso de solución de problemas a otros problemas.

## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

En este mismo documento se nos indica que para ello los estudiantes deberán obtener las siguientes destrezas:

1. Confianza al trabajar con la complejidad.
2. Persistencia al trabajar con problemas difíciles.
3. Tolerancia a la ambigüedad.
4. Habilidad para lidiar con problemas abiertos y cerrados.
5. Habilidad para comunicarse y trabajar con otros para lograr una meta en común y soluciones.

A la vista de estas definiciones, reflexiones, características, podríamos apuntar algunas características comunes acerca de lo que es el pensamiento computacional:

- Tiene que ver con resolver problemas.
- Está relacionado con computadores.
- Hace uso de la abstracción.
- Trabajo en equipo

Estos dos últimos aspectos resultan muy interesantes, apareciendo en el planteamiento de Wing y repitiéndose en el documento de ISTE y CSTA. Vamos a detenernos un momento en ambos.

A la hora de resolver un problema es vital pasar a un plano superior, en el que lo concreto deja de tener importancia para que los aspectos relevantes del problema salgan a la luz. Esta abstracción nos permite, posteriormente, generalizar las soluciones a problemas similares, pudiendo reutilizarlas, haciendo el proceso de solución de problemas algo menos costoso.

Además, el pensamiento computacional nos invita a abandonar la anticuada imagen del investigador solitario y nos introduce en un nuevo paradigma en el que la colaboración es crucial. La solución que hoy he obtenido yo puede servir mañana para resolver el problema que se le presente a un compañero.

O bien, si se presenta un problema demasiado complejo para que lo resuelva una sola persona, dividirlo en tareas más sencillas a resolver entre varios.

En (Barr, Harrison, & Leslie, 2011) nos dan otro aspecto interesante a tener en cuenta, el pensamiento computacional nos permite solucionar problemas en contextos en los que antes no era práctico hacerlo; esto es posible gracias a la automatización y la enorme velocidad de procesamiento que proporcionan los computadores.

Parece obvio que el pensamiento computacional es un hijo de la revolución digital, ya que los avances en las TIC han permitido que sea posible realizar aproximaciones a problemas que en siglos anteriores eran impensables.

Pero no se debe asumir que el pensamiento computacional se circunscribe únicamente a las llamadas nuevas tecnologías. Es opinión común que su uso se puede aplicar a todo tipo de disciplinas, tanto técnicas como científicas o humanísticas, aunque su uso parece más adecuado en aquellas que vayan a producir resultados, dónde tengamos que resolver algún tipo de problema.

Así lo pone de manifiesto David Hemmendinger en su artículo *A plea for modesty* (Hemmendinger, 2010). En él explica cómo muchos de los aspectos más importantes del pensamiento computacional no son de manera alguna exclusivos sino que, muy al contrario están incluidos en otras disciplinas desde hace tiempo. Construir modelos,

José Ángel Diosdado Fernández

encontrar y corregir errores, analizar, son todas tareas que se llevan a cabo en muchas ramas del conocimiento.

Y no tenemos por qué ceñirnos a disciplinas puramente científicas (sean de las llamadas *ciencias puras* o de las *sociales*). Existen miles de ejemplos de la vida cotidiana a los que se puede aplicar el pensamiento computacional. El más simple es algo que todos hemos hecho alguna vez: seguir los pasos de una receta. El concepto de bucle también aparece en muchos aspectos de nuestra vida. Pero hay ejemplos más complejos, que implican avanzadas técnicas de programación; ejemplos tales como ordenar piezas de Lego™ usando un método de dispersión (hashing), logrando así mejorar el tiempo de búsqueda de las piezas; canalizar de flujos de personas para optimizar el tiempo (que se asociaría al concepto de *pipelining*); ordenación eficiente de un conjunto de fichas (*sorting*).

Existen numerosas webs dedicadas al pensamiento computacional, pero nos gustaría reseñar la que ofrece (Google, 2011), un repositorio de recursos web con todo tipo herramientas y lecciones tanto para primaria como secundaria.

La CSTA por su parte pone a disposición de los docentes una larga serie de recursos en su sitio web (CSTA, 2013), así como el interesante documento anteriormente mencionado.

Hay otras muchas y en la bibliografía aparece una buena muestra de ellas para la consulta del lector.

No sería justo dejar de mencionar a uno de los adalides del pensamiento computacional y de su difusión entre los más jóvenes: Scratch.

Este lenguaje de programación se ha revelado como una herramienta terriblemente eficiente a la hora de conseguir que los más pequeños se aproximen a la programación y asuman los paradigmas del pensamiento computacional sin percibir que realmente están estudiando programación. Así lo pone de manifiesto en el documento ya mencionado (Brennan & Resnick, 2012).

Su entorno amigable y su uso intuitivo y progresivo de los diferentes bloques de programación hacen que cualquier niño (que quiera) pueda aprender a realizar desde sencillos programas a complejas aplicaciones.

Pero lo verdaderamente importante, como ocurre con mOwayduino, son los procesos mentales que se aprenden gracias a Scratch, la habilidad de plantear soluciones, anticipando situaciones, resolviendo alternativas, extrapolar soluciones comunes a problemas análogos,... Todo esto lo proporciona el pensamiento computacional.

### 2.3.2. Cómo nos afecta

Parece claro que el pensamiento computacional es algo útil, que aporta un valor añadido a cualquiera que lo domine. Simplemente con tener nociones de su uso se pueden facilitar procesos de la vida cotidiana o realizar tareas con mayor eficacia.

¿Pero realmente resulta tan vital como para incluirlo como uno de los pilares de este trabajo de fin de master? En nuestra opinión sí lo es.

Nuestra labor será conseguir que los alumnos aprendan el manejo de unos robots y sean capaces de lograr programarlos de manera que esos robots puedan llevar a cabo unas tareas previamente asignadas. Estas tareas variaran en la medida que varíe el



## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

entorno, por lo que el robot deberá ser capaz de analizarlo y adecuar su comportamiento a él. Esto es la esencia del pensamiento computacional.

Evidentemente sin pensamiento computacional esta tarea se puede realizar. Mucho antes de que se acuñara la expresión se realizaban tareas tales como programar robots, codificar complejos programas para bancos o para instituciones militares, incluso aplicaciones que llevaron al hombre a la Luna.

Pero no es menos cierto que haciendo uso de las aptitudes que proporciona el pensamiento computacional estas tareas resultan más sencillas, se facilita el trabajo en equipo y la reutilización de lo construido.

En nuestra opinión es obligación de todos los estamentos del sistema educativo ofrecer a los alumnos la mayor variedad de aptitudes, conocimientos y habilidades para afrontar con éxito su futuro. Y es indudable que en un mundo que se vuelve cada día más y más digital el pensamiento computacional supondrá una ventaja cualitativa.

No sólo será una ventaja para aquellos que opten por una educación técnica o científica, bien universitaria, bien de otro tipo. Como ya hemos dicho, el pensamiento computacional es algo que se puede aplicar tanto a la rama humanística como a tareas del día a día.

Sería un grave error no aprovechar la oportunidad que ofrece una materia como la robótica, tan atractiva y visual, para introducir aunque sea tangencialmente los fundamentos del pensamiento computacional.

Algunas de las aptitudes que propone desarrollar ISTE-CSTA en (ISTE&CSTA, 2011) se aplican fácilmente a la materia que vamos a desarrollar:

- Recolectar información.
- Análisis de datos.
- Descomposición de problemas.
- Abstracción.
- Procedimientos y algoritmos.
- Automatización.
- Simulación.
- Paralelización.

Que, de hecho, son todas las aptitudes que proponen salvo una, *representación de datos*.

Nuestra intención no es en modo alguno dar a los alumnos una lista de las aptitudes fundamentales del buen pensador computacional para que la memoricen. Tampoco una lista de ejercicios mentales para que con su práctica asidua consigan fortalecer su *glándula computacional*.

No creemos que ninguna de ellas sea la manera de proporcionarles esta capacidad.

Es por esta razón que hemos optado por el enfoque constructor. Con nuestra propuesta el alumno descubrirá paulatinamente y en base a su propia experiencia estas aptitudes, estas capacidades y de esa manera las hará propias naturalmente.

Y lo hará mientras crea su propio proyecto robótico, aprendiendo de sus errores, compartiendo información con sus compañeros y, cuando sea necesario, recibiendo las indicaciones del docente.



## CAPÍTULO 3

### CONTEXTO

---

*“Inteligencia es la capacidad de aceptar el entorno.”*

*William Faulkner*

Nos guste o no, nos movemos en un marco en el que hay reglas, normas, leyes que cumplir. Además nuestro público objetivo tiene una serie de características que no deben ser obviadas.

Este capítulo se fija en todo ello, poniendo de manifiesto el entorno al que nos enfrentamos y al que nos hemos tenido que adaptar para ofrecer un trabajo coherente y honesto, que se pueda usar en un contexto realista.

### 3.1. Entorno de implantación.

*“El niño no es una botella que hay que llenar, sino un fuego que es preciso encender.”*

*Michel de Montaigne*

*“Educar a un niño es esencialmente enseñarle a prescindir de nosotros.”*

*André Berge*

En este apartado vamos a encuadrar el curso en el que se desarrollarán los experimentos propuestos en el presente trabajo, así como la signatura y la parte del currículo a la que corresponde.

En primer lugar vamos a enfocar la materia en un grupo de edad concreto. Consideramos que los conocimientos que se van a adquirir requieren un cierto grado de madurez, así como unos conocimientos previos.

Esta opinión la obtenemos de la experiencia previa que hemos tenido tanto en las prácticas de este Máster como en otras experiencias educativas en las que hemos participado.

Es cierto que hay casos muy precoces en este tipo de experiencias, chicos y chicas que desde muy corta edad practican con soltura con todo tipo de tecnologías, pero no es lo más habitual.

Por otro lado, la situación más habitual en el entorno educativo español nos decanta por no retrasar excesivamente esta asignatura, para evitar que se fijen estructuras y rutinas en los estudiantes que dificulten las experiencias que vamos a proponer.

La implementación de un entorno constructivista exige muchachos con, al menos, cierta disposición para el trabajo creativo y nuestra experiencia nos dice que en muchos casos en cursos avanzados esta disposición se ha visto cercenada por las estructuras educativas más tradicionales.

Por ello nuestra intención es introducir este trabajo en 3º de la E.S.O. Consideramos que el nivel de madurez y los conocimientos adquiridos previamente deberían ser suficientes para que los alumnos puedan obtener beneficio de la materia. A la vez, es un curso intermedio, el comienzo del segundo ciclo de la E.S.O., por lo que aún no hay vicios, o si los hubiera se podrían solventar sin excesivo esfuerzo o trauma.

Nuestros experimentos encajarían perfectamente en el currículum de la asignatura de Tecnología ya que existe un bloque específicamente relacionado con la robótica:

- Bloque 8. Control y robótica.

## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

Además, por el propio desarrollo de los experimentos, bloques que en un principio parecería que no están directamente relacionadas con la robótica tendrán cabida.

Estos bloques serían:

- Bloque 1. Proceso de resolución de problemas tecnológicos.  
Nuestros alumnos van a tener que plantearse una serie de problemas y solucionarlos.
- Bloque 2. Hardware y software.  
Para usar el robot deben conocer ambos aspectos de la máquina.
- Bloque 3. Técnicas de expresión y comunicación.  
En algunos de los experimentos se les pedirá que diseñen su propio circuito.
- Bloque 6. Tecnologías de la comunicación. Internet.  
Podrán obtener información de la red. Además los robots tienen la capacidad de comunicarse.

Por supuesto un docente no es una isla, trabaja dentro de un departamento que a su vez depende de un centro. Los centros y departamentos a día de hoy disponen de cierta autonomía para organizar el currículum de cada una de las asignaturas que se imparten y, en teoría, con la nueva ley esta autonomía aumentará (aunque está por ver).

Por ello vamos a suponer que la implementación de este trabajo se va a desarrollar en un centro en el que todos los estamentos están implicados por lo que los alumnos van a contar con una base previa, una introducción a la programación.

Concretamente, en la asignatura de Tecnología de 2º de la E.S.O., habrá una parte dedicada a Scratch, donde los alumnos podrán obtener los conocimientos y aptitudes de programación que les servirán para desarrollar con mayor facilidad los experimentos que proponemos en este trabajo.

Esta no es en modo alguno una condición excluyente, pero si es muy aconsejable proceder de esta manera, ya que proporcionará a los alumnos las estructuras mentales y las destrezas que les permitirán avanzar con mayor rapidez en las actividades propuestas.

## 3.2. Marco legal.

*“La libertad es el derecho a hacer lo que las leyes permiten.”*

*Montesquieu*

*“Con las leyes pasa como con las salchichas, es mejor no ver como se hacen.”*

*Otto von Bismark*

En el momento de realizar este trabajo, la sociedad española se enfrenta a una modificación de su ley de educación.

El hecho objetivo es que la conocida como LOMCE (*Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa*) entra en vigor a partir del curso 2014/15.

Según algunos analistas esta nueva ley dará mayores competencias a los centros en cuanto al diseño del currículo, todo en aras de obtener mejores resultados académicos.

En opinión de otros, la situación tras la LOMCE apenas variará frente a la que existía con la LOE.

En (Trujillo, 2012) Fernando Trujillo, profesor de la universidad de Granada, señala que la teórica autonomía de los centros lo es sólo en el ámbito metodológico y siempre dentro de los cauces que señale la administración educativa.

Por otro lado no está claro que la LOMCE se vaya a implantar en el curso previsto (2014/15), ni cuál será su implantación real, ya que las competencias educativas están cedidas a las Comunidades Autónomas, por lo que el desarrollo concreto de la ley variará de una comunidad a otra y el momento de la implantación dependerá de la publicación del texto en el Boletín Oficial correspondiente.

A la fecha de la publicación de este trabajo en Castilla y León no había publicada ninguna normativa al respecto, por lo que nos basaremos en la anterior ley, conocida como la LOE (*LEY ORGÁNICA 2/2006, de 3 de Mayo, de Educación*) y su desarrollo en el correspondiente decreto de la Junta de Castilla y León (*DECRETO 52/2007, de 17 de mayo, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León*)

### 3.3. Reparto horario

*“Se dice que el tiempo cambia las cosas, pero en realidad es uno el que tiene que cambiarlas.”*

*Andy Warhol*

*“El día es excesivamente largo para quien no lo sabe apreciar y emplear.”*

*Johann W. Goethe*

Dado que de momento se mantiene la situación actual sabemos que para la asignatura de Tecnología de 3º de la E.S.O. disponemos de un total de 105 *horas*<sup>6</sup> (35 semanas x 3 horas semanales) de las cuales utilizaremos 30 para nuestro trabajo (~ 10 semanas)

El reparto de estas horas es algo que queda a criterio del docente encargado de impartirlas, por supuesto.

Nosotros recomendamos que se haga un uso racional de ellas, intercalando esta actividad con el resto de materias que componen cada uno de los bloques afectados. Resultaría muy interesante que se desarrollara a lo largo de todo el curso, logrando así una mayor implicación de los alumnos a lo largo de todo el año.

Si la situación legal cambiara resultaría interesante plantear una ampliación de este trabajo que pudiera abarcar un curso entero.

Con más tiempo se podría abordar la construcción de robots por los propios alumnos, el diseño de placas y otras muchas actividades relacionadas con la robótica, el pensamiento computacional y la tecnología aplicada en general que lo riguroso del calendario actual impide.

Esta podría ser una buena línea de actuación futura que queda abierta a futuros trabajos de fin de máster.

---

<sup>6</sup> Realmente se trata de 50 minutos, ya que hay un periodo de descanso entre clase y clase de 10 minutos. A pesar de ello, por razones de claridad, seguiremos aludiendo a estos periodos lectivos como horas.





# Parte II

---

# REALIZACIÓN

---

**CAPÍTULO 4. HERRAMIENTAS**

**CAPÍTULO 5. SESIONES**



# CAPÍTULO 4

## HERRAMIENTAS

---

*“Si tu única herramienta es un martillo, tiendes a tratar cada problema como si fuera un clavo”*

*Anonimo*

En este capítulo vamos a sobrevolar de manera muy somera las principales características de nuestras particulares herramientas:

- La plataforma Arduino.
- Los robots mOwayduino ®

Comparten dos características que las hacen muy deseables para un trabajo de este tipo; por un lado ambas son sencillas de usar pero por otro ofrecen un gran abanico de opciones de uso. Sencillez y versatilidad.

Desgraciadamente comparten otra característica no tan deseable, ninguna es gratuita, aunque en el caso de Arduino los precios sean realmente asequibles por la propia formulación del proyecto. Esperamos que si el uso de mOway se generaliza los precios bajen lo suficiente como para hacerlo asequibles al mayor número posible de usuarios.

Sin más preámbulos pasemos a conocer nuestras herramientas.

## 4.1. ARDUINO

*“El hombre debe configurar sus herramientas a su forma.”*

*Arthur Miller*

*“La computación es el principio, el ordenador es la herramienta.”*

*Peter J. Denning*



Ilustración 4: Logo de Arduino

### Arduino, ¿qué es eso?

Arduino es una plataforma hardware que cuenta con su propio entorno de desarrollo, basado en el lenguaje de alto nivel Processing, que a su vez está basado en Java. Es posible usar otros lenguajes para programarlo.

De hecho Arduino está basado en C, aunque su entorno de desarrollo tenga una base Java. A ojos del profano esto puede resultar extraño, pero resulta conveniente, ya que un entorno de desarrollo basado en Java ofrece un aspecto y comportamiento más amigable; a más bajo nivel un lenguaje como C es más potente y robusto.

La plataforma como tal nació en Italia, en 2005, en el instituto de diseño interactivo Ivrea; su la filosofía de proveer una herramienta multidisciplinar que fuera asequible a los bolsillos de los estudiantes de electrónica. Además siendo un producto abierto impedían que el diseño desapareciera o fuera embargado cuando el instituto fue cerrado.

Actualmente es un proyecto al que se han unido empresas tan importantes como Google.

Las características que hicieron que nos decantáramos por esta plataforma son:

- Asequible. Arduino lleva impreso en su filosofía el bajo coste.
- Multiplataforma. Su software funciona en Windows, MacOS y Linux.
- Entorno de programación simple y directo.
- Software y hardware ampliable y de código abierto.

Nos parece innecesario entrar a describir los componentes, entradas, salidas y especificaciones ya que este conocimiento no aporta nada al propósito del presente trabajo y sólo añadiría líneas inútiles.

## 4.2. mOwayduino

*“A ningún hombre debe obligársele a hacer el trabajo que puede hacer una máquina.”*

*Henry Ford*

*“Las máquinas me sorprenden con mucha frecuencia.”*

*Alan Turing*

mOwayduino es la versión del robot mOway para la plataforma Arduino que hemos visto anteriormente.

La empresa responsable de la creación de mOway, Bizintek Innova, es española. Su sede está situada Erandio, Vizcaya.

Los robots mOway son herramientas educativas muy versátiles que permiten a los alumnos aprender rápidamente conceptos de programación usando un robot, lo cual hace el aprendizaje más atractivo.



Un kit mOway básico cuenta con diferentes sensores que le permiten interactuar con el entorno. Estos sensores básicos incluyen:

- Infrarrojos anticolidión.
- Intensidad de luz.
- Optorreflectivos infrarrojos para el suelo.
- Temperatura.
- Acelerómetro.
- Micrófono.
- Altavoz.

Además cuenta con un módulo de radiofrecuencia para permitir comunicaciones inalámbricas y un bus de expansión que permite acoplarles cámaras, antenas wifi e incluso nuestras propias creaciones electrónicas.

Podemos programar nuestro robot Arduino con una gran variedad de lenguajes de programación:

- MowayWorld. Este es el lenguaje de programación nativo de mOway.
- C. Uno de los lenguajes de alto nivel más potentes.
- Ensamblador. Para los usuarios más avanzados.
- Scratch. Existe un kit específico para este lenguaje.
- Python. Usando el mismo kit que Scratch
- Arduino. Con el kit mOwayduino podemos programar con el IDE de Arduino.

José Ángel Diosdado Fernández

En resumen, tenemos una herramienta que permite a nuestros alumnos realizar todo tipo de experiencias con unas posibilidades de avanzar hacia lenguajes más complejos.

# CAPÍTULO 5

## SESIONES

---

*“No creo que haya alguna emoción más intensa para un inventor que ver alguna de sus creaciones funcionando. Esa emoción hace que uno se olvide de comer, de dormir, de todo.”*

*Nikola Tesla*

En este capítulo vamos a exponer nuestra propuesta de experimentos.

Comenzaremos con lo que hemos llamado mOwayduino asistido, que son una serie de experiencias en las que el docente tendrá un papel activo, para dar las primeras nociones a los alumnos.

Una vez establecida esa base, pasamos a las sesiones que hemos llamado mOwayduino independiente, en las que el docente simplemente propone experiencias y son los alumnos los que deben resolverlas, probando, ensayando, compartiendo información.

El docente por supuesto estará presente en estas sesiones pero no para hacer el trabajo a los alumnos, si no para darles pequeños consejos o indicaciones cuando se encuentren atascados.

Recordemos que tan importante como el resultado es el proceso que lleva a él y tan valioso, en términos de aprendizaje, el éxito como el error.

## 5.1. MOWAYDUINO ASISTIDO

*“Todos nosotros, en determinados momentos de nuestras vidas, necesitamos tener asesoramiento y recibir la ayuda de otras personas.”*

*Alexis Carrel*

*“Cualquier ayuda innecesaria es un obstáculo para el desarrollo.”*

*María Montessori*

Como hemos mencionado, en estas sesiones el docente toma un papel activo, explicando a los alumnos las características y posibilidades del robot y de la plataforma.

Para esta primera parte dedicaremos en principio 6 horas, que podrán reducirse si se percibe que los alumnos avanzan más rápido de lo previsto.

Un resumen de la distribución de esta primera parte aparece en la siguiente tabla:

Sesión	Título	Horas	Descripción
1	Introducción	2	Primer acercamiento a las capacidades del mOwayduino y sus sensores.
2	Rastreador	2	El robot debe seguir un circuito marcado
3	Vigilante	2	El robot vigila que nada penetre el perímetro marcado. Si hay una invasión, expulsa al intruso.

### 5.1.1. Sesión 1: Introducción.

En esta primera sesión vamos a proporcionar a los alumnos una descripción de las características del robot, los sensores que posee y los comandos usados por la plataforma Arduino.

Como ya dijimos, estas primeras sesiones son más flexibles en cuanto a duración, siendo la duración de dos horas una estimación al alza. El tiempo sobrante se puede emplear sin problema en proponer variantes o mejoras de los experimentos más complejos.

Para esta primera sesión sólo necesitaremos el robot y un PC o portátil. El profesor irá recorriendo las características del robot, los sensores y comandos que lo controlan y los alumnos podrán probar cada una de ellas, haciendo las preguntas que consideren necesarias.

El docente deberá intentar en todo momento animar a los alumnos a investigar las posibilidades del mOway, proponiendo pequeños experimentos en el caso de que a ellos no se les ocurra ninguno.



## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

Es posible que en alguna ocasión nos encontremos con aulas reticentes, posiblemente porque mantienen cierta inercia adquirida en años de enseñanza tradicional. Debemos ser pacientes, ya que esta es una situación que lleva tiempo cambiar, pero con interés y dedicación se puede modificar.

En cualquier caso esta primera sesión servirá de presentación de nuestras herramientas, pero debemos tener claro que a medida que avancemos surgirán más dudas de forma natural, por lo que no tenemos por qué ser exhaustivos.

### 5.1.2. Sesión 2: Rastreador.

En la segunda sesión asistida vamos a enseñar a los alumnos un sencillo de ejemplo de uso de unos sensores básicos: los de suelo (optorreflectivos infrarrojos de suelo). Además aprenderán a controlar la dirección del robot.

Esta experiencia consiste en dibujar un circuito bien con rotulador negro, bien con cinta aislante negra sobre una cartulina o similar.

Una vez programado, colocamos el robot sobre la línea y tendrá que seguir el circuito que hemos trazado.

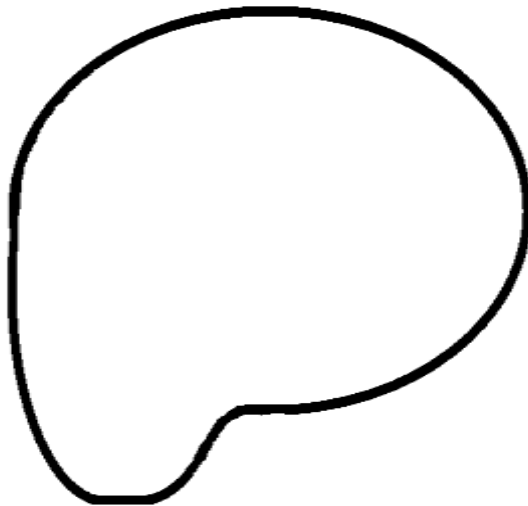


Ilustración 5: Ejemplo de posible circuito.

Debemos tener en cuenta que el robot tiene un ángulo de giro limitado, sobre todo a “gran” velocidad, por lo que deberíamos intentar que las curvas que tracemos no sean excesivamente cerradas o bien se tomen a una velocidad moderada.

Puede ser una experiencia enriquecedora dejar que los alumnos diseñen su propio circuito y prueben el desempeño del robot en cada uno de ellos.

Verán lo que ocurre en circuitos muy virados, comprobarán el efecto de

acelerar excesivamente al robot en las rectas y muchos otros problemas que se pueden dar.

De esta manera serán conscientes de las limitaciones del robot y podrán aplicar esta experiencia para futuras tareas.

Un ejemplo de código que resuelve este problema se encuentra en el Anexo 2. Hay que tener presente que no hay una única solución buena, esta es sólo un ejemplo y cualquiera de los alumnos puede encontrar otra solución que resuelva el problema y sea perfectamente válida.

Para realizar este código hemos tenido en cuenta lo siguiente:

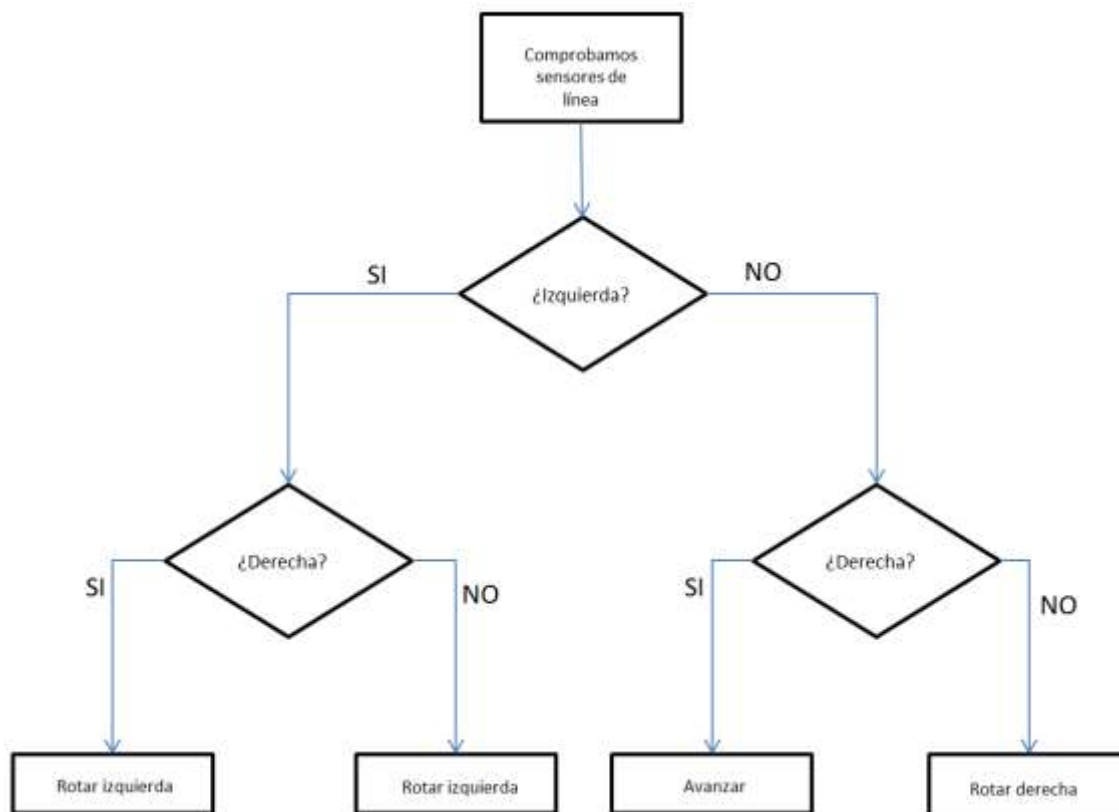
- Contamos con dos sensores, izquierdo y derecho, que detectan si hay blanco (0) o negro (1) en el suelo.

José Ángel Diosdado Fernández

- Suponemos que el robot va a girar en sentido horario.
- Y que circula por el exterior del circuito
- Por ello, para ir en la dirección correcta deberá tener a su derecha el circuito.

Teniendo esto en cuenta, a partir del estado de los sensores nos sale la siguiente tabla:

Izquierdo	Derecho	Acción
Blanco (0)	Blanco (0)	Girar a la derecha, nos hemos desviado a la izquierda.
Blanco (0)	Negro (1)	Seguimos recto, posición correcta.
Negro (1)	Blanco (0)	Girar a la izquierda, nos hemos desviado a la derecha.
Negro (1)	Negro (1)	Girar a la izquierda, nos hemos cruzado en el camino.



A partir de la tabla obtenemos este flujograma:

Esta manera de solucionar el problema es la que tradicionalmente se usa para resolver un laberinto: “apoyar la mano en la pared”.

Es evidente para cualquiera que tenga algo de experiencia en programación que la manera presentada en el flujograma no es óptima, podemos ahorrarnos una

Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO comprobación en la rama derecha, ya que independientemente del resultado de la línea derecha, vamos a rotar a la izquierda.

Se ha presentado el flujograma así para permitir a los alumnos darse cuenta de este hecho: la primera solución en ocasiones no es la mejor y que siempre hay posibilidad de mejora. En la forma actual el programa funcionaría, aunque sería algo más lento.

Una vez que sean conscientes de ello se les puede dar la oportunidad de corregirlo como consideren oportuno.

Más adelante los alumnos tendrán que resolver un laberinto usando otros sensores, los de colisión, pero el principio que usarán será el mismo. Este es un ejemplo de cómo aprenden una de las aptitudes del pensamiento computacional, la abstracción.

Es más, se puede proponer a los alumnos que intenten añadir funcionalidades al programa; por ejemplo, que el robot se pare transcurrido un determinado tiempo o cuando ocurra un evento previamente fijado.

### 5.1.3. Sesión 3: Vigilante.

En esta tercera y última sesión asistida vamos a presentar a los chicos una variación del problema anterior.

En esta ocasión nuestro robot va a vigilar un perímetro delimitado por cinta aislante o rotulador negro. En el momento que algún objeto se introduzca en el perímetro el robot hará lo posible por expulsarlo. Una vez que esté fuera del perímetro fijado, volverá a realizar su patrulla.

Un ejemplo de código que resuelve este problema se encuentra en el Anexo 3. Hay que tener presente que no hay una única solución buena, esta es sólo un ejemplo y cualquiera de los alumnos puede encontrar otra solución que resuelva el problema y sea perfectamente válida.

Para realizar este código hemos tenido en cuenta lo siguiente:

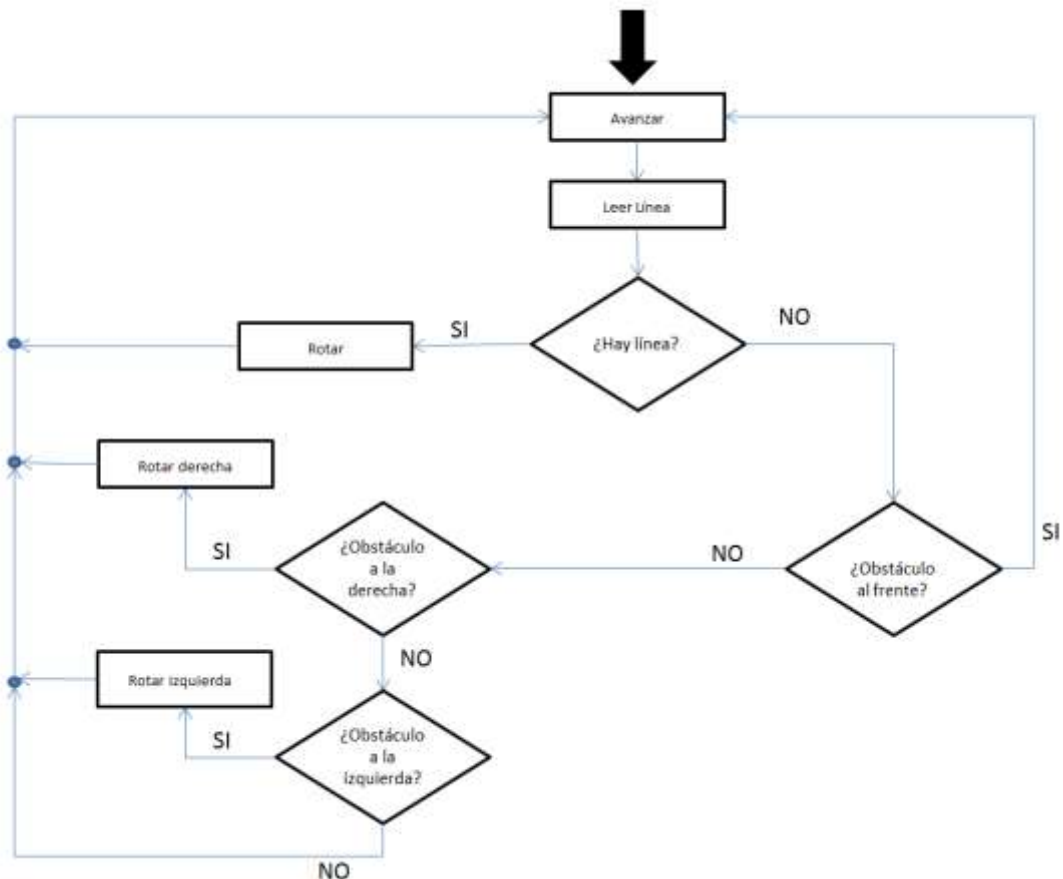
- El robot parte desde el interior del perímetro.
- Contamos con dos sensores de línea, izquierdo y derecho, que detectan si hay blanco (0) o negro (1) en el suelo.
- Contamos con dos sensores frontales de obstáculos (0 – 1024).
- Contamos con dos sensores laterales de obstáculos (0 – 1024)..

Teniendo esto en cuenta, el plan a seguir podría ser el siguiente:

- Comprobar que estamos dentro del perímetro.
  - Si está pisando la línea, gira en la dirección adecuada y avanza.
  - Si no, sólo avanza.
- Comprobamos si hay algún objeto enfrente.
  - Si lo detecta, vuelve al principio del programa y avanza (sale de la condicional).
  - Si no, comprueba los laterales.
    - Si hay objeto en un lateral, gira en esa dirección y sale al principio.
    - Si no, vuelve al principio
- Volvemos al principio.

José Ángel Diosdado Fernández

De estos requisitos podemos obtener el siguiente flujograma:



Igual que en la experiencia anterior, esta sólo es una de las posibles soluciones que se pueden dar a este problema. Cualquiera que se les ocurra a los alumnos y resuelva el problema es válida.

Incluso si no lo resuelve también tiene valor, porque encontrar el punto donde falla les permitirá aprender algo que podrán usar en futuras experiencias.

Esta experiencia les sirve como introducción al movimiento del robot en un entorno tridimensional. En la primera experiencia sólo tenían que controlar un plano, el horizontal, para evitar salirse de un entorno prefijado.

En esta experiencia hemos ampliado su espacio con una tercera dimensión, la vertical, es posible que el robot se encuentre con obstáculos, lo cual implica que hay que controlar el entorno vertical.

En posteriores experiencias, estos conocimientos resultarán indispensables para lograr una solución exitosa.

## 5.2. MOWAYDUINO INDEPENDIENTE

*“La independencia del pensamiento es la más noble aristocracia.”*

*René de Chateaubriand*

*“No se puede formar el carácter y el valor del hombre quitándole su independencia, su libertad y su iniciativa.”*

*Abraham Lincoln*

Una vez que hemos finalizado la parte asistida vamos a dejar libertad a nuestros alumnos.

En las siguientes sesiones les propondremos actividades y les daremos tiempo suficiente para resolverlas. En el caso de que en las actividades asistidas hubiera sobrado tiempo, este se añadirá a esta parte.

La creatividad es la gran baza que deben jugar nuestros alumnos, ya que cada una de las experiencias no requiere unos grandes conocimientos de programación, pero sí la capacidad de dar con una “idea feliz” que resuelve el problema.

La labor del profesor no será en ningún caso proporcionar soluciones ni ayudas directas para obtener la solución final. Podrá, de verlo necesario, reorientar a los alumnos que vayan en una dirección que difícilmente les llevará a una solución.

Una parte importante de la labor del profesor es conseguir que los alumnos reflexionen por qué se han producido los fallos (si los hubiere) o los éxitos, de modo que cada alumno comprenda perfectamente y por sí mismo por qué ha logrado superar la experiencia. O por qué no.

A pesar de que en un primer momento barajamos proporcionar el código que resuelve todas las experiencias independientes nos parece más acertado no hacerlo; consideramos que es mejor dejar las soluciones abiertas para no sesgar el criterio del docente. De esta manera, partiendo de cero como los alumnos el docente seguirá de una manera más pura sus razonamientos.

La siguiente tabla resume las actividades propuestas para las sesiones independientes.

Sesión	Título	Horas	Descripción
4	La X marca el lugar	6	El robot debe buscar una X en medio de un campo blanco acotado por paredes.
5	El espejo	6	Dos robots enfrentados, uno se debe comportar como si fuera la imagen especular del otro.
6	Sigue el camino de baldosas amarillas	6	Al robot se le presentan varios "caminos" y debe seguir el del color que le indiquemos.
7	El laberinto	6	El robot debe salir de un laberinto con paredes reales.

#### 5.1.4. Sesión 4: La X marca el lugar.

En esta primera actividad de la parte independiente vamos a proponer a los alumnos que resuelvan un problema clásico. Al menos clásico en las novelas de piratas.

Nuestro robot deberá encontrar el lugar bajo el que se oculta el tesoro, lugar que está marcado con una X, o cualquier otra marca, negra.

Esta actividad requiere cierto trabajo previo, que se enmarcará dentro de otros bloques. Los alumnos, preferentemente por grupos, construirán un recinto cerrado, por paredes, cuadrado o rectangular, dentro del cual podrán incluir planos inclinados, que el robot deberá poder escalar.

Los pisos superiores también deberán estar acotados por paredes, para evitar accidentes al robot.

Un posible diseño del recinto es el mostrado en la imagen:

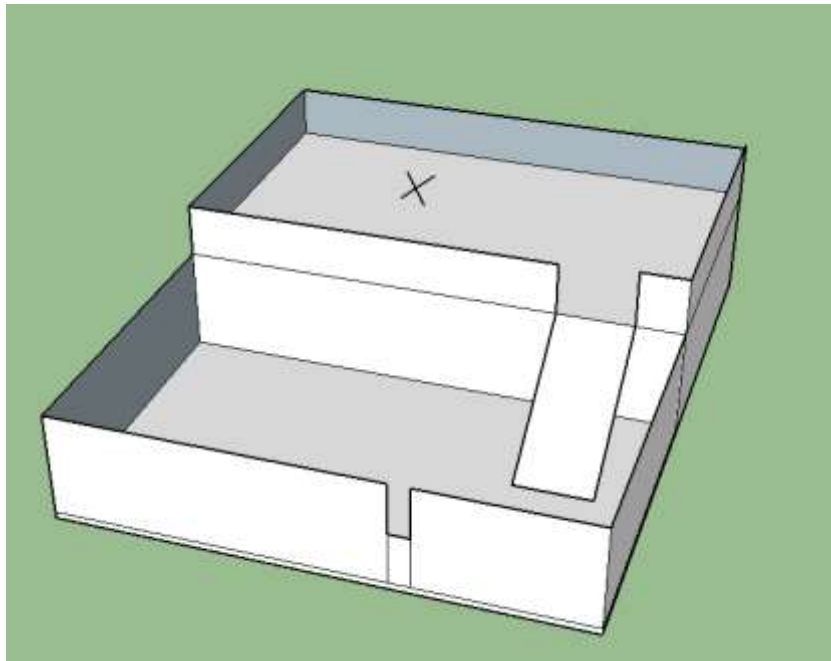


Ilustración 6: Recinto del tesoro.

La labor que queremos que realice el robot es explorar el recinto hasta que encuentre la marca. Una vez encontrada nuestro robot emitirá un aviso sonoro y luminoso que indicará que el tesoro ha sido hallado.

Como ya advertimos, de estas actividades independientes no vamos a proporcionar código, pero sí que proporcionamos algunas indicaciones que pueden ser útiles para resolver el problema:

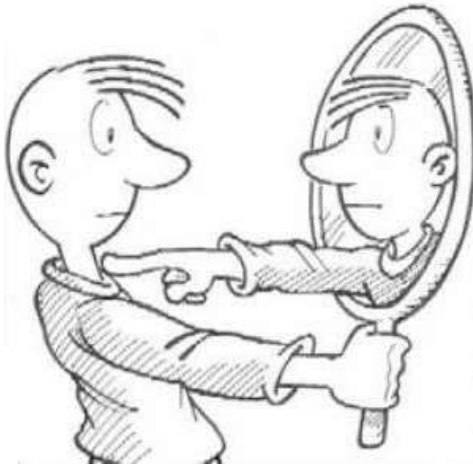
- Ya sabemos cómo reconocer obstáculos. Esta vez los obstáculos son **paredes** y no hay que empujarlas, hay que **evitarlas**.
- Si el recinto tiene varios planos quizás sea necesario un poco de **esfuerzo extra** para acceder a un **nivel superior**.
- Al programar el robot no conocemos la ubicación de la X. En casos así es mejor ser **sistemático** que afortunado.
- Con una **red** se pesca mejor.

### 5.1.5. Sesión 5: El espejo.

Segunda sesión independiente.

En esta ocasión usaremos dos robots enfrentados “cara a cara”.

Pretendemos que uno de los robots sea el robot “real” y el otro su imagen especular, su “reflejo”, es decir, que repita los movimientos de su compañero.



Esto es algo que los alumnos pueden haber visto en muchas series y películas de dibujos animados: el protagonista se acerca a un supuesto espejo, pero sólo es un marco, quizás con un cristal, detrás del cual hay otro personaje que hace ver que el protagonista está ante un espejo.

Para realizar esta experiencia podemos tomar dos caminos; por un lado podemos usar el kit de cámara que se puede adquirir junto con el mOwayduino. El robot imitador registrará los movimientos de su antagonista y los reproducirá adecuadamente para imitar el comportamiento

de un espejo.

Por otro lado, podemos usar las capacidades de radiofrecuencia con las que cuentan los robots para que el robot “real” transmita indicaciones a su “reflejo”, a partir de las cuales pueda moverse adecuadamente.

Esta experiencia no ofrece una gran dificultad en lo relacionado con la programación, pero sí que puede resultar complicado calibrar los movimientos del “reflejo” para que se adecúen a los del “real”.

El mejor consejo para esta práctica es que la *paciencia es la madre de la ciencia*. Y su padre el *ensayo-error*.

### 5.1.6. Sesión 6: Sigue el camino de baldosas amarillas.

En esta tercera sesión volvemos a necesitar de un trabajo previo: Los alumnos deberán construir un circuito formado por varias calles, cada una de un color diferente.

El circuito estará acotado por un contorno de color negro, que delimitará el espacio donde se va a desenvolver el robot.

Un posible diseño de circuito sería el siguiente:

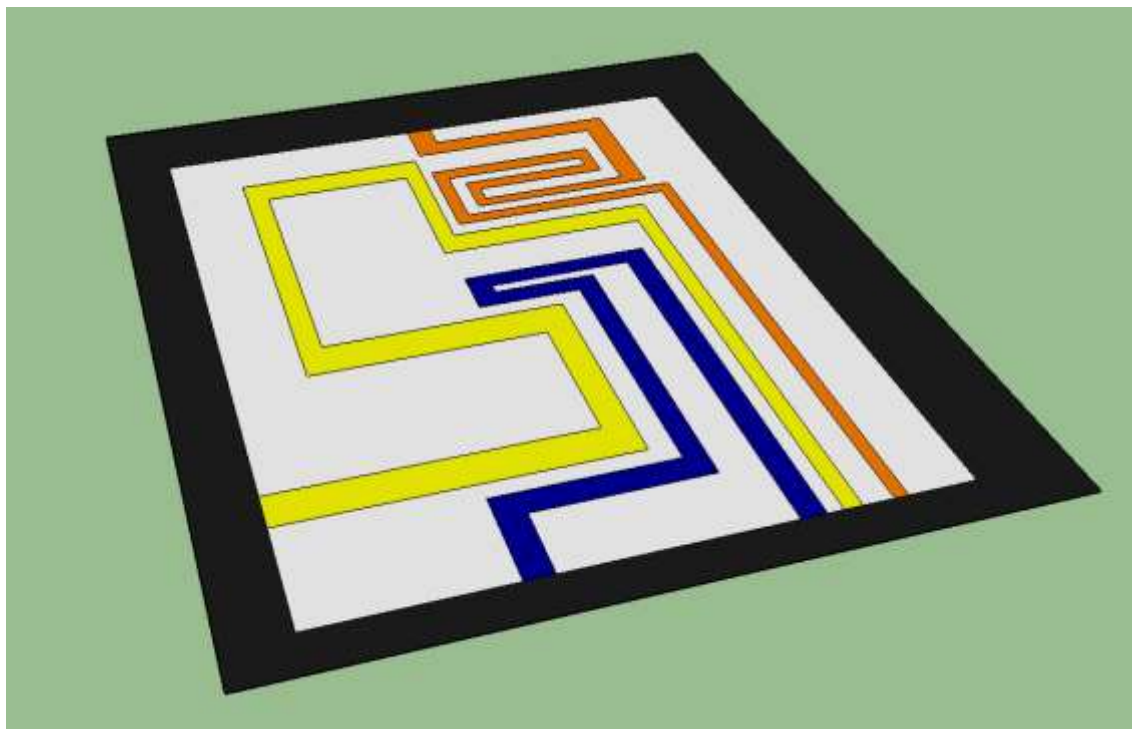


Ilustración 7: Circuito de baldosas amarillas

Para realizar esta experiencia es necesario contar con el módulo de cámara, ya que los sensores de suelo solamente distinguen entre blanco y negro.

Aunque el título de la experiencia sea “sigue el camino de baldosas amarillas” evidentemente no es necesario que haya un camino de este color. Cada alumno o grupo de alumnos podrá construir su circuito usando los colores que más le gusten.

Es recomendable que los colores elegidos para los caminos se distingan fácilmente del fondo blanco y del borde negro para facilitar la labor al robot.

Antes de comenzar a programar se deberá consensuar qué color corresponde al camino correcto.

Una vez superado el problema inicial de reconocer el camino correcto el resto de la experiencia es muy similar a la que se realizó en la primera sesión. Debemos asegurarnos de que el robot se mantenga centrado en el camino correspondiente, corrigiendo las desviaciones.

Los alumnos pueden proponer variaciones o mejoras a esta experiencia; por ejemplo, se puede poner un tiempo máximo para alcanzar la salida.

O bien, que pasado cierto tiempo el color correcto cambie.



### 5.1.7. Sesión 7: El laberinto.

En esta última sesión vamos a proponer una experiencia que recoja partes de las anteriores.

En primer lugar vamos a pedir a los alumnos que por grupos construyan un laberinto, el cual puede ser todo lo complejo que quieran, pero cumpliendo el requisito de que debe permitir libertad de movimientos al robot.

El laberinto tendrá una entrada y una salida, conectadas entre sí y el robot deberá ser capaz de recorrerlo hasta alcanzar la salida. La parte interna del laberinto podrá ser todo lo enrevesada que les apetezca.

En esta experiencia vamos a hacer uso de los conocimientos adquiridos en muchos de los bloques temáticos de la asignatura, por lo que es recomendable que se proponga hacia el final del curso.

¿Cómo conseguimos que el robot salga?

Este es un problema clásico que exige la capacidad de “idea feliz” que mencionábamos al comienzo de esta sección.

En la segunda sesión comentamos el truco de “la mano en la pared”. En el caso del robot sus manos son los sensores laterales.

Para resolver esta experiencia los alumnos deben tener en cuenta una cosa:

➤ **¿Qué mano apoyamos en la pared?**

Una vez que esto está decidido, el resto es relativamente sencillo, no hay más que seguir la pared hasta que eventualmente se alcance la salida.

Una vez superada la prueba, si aún quedara tiempo, se puede complicar el laberinto incluyendo zonas oscuras en las que el robot deberá encender las luces para apagarlas al alcanzar zonas iluminadas. Se puede decir que así nuestro héroe robótico ahorra energía para su enfrentamiento final con el monstruo del final del laberinto.



## Parte III

---

# CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍA

---

**CAPÍTULO 6. CONCLUSIÓN  
FINAL**

**BIBLIOGRAFÍA**



## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIÓN FINAL

---

*“Es una reflexión penosa para un hombre considerar lo que ha hecho, comparado con lo que debió hacer.”*

*Samuel Butler*

Como dice Butler, cuando concluyes una tarea y echas la vista atrás es difícil que no se te pase por la cabeza las muchas cosas que podrías haber hecho de otra manera, aquellas que podrías no haber hecho y la infinidad de tareas que habrían mejorado el trabajo que has terminado.

Seguramente existen muchos enfoques para afrontar un trabajo de fin de máster como el que finaliza en este capítulo. Por mi parte he tratado de mantener una cierta, digamos, inocencia, al menos en la primera parte, procurando mantenerme lo más objetivo y ecuánime posible.

Lo cierto es que cuando se planteó en un primer momento este trabajo se planteó como una propuesta de asignatura para la ESO; pronto se hizo patente que era un objetivo muy ambicioso para un trabajo de fin de Máster, por lo que se redujo su alcance.

La propuesta inicial era realmente atractiva y habría resultado un trabajo muy interesante de haberse llevado a cabo; queda abierta la posibilidad de tomar este trabajo como base para futuros trabajos de fin de máster que completen esa posible asignatura.

José Ángel Diosdado Fernández

Desde un punto de vista cuantitativo, he dedicado un tiempo enorme a la documentación y lectura de textos que puede ser usado como base en ese posible trabajo futuro.

Otra línea futura posible sería planificar las secuelas y precuelas. Como ya mencionamos en el apartado correspondiente, resulta aconsejable que los alumnos tengan una base de programación que muy bien se la puede dar Scratch. Planificar esta base de manera que enlace con lo que en esa hipotética situación les impartiríamos el curso siguiente puede muy bien ser un trabajo de fin de máster.

Y, como no, este trabajo se centra en 3º de la E.S.O., por lo que queda abierta la posibilidad de continuar el aprendizaje en cursos posteriores, bien siguiendo con el aprendizaje de Arduino, bien dando el salto a otros lenguajes (por ejemplo, Python).

Otra opción, para ampliar o continuar la materia en cursos posteriores, podría ser plantear la construcción de los robots por parte de los propios alumnos. Las placas Arduino son asequibles y el proyecto puede resultar de una riqueza extraordinaria.

Hay un enorme abanico de posibilidades abiertas tras este trabajo y sería un gran orgullo que alguien lo aprovechara como base para futuras experiencias.

---

# **BIBLIOGRAFÍA**

---





## Referencias y Bibliografía

- Ackermann, E. (2001). *Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference?*
- Acuña, A. (2009). *La robótica educativa: un motor para la innovación*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de Roboteca: [http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2009/motorinnova\\_articulo.pdf](http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2009/motorinnova_articulo.pdf)
- Alvarez, A., Galan, A., & Galindo, L. F. (2011). Robótica. *Tecnología*, 4-5.
- Antiquitas. (2010). *AUTÓMATAS*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de <http://historiaautomatas.blogspot.com.es/>
- Barr, D., Harrison, J., & Leslie, C. (2011). Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning & Leading with Technology*, 20-23.
- Bizintek Innova. (2012). *Introducción a la programación del robot moway*.
- Bizintek Innova. (2014). *Mowayduino Quick guide*.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Annual American Educational Research Association meeting*. Vancouver.
- Cerezo, H. (2007). Corrientes pedagógicas contemporáneas. *Odiseo, revista electrónica de pedagogía*, 4(7).
- Conoce Japón. (2013). *Karakuri-ningyō, los autómatas japoneses*. Recuperado el 15 de junio de 2014, de Conoce Japón: <http://conoce-japon.com/cultura-2/karakuri-ningyo-los-automatas-japoneses/>
- CSTA. (2013). *Computational Thinking*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html>
- Da rosa, S. (2010). Programación como disciplina básica. Montevideo, Uruguay.
- Evans, B. W. (2007). *Arduino programming notebook*. San Francisco.
- Gallego, E. (2005). Técnicas para la implementación de la robótica en la educación primaria. Madrid, España.
- Gallego, E. (2013). *Robótica Educativa con Arduino, una aproximación a la robótica bajo el hardware y software libre*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de Complubot: [http://anteriores.eventos.cenditel.gob.ve/site\\_media/detalle/files/robotica.pdf](http://anteriores.eventos.cenditel.gob.ve/site_media/detalle/files/robotica.pdf)
- Goh, H. (2007). Using robotics in education; lessons learned and learning experiences. *1st International Malaysian Educational Technology Convention*, (págs. 1156-1163). Johor Bahru.
- Google. (2011). *Computational Thinking*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de <http://www.google.com/edu/computational-thinking/>
- Hemmeldinger, D. (Junio de 2010). A plea for modesty. *acm inroads*, 1(2), 4-7.
- Hess, R. (2012). *LAS TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS BAJO UN PARADIGMA CONSTRUCCIONISTA: UN MODELO DE APRENDIZAJE EN EL CONTEXTO DE LOS NATIVOS DIGITALES*.

- José Ángel Diosdado Fernández  
 ISTE&CSTA. (2011). *Computational Thinking: Teachers Resources*.
- Jubés, E., & Laso, E. P. (2000). *Constructivismo y construccionismo: dos extremos de la cuerda floja*.
- Kafai, Y. B. (2006). Playing and Making Games for Learning. *Games and Culture*, 36-40.
- Kay, A. (2002). *The Dynabook Revisited - A Conversation with Alan Kay*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de The Book and the Computer: [http://www.squeakland.org/content/articles/attach/dynabook\\_revisited.pdf](http://www.squeakland.org/content/articles/attach/dynabook_revisited.pdf)
- Kidd, C. D., Taggart, W., & Turkle, S. (2006). A sociable robot to encourage social interaction among the elderly. *Proceedings of the 2006 IEEE international Conference on Robotics and Automation*, (págs. 3972-3976). Orlando, Florida.
- López, L. (Septiembre de 2013). Robótica educativa. Quito, Ecuador.
- Merino, E. (2013). Robótica y Programación a través de Moway. *IKASNABAR*, 353-361.
- Miglino, O., Hautop, H., & Cardaci, M. (2000). *La robotica como herramienta para la educación*.
- Odorico, A. (2004). *Marco teórico para una robótica pedagógica*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Odorico, A. H., Lage, F., & Cataldi, Z. (2007). EDUCACIÓN EN ROBOTICA, UNA TECNOLOGÍA INTEGRADORA. Buenos Aires, Argentina.
- Odorico, A. H., Lage, F., & Cataldi, Z. (2007). *Robotica, Informática, inteligencia Artificial y Educacion*. Buenos Aires: Sedici.
- Ontiyuelo, R. (2010). *Planeta rojo NXT*. Peñaranda de Bracamonte: CITA.
- Papert, S. (1984). *Computer as mudpie*.
- Papert, S. (1993). *The childrens machine rethinking*. New York: BasicBooks.
- Papert, S. (1996). *The connected family*. Forest Park: Longstreet press.
- Papert, S. (1999). Eight Big Ideas Behind the Constructionist Learning Lab. *An investigation of Constructionism in the Maine Youth Center*.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing Corporation.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). *Situating Constructionism*. Ablex Publishing Corporation.
- Phillips, P. (2009). *COMPUTATIONAL THINKING*.
- Pinkett, R. (2000). Bridging the Digital Divide: Sociocultural Constructionism and an Asset-Based Approach to Community Technology and Community Building. *81st Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA)*. New Orleans: MIT Media Laboratory.
- Pinto, M. L., Barrera, N., & Pérez, W. (2010). Uso de la robotica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *I2+D*, 15-23.
- Rodríguez Villamil, H. (2008). Del constructivismo al construccionismo: implicaciones educativas. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 71-89.
- Romero, S., Angulo, I., Ruiz, I., & Angulo, J. (2008). Competencias y habilidades con el robot "Moway". *VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica*, (págs. 773-780). Zaragoza.

- Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO
- Ruiz, E. (2007). *ROBÓTICA PEDAGÓGICA VIRTUAL PARA LA INTELIGENCIA COLECTIVA*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de Ponencias: [www.virtualeduca.info/ponencias/189/Ruiz-VelascoS%E1nchezEnrique%20UNAM-M%E9xico.doc](http://www.virtualeduca.info/ponencias/189/Ruiz-VelascoS%E1nchezEnrique%20UNAM-M%E9xico.doc)
- Stager, G. S. (2001). Computationally-Rich Constructionism and At-Risk Learners. *Seventh World Conference on Computers in Education*. Copenhage: Australian Computer Society, Inc.
- The Book & The computer. (2002). The Dynabook Revisites. *The Book & The computer*.
- Trujillo, F. (28 de Septiembre de 2012). *Un análisis de la LOMCE (II): el modelo de escuela*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de Fernando Trujillo: <http://fernandotrujillo.es/un-analisis-de-la-lomce-ii-el-modelo-de-escuela/>
- Wing, J. M. (2009). Computational Thinking and Thinking About Computing. *IHMC*. Pensacola.
- Zabala, G., Morán, R., & Blanco, S. (2010). *Robótica Educativa con Etoys*. Buenos Aires: CAETI.



---

# **ANEXOS**

---



## Anexo 1: Manuales

---

En el documento adjunto *manual arduino.pdf* se recoge un completo listado de todos los comandos de la plataforma Arduino, así como consejos para utilizar el lenguaje del IDE de esta plataforma.

En el documento adjunto *mOwayduino Quick Guide.pdf* aparece una guía para iniciarse en el uso de mOwayduino, así como una lista de las variables y funciones que usa.

Se recomienda seguir el siguiente orden para instalar mOwayduino:

- Instalar el IDE de Arduino (incluido como adjunto)
- Instalar el software de mOway.
- Conectar el robot para que le asigne un puerto y se autoinstalen los controladores.





---

## Anexo 2: Rastreador

---

Posible código fuente para la experiencia *Rastreador*:

```
//*****  
//  
// PROGRAMA: Rastreador  
// DESCRIPCION: El robot mOwayduino sigue un circuito  
//  
//*****  
  
//*****  
// Bibliotecas  
//*****  
#include "MowayduinoRobot.h"  
#include <SPI.h>  
#include <EEPROM.h>  
  
//*****  
// Objetos  
//*****  
mowayduinorobot robot;  
  
//*****  
// Función de evento RF (necesaria para compilar)  
//*****  
void RfDataReady();  
void RfDataReady()  
{  
//*****  
//  
// Programa Principal  
//  
//*****  
void setup()  
{  
  robot.beginMowayduino();  
  Serial.begin(57600);  
  delay(2000);  
}
```

## José Ángel Diosdado Fernández

```
void loop()
{
  LedsStraight();
  robot.readLine();
  if(robot.Line[LINE_L] == 0)
  {
    if(robot.Line[LINE_R] == 1)
//*****
// Si a la derecha está negro y a la izquierda negro,
// estamos en la línea, avanzamos
//*****
    robot.Straight(50,10);
    else
//*****
// Si ambos sensores están en blanco nos hemos salido,
// giramos para recuperar la línea
//*****
    {
      LedsRotate();
      // Rotate 140 degrees with a speed value of 100
      robot.RotateRight(14);
      delay(100);
    }
  }
  else
//*****
// Si el sensor izquierdo está en negro,
// estamos cruzando la línea, giramos para corregir
//*****
  {
    LedsRotate();

    // Rotate 140 degrees with a speed value of 100
    robot.RotateLeft(14);
    delay(100);
  }
}

//*****
//
// Funciones
//
//*****
void LedsStraight()
// Luces de avance
```

## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

```
{  
  robot.Fronton();  
  robot.Greenon();  
  robot.Brakeoff();  
  robot.Redoff();  
}
```

```
void LedsRotate()  
// Luces de giro  
{  
  robot.Frontoff();  
  robot.Greenoff();  
  robot.Brakeon();  
  robot.Redon();  
}
```



---

## Anexo 3: Vigilante

---

Posible código fuente para la experiencia *Vigilante*:

```
//*****  
//  
//  PROGRAMA:      Vigilante  
//  DESCRIPTION:   mOwayduino vigila que ningún intruso  
//                atraviese el perímetro  
//  
//*****  
  
//*****  
//  Bibliotecas  
//*****  
#include "MowayduinoRobot.h"  
#include <SPI.h>  
#include <EEPROM.h>  
  
//*****  
//  Objetos  
//*****  
mowayduinorobot robot;  
  
//*****  
//  Función de evento RF (necesaria para compilar)  
//*****  
void RfDataReady();  
void RfDataReady()  
{  
  
//*****  
//  
//  Programa Principal  
//  
//*****  
void setup()  
{  
    robot.beginMowayduino();  
    Serial.begin(57600);  
    delay(2000);  
}
```

## José Ángel Diosdado Fernández

```
void loop()
{
  LedsStraight();
  // Avanzamos
  robot.Straight(100);
  robot.readLine();

  // Comprobamos que no nos hemos salido del perímetro
  if(robot.Line[LINE_L] == 1 || robot.Line[LINE_R] == 1)
  {
    // Si estamos en frontera, giramos para volver dentro
    LedsRotate();
    robot.RotateRight(100, 140);
    delay(100);
  }

  robot.readObstacle();
  //Comprobamos si hay un obstáculo al frente
  if (robot.Obstacle[IR_CL] == 0 || robot.Obstacle[IR_CR] == 0)
  {
    // Si no hay obstaculo al frente, comprobamos el lateral derecho
    if (robot.Obstacle[IR_LR] == 0)
    {
      // Si no hay obstaculo a la derecha, comprobamos el lateral izquierdo
      if (robot.Obstacle[IR_LL] > 0)
      {
        // Hay un obstaculo a la izquierda, lo encaramos
        robot.RotateLeft(10,10);
      }
    }
    else
    // Hay un obstaculo a la derecha, lo encaramos
    {
      robot.RotateRight(10,10);
    }
    // Hay un obstaculo al frente, lo empujamos hasta sacarlo
    // Es decir, volvemos al principio
  }
}

//*****
//
// Funciones
```

## Una propuesta de actividades de introducción a la Robótica en 3º de ESO

//

//\*\*\*\*\*

```
void LedsStraight()
```

```
{
```

```
    robot.Fronton();
```

```
    robot.Greenon();
```

```
    robot.Brakeoff();
```

```
    robot.Redoff();
```

```
}
```

```
void LedsRotate()
```

```
{
```

```
    robot.Frontoff();
```

```
    robot.Greenoff();
```

```
    robot.Brakeon();
```

```
    robot.Redon();
```

```
}
```