

# LA MICROBÓTICA COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN DEL USO DE MICROCONTROLADORES

S. ROMERO, J. M<sup>a</sup>. ANGULO E I. ANGULO

*Departamento de Arquitectura de Computadores. ESIDE. Universidad de Deusto. España.*

*En esta comunicación se presenta la metodología desarrollada para una asignatura de libre elección de primer ciclo de ingeniería. En ella se combinan recursos tecnológicos, estrategias de enseñanza-aprendizaje novedosas como es el llamado “Grupo Duro”, y un sistema de evaluación a través de un certamen de Microbótica, todo ello para que los alumnos aprendan a realizar proyectos con microcontroladores, a la vez de adquirir competencias y actitudes acordes con su perfil profesional.*

## 1. Introducción

Una de las áreas de trabajo que contribuye al perfil académico de todo ingeniero, ya sea en la especialidad de informática, electrónica, automática o de telecomunicaciones, es la de los microcontroladores. Debido al auge y a su uso masivo en la industria, el dominio de la programación de estos pequeños chips y sus periféricos asociados, puede abrir las puertas del mercado laboral a muchos de nuestros estudiantes. No obstante, este tipo de tecnología cambia constantemente, por lo que no nos podemos conformar con enseñar la forma de trabajar con un microcontrolador o dispositivos concretos, sino que debemos suministrar al alumno las herramientas necesarias para que el cambio a otro lenguaje de programación o tipo de microcontrolador no entrañe mayores problemas. Además, hay que tener en cuenta que el cambio de concepto que este tipo de programación implica, unido a la dificultad de la conexión hardware-software, no lo hace sencillo para la gran mayoría. Nuestro objetivo como educadores debe ser, no sólo la transmisión de unos conocimientos, en este caso la programación con microcontroladores con todo lo que esto implica, sino el conseguir un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico y gratificante, donde el alumno, con una buena motivación, adquiera unos conocimientos, los elabore, transforme y contribuya con nuevas aportaciones.

Lo que se pasa a describir en esta comunicación es la metodología desarrollada en una asignatura de libre elección, “Taller de Microbótica”, para lograr los objetivos arriba descritos. Esta asignatura está destinada para alumnos de primer ciclo de las carreras antes mencionadas, por lo que sus conocimientos previos en cuanto a titulación y curso son muy variados. Esto hace que, sin dejar de lado los objetivos que se quieren lograr, la planificación deba ser lo suficientemente flexible para adaptarse a dicha heterogeneidad, lo cual no sería posible con el concepto hasta ahora común de clase magistral y examen final. Esto ha hecho que desde sus inicios la asignatura se planteara de forma peculiar, dando lugar a que se puede cursar del modo tradicional durante el periodo lectivo, o previamente a la matriculación. Nos referiremos en esta comunicación a este segundo caso, por su novedad, teniendo en cuenta que la asignatura podría basarse en este método exclusivamente. Además, la extrapolación a asignaturas donde la carga lectiva fuera eminentemente práctica, podría asimismo resultar sencilla y satisfactoria.

La asignatura consta de 3,5 créditos ECTS, lo que se traduce en 87,5 horas de trabajo por parte del alumno, teniendo en cuenta tanto el presencial como el que el alumno desarrolla por su cuenta en el laboratorio, casa, etc.

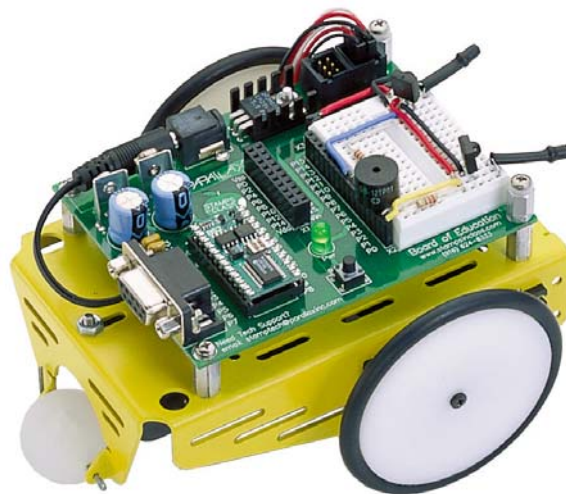
Se exponen en los siguientes apartados las fases de la asignatura en la segunda forma citada, desde que se presenta a los alumnos mediante una invitación a pertenecer al “Grupo Duro”, pasando por los seminarios e hitos de control, hasta la evaluación en forma de certamen de Microbótica. Se

comentarán además las competencias que se cubren con este tipo de metodología y los resultados obtenidos desde que se puso en marcha la experiencia.

## 2. Descripción de la asignatura

La asignatura es presentada a los alumnos de primer curso en los primeros días de clase. Su forma es la de unos seminarios optativos para aprender a diseñar e implementar aplicaciones con microcontroladores. Los alumnos pueden apuntarse de forma gratuita y del mismo modo pueden abandonar el programa cuando quieran. A lo largo de dos cursos académicos, se impartirán cuatro seminarios con un total de unas 15 horas, tras cada uno de los cuales se deben realizar y entregar unas pruebas o ejercicios para demostrar el avance. Tanto los seminarios como la ejecución de las diferentes pruebas se realizan fuera del horario lectivo y en periodos que para otros alumnos son de descanso, como vacaciones de verano, Semana Santa, Navidad, etc. Es lo que denominamos “Grupo Duro”, porque el alumno, debido entre otras cosas a que no va a estar en una clase rodeado de otros compañeros o profesores a los que preguntar, va a tener que probar por sí mismo los conceptos para llegar a resultados, buscar la información necesaria para realizar unos ejercicios, etc. acciones que de estar en una clase, muchas veces, por simple comodidad, se solucionan preguntando. Los alumnos que lleguen hasta el final del programa con las tareas correspondientes resueltas pueden, si quieren, matricularse de la asignatura de libre elección objeto de esta comunicación, donde la nota se corresponderá con la obtenida durante dicho programa. En esta asignatura podrán además matricularse alumnos para cursarla de la forma tradicional, en la que aunque el método de trabajo también es activo, no es tan novedoso como el del “Grupo Duro”.

Además del programa de trabajo, en este primer contacto, al alumno se le presentan las ventajas de pertenecer a dicho grupo: trabajar con materiales y contenidos que se adaptan cada año a las nuevas tecnologías, ser capaces desde el primer curso de realizar proyectos funcionales, tener la posibilidad de formar parte del equipo de monitores del departamento y, en general, desarrollar actitudes y competencias muy valoradas tanto en la vida académica como en la profesional. En esta primera charla se trata de convencer de que, debido a su carácter opcional, todo son ventajas, ya que se puede acudir al primer seminario para ver si interesa y desapuntarse en caso contrario. El interés en el tema se fomenta con la exposición de ejemplos cercanos, y el asegurar que al final del programa ellos podrán ser los diseñadores y programadores, y no meros usuarios. Como ejemplo final se les muestra un microbot (Fig.1), exponente máximo de tecnología y banco de pruebas perfecto para lo que van a aprender, ya que, como les decimos, el aprender no está reñido con el pasárselo bien.



**Figura 1.** Fotografía del microbot Home Boe-bot, de Ingeniería de Microsistemas Programados S.L., basado en la placa Home Work de Parallax.

### 3. Estrategia de enseñanza-aprendizaje

El hilo conductor de toda la asignatura es la Microbótica. Todos los seminarios y actividades están dirigidos a ir viendo cada una de las partes de esta ciencia. La Microbótica es una tecnología reciente que se basa en el uso de pequeños robots móviles o microbots que, adecuadamente programados, y dotados de los correspondientes sensores y actuadores, resuelven de modo óptimo multitud de tareas tales como limpiar, vigilar, explorar... que, sin su ayuda, serían difíciles, tediosas o incluso peligrosas de realizar por un ser humano.

Tomando como base que toda teoría se asimila mejor con casos prácticos asociados, el método que se adopta es el de la realización de ejercicios tras cada seminario teórico. Unas veces los ejercicios se realizan en el aula, otras en el laboratorio supervisados por becarios, y en otras ocasiones las realizan los alumnos en sus propias casas (periodos festivos) y se lleva un seguimiento de dudas y resoluciones vía correo electrónico. El N° total de horas de dedicación se calcula en base a los créditos ECTS correspondientes a la asignatura.

Como los alumnos van a tener que trabajar por su cuenta, muchas veces en su propia casa, se creyó necesaria la elaboración de unos materiales, tanto teóricos como prácticos, para la guía y ayuda de los alumnos en su trabajo individual, adecuados a los objetivos que se buscaban. Esto se materializó en dos libros [1] [2] y en la búsqueda de herramientas comerciales, concretamente la placa Home Work de la empresa Parallax [3], que fue adaptada por una segunda empresa, Ingeniería de Microsistemas Programados S.L [4], para convertirse en el Home Boe-Bot. En el primero de los libros (Fig2. izq.) se exponen los conceptos sobre microcontroladores y su programación en PBASIC. En el segundo (Fig2. dcha.) se explica la teoría relativa a la Microbótica, como aplicación práctica del uso de microcontroladores, y se muestra detalladamente el montaje y puesta en marcha de uno de los microbots, ya que el segundo de que se habla se vende montado. Se presentan a su vez ejemplos de aplicación ya resueltos. Se trata de que el alumno no se limite al estudio teórico, sino de que asiente sus conocimientos poniéndolos en práctica con el kit hardware. Una de las pruebas iniciales que tendrán que presentar los alumnos será un microbot realizando una prueba muy básica de rastreo de una superficie.



**Figura 2.** Libros elaborados como bibliografía para la asignatura.

La razón de la elección del lenguaje PBASIC, y con ello las herramientas de Parallax y su adaptación, es que su estructura y facilidad de uso lo hacen ideal para el aprendizaje autónomo, sobre todo teniendo en cuenta que los alumnos son de primer curso, y de carreras que no obligatoriamente tienen una firme base en programación. No obstante, en el mercado existen multitud de microbots, cada uno programado en su lenguaje particular, según el microcontrolador que lo gobierna, por lo que dependiendo del curso y tipo de alumnos, así como de la materia de la asignatura o de los objetivos a

cubrir, podría encontrarse fácilmente el más adecuado o adaptar uno ya existente. En cuanto al material bibliográfico, los autores de esta comunicación elaboraron los dos libros citados para adaptarlos a un lenguaje y microbots concretos, pero igualmente existe en el mercado multitud de bibliografía para otros lenguajes y microbots. Asimismo, en otro tipo de materias no relacionadas directamente con los microcontroladores, la metodología a seguir podría ser similar, adaptando los seminarios y pruebas al contexto determinado.

#### 4. Evaluación

La prueba estrella que culmina el programa de “Grupo Duro” es el certamen de Microbótica (Fig.3). Es un concurso que se celebra en la universidad en los días previos a Navidad, y que está abierto tanto a alumnos de “Grupo Duro” como a otros de la universidad, o incluso de otros centros de estudios. Suele constar de tres pruebas: una de microbots rastreadores con alguna variación, una de microbots luchadores de sumo, y una tercera que va variando cada año. En esta última se han podido ver microbots limpiadores, jugadores de fútbol e incluso microbots bailando al ritmo de samba, como en la última edición. Como en el caso de los seminarios, también el concurso podría adaptarse según la asignatura, convirtiéndose, por ejemplo, en una feria de exposición con votación al mejor proyecto. En principio, cualquier idea elaborada, que busque el trabajo y la evaluación de los objetivos propuestos, en contraposición con el examen de contenidos tradicional, tiene muchas posibilidades de ser aceptada de buena gana por los alumnos.

En nuestro caso, cada alumno de “Grupo Duro” elegirá una prueba para participar, que es la que le dará la calificación final, y que a su vez será la de la asignatura de libre elección si se matricula. Todas las pruebas o ejercicios previos son obligatorios pero no influyen directamente en la calificación, aunque algunas, como la anteúltima, dan prioridad a la hora de elegir la prueba del concurso. El motivo para hacerlas obligatorias, cuando no son evaluables, es el de asegurarnos que los alumnos van a tener unos conocimientos mínimos para ser capaces más adelante de realizar el trabajo, y servirán de indicadores en caso contrario para guiar el aprendizaje.



**Figura 3.** Fotografía de un momento del certamen de microbots celebrado en la Universidad de Deusto.

#### 5. El porqué de esta metodología

Al planificar la asignatura se nos planteó el problema de buscar una herramienta que se adaptara a nuestros objetivos; que sirviera para aprender a diseñar con microcontroladores y al mismo tiempo resultara didáctica. Había que tener en cuenta que los alumnos iban a tener características muy variadas, con conocimientos prácticamente nulos de programación, y que se pretendía conseguir un alto grado de autonomía por parte del alumno. Las ideas fueron variadas antes de llegar a la forma de un concurso, y una vez decidido hubo que buscar, adaptar o incluso realizar los recursos didácticos complementarios, como fueron los libros y los microbots. Con ello, aunque de forma amena y novedosa, se pretendía cubrir las siguientes competencias específicas y generales:

- Ser capaces de elegir, en un proyecto concreto, el tipo de microcontrolador y los recursos más adecuados, en base a conocer la arquitectura y uso de éstos.
- Utilizar en cada entorno de proyecto los periféricos de entrada/salida más adecuados.
- Programar un proyecto real, en forma de microbot, en lenguaje PBASIC.
- Respetar unas normas externas que condicionan el diseño del proyecto.
- Ser autónomo en el trabajo y en la toma de decisiones con respecto al proyecto.

Aunque uno de los objetivos buscados era que el alumno fuera autónomo, era necesario darle unas pautas y realizar un seguimiento que le sirviera de guía y le alentara a llegar hasta el final, ya que de lo contrario se corría el riesgo de que el alumno abandonara el programa, puesto que no tenía nada que perder. Así, el plan de trabajo se estructuró en varios seminarios de complejidad creciente en los que el alumno va conociendo diferentes partes que luego utilizará en el proyecto final; su microbot para el concurso. Al alumno se le hace ver desde el principio que no se esperan de él conocimientos previos, y se le recalca que es algo añadido, aunque importante e interesante, a las asignaturas que va a tener durante la carrera, y que por lo tanto puede dejarlo en el caso de no gustarle, resultarle muy complejo o tener mucha carga lectiva por parte de las asignaturas obligatorias. Creemos que este carácter de optatividad, junto con la novedad de plasmar el resultado en la figura de un microbot, es lo que lo hace atractivo para el alumno. Además, en el plan de trabajo propuesto se tienen en cuenta los periodos más problemáticos de la carrera para intentar que no existan incompatibilidades. Así, los seminarios se sitúan al comienzo de curso, cuando el trabajo en las asignaturas es menor, y tras los exámenes de junio y septiembre, cuando el estrés deja paso a la relajación y a las ganas de hacer cosas nuevas.

## 6. Conclusiones

Tras varios años de puesta en práctica de esta experiencia podemos confirmar que los resultados han sido muy satisfactorios. Cada año comienzan una nueva promoción de “Grupo Duro” alrededor de 150 alumnos, de los que llegan hasta el final y, por tanto, se presentan al concurso algo más de la mitad. Teniendo en cuenta que es un programa de dos cursos académicos y que en ningún momento tienen la presión de la necesidad de un aprobado, las cifras son aún más positivas. Además, aunque siempre hay alumnos que realizan lo mínimo para cubrir los objetivos propuestos, al tratarse de un trabajo autónomo, el nivel obtenido es mayor cualitativamente que el que obtendría un alumno que cursara la asignatura por el método tradicional para llegar al mismo resultado.

En cuanto al trabajo que supone por parte de los profesores la organización de los seminarios y del certamen, además del seguimiento de las sucesivas partes, se ha llegado a un equilibrio de modo que no resulte excesivo, utilizando en gran medida ejercicios de autoevaluación o fácilmente corregibles. No obstante, la confección primero de unos apuntes, y posteriormente de los dos libros, facilita en gran medida el seguimiento y autoaprendizaje, al adaptarse 100% al programa requerido. Por último, la ayuda de los monitores de laboratorio también resulta indiscutible; gracias a ellos el material de prácticas está siempre a punto, y es posible la realización de numerosos turnos en grupos pequeños para mostrar cómo funciona un robot o comprobar que todos los alumnos han grabado y ejecutado correctamente un programa.

## Referencias

- [1] J. M<sup>a</sup>. Angulo, S. Romero e I. Angulo. *Diseño Práctico con Microcontroladores. Los sellos mágicos de Parallax*. Thomson (2004)
- [2] J. M<sup>a</sup>. Angulo, S. Romero e I. Angulo. *Introducción a la robótica. Principios teóricos, construcción y programación de un robot educativo*. Thomson (2005)
- [3] <http://www.parallax.com>, 2005.
- [4] <http://www.microcontroladores.com>, 2006.