

New teaching methodology for electronics and its adaptation to the European space for higher education

El laboratorio remoto como solución para una enseñanza-aprendizaje teórico-práctica

Fernando Fernández-Martínez, Juan M. Montero, Alexander Zlotnik,
Ricardo de Córdoba, Rubén San Segundo, Luis Fernando D'Haro
Universidad Politécnica de Madrid, ETSIT, Ciudad Universitaria, s/n, 28040, Madrid, Spain
{ffm, juancho, azlotnik, cordoba, lapiz, lfdharo}@die.upm.es

Abstract— There is a widespread consensus that aims to the flexibility of the subjects, both in terms of times and places when and where they are taught as one of the main factors that increase or enhance their appeal for students. The deployment of a new remote access platform tailored to the specific needs of students in a course on digital electronic systems based on microprocessors has enabled them to enjoy greater flexibility by offering them the ability to complete remotely, in a different time and place to the university, the proposed practices (PBL) simultaneously with the lectures. This remarkable improvement, endorsed by the results of a survey among the students, has had a particularly positive impact on the impression students have of the subject, and has contributed significantly to improve its assessment and the participation in it.

Keywords-Remote and virtual laboratories; project-based learning; Mashup technologie; cost-effectiveness; pilot projects

INTRODUCCIÓN

Para que puedan profundizar en el conocimiento adquirido, es necesario conseguir que los alumnos de asignaturas teóricas de electrónica puedan poner en práctica dichos conocimientos de la forma más eficiente y productiva posible. Para tal menester resulta fundamental desarrollar una metodología que permita coordinar teoría y práctica de un modo racional y apropiado que permita un mayor aprovechamiento de ambas. En este sentido, intercalar sesiones de laboratorio con clases teóricas de forma coherente y diseñar dichas sesiones conforme a los conocimientos teóricos que tienen los alumnos en cada momento, permite que las clases puedan tener una aplicación práctica casi inmediata, lo cual es una carencia generalizada de los planes de estudios actuales de la que se quejan sistemáticamente los alumnos en las encuestas que se realizan en el ámbito docente.

ASIGNATURAS IMPLICADAS

Esta metodología ha sido puesta en práctica durante los dos últimos cursos académicos cosechando un notable éxito entre los alumnos de tercer curso de la E.T.S.I. de Telecomunicación de la UPM de SEDG (Sistemas Electrónicos Digitales, asignatura del primer semestre) y LSED (Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales, durante el segundo semestre),

asignaturas que están totalmente separadas en el plan de estudios actual pero que constituyen una unidad coherente desde el punto de vista disciplinar (i.e. ingeniería de proyectos de telecomunicación basados en microprocesadores).

A. SEDG (*Sistemas Electrónicos Digitales*).

Descripción: 6 créditos, 1^{er} semestre, 1^{er} ciclo, 3^{er} curso, troncal, 350 alumnos. Descriptor BOE: Microprocesadores. Técnicas de E/S. Familias de periféricos. Diseño de sistemas electrónicos basados en microprocesadores.

Esta asignatura trata fundamentalmente del estudio de los microprocesadores/microcontroladores y de su utilización en el diseño de sistemas electrónicos. Avanza, por tanto, en el estudio de los circuitos digitales con un nuevo caso no considerado en la asignatura de Circuitos Electrónicos Digitales (CEDG, asignatura del segundo curso y, por tanto, previa a SEDG): los sistemas programables. Tras una revisión de los conceptos básicos de arquitectura de ordenadores vistos en Fundamentos de los Ordenadores (asignatura también de segundo curso), la asignatura se estructura alrededor de un microcontrolador concreto, el Motorola ColdFire MCF5272, sobre el que se introducen los aspectos básicos presentes en cualquier sistema realizado con éste o con cualquier otro microcontrolador. En la asignatura se tratan tanto los aspectos hardware (conexión, utilización de periféricos, temporizaciones, interrupciones, etc.), como software (programación en lenguaje ensamblador) de un sistema basado en microcontrolador. El dominio de ambos aspectos resulta fundamental para el posterior Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales.

B. LSED (*Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales*)

Descripción: 3 créditos, 2^o semestre, 1^{er} ciclo, 3^{er} curso, troncal, 350 alumnos. Descriptor BOE: Equipos de desarrollo de microprocesadores. Diseño, construcción y prueba del hardware. Programación. Prueba del sistema completo y su depuración.

Esta asignatura trata fundamentalmente de la aplicación y consolidación tanto de los conocimientos de electrónica analógica y digital previamente adquiridos (en CEDG, en CEAN homóloga a CEDG pero enfocada a la electrónica

analógica, etc.), como de los conocimientos sobre sistemas basados en microprocesadores o microcontroladores adquiridos en SEDG y orientados a analizar programas y sistemas basados en un microprocesador o un microcontrolador concreto, en lenguaje C o en ensamblador.

SOBRE EL LABORATORIO REMOTO

El principal objetivo de este sistema es permitir la realización de prácticas remotas en laboratorios de electrónica de carácter docente del Departamento de Ingeniería Electrónica [4]. La plataforma de prácticas implementada cuenta con toda la funcionalidad necesaria para ofrecer una docencia semi-presencial en laboratorios masivos de electrónica: laboratorios que utilicen el aprendizaje basado en proyectos con iniciativa y creatividad por parte del alumno. Estas competencias son muy dependientes de la disponibilidad de recursos. Con el desarrollo de esta plataforma se ha pretendido ofrecer un mayor acceso a los recursos docentes como paso indispensable para el fomento de ambas habilidades: iniciativa y creatividad. Un aspecto importante que conviene remarcar es que la plataforma desarrollada pretende ofrecer al alumno el acceso a recursos reales (i.e. circuitos y sistemas electrónicos) y no simulados o virtuales [6].

A. Principales ventajas

El desarrollo de aplicaciones para el acceso remoto a los recursos de los laboratorios docentes cuenta con reconocidas ventajas:

- Proporcionan mayor acceso a los recursos disponibles, rentabilizando el uso de los mismos y haciéndolos útiles para un mayor número de alumnos.
- Incrementan la flexibilidad a la hora de realizar las prácticas, lo que resulta especialmente atractivo para alumnos de especialidad (últimos cursos) y máster.
- Facilitan la inclusión de aprendizaje práctico en asignaturas teóricas, promoviendo además el aprendizaje activo (los alumnos pueden probar diseños basados en el material que reciben en clase).

B. Plataforma Hardware común

La plataforma hardware empleada en esta iniciativa está siendo utilizada en la actualidad en diferentes asignaturas, tanto PBL como teóricas, que forman parte del perfil o Currículo de un Ingeniero Electrónico [2].

Dicha plataforma fue diseñada conforme a requisitos muy estrictos: robustez (para estudiantes que no tienen demasiada práctica manejando componentes electrónicos), flexibilidad (amplio rango de posibilidades: desde sencillos módulos electrónicos hasta sistemas hardware y software complejos) y profesionalidad (puesto que queremos poder realizar también proyectos industriales).

Con todas estas consideraciones el equipo docente diseñó la plataforma ANTARES [3], una plataforma industrial para el desarrollo de sistemas electrónicos. Esta plataforma contiene un microcontrolador Motorola MCF5272 de 32 bits, con 16 MB de memoria SDRAM y 4 MB de memoria FLASH y diversos periféricos: módulo Ethernet, puertos serie, USB, entradas/salidas digitales...

En su diseño, se tuvo igualmente en cuenta el hecho de que los estudiantes no disponen de experiencia suficiente en el uso de sistemas electrónicos basados en microcontroladores, por lo que se decidió incluir protecciones externas a la plataforma común. Esto se consiguió mediante un bus de expansión que posee ANTARES, de manera que todas las entradas y salidas están optoacopladas y libres de sobretensiones. La plataforma en su versión protegida recibe el nombre de DANTARES y se muestra en la Figura 1. Plataforma DANTARES.



Figura 1. Plataforma DANTARES.

El software utilizado para el desarrollo es un entorno integrado para el sistema operativo Windows denominado EDColdFire [4]. Ha sido íntegramente desarrollado por los profesores y permite la edición, carga, ejecución y depuración de código fuente (tanto en C como en ensamblador).

C. Arquitectura

El sistema se basa en un servidor remoto que facilita y controla el acceso por parte del alumno a un conjunto de estaciones de trabajo cliente en las que pueden realizar sus prácticas. El alumno necesita un ordenador de tipo PC con conexión a Internet de banda ancha desde el que pueda conectarse a la página principal del sistema.

El sistema desarrollado consta por tanto de:

- Una red local que permite el acceso desde el exterior de la universidad y que además permite la interconexión de equipos con diferentes sistemas operativos (e.g. GNU/Linux y MS-Windows).
- Un equipo servidor encargado de gestionar completamente el resto de equipos de la red. Este servidor cuenta con el software necesario para ofrecer las siguientes funcionalidades:
 - Encendido/apagado de cualquier equipo de la red.
 - Autenticación: control de acceso de los alumnos a los recursos de la plataforma.
 - Implementación del concepto de sesión: para gestionar correctamente el acceso compartido a los recursos.
- Dos PCs clientes o estaciones de trabajo, cada una conectada directamente a una plataforma DANTARES y al instrumental de laboratorio requerido (fuente de alimentación y osciloscopio). Dichas estaciones tienen a su vez instalados los programas necesarios para poder realizar prácticas de sistemas digitales basados en

microprocesadores (e.g. EdColdFire, programa de control de brazo robótico, etc.).

- Un brazo robotizado para la actuación sobre los equipos o interfaces de entrada-salida (un teclado matricial y un LCD). El control y la gestión de dicho brazo articulado se realiza mediante un software específico desarrollado en Java del que se ofrecerán más detalles en las siguientes secciones.

- Un módulo de realimentación basado en una cámara web dotada con un micrófono que permite ver y escuchar el comportamiento del sistema electrónico del alumno.

En la Figura 2 se muestra la arquitectura empleada por la plataforma.

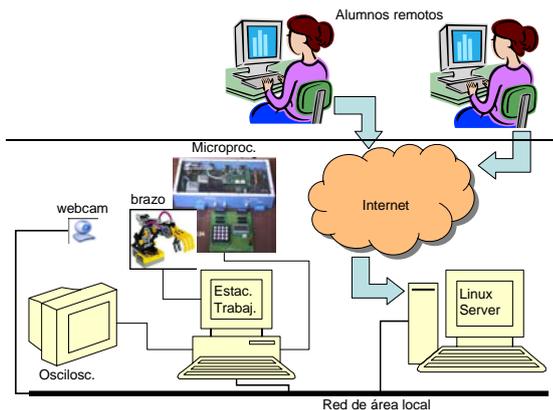


Figura 2. Arquitectura de la plataforma de acceso remoto.

D. Recursos SW empleados

La plataforma empleada [1] cuenta con un portal web que permite acceder remotamente a los recursos del laboratorio docente. Una de las principales ventajas de nuestra plataforma es que ha sido implementada haciendo uso de herramientas de software libre y abierto. Esto constituye una diferencia fundamental respecto a otras aproximaciones al problema que, o bien no ofrecen soluciones generales (sino particulares y adaptadas a un laboratorio o asignaturas concretos) o bien se basan en productos o soluciones comerciales propietarias. Los principales componentes SW de los que consta la plataforma son los siguientes:

- Un servidor web que emplea sistema operativo Linux y gestiona la red privada de puestos de laboratorio: ordenadores de tipo PC, cámaras y micrófonos web con direcciones IPs privadas, osciloscopios y fuentes de alimentación, placas de desarrollo para el microprocesador ColdFire, y los brazos robóticos para la interacción con los circuitos que hacen de interfaz entre el microprocesador y los usuarios. Finalmente, otra funcionalidad importante del servidor es la de permitir la autenticación de los usuarios en el sistema (ver detalle en Figura 3).

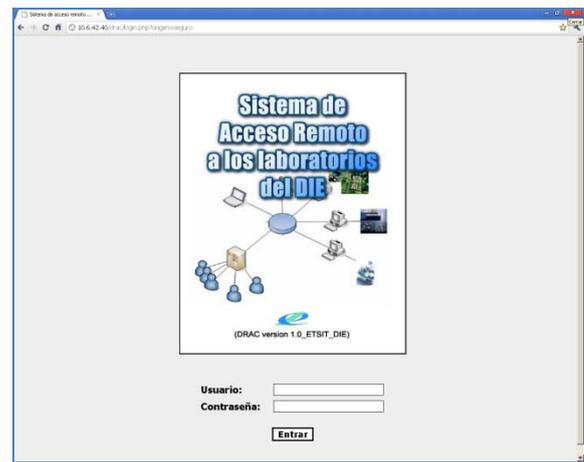


Figura 3. Página de autenticación de alumno.

- Un portal web basado en las tecnologías PHP y MySQL, que permiten realizar reservas de uso de los recursos disponibles y acceder a ellos en los periodos de tiempo reservados por cada grupo de alumnos.

- Un servicio de OpenVPN que permite establecer conexiones remotas seguras para que los alumnos puedan acceder a la plataforma desde cualquier ordenador fuera de la red del Departamento, sin por ello comprometer la seguridad de ésta.

- Servidores y clientes UltraVNC, que permite acceder y controlar remotamente las estaciones de trabajo disponibles usando conexiones de banda ancha de gama media como 1 Mbps, con independencia de los sistemas operativos empleados. Además, esta solución permite transferencias bi-direccionales de ficheros, y soporta y apoya el trabajo colaborativo, pudiendo conectarse los distintos miembros de un equipo de alumnos desde diferentes ordenadores para trabajar simultánea y colaborativamente.

- Un programa escrito en Java que permite controlar los recursos interactivos de la plataforma, tanto directamente a través de un puerto paralelo del PC (como el reinicio o reset del microprocesador) como a través del brazo robótico (que permite pulsar las teclas de un teclado o un pulsador, entradas que modificarán el comportamiento de su sistema).

E. Acceso y uso de la plataforma

Para poder acceder al servidor y los recursos, se debe disponer de acceso a la red privada virtual del Departamento de Ingeniería Electrónica mediante OpenVPN (solución segura para conexiones a redes privadas virtuales, VPN).

Una vez accedido al portal, el alumno tiene la posibilidad de seleccionar el número de horas que se desea permanecer conectado (entre 1 y 4 horas). Tras realizar la conexión al equipo correspondiente (el sistema le informa acerca de la disponibilidad de cualquiera de los dos puestos de trabajo habilitados; detalle en Figura 4), el sistema abre un par de ventanas del navegador web y una ventana de escritorio remoto VNC. En una ventana del navegador aparece la conexión a la cámara web del laboratorio remoto (que permite al alumno ver

el funcionamiento del brazo robótico), mientras que en la otra ventana del navegador se tiene acceso a los controles que permiten encender y apagar la luz o la instrumentación.

En el escritorio remoto el alumno dispone de accesos directos a los principales programas instalados:

- EdColdFire: entorno de desarrollo en C/ensamblador para entrenadoras basadas en ColdFire MC5272.



Figura 4. Páginas de acceso a los equipos de prácticas.

- El programa de control del brazo robot y el kit o entrenador del Coldfire, que permite:
 - pulsar las teclas del teclado matricial que acompaña a la entrenadora,
 - que se pulse una determinada secuencia de teclas,
 - poner el brazo en situación de reposo,
 - finalmente, también permite resetear la entrenadora.
- Programa de control del osciloscopio digital USB ACUTE, cuyo canal 1 está permanentemente conectado a alguno de los terminales del puerto de salidas digitales de la entrenadora del ColdFire (típicamente, a uno de los temporizadores con los que cuenta el microcontrolador y que los alumnos emplean para la generación de ondas cuadradas de una determinada frecuencia y duración).

La Figura 5 presenta una captura con la configuración típica de la pantalla de trabajo. En ella se pueden apreciar: el entorno de desarrollo (parte inferior de la captura), el programa que permite el control del brazo robótico (ubicado en la esquina superior derecha de modo que se puedan pulsar fácilmente las teclas del teclado matricial disponible y el botón de reset HW del kit), el programa que permite el control del osciloscopio (en este caso mostrando la señal generada por medio de un temporizador y conectada a uno de los terminales del puerto de salida del microcontrolador) y la ventana de supervisión ligada a la webcam.

Igualmente, el alumno tiene la posibilidad de descargarse a su ordenador personal cualquier fichero con el que haya podido trabajar. Para ello el alumno puede hacer uso de la utilidad que proporciona VNC, "File transfer". Dicha utilidad permite intercambiar ficheros entre el ordenador del alumno y el cliente

remoto (adicionalmente el cliente remoto tiene montada una unidad virtual con la cuenta del alumno en el servidor).

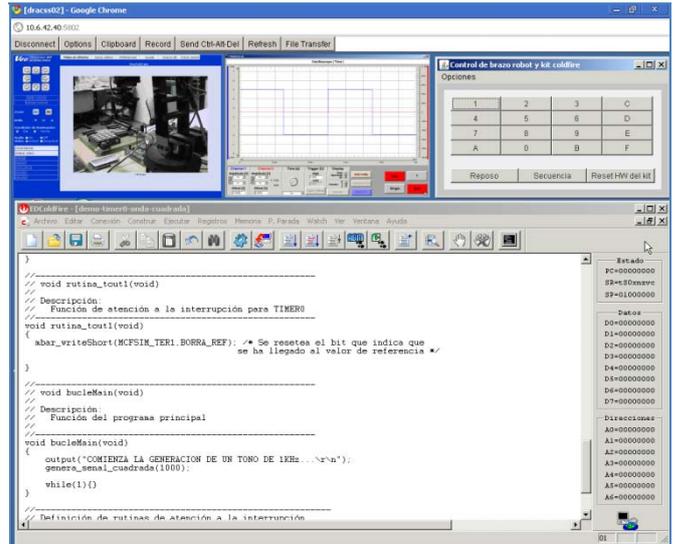


Figura 5. Configuración típica de la pantalla de trabajo.

METODOLOGÍA

La iniciativa permite que se vayan intercalando algunas sesiones prácticas en el laboratorio con las clases teóricas de SEDG. En particular, los alumnos participantes dejan de asistir a determinadas clases de SEDG (cinco clases de un total de 27 planificadas para todo el semestre), clases que están grabadas en vídeo y que los alumnos pueden consultar para completar sus conocimientos.

El estudio pormenorizado de las clases a las que los alumnos participantes deben asistir permite diseñar la siguiente planificación:

- En primer lugar, y tras explicar el lenguaje ensamblador, necesario para la realización de todas las prácticas, los alumnos realizan dos sesiones de laboratorio encaminadas a poner en práctica los conocimientos adquiridos en dicho lenguaje.
- A continuación, después de aprender la gestión de interrupciones en el sistema microprocesador, pasan a realizar una sesión práctica basada en tutoriales en la que aplican la clase teórica a la gestión de una interrupción externa concreta.
- Tras aprender el manejo de la E/S se dedican una sesión al manejo de un teclado y de una pantalla LCD.
- Finalmente, tras el aprendizaje de la temporización los alumnos realizan una sesión basada en el control de un fin de temporización y una interrupción periódica, etc.

A. Material disponible por los alumnos

Los alumnos disponen de un manual de uso del sistema de acceso remoto publicado en web. No obstante, y con carácter complementario, se realiza una sesión de demostración del mismo con el fin de que los alumnos puedan ver toda la funcionalidad que la plataforma puede ofrecerles. Dicha sesión permite además explicarles el procedimiento necesario para el

acceso desde casa haciendo uso de la clave o certificado VPN que se les facilita mediante correo electrónico.

Igualmente los alumnos cuentan con tutoriales de autoestudio que permiten agilizar el aprendizaje durante las sesiones de laboratorio, y desarrollar ejercicios de evaluación que pueden resolverse y verificarse remotamente. Dichos ejercicios sirven a los alumnos como forma de comprobar el correcto aprovechamiento de las sesiones de laboratorio.

Otros ejemplos de documentación disponible son documentos que dan respuesta a las preguntas más frecuentes que realizan los alumnos, recetas para la utilización de equipos del laboratorio, etc. Toda esta información está disponible en web.

B. Evaluación de los alumnos

La evaluación por parte del profesorado de la actividad realizada por los alumnos participantes en esta experiencia supone un 15% de la nota final obtenida en la asignatura y tiene lugar a partir de tres elementos de evaluación fundamentales:

- Como aspecto innovador desde el punto de vista de la evaluación de los resultados del aprendizaje, se hace uso de **blogs personales** donde los alumnos van describiendo las actividades que componen sus prácticas y sesiones de laboratorio. Estos blogs constituyen para el profesorado no sólo una herramienta de evaluación continua, sino también un canal adicional, cómodo y eficaz por medio del cual es posible facilitar a los alumnos de manera inmediata la necesaria realimentación acerca de la idoneidad y calidad de las soluciones propuestas a los problemas planteados, ayudándoles, en definitiva, a mejorar sus aptitudes a lo largo del semestre.
- Una **revisión intermedia** al término de la tercera sesión de los ejercicios prácticos propuestos en las sesiones 2 y 3. Esta revisión será tenida en cuenta de cara a la nota final.
- Una **práctica o proyecto final**, cuya evaluación tiene lugar previamente al examen teórico de SEDG.

Naturalmente, los alumnos de este grupo especial no están exentos de realizar el examen final de la asignatura. En este sentido, y para normalizar su evaluación a la del resto, este examen significa para los primeros un 85% de la nota final de la asignatura. Igualmente, dicho examen consta de un ejercicio cuya temática está directamente relacionada con las clases teóricas durante las que los alumnos del grupo especial deben ausentarse para asistir al laboratorio. Por este motivo, este ejercicio sólo es obligatorio para el resto de alumnos (aquellos que no forman parte del grupo especial) y está valorado en un 15% de su nota final.

C. Sobre el proyecto final

Una de las actividades clave para el éxito de esta metodología pasa por dimensionar adecuadamente el alcance de las prácticas y asegurar que las mismas sean apropiadas para su realización por medio de la plataforma de acceso remoto.

En ese sentido es preciso diseñar un proyecto multi-modular al que los estudiantes puedan hacer frente a través de

las diferentes sesiones prácticas (según enfoque PBL para involucrar a los propios alumnos en el proceso de aprendizaje) que tenga en cuenta tanto las limitaciones de tiempo (i.e. SEDG ocupa un sólo semestre) como las posibles limitaciones de la propia plataforma de acceso remoto (e.g. uso y control de diferentes recursos o elementos hardware), encontrando un justo equilibrio entre la funcionalidad (semejante a las de entornos profesionales) y el nivel de complejidad requeridos (primer contacto de los alumnos con los sistemas basados en micro-controladores).

Como ejemplo de posibles proyectos a realizar por los alumnos, durante el último año hemos propuesto como ejercicio la implementación de un “piano electrónico”, cuya implementación remota resulta posible gracias a la disponibilidad de la cámara web y sobre todo del osciloscopio. En particular, este último permite la oportuna comprobación de las características de las “notas”, fundamentalmente duración y frecuencia, sintetizadas haciendo uso de uno de los módulos temporizadores disponibles en la entrenadora.

Para abordar la realización de dichas prácticas, los alumnos deben aprovechar, en la medida de lo posible, tanto los tutoriales puestos a su disposición como las diferentes soluciones implementadas durante las prácticas o sesiones anteriores, sobre todo las últimas, cuyas soluciones deben ser un “anticipo” razonable de las que finalmente empleen para implementar el sistema final.

Igualmente, y para facilitar el desarrollo de la misma, se proporciona a los alumnos una plantilla de partida que cuenta con la declaración de cuantas variables y estructuras SW se estimen oportunas para la realización de la práctica.

EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Con objeto de poder valorar debidamente el resultado de dicha iniciativa, durante el presente curso académico hemos realizado una encuesta a los alumnos participantes (un total de 16) cuyos principales resultados recogemos en la Tabla 1 (las respuestas fueron obtenidas empleando una escala de 1 a 5, siendo 1 el valor correspondiente a la opinión “muy en desacuerdo” y 5 el correspondiente a la opinión “muy de acuerdo”).

R	#	Preguntas
4,73	1	La experiencia me ha parecido interesante.
4,55	2	La experiencia me ha permitido aprender cosas nuevas.
4,73	3	La experiencia me ha permitido comprender mejor la asignatura de SEDG.
3,91	4	El esfuerzo que exige el grupo especial compensa con lo que se aprende.
3,91	5	La experiencia me resultará de utilidad en el futuro.
3,64	6	Esta experiencia ha conseguido que la electrónica me resulte más atractiva.
4,45	7	Recomendaría la experiencia a otros estudiantes.
4,45	8	En general, la experiencia me ha parecido positiva.

Tabla 1. Principales aspectos evaluados y valoración media.

RESULTADOS

Tal y como puede comprobarse, el resultado de la experiencia puede calificarse a todos los efectos como de éxito rotundo (e.g. 4'45 sobre 5 para las preguntas 7 y 8), destacando especialmente a nuestro juicio la valoración realizada por los participantes acerca del grado en que las sesiones de práctica intercaladas a lo largo de la asignatura les han permitido alcanzar un mejor entendimiento de los aspectos teóricos de la misma (i.e. 4'73 sobre 5, el aspecto mejor valorado).

En este contexto, y con la motivación de mejorar continuamente la experiencia de los alumnos participantes, en esa misma encuesta les preguntamos por diferentes aspectos relacionados específicamente con el uso de la plataforma de acceso remoto. La Tabla 2 recoge los principales resultados obtenidos.

R	#	Sobre el laboratorio "remoto"
3,27	9	Trabajar remotamente era fácil.
3,36	10	La plataforma de acceso remoto funcionaba correctamente.
4,00	11	La plataforma de acceso remoto me ha resultado de utilidad.
4,09	12	El sistema de gestión de turnos era adecuado.
2,91	13	El tiempo de respuesta de la plataforma era adecuado.
3,00	14	La calidad de audio y video facilitada a través de la webcam eran adecuadas.
4,18	15	Me gustaría disponer de la plataforma o de otras similares en otras asignaturas.
4,09	16	En general, la plataforma de acceso remoto me parece un buen recurso.

Tabla 2. Valoración media de los principales aspectos evaluados de la plataforma de acceso remoto.

Entre los aspectos mejor valorados (i.e. con puntuación por encima de 4 sobre 5) cabe destacar la buena utilidad que los alumnos encuestados adjudican a la plataforma (como refleja el resultado correspondiente a la pregunta 11), la valoración realizada del recurso en líneas generales (pregunta 16), y en especial la excelente acogida por su parte de la posibilidad de disponer de la plataforma de acceso remoto para su uso en otras asignaturas (pregunta 15).

El análisis detallado de este último resultado no debe pasar por alto el esfuerzo "extra" que supone la asistencia eventual al laboratorio en relación a la "comodidad" de permanecer en clase. Igualmente, es importante también tener en cuenta la posible necesidad de los alumnos de un cierto tiempo adicional al contemplado inicialmente para las sesiones del laboratorio, que les permita completar con éxito los objetivos fijados para cada una de las prácticas (de un modo similar a como ocurre en el caso de las clases teóricas, las cuales requieren igualmente de su correspondiente tiempo de estudio o dedicación).

En este sentido, existe un consenso ampliamente generalizado que apunta a la flexibilidad de las asignaturas, tanto en relación con los horarios como con los lugares en los que éstas se imparten, como uno de los principales aspectos que aumentan o potencian su atractivo.

En relación a los resultados menos favorables destacan particularmente el tiempo de respuesta y la calidad del audio y vídeo facilitada (preguntas 13 y 14 respectivamente). Para evaluar el primero no disponemos de datos objetivos, pero la principal razón apunta al posible uso de una conexión con una calidad de servicio (en particular en cuanto respecta a latencia) por debajo de lo deseable. Lamentablemente, el conocimiento de esas carencias en cuanto a la calidad de servicio (en este caso fundamentalmente ligadas al ancho de banda disponible) de las conexiones domésticas empleadas por los alumnos, nos llevó a fijar una baja resolución para las imágenes facilitadas por la webcam para así evitar, en la medida de lo posible, saturar la conexión. Razonablemente, esta menor resolución ha significado una peor valoración por parte de los alumnos.

El análisis de los resultados obtenidos para la plataforma debe hacerse teniendo en cuenta la notable flexibilidad que dicha plataforma ofrece a los alumnos en relación a la realización de las prácticas propuestas (especialmente para la realización de la práctica final cuya entrega está prevista cerca de la finalización del semestre, periodo especialmente comprometido para los alumnos).

Finalmente, en la Tabla 3 recogemos la calificación media obtenida por los alumnos que han participado en esta experiencia de innovación docente y la comparamos con las de los alumnos que han cursado la asignatura según la metodología habitual. Pese a no tratarse de una población significativa (sólo 16 alumnos participantes en el grupo especial frente a los más de 300 cursando la asignatura de manera convencional) sí que se observa una diferencia notable entre ambos colectivos lo que supone un motivo de satisfacción para el equipo docente responsable de esta iniciativa.

Nota media final sobre 10	
Resto de alumnos	Grupo especial de alumnos participantes en la experiencia
6,1	8,5

Tabla 3. Calificación media obtenida en la asignatura.

CONCLUSIONES

Gracias a la metodología implantada, validada por medio de las encuestas realizadas, hemos completado nuestro objetivo fundamental de hacer que la asignatura de SEDG (en su versión coordinada con LSED), y por ende la electrónica, resulten más atractivas para los alumnos participantes en esta experiencia.

El despliegue de la nueva plataforma de acceso remoto adaptada a las necesidades específicas de dichos alumnos, les ha permitido disfrutar de una mayor flexibilidad al ofrecerles la posibilidad de completar remotamente, en un horario y lugar diferente al de la universidad, las prácticas (tipo PBL) que se iban simultaneando con las clases teóricas. Ésta ha sido, sin duda, una mejora notable que, tal y como podemos refrendar en los resultados obtenidos en la encuesta, ha tenido una repercusión especialmente positiva sobre la impresión que tienen los alumnos de la asignatura, y ha contribuido

significativamente a mejorar su valoración y la participación en la misma.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo desean agradecer a todos los miembros del grupo GRIDS y del Departamento de Ingeniería Electrónica de la ETSIT-UPM su interés por la innovación educativa y su continuo esfuerzo y afán por concebir e implantar nuevas y mejores experiencias docentes.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto UPM de innovación educativa: "Definición e implantación de nuevas metodologías docentes para la enseñanza de la electrónica y su adaptación al Espacio Europeo de Enseñanza Superior".

REFERENCIAS

[1] Zlotnik, A., Montero, J.M. (2007). "DRAC (Distributed Remote ACcess System): An On-line Open Source Project-Based Learning Tool", ICL, September 26-28, 2007, Villach, Austria.

[2] Á. Araujo, R. San Segundo, J. Macías, J.M. Montero, O. Nieto-Taladriz (2006). "Currículo en electrónica centrado en el aprendizaje basado en proyectos", VII de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de Electrónica, Madrid, ISBN 84-689-9590-8.

[3] Nieto-Taladriz, O., Araujo, A., Fraga, D., Montero, J.M., Izpura, J.I., "ANTARES: A synergy between University Education and Research, Development and Technology Innovation Groups," The Colloquium on Higher Education of Electronics, Servia, pp. 9-22, May 2004..

[4] R. San-Segundo, F. Fernández-Martínez, Á. Araujo, J.M. Montero, J. Macías-Guarasa, "Entorno para el desarrollo de sistemas digitales sobre el microcontrolador MCF5272: EDCOLDFIRE". TAAE'06, Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (ISBN 84-689-9590-8), 12-14 de Julio de 2006, E.U.I.T. de Telecomunicación, UPM, Madrid, España.

[5] K. Choi, S. Han, S. Kim, D. Kim, J. Lim, D. Ahn, and C. Jeon, "A Combined Virtual and Remote Laboratory for Microcontroller", Hybrid learning and education, Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5685/2009, 66-76.

[6] Nedic, Z., Machotka, J., Nafalski, A.: Remote laboratories versus virtual and real laboratories. ASSE/IEEE Frontiers in Education Conference, Session T3E, IEEE 2003 (2003).