



**UNIVERSIDAD  
DE SALAMANCA**

## **Informe final Proyecto de Innovación Docente ID2014/0316**

“Innovación docente en la enseñanza de los Fundamentos Físicos de la Informática: un enfoque aplicado”

Participantes: Raúl Rengel Estévez  
María Jesús Martín Martínez  
Elena Pascual Corral  
Beatriz García Vasallo

Departamento de Física Aplicada  
Facultad de Ciencias

## **Datos del proyecto de innovación docente**

**TÍTULO:** Innovación docente en la enseñanza de los Fundamentos Físicos de la Informática: un enfoque aplicado.

**REFERENCIA:** ID2014/0316

**PDI RESPONSABLE:**  
RAÚL RENGEL ESTÉVEZ

**CENTRO EN EL QUE SE HA LLEVADO A CABO EL PROYECTO:**  
FACULTAD DE CIENCIAS

**MIEMBROS DEL EQUIPO:**  
RAÚL RENGEL ESTÉVEZ  
MARÍA JESÚS MARTÍN MARTÍNEZ  
ELENA PASCUAL CORRAL  
BEATRIZ GARCÍA VASALLO

**DURACIÓN:**  
CURSO ACADÉMICO 2014/15

**SUBVENCIÓN CONCEDIDA:** 100 €

## **Objetivos**

El presente proyecto tenía como principal objetivo renovar los contenidos y metodologías docentes de la asignatura Fundamentos Físicos, del Grado en Ingeniería Informática (impartido en la Facultad de Ciencias), dotándola de un enfoque más aplicado del que se venía empleando habitualmente. En esta asignatura las tareas docentes están encaminadas a la formación del alumnado en conceptos básicos de campos y ondas y electromagnetismo, teoría de circuitos, principios físicos de los semiconductores, dispositivos electrónicos y optoelectrónicos y familias lógicas. El conocimiento sobre estas materias supone un pilar fundamental para los futuros graduados en Ingeniería Informática, ya que presentan una relación directa con numerosas aplicaciones de uso cotidiano hoy en día y una conexión evidente con los elementos constituyentes de cualquier tipo de hardware. El hecho de que se trate de una materia de carácter básico en el plan de estudios, y que sus contenidos se aborden en gran parte de manera

introdutoria, no es óbice para no impartirla con un enfoque más aplicado, ya que en ella se estudia, con un carácter transversal, prácticamente cualquier elemento físico con el que los alumnos interactuarán a lo largo de sus estudios y en sus futuras carreras profesionales. Se imponía por tanto reorientar su aprendizaje centrándonos en una visión lo más aplicada y cercana posible al mundo real, más allá de la base teórica.

De manera concreta, en el proyecto proponíamos ejecutar una serie de materiales docentes encaminados a dar progresivamente a la asignatura ese enfoque aplicado y realista, que permita a los alumnos comprender mejor los fundamentos a nivel físico de los sistemas microprocesadores y el fundamento de diversas aplicaciones de los dispositivos electrónicos y optoelectrónicos. De manera concreta, propusimos:

- Ampliar el rango de prácticas en las que se integraba el montaje físico de circuitos en el laboratorio con el uso del simulador PSPICE, con el fin de permitir a los alumnos entender mejor el funcionamiento de los diferentes montajes y reproducir en casa de manera virtual y con mayor flexibilidad las prácticas realizadas físicamente en el laboratorio de Electrónica.
- Reorientar el estudio de los dispositivos y sus aplicaciones para enfocarlo hacia el transistor MOSFET como eje fundamental de esa parte de la asignatura. Tradicionalmente para esta tarea se solían explicar los conceptos relacionados con transistores, amplificación y conmutación mediante el transistor bipolar o BJT, lo cual se encuentra bastante alejado de la realidad del uso de los transistores en el ámbito de la informática. Este cambio debía redundar en una mejor comprensión de las posibilidades y limitaciones que ofrece la tecnología actual de microprocesadores en función de las características de sus constituyentes básicos.
- Desarrollar pequeños montajes que sirvan a modo de demostración de conceptos o fundamentos de diversas aplicaciones tecnológicas que tienen como eje fundamental el uso de dispositivos electrónicos básicos, como puede ser la comunicación por infrarrojos, los sensores de iluminación, etc. de uso habitual en aplicaciones informáticas, domótica, sistemas inteligentes, etc.

Todo ello debía traducirse en una mayor motivación de los alumnos por la materia, así como contribuir a renovar y actualizar su enseñanza con el objetivo de incidir en la adquisición de competencias relativas al contexto tecnológico de nuestro presente.

## Actuaciones realizadas

Para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto hemos realizado una serie de actuaciones:

### *Ampliación de las prácticas con PSPICE*

Tras la experiencia piloto del curso anterior, en la que se introdujo el uso del simulador PSPICE en la última práctica de la asignatura, este curso hemos extendido el uso del simulador a todas las prácticas realizadas en el laboratorio de Electrónica, y hemos propuesto tareas de carácter voluntario adicionales para incentivar su uso. Ello ha supuesto la reestructuración de la mayoría de las prácticas, para que el montaje de circuitos con elementos físicos correspondiera y complementara a las tareas de simulación realizadas en el propio laboratorio.

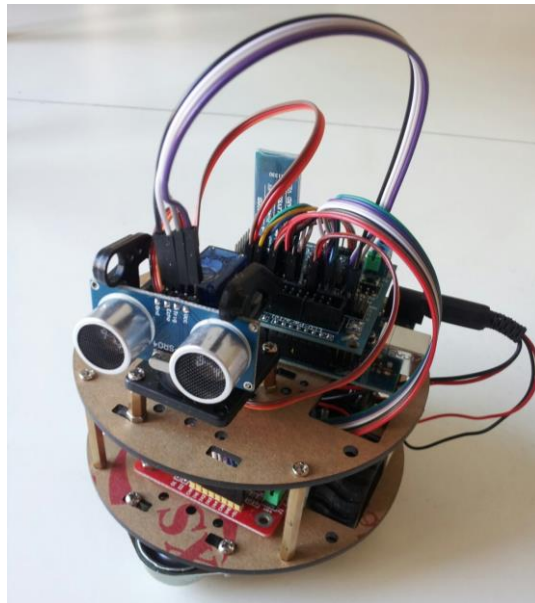
### *Renovación de las prácticas con transistores y actualización de material docente*

Se ha renovado de manera completa el planteamiento metodológico de la parte de la asignatura relacionada con los transistores, tomando el transistor MOSFET como eje fundamental. Esto ha supuesto la reelaboración de prácticamente todo el material docente de esta parte, renovando transparencias, colecciones de problemas, prácticas asociadas, etc. De este modo, los alumnos han podido percibir un enfoque mejor orientado a los aspectos directamente relacionados con el funcionamiento de los circuitos electrónicos en los que se basan los dispositivos informáticos. En particular, la aproximación a la electrónica con este punto de vista, así como la inclusión de nuevos contenidos y ejercicios relacionados con el diseño lógico CMOS en el último tema de la asignatura, permiten relacionar directamente lo estudiado en clase con otras materias impartidas en el título, como es el caso de Arquitectura de Computadores I. De este modo es posible conseguir una realimentación directa y una mejor comprensión global de los fundamentos físicos de la informática y de las bases de las aplicaciones digitales.

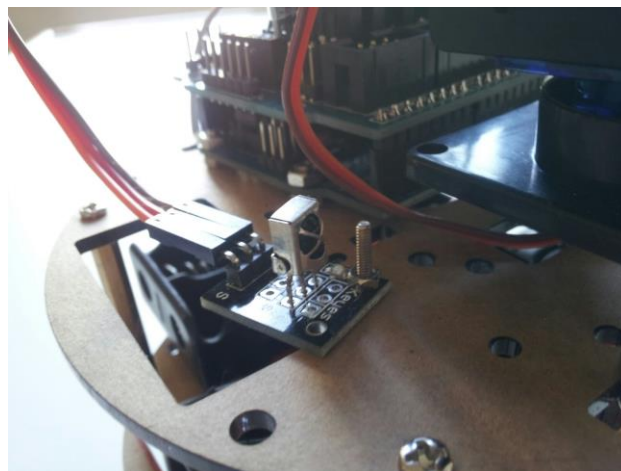
### *Realización de circuitos de demostración de carácter aplicado*

A lo largo del segundo cuatrimestre hemos preparado algunas demostraciones prácticas de circuitos electrónicos que creemos resultan de gran interés para los futuros ingenieros informáticos, con especial incidencia en los dispositivos optoelectrónicos, por su versatilidad, ubicuidad de uso en el ámbito de la informática y facilidad para comprender los principios físicos subyacentes. En particular, hemos incidido en la captación y análisis de señales codificadas con

un mando a distancia, circuitos emisores-receptores por IR para detección de objetos o marcas (empleado por ejemplo para determinar la velocidad de rotación de un ventilador de una placa base o en un robot seguidor de líneas), demostración práctica de la combinación de diferentes sensores y actuadores para realizar un pequeño robot, etc. Este material nos servirá para completar mediante demostraciones aplicadas la docencia de la asignatura en futuros cursos, obteniendo de este modo una relación más directa entre los principios teóricos y los usos prácticos de los diferentes aspectos estudiados en la asignatura. En las Figuras 1 a 5 mostramos algunos ejemplos del material docente desarrollado.



*Figura 1. Robot que dispone de los diferentes elementos estudiados*



*Figura 2. Detalle del elemento receptor de mando a distancia por IR*

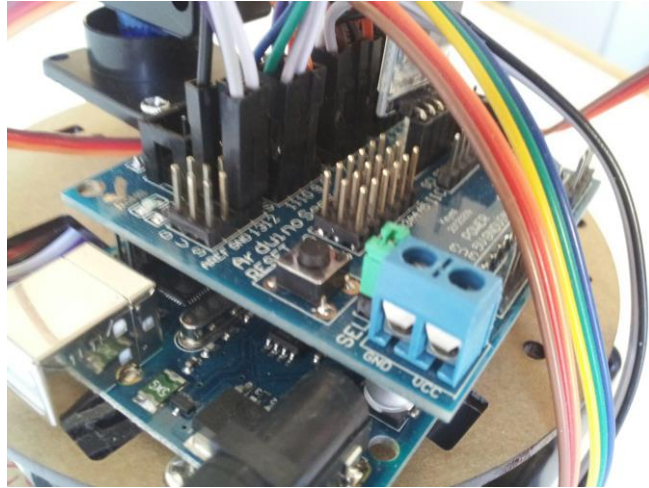


Figura 3. Placa para el conexionado de los diferentes elementos sensores

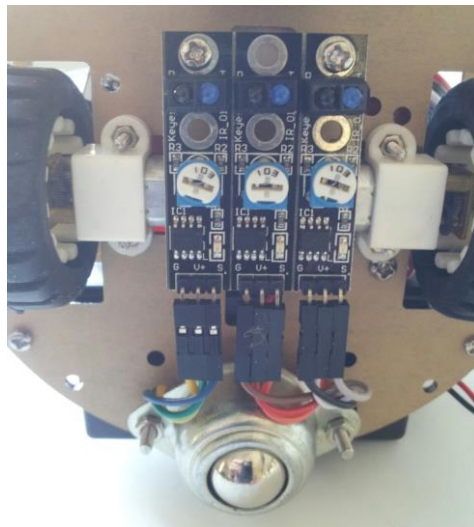


Figura 4. Sensores reflectivos (LED IR + fotodiodo) en la parte inferior.

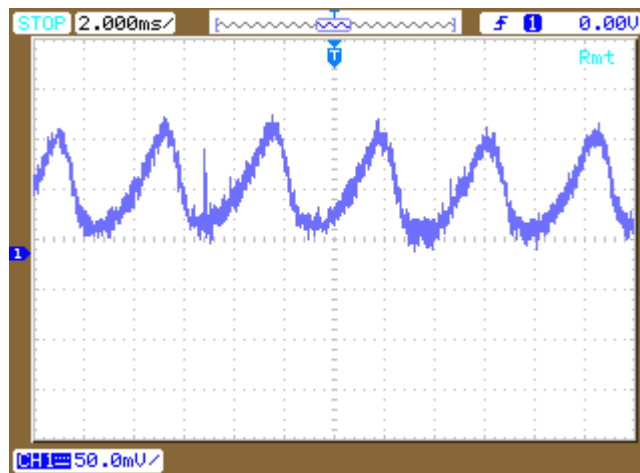


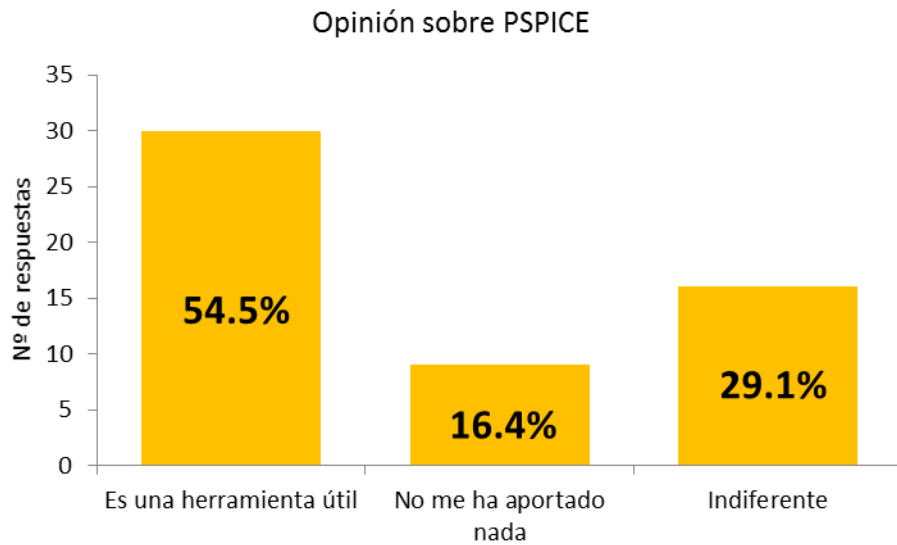
Figura 5. Forma de onda en el osciloscopio tomada de un sensor reflectivo para la determinación de la velocidad de un ventilador de un equipo informático

## Resultados y conclusiones

El trabajo realizado en el presente proyecto de innovación ha supuesto, en nuestra opinión, un paso muy importante en la necesaria renovación de los recursos docentes y metodológicos de la asignatura. El método de enseñanza que veíamos utilizando tradicionalmente estaba excesivamente basado en una visión de los fundamentos físicos de la informática más cercana a la física electrónica, y adolecía de un excesivo formalismo en el que era complicado que alumnos de primer curso de grado pudieran inferir una conexión directa entre lo estudiado y los dispositivos de uso común en informática. Creemos que este proyecto ha sido un primer paso fundamental en un camino que debe proseguir los próximos años, en el que una visión práctica, pero compatible con el rigor teórico, ayude a los estudiantes a aprovechar mejor las posibilidades de disponer de unas sólidas bases de conocimientos físicos relacionadas con su profesión. En este sentido, hemos podido apreciar una reacción muy positiva de gran parte de los alumnos, que sobre todo en la etapa final de la asignatura han comprendido en su mayoría la relación y conexión de lo visto en esta materia con otras materias del grado.

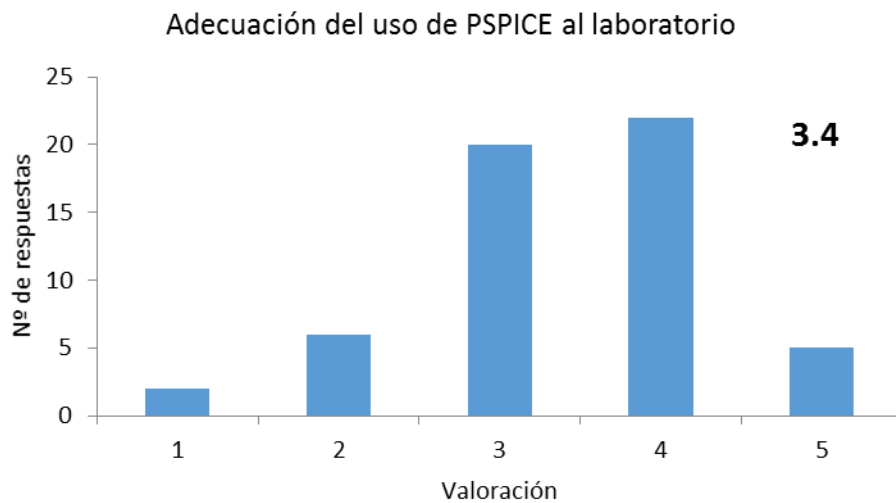
En cuanto a la opinión de los alumnos, al concluir la docencia de la asignatura hemos realizado una encuesta anónima general a los estudiantes sobre el planteamiento y desarrollo de la asignatura. Algunas preguntas eran de opciones de respuesta múltiple y otras debían valorarse de 1 a 5 (en escala de Likert) siendo 1 “muy en desacuerdo”, 2 “en desacuerdo”, 3 “indiferente”, 4 “de acuerdo” y 5 “muy de acuerdo”. Los resultados de las preguntas relacionadas con el presente proyecto de innovación docente los mostramos en las Figuras 6 a 11.

En primer lugar, nos interesaba especialmente su valoración sobre el uso de la herramienta PSPICE, que por primera vez en este curso se ha empleado de manera exhaustiva en la docencia de la asignatura. Como vemos en la Figura 6, una clara mayoría de alumnos la valoran como una herramienta útil para el aprendizaje (cerca del 55%), mientras que quienes consideran que no les ha aportado nada apenas llegan al 16%.



*Figura 6. Valoración del simulador PSPICE*

Nos interesaba también conocer si los alumnos valoraban positivamente el uso de SPICE de manera simultánea al montaje de las prácticas. La valoración ha sido en general positiva, como observamos en la Figura 7 (3,4 sobre 5), predominando aquellos que estaban de acuerdo con que se adecuaba correctamente.



*Figura 7. Adecuación del uso de PSPICE al laboratorio.*



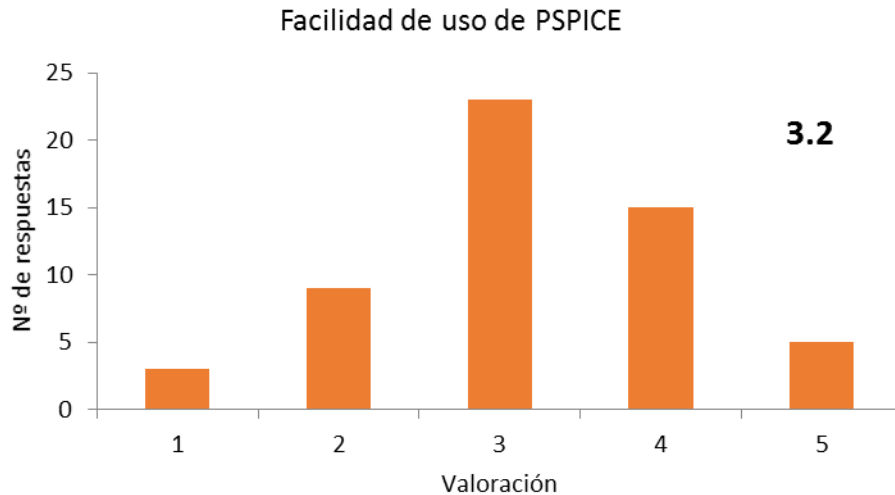


Figura 8. Valoración de la facilidad de uso de PSPICE

Respecto a la facilidad de uso de PSPICE, en este caso la valoración ha sido ligeramente inferior (Figura 8). Aquí indudablemente han pesado las características técnicas del programa: con el fin de reducir costes, se ha empleado una versión antigua de libre distribución (PSPICE Student 9.1) que presenta algunos problemas de compatibilidad con versiones actuales de Windows. Ello supuso algunos pequeños problemas, que se pudieron solventar en su totalidad, pero que sin duda influyeron en la valoración de este apartado.

Respecto a la recomendación de instalar PSPICE en su ordenador personal, únicamente un 27,3% afirmaron haberlo hecho (Figura 9). Es importante destacar la diferencia que se observó en este caso entre el grupo A (círculo intermedio) y el grupo B (círculo inferior), siendo en este último mucho mayor el porcentaje de alumnos que lo instalaron. El motivo de esta divergencia no está claro, dado que las tareas propuestas y el enfoque fueron similares por parte de los equipos docentes encargados de impartir la asignatura en cada grupo.

¿Has instalado PSPICE en casa?

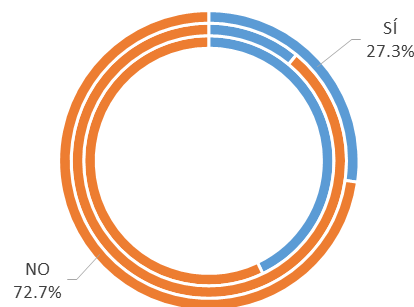
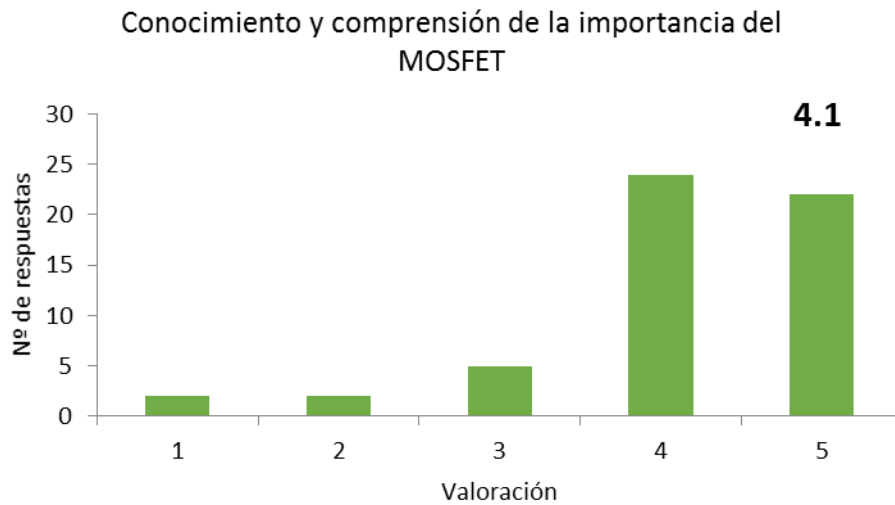
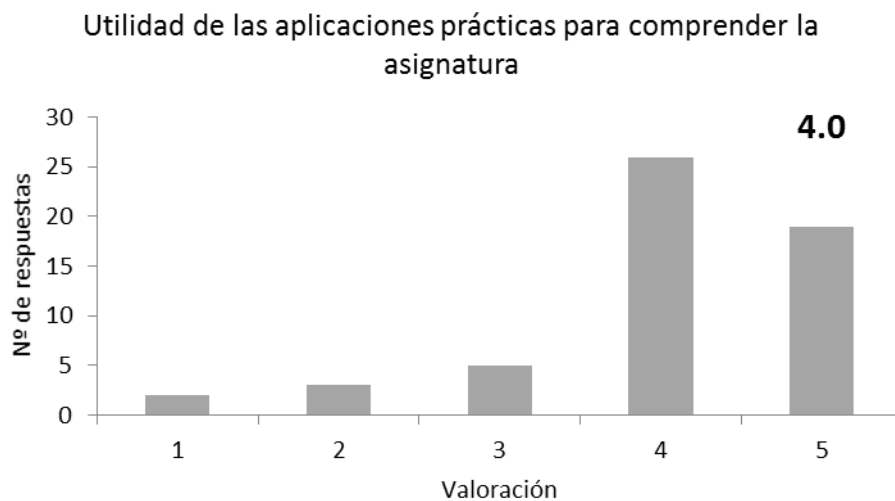


Figura 9. Porcentaje de instalación de PSPICE en el ordenador personal.



*Figura 10. Valoración de la importancia del transistor MOSFET.*

En cuanto al nuevo enfoque de la enseñanza de dispositivos semiconductores basándonos prácticamente en exclusiva en el transistor MOSFET, en vez de en el transistor bipolar como se venía haciendo tradicionalmente, ha sido mayoritariamente valorado de forma positiva, de manera muy clara, como observamos en la Figura 10. Ello confirma nuestra impresión obtenida en el desarrollo de la asignatura, y particularmente en la parte final de la misma, que permite afianzar lo visto en nuestra materia con el contexto general del grado en Ingeniería Informática.



*Figura 11. Valoración de la conveniencia de conocer aplicaciones prácticas de lo estudiado.*

En cuanto a la utilidad de las aplicaciones prácticas para comprender mejor los diferentes temas estudiados en la asignatura, de nuevo es muy mayoritaria la valoración global positiva o muy positiva por parte de los alumnos (Figura 11). Ello nos reafirma en nuestro propósito de seguir desarrollando pequeños montajes prácticos que permitan visualizar, de manera sencilla, usos y fundamentos de diferentes tecnologías de uso común.

Entre los aspectos que cabe mejorar, sin lugar a dudas debe mejorarse el enfoque de las primeras semanas del curso, centrándonos más en los aspectos que posteriormente serán empleados y trabajando mejor la resolución de problemas de circuitos, dado que hemos observado las dificultades que supone para la mayoría de alumnos este primer tramo. Por otra parte, vamos a examinar con detalle la posibilidad de sustituir PSPICE por otro simulador de características similares (también basado en SPICE y de libre distribución) pero que mantenga versiones actualizadas y compatibles con los diferentes sistemas operativos y plataformas de la actualidad. Debemos mejorar también la comunicación con los alumnos, el aprovechamiento de las tutorías y los métodos de evaluación continua, con el fin de mejorar la docencia y el rendimiento de nuestros estudiantes.

## **Justificación económica**

La subvención concedida para el presente proyecto de innovación se ha empleado en su totalidad para la adquisición de un kit con diferentes componentes electrónicos que nos permite, por su versatilidad, aprovechar los mismos para configuraciones de complejidad diversa que sirvan para dar a los alumnos una idea clara de los fundamentos y posibilidades de diferentes dispositivos estudiados en la asignatura. Dado que la subvención concedida fue inferior a la cantidad solicitada, optamos por esta solución ya que nos permitía ahorrar costes centrandolo en una aplicación concreta con diferentes elementos claramente diferenciados. El kit incluye una placa Arduino UNO, una placa controladora de motores, una placa de sensores, tres sensores ópticos reflectivos junto con su placa de control, un módulo bluetooth, un emisor/receptor de comunicación a distancia por IR, un sensor de ultrasonidos, baterías, dos motores DC, la estructura de montaje, cables, etc. Ello nos permite centrarnos en diferentes aspectos de aplicaciones de dispositivos optoelectrónicos y control de motores a la vez que disponemos de un resultado claramente identificable y atractivo para el alumno, como es un pequeño robot programable (Figuras 1 a 4).