

MEMORIA FINAL DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LOS PROYECTOS COORDINADOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA DE LAS TITULACIONES OFICIALES (PCIETO)

CURSO 2014/2015

DATOS IDENTIFICATIVOS:

CENTRO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE CÓRDOBA

TITULACIÓN: GRADUADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

1. Título del Proyecto: DESARROLLO DE COMPETENCIAS DOCENTES EN LOS CONTENIDOS Y SESIONES PRÁCTICAS DE ASIGNATURAS DEL GRADO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y EXPERIENCIAS PARA LA ADAPTACIÓN A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

2. Código del Proyecto: 2014-11-5001

3. Resumen del Proyecto: El proyecto ha permitido mejorar el desarrollo y adquisición de las competencias en la parte práctica de las asignaturas de la titulación. Se ha dividido en tres subproyectos con idéntico objetivo pero agrupando asignaturas de perfil o competencias similares, de modo que las líneas de mejora y las actuaciones desarrolladas se adapten a las características propias de cada tipología de laboratorio.

4. Coordinador general del proyecto

Nombre y Apellidos	Cargo Institucional
FRANCISCO JAVIER VAZQUEZ SERRANO	Director de la EPSC (Director del Centro durante la solicitud y meses siguientes, por lo que se ha mantenido como Coordinador general hasta la finalización del proyecto).

5. Coordinadores/as específicos/as de cada subproyecto (solo para grados)

Nombre y Apellidos	Departamento	Subpr.
JOSÉ GARCÍA-AZNAR ESCUDERO	ARQUIT. DE COMPUTADORES ELECTRÓNICA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA	S1
FRANCISCO JAVIER QUILES LATORRE	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	S2
MARTA MARIA VARO MARTINEZ	FÍSICA APLICADA	S3

6. Participantes de los subproyectos de Grado/proyecto de Máster

Nombre y Apellidos	Departamento	Tipo de Personal ⁽¹⁾	Sub.
JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ CASTILLEJO	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
JOSE MARIA FLORES ARIAS	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
MATÍAS LIÑÁN REYES	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
VICTOR PALLARES LOPEZ	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
JUAN JESUS LUNA RODRIGUEZ	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
ISABEL PILAR SANTIAGO CHIQUERO	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
AURORA DEL ROCÍO GIL CASTRO	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
RAFAEL JESUS REAL CALVO	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S1
MANUEL AGUSTÍN ORTIZ LOPEZ	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S2
ANTONIO MORENO FERNANDEZ-CAPARROS	ARQUIT. DE COMPUTADORES E. Y T.E.	PDI	S2
GERARDO PEDRÓS PÉREZ	FÍSICA APLICADA	PDI	S3
ANTONIO BLANCA PANCORBO	FÍSICA APLICADA	PDI	S3
RAFAEL LOPEZ LUQUE	FÍSICA APLICADA	PDI	S3
ALFONSO PONTES PEDRAJAS	FÍSICA APLICADA	PDI	S3
MANUEL TORRES ROLDAN	FÍSICA APLICADA	PDI	S3

(1) Indicar si se trata de PDI, PAS, becario, contratado, colaborador o personal externo a la UCO

(2) Asignar a cada colaborador el número de subproyecto al que pertenece. Añadir las filas que sean necesarias.

7. Asignaturas implicadas (incluir las líneas que se necesiten)

Nombre de la asignatura	Carácter (básica, obligatoria, optativa)
Fundamentos de electrónica (2º)	Obligatoria
Electrónica de Potencia (3º)	Obligatoria
Electrónica Analógica (3º)	Obligatoria
Instrumentación electrónica (3º)	Obligatoria
Tecnología Electrónica Aplicada (3º)	Obligatoria
Diseño de circuitos electrónicos y Microelectrónicos (4º)	Optativa
Electrónica industrial avanzada (4º)	Optativa
Informática industrial (4º)	Obligatoria
Diseño avanzado de sistemas digitales (4º)	Optativa
Comunicaciones industriales avanzadas (4º)	Optativa
Fundamentos Físicos de la Ingeniería I (1º)	Básica
Fundamentos Físicos de la Ingeniería II (1º)	Básica
Energías y Recursos Renovables (4º)	Optativa

MEMORIA FINAL DEL PROYECTO COORDINADO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA DE LAS TITULACIONES OFICIALES (PCIETO)

Especificaciones

*Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de diez y un máximo de **VEINTE** páginas, incluidas tablas y figuras, con el formato: tipo y tamaño de letra, Times New Roman, 12; interlineado: sencillo. Incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). Se anexarán a esta memoria, en archivos independientes, las evidencias digitalizadas que se presenten como resultado del proyecto de innovación (por ejemplo, presentaciones, imágenes, material escaneado, vídeos didácticos producidos, vídeos de las actividades realizadas). En el caso de que el tamaño de los archivos no permita su transferencia vía web (por ejemplo, material de vídeo), se remitirá un DVD por Registro General al Servicio de Calidad y Planificación.*

Apartados

1. Introducción (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas, etc.).

La innovación educativa constituye un punto de partida imprescindible como vía para la mejora continua de la calidad de la enseñanza. Para poder ofrecer una formación de calidad, que genere una mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje y de los resultados académicos del alumnado dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), es necesario alcanzar una óptima formación de nuestro alumnado.

En este sentido, y desde un punto de vista metodológico, se ha de trabajar para potenciar y desarrollar las competencias docentes, a través de los contenidos, métodos e intervenciones del profesorado y del alumnado. El EEES se centra en el trabajo del alumno a través de las competencias que éste debe adquirir, por tanto la innovación educativa tiene necesariamente que profundizar en este concepto.

En la elaboración de los planes de estudio de los actuales títulos de grado, toda la comunidad universitaria hizo un gran esfuerzo para adaptar los métodos tradicionales a los nuevos planteamientos que el EEES exigía, dicho esfuerzo ha permitido, entre otros aspectos, concienciar sobre la importancia de la calidad docente como vía para la mejora de la enseñanza. La participación del alumno en las clases ha aumentado de forma significativa, pasando de ser un mero observador a un miembro activo en su formación teórica. No obstante, este grado de mejora en el ámbito de las sesiones teóricas, no se ha trasladado de igual manera en las sesiones prácticas, donde por sus propias características, la participación siempre ha sido aceptable. Sin embargo, si ponemos el foco en las sesiones prácticas, dicha dinámica ha impedido una mayor coordinación entre asignaturas, así como cierta complacencia en que el grado de asimilación de las competencias es inherente al propio desarrollo de las prácticas.

Es por ello, que a través de este proyecto hemos querido mejorar la docencia, potenciando el desarrollo de las competencias en las sesiones prácticas, mejorando el grado y destreza con el que el alumno adquiere las competencias, y de forma que haya una adecuada coordinación entre las asignaturas.

Para cada subproyecto, podemos destacar lo siguiente:

Subproyecto 1:

En este subproyecto, si bien puede haber características específicas de algunas asignaturas, hay que destacar su transversalidad, involucrando y participando en él todas las asignaturas indicadas en el mismo.

La docencia llevada a cabo en los laboratorios, es muy importante en aquellas asignaturas

correspondientes a titulaciones con un alto grado experimental, adquiriendo una especial relevancia en el caso de las Titulaciones de Grado, y en particular del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial.

Este subproyecto, ha tratado de poner en práctica iniciativas de innovación docente entre las asignaturas afectadas, desarrollando competencias transversales y específicas comunes dentro del Sistema de Créditos Europeo, orientado fundamentalmente a la parte experimental de las mismas.

En cualquier laboratorio técnico/científico tienen una gran importancia los programas de simulación que se han hecho prácticamente imprescindibles. Estos programas posibilitan el ensayo de montajes y equipos complejos, permitiendo el acercamiento con gran precisión al funcionamiento real de los mismos. La simulación adquiere especial relevancia en los laboratorios, cuando se trata de poder tener acceso al comportamiento y resultados de equipos complejos que por su elevado coste no resultan accesibles para un laboratorio didáctico. Sin embargo no se debe perder de vista que en general desde “un circuito, pasando por un subsistema hasta un equipo, no es”, hasta que se monta y prueba en el laboratorio comprobando que se ajusta y concuerda con las características para las que fue diseñado. Por tanto la simulación debe ser contrastada con el funcionamiento real.

Es posible la implementación de determinados montajes de laboratorio relativamente complejos si se dispone de los componentes y materiales necesarios. Estos montajes permiten al alumno experimentar con el funcionamiento real pudiéndose poner además de manifiesto las aplicaciones industriales reales de estos equipos. En muchos casos, siendo éste el que nos ocupa, es posible llevar a cabo la implementación de estos montajes con un costo relativamente reducido.

Subproyecto 2:

Las competencias que se desarrollan en las asignaturas objeto de este subproyecto se pueden completar y reforzar aún más si se les dota de una perspectiva transversal entre ellas. El desarrollo de las nuevas tecnologías en el ámbito de las TIC y especialmente en el campo de los sistemas electrónicos digitales obliga a, que competencias aparentemente disjuntas, deban ponerse en juego para dar una solución adecuada a un problema concreto. Se hace necesario desarrollar la Competencia Básica 2 (CB2), llevándola al extremo de dar, no solamente una solución a un problema, sino elegir entre las posibles soluciones la más idónea de una manera argumentada.

La alta integración de componentes en los circuitos electrónicos digitales obliga a la utilización de nuevas metodologías en el desarrollo de sistemas empotrados. El auge de las FPGAs y los nuevos “System on Chip” (SoC), que contienen un procesador y una FPGA, puestos a disposición del diseñador, difuminan la línea fronteriza entre componentes de una aplicación sintetizados por hardware o por software. Por ejemplo, un conjunto de temporizadores, necesarios en cualquier aplicación empotrada, se pueden sintetizar mediante programación a partir de un solo temporizador, o se pueden sintetizar por hardware si se dispone en el sistema de una FPGA. No existe una implementación idónea sino que dependerá de las especificaciones del diseño y los recursos software o hardware disponibles en el sistema. Si en las especificaciones del sistema se prioriza las prestaciones, de forma que se reduzca el tiempo de ejecución de las aplicaciones, habrá que realizar los temporizadores en hardware, pero si el sistema no debe tener una elevada capacidad de procesamiento, y por el contrario, si un coste reducido la implementación idónea sería por software. Por otra parte, habrá situaciones en las que se debe tratar de conseguir ambos objetivos en la medida de lo posible, por lo que habrá que realizar una partición adecuada de las funciones y componentes entre el software y el hardware.

Esta nueva metodología de diseño, denominada “Hardware/Software Codesign”, es difícil de desarrollar en una sola asignatura y mucho más conseguir que el alumno adquiera las competencias necesarias. Para que el alumno sea capaz de entender estas nuevas metodologías, se requiere que previamente hayan adquirido competencias en el desarrollo y programación de sistemas basados en microprocesadores y microcontroladores que se adquieren en las asignaturas de Electrónica Digital (3º), Microcontroladores (3º), Informática industrial (4º) y Comunicaciones industriales avanzadas (4º), y por

otro lado, se necesita también que los alumnos hayan adquiridos competencias en el desarrollo con FPGAs en la asignatura de Diseño avanzado de sistemas digitales (4º).

Subproyecto 3:

Una de las principales salidas profesionales de los Graduados en Ingeniería Electrónica Industrial es el desarrollo de proyectos de instalaciones energéticas, tal y como recoge la Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial. Dentro de este campo de las instalaciones energéticas, en medio de la creciente preocupación por el agotamiento de los combustibles fósiles y ante las consecuencias del cambio climático, la industria relacionada con las energías renovables y la eficiencia energética está desarrollándose rápidamente a nivel mundial. Por otra parte, el progresivo desarrollo de microcontroladores basados en hardware libre se está haciendo cada vez más presente en la industria de las energías renovables. De hecho, en la actualidad, la mayoría de las instalaciones solares están gobernadas por dispositivos de control electrónico que utilizan sensores y actuadores como interfaces. De acuerdo con esto, este sector se presenta como un importante nicho de empleo para los Graduados en Ingeniería Electrónica Industrial, en cuanto que se demandan Técnicos Cualificados capaces de diseñar e implementar sistemas de automatización en las instalaciones de generación eléctrica basadas en el aprovechamiento de los recursos naturales.

De esta forma, la formación de los ingenieros en el campo de las energías renovables resulta de gran importancia para su futuro desarrollo profesional, facilitando la adquisición de competencias relacionadas con la capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, desde el respeto del medioambiente, en contra del abuso de los recursos naturales y fomentando el desarrollo sostenible. Además, este tipo de formación específica y orientada al ejercicio profesional permite al alumno contextualizar y entender mejor conceptos abstractos como son energía, potencia, conservación de la energía, radiación, leyes de la Termodinámica, fluidos, etc., estudiados en asignaturas básicas tales como Fundamentos Físicos de la Ingeniería I y Fundamentos Físicos de la Ingeniería II.

Por otra parte, aunque el proyecto Arduino, en el que se basa este proyecto, nació en 2005, su crecimiento ha sido exponencial en los últimos cinco años gracias a una red de colaboradores que generan e intercambian información libremente en internet. Así, existen diversos medios de difusión como www.arduino.cc, <http://blog.bricogeek.com/> o <http://www.instructables.com/> donde se expone la resolución sencilla y detallada a múltiples proyectos técnicos, generalmente, muy llamativos. De esta forma, si bien en la mayor parte de los casos no la han implementado, la mayor parte de los alumnos en las Escuelas de Ingeniería conocen la existencia de Arduino como plataforma libre que permite la resolución de problemas técnicos con suma facilidad, siendo alta la motivación del alumnado por aprender Arduino.

2. Objetivos (concretar qué se pretendió con la experiencia).

En general, como objetivo principal se ha pretendido mejorar el desarrollo y adquisición de las competencias en la parte práctica de las asignaturas de la titulación. El proyecto se dividió en tres subproyectos con idéntico objetivo pero agrupando asignaturas de perfil o competencias similares, de modo que las líneas de mejora y las actuaciones desarrolladas se adaptasen a las características propias de cada tipología de laboratorio.

Se ha pretendido potenciar la calidad docente, mejora, innovación y la coordinación de los procesos de enseñanza-aprendizaje en el marco de las sesiones prácticas, facilitando el desarrollo de las competencias docentes a través de la formación basada en un proyecto diseñado e implementado cooperativamente y adaptado a las características de cada grupo de asignaturas.

En este sentido, el proyecto se divide en los tres subproyectos siguientes:

Subproyecto 1:

Se han elaborado una serie de experiencias prácticas de laboratorio comunes a las diversas asignaturas implicadas, basadas en un montaje estructurado en una serie de módulos que involucran diversos circuitos, mediante los cuales los alumnos pueden resolver problemas reales, en un contexto de sesiones presenciales, autónomas, fomentando su aprendizaje e implicación activa en la adquisición y aplicación del conocimiento.

Considerando lo anteriormente expuesto el objetivo fundamental de este subproyecto, ha sido la implementación de un montaje convertidor CA/CC de doce pulsos para uso didáctico de laboratorio.

De este modo, se pretende potenciar la relación de contenidos teóricos y prácticos de las distintas asignaturas de Electrónica que se imparten en el Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y profundizar en las experiencias con equipos reales en el laboratorio.

Debe hacerse notar que el convertidor diseñado, constituye un prototipo de laboratorio de los convertidores utilizados en una de las aplicaciones más importantes de la Electrónica industrial, como es el transporte en corriente continua a alta tensión HVDC.

Subproyecto 2:

Una vez transmitida al alumno la nueva metodología “Hw/Sw Codesign” que conlleva además el desarrollo de las competencias básicas CB1 y CB5, el alumno aborda soluciones de un mismo problema desde perspectivas distintas, es decir, mediante una solución software, mediante una solución hardware, y finalmente se analizan las ventajas e inconvenientes de cada una, de forma que el alumno puede determinar la solución idónea dependiendo de las especificaciones de diseño del sistema.

Se ha pretendido además que el alumno refuerce las competencias específicas:

- CEEI10: Conocimiento aplicado de informática industrial y comunicaciones.
- CEEI3: Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica digital y microprocesadores.

Por otra parte, el desarrollo de estas prácticas transversales permite trabajar las siguientes competencias que se incluyen en el verificación de la Titulación:

- CT1.- Capacidad para la resolución de problemas.
- CT2.- Capacidad para la toma de decisiones.
- CT7.- Capacidad de análisis y síntesis.

En la línea de los objetivos planteados se ha aumentado la participación activa del alumno para que además de conseguir la solución al problema propuesto, sea capaz de entender las posibilidades, y las ventajas e inconvenientes conseguidas con una u otra solución. Para conseguir este objetivo se plantea al alumnado una misma práctica en tres asignaturas distintas y por tanto, se tiene una solución diferente desde los conocimientos adquiridos y la perspectiva de cada asignatura. En la asignatura Informática Industrial (4º) se da una solución software, en la asignatura Diseño Avanzado de Sistemas Digitales (4º) una solución hardware, y finalmente en la asignatura Comunicaciones Industriales Avanzadas (4º) se realiza una práctica transversal, que utiliza ambas soluciones, y se analizan las ventajas e inconvenientes de cada una.

Se está desarrollando un periférico sencillo mediante programación (SW) en un procesador, sintetizando este mismo periférico en una FPGA (HW), proporcionando en ambas soluciones la misma

funcionalidad. Finalmente este periférico es sintetizado en un SOC, que contiene un procesador y una FPGA compatibles con los utilizados por el alumno en las asignaturas involucradas en este proyecto.

Es decir, se desarrolla un periférico para transmisión serie que trabaja con codificación Manchester. La mayoría de los microcontroladores no suelen tener este tipo de periférico integrado.

Subproyecto 3:

En este contexto, el presente Subproyecto de Innovación Docente en el marco del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial ha permitido desarrollar una metodología docente que favorezca, mediante actividades prácticas, el desarrollo de las competencias necesarias para permitir a los futuros ingenieros desarrollar su profesión con éxito en el sector de las energías y recursos renovables.

Concretamente, se ha incidido en la mejora del grado de adquisición por parte del alumnado de las siguientes competencias:

- CB1 Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos procedentes de la vanguardia del campo de la Ingeniería Electrónica Industrial.
- CU2 Conocer y perfeccionar el nivel de usuario en el ámbito de las TICs
- CEB2 Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- CEC1 Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.
- CEC5 Conocimientos de los fundamentos de la electrónica.
- CEC6 Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control.
- CEC10 Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.

3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle qué se ha realizado en la experiencia).

El proyecto se ha estructurado en tres subproyectos con idénticos objetivos pero subdivididos en asignaturas afines con sesiones de prácticas de similares características, objetivos y competencias.

Las actividades que se han llevado a cabo (desarrolladas en el contexto de las sesiones prácticas, y coordinado entre las distintas asignaturas de cada subproyecto) son las siguientes:

- Análisis de las competencias y aptitudes que se deben desarrollar en cada asignatura y en su conjunto.
- Análisis de las sesiones prácticas previstas en cada asignatura con las que se pretenden desarrollar las competencias.
- Estudio y evaluación para la mejora de las sesiones prácticas: coordinación, planificación de objetivos, trabajos, sesiones transversales entre asignaturas... con el fin de mejorar el grado de adquisición de las competencias y aptitudes que se deben desarrollar en cada asignatura y en su conjunto.
- Modificación de guiones, metodologías y procedimientos según los resultados del estudio anterior.

Por tanto, la ejecución del proyecto ha permitido desarrollar una serie de nuevas experiencias y mejorar las existentes, con adaptación de contenidos prácticos, y una mejora en la adquisición de las competencias, y en definitiva, la mejora de la calidad docente.

A continuación se describen con detalle las experiencias que se han desarrollado en cada subproyecto.

Subproyecto 1:

Se ha realizado un estudio experimental detallado del montaje, contrastando los resultados experimentales obtenidos, con los estudios teóricos y/o simulados mediante alguna herramienta de simulación.

Para ello se han seguido diversos pasos:

- Planificación de un conjunto de experiencias prácticas con competencias comunes entre las asignaturas implicadas. Se han analizado entre los distintos profesores, las actividades académicas teórico-prácticas que se están realizando actualmente en las diversas asignaturas.
- Elaboración de la documentación necesaria: por una parte para que el profesor pueda realizar su labor didáctica y por otra para que el alumno pueda llevar a cabo las diversas experiencias de una forma ordenada, estableciéndose los objetivos, material a utilizar, metodología etc.
- Implementación de los módulos y manejo de los instrumentos y herramientas, para desarrollar las experiencias.

La construcción de los módulos se ha llevado a cabo por un grupo de profesores y alumnos seleccionados.

Hay que hacer constar, que en estos equipos que se alimentan con la red trifásica, una cuestión primordial es la seguridad. Esto se ha tenido muy en consideración a la hora de la implementación de los distintos módulos que constituyen el montaje.

El siguiente paso ha sido la prueba y puesta en funcionamiento de los mismos, y la obtención de resultados mediante la realización de las correspondientes medidas.

Se ha realizado, un análisis teórico en diversas condiciones de funcionamiento (con diversos tipos de cargas).

Finalmente, estos resultados se contrastan con los resultados obtenidos experimentalmente, tanto numéricos como gráficos, que a su vez pueden completarse con alguna simulación, para poner de manifiesto las discrepancias con el comportamiento real y concluir con la interpretación física de los resultados y comparación.

Se ha puesto así a disposición del alumno, un equipo equiparable a los utilizados en la industria, relativamente complejo, que pueda manejarse fácilmente y mediante el que puede comprobar experimentalmente lo que ha estudiado en teoría.

Subproyecto 2:

Como se ha comentado en los objetivos expuestos anteriormente, se está desarrollando un periférico para comunicación serie con codificación Manchester. Una alternativa es realizarlo mediante programación, utilizando un puerto general de entrada/salida del microcontrolador y mediante programación se escribe o lee el bit adecuado en este puerto. Otra alternativa, siempre que el sistema tenga una FPGA, es mediante programación VHDL sintetizando el periférico por hardware. La figura 1 muestra de forma simplificada las dos soluciones. Cada solución presenta ventajas e inconvenientes, que son analizadas a lo largo de la experiencia.

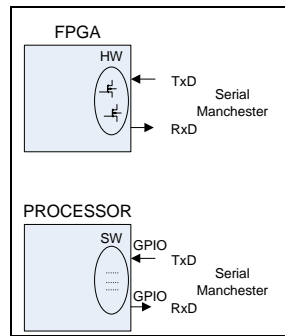


Figura 1. Serial Manchester

Al final del cuatrimestre se abordó la realización de la práctica transversal como actividad académica dirigida, con alumnos voluntarios que estaban matriculados en las tres asignaturas. Se dedicaron 12 horas al final del segundo cuatrimestre para el desarrollo de la práctica y se contó con un total de 9 alumnos y de los dos profesores que impartían materia en este cuatrimestre. Se diseñó un periférico Manchester a nivel arquitectural y se sintetizó tanto como un objeto software y hardware. Se aprovecharon partes de los desarrollos realizados en las tres asignaturas con lo cual no se necesitó dedicar mucho tiempo al desarrollo de este periférico, consiguiendo que el alumno prestara más atención a la especificación del mismo.

Se dedicaron 6 horas a la especificación del objeto a nivel de arquitectura, es decir, definir las características que un programador debe conocer para utilizar el periférico, como son los registros y su funcionalidad. A partir de aquí, se definieron tres grupos de trabajo, uno se dedicó a la especificación de cada uno de los bits de los registros, otro se dedicó a la implementación del objeto software utilizando la placa de desarrollo que habían utilizado en prácticas y el último grupo desarrolló la aplicación de prueba. El conjunto de alumnos especificaron el periférico hardware y se diseñó e implementó utilizando la FPGA de la placa de desarrollo utilizada habitualmente en prácticas. A esta tarea se dedicaron en torno a 2 horas.

La implementación del diseño hardware se realizó en la asignatura Diseño Avanzado de Sistemas Digitales. El alumno partió de una UART diseñada anteriormente, y la modificó para añadirle la codificación Manchester. A continuación realizó la simulación del diseño mediante el simulador incluido en la herramienta de desarrollo de FPGAs, ISE 14.7, usada en prácticas, y una vez que la simulación era correcta, el alumno configuró la FPGA comprobando su funcionamiento real. La simulación es una etapa más en el diseño de sistemas o componentes mediante FPGA, ya que si en ésta plantea todos los posibles casos de funcionamiento real, y los resultados de la simulación son correctos, se garantiza el funcionamiento del diseño, y por tanto, se podrá configurar la FPGA con la certeza de que no hay fallos graves.

Una vez implementado el objeto software (por programa) en la placa de desarrollo KEIL, y el objeto hardware en la placa UCOS3E5, se dedicaron 4 horas a comprobar que ambas placas se podían comunicar utilizando el periférico Manchester. Por tanto, se tenía la misma funcionalidad en una y en otra pero con una síntesis distinta. En este punto, se realizó un debate para ver las ventajas e inconvenientes de cada implementación, que condujeran a una elección u otra. Este fue quizá el punto más importante ya que es donde entran en juego las competencias CT1, CT2 y CT7.

Por último, el alumno fue encuestado para evaluar la satisfacción de la actividad, y la comprensión de esta nueva metodología de diseño. La encuesta y el resultado de la misma aparecen como material anexo. En lo que respecta a la evaluación del alumno en las asignaturas involucradas se evaluó como una actividad académica dirigida y se tuvo en cuenta en la calificación final.

Subproyecto 3:

Para alcanzar los objetivos de este subproyecto se ha diseñado y desarrollado una metodología activa

en la que el alumno, tras observar y analizar desde una perspectiva teórica y experimental el comportamiento de los sistemas energéticos, se ha implicado en el diseño y puesta en marcha de soluciones electrónicas creadas por ellos mismos para su aplicación al campo de las energías renovables, integrando, para ello, los conocimientos y competencias adquiridas a lo largo de sus estudios universitarios.

De esta forma, la metodología ha constado de las siguientes fases:

1ª Fase: Análisis de conceptos básicos fundamentales y su aplicación al campo de las energías renovables. En esta primera fase, mediante actividades participativas y motivadoras para el alumnado (debates, proyección de documentales, trabajos en grupo, etc.), se ha abordado el papel de las energías renovables en el mercado energético actual, las tecnologías existentes para la producción de energías renovables y los conceptos físicos fundamentales en los que se basan estas tecnologías, contextualizando estos conceptos y analizando casos de aplicación de los mismos que favorecen su nivel de comprensión.

2ª Fase: Observación experimental de sistemas de generación energética en el ámbito de las energías renovables. A continuación, los alumnos han realizado cálculos de dimensionamiento de instalaciones de energías renovables utilizando software específico para tales fines. Asimismo, se han realizado prácticas experimentales, tales como *Determinación de la Curva Característica de un Panel Fotovoltaico*, en las que los alumnos han observado el comportamiento de dispositivos fundamentales en la generación de energías renovables así como de los diferentes instrumentos de medida empleados en el control de su funcionamiento.

3ª Fase: Prácticas Experimentales de Diseño de Sistemas de Automatización de Procesos Energéticos. Finalmente, una vez que el alumno ha comprendido los aspectos fundamentales y las leyes básicas que rigen el comportamiento de los dispositivos analizados anteriormente, se le ha propuesto el diseño e implementación, mediante microcontroladores de bajo coste (plataforma Arduino), de sus propios sistemas de automatización para los procesos observados, integrando para ello los conocimientos y competencias adquiridas a lo largo de sus estudios universitarios. Entre los sistemas de automatización implementados encontramos:

- Diseño de una estación registradora autónoma de datos de radiación solar, temperaturas, caudales de flujos y/o tensiones e intensidades eléctricas.
- Diseño y ejecución de diferentes tipos centralitas para instalaciones solares térmicas de Agua Caliente Sanitaria.
- Diseño y ejecución de un regulador de carga para instalaciones fotovoltaicas y/o eólicas.
- Diseño y ejecución de centralitas de seguidores solares de diferentes tipos (un eje, dos ejes, movimiento astronómico, movimiento basado en realimentación).
- Diseño y ejecución de programadores de gestión de consumos en instalaciones fotovoltaicas autónomas.
- Controladores de sistemas de concentración solar.

4. Mecanismos de **coordinación y **relaciones** entre los proyectos y/o las acciones de innovación.**

La descripción dada en los apartados anteriores muestra el desarrollo de tres subproyectos, relacionados a través del desarrollo de metodologías y competencias que abarcan una parte importante del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial. Involucra asignaturas de 1º, 2º, 3º y 4º. Su ejecución se extiende a lo largo de un curso académico. Una vez implantado este primer año, los objetivos planteados y las metodologías se mantendrán en cursos sucesivos.

En consecuencia, la coherencia y la continuidad de la experiencia a través de los diferentes subproyectos están garantizadas al integrar objetivos comunes.

El alumno se beneficia de una metodología y desarrollo de competencias coordinadas y desarrolladas bajo unos mismos objetivos, facilitando su asimilación y aumentando la calidad docente.

5. Transferencia de la innovación educativa a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Durante la realización de cada subproyecto se ha valorado el grado de aprovechamiento de los alumnos, y a su vez, en las actividades de evaluación se ha puesto de manifiesto la efectividad en la asimilación de las competencias, en comparación con la metodología de trabajo usada en cursos precedentes.

Aunque la experiencia muestra resultados a partir del primer año de implantación, se espera que la mejora pueda ser de mayor calado en cursos sucesivos.

En cualquier caso, la experiencia ha posibilitado una mayor capacitación profesional del alumnado y, en lo posible, una mejor inserción laboral en un futuro.

En general, ha resultado una experiencia positiva para el profesorado implicado pues se ha visto la factibilidad de interconectar dominios conceptuales y procedimentales de diferentes asignaturas.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la metodología implementada ha propiciado la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en la medida en que:

- Se ha acentuado la conexión teoría-experimentos en la práctica docente cotidiana, haciendo ver al alumnado además, la íntima relación existente entre ambos (ver la teoría como una herramienta conceptual fundamental para resolver los problemas tecnológicos de índole experimental y resaltar cómo la necesidad de resolver algunos problemas experimentales lleva a ampliar las herramientas teóricas).
- El alumnado ha comprendido la aplicación tecnológica al campo de la electrónica digital, analógica, de potencia o de las energías renovables gracias a la continuidad en el desarrollo de competencias entre las asignaturas involucradas. De esta forma, se ha favorecido el interés de los estudiantes por las diferentes asignaturas así como la integración de las materias y competencias del Título.
- El alumnado ha adquirido nuevas destrezas en el ámbito de las TICs así como en la aplicación de tecnologías electrónicas de vanguardia.
- El alumno ha mejorado su nivel de competencias en diversos sistemas, como por ejemplo los sistemas autómatas y de control, diseñando soluciones a problemas reales en el ámbito de la generación energética.
- Se ha fomentado entre los futuros graduados una cultura energética basada en el respeto del medioambiente y en contra del abuso de los recursos naturales, de forma que lleguen a ser profesionales comprometidos con el desarrollo sostenible y apliquen en sus futuros puestos de trabajo, en la medida de sus posibilidades y del cargo ocupado en la empresa, medidas de ahorro energético, eficiencia energética, etc. que permitan el desarrollo de la actividad empresarial sin comprometer la calidad de vida en el planeta Tierra para las generaciones presentes y futuras.

6. Evaluación de la innovación (evidencias e indicadores de la evaluación inicial y final)

Las experiencias desarrolladas han permitido mejorar la interrelación entre las clases teóricas y prácticas y aportar toda la documentación y resultados obtenidos, a las mismas de modo que el alumno pueda comprobar inmediatamente después de las explicaciones teóricas de una forma directa, el funcionamiento real de los circuitos, disponiendo de los resultados experimentales, comparando y constatando de esta forma el análisis teórico y reforzando el aprendizaje, mejorando la asimilación y comprensión de las competencias tanto a nivel teórico como práctico, lo que constituía el objetivo

principal de este proyecto.

Las evidencias del cumplimiento de los objetivos previstos se ha llevado a cabo a través de diversas vías: mediante la valoración in situ del trabajo realizado tras cada sesión de prácticas, mediante la elaboración y evaluación de experiencias y actividades compartidas entre diversas asignaturas, mediante la realización de encuestas, o mediante una mejora en los resultados de las asignaturas.

Se adjunta material (manuales, presentaciones...), resultados de algunas encuestas... como muestras de las evidencias indicadas.

Estimamos que el resultado y la mejora alcanzada benefician a los alumnos no sólo el año de implantación del proyecto, sino que se mantendrá en futuros cursos.

En algunos casos, la puesta en práctica del proyecto se ha hecho con grupos pequeños de alumnos, de modo que el seguimiento pueda ser más cercano, facilitando la profundización en los conocimientos teóricos y la capacitación en el manejo de la tecnología, realizándose la valoración del trabajo tras cada sesión de prácticas.

También se ha tratado de mejorar en aspectos como la mejora continua. Por ejemplo:

- Al inicio del segundo cuatrimestre y coincidiendo con el inicio de la asignatura de Energías y Recursos Renovables, los alumnos cumplieron un **test inicial** para poner de manifiesto sus conocimientos previos sobre el campo de las energías renovables, así como para comprobar el nivel de asimilación de determinados conceptos físicos propios de las materias básicas del Título (Fundamentos Físicos de la Ingeniería I y II) y la capacidad del alumno para relacionar estos conceptos con el posible ejercicio de la profesión en el ámbito de las renovables. Dicho test inicial, puso de manifiesto que gran parte del alumnado habían oído hablar del sector e identificaban las tecnologías de producción energética renovable más comunes. Sin embargo, la mayoría de ellos confundían algunas de estas tecnologías, desconocían la problemática real del sector energético en la sociedad actual, así como el marco legislativo que lo regula. Por lo que respecta a los conceptos físicos fundamentales, gran parte de ellos reconocieron haberlos estudiado con anterioridad, aunque les costaba identificar las tecnologías de producción renovables con los que están relacionados o en los que se aplican, no teniendo claro de qué les podía servir conocer dichos conceptos en el desarrollo de la profesión. Finalmente, aunque, como se ha dicho anteriormente, algunos alumnos habían oído hablar de las ventajas de la plataforma Arduino, ninguno de ellos había implementado sistemas electrónicos haciendo uso de ella.
- Al final del cuatrimestre, al finalizar la materia, los alumnos cumplieron un **cuestionario final** en el que, junto con las preguntas del test inicial, se incluyeron preguntas de un nivel de profundización superior y acorde con los contenidos impartidos en la materia. Los resultados de dicho test fueron muy positivos demostrando un alto nivel de adquisición de contenidos así como el hecho de que los alumnos habían asimilado mejor los conceptos de física fundamental al conocer y entender sus aplicaciones tecnológicas en el campo de las energías renovables.
- Finalmente, los alumnos cumplieron una encuesta anónima sobre su opinión y experiencia en las actividades de innovación desarrolladas. Los alumnos pusieron de manifiesto que les había resultado muy interesante poder interrelacionar distintas materias estudiadas durante sus estudios universitarios (fundamentos de electrónica, automática, etc.) en un conjunto de actividades académicas en la asignatura de Energías y Recursos Renovables (optativa de 4º curso) puesto que les da una visión de las posibles salidas profesionales.

7. Bibliografía

Bühler H. Electrónica Industrial. Editorial Gustavo Gili, 1985

Mohan N. Undeland & Robbins. Power Electronics: Converters, Applications & Design. J.Wiley 2007.

M. Rashid. Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Prentice Hall. 2004

Bin Wu. High-Power Converters and AC Drives. John Wiley & Sons, Inc. Publication. 2006.

Semikron Power Semiconductors. 2005.

Patrick Schaumont, "A Practical Introduction to Hardware/Software Codesign 2nd ed. 2013", Editorial Springer, Diciembre 2014, ISBN 978-1489990600

Trevor Martin (Hitex Ltd), "The Insider's Guide to NXP LPC2300/2400 Based Microcontrollers: An engineer's Introduction To The LPC2300 & LPC2400 Series", Hitex (UK) Ltd., 2007, ISBN: 0-95499886

Crockett L., y otros, "The ZINQ book", publicado por Strathclyde Academic Media, Julio 2014, ISBN 9780992978709

Fco. Javier Quiles Latorre, Manuel Ortiz López y otros. UCORE: RECONFIGURABLE PLATFORM FOR EDUCATIONAL PURPOSES. Publicado en actas del congreso ReConFig'10, diciembre 2010, ISBN 978-0-7695-4314-7

Uhsadel, L.; Ullrich, M.; Das, A.; Karaklajic, D.; Balasch, J.; Verbauwhede, I.; Dehaene, W., "Teaching HW/SW Co-Design With a Public Key Cryptography Application," in Education, IEEE Transactions on, vol.56, no.4, pp.478-483, Nov. 2013

Arduino. <http://www.arduino.cc/> (mayo 2015)

Proyecto Bricogeek. <http://blog.bricogeek.com/> (mayo 2015)

Proyecto Adafruit. <https://learn.adafruit.com/> (mayo 2015)

8. Mecanismos de difusión

Todas las experiencias desarrolladas se han plasmado en casos prácticos, trabajos y proyectos, han contado con la colaboración de los agentes implicados (alumnos y profesores) y se les ha dado difusión a través de plataformas de enseñanza virtual.

También se está analizando la posibilidad de publicar en revistas y congresos las actividades realizadas y los resultados alcanzados.

9. Relación de evidencias que se anexan a la memoria

Se indican a continuación cada uno de los documentos que se adjuntan a la memoria como evidencias de la ejecución y logros alcanzados:

Subproyecto 1:

- Montaje del equipo y resultados prácticos obtenidos (S1_01_Resultados_de_prácticas.pdf).

Subproyecto 2:

- Definición del conjunto de registros del periférico definidos a partir del diseño arquitectural (S2_01_Interfaz HWSW.pdf).
- Transparencias de ayuda para el diseño del periférico HW (S2_02_AAD ManchesterHW.pdf).
- Reparto de tareas entre los alumnos y especificación SW (S2_03_SWRepartoTareasAlumnos.pdf).
- Encuesta (S2_04_codesignEncuestaCurso2015-2014.pdf).
- Resultado de la encuesta (S2_05_Datos_Encuesta_Alumnos.xls).
- Fotografías de la experiencia (S2_06_FOTOGRAFIAS.rar).

Subproyecto 3:

- Manual de programación y uso de Arduino (S3_01_MANUAL ARDUINO PARA EL CONJUNTO DE PRÁCTICAS.pdf).

Córdoba 28 de septiembre de 2015

Sra. Vicerrectora de Estudios de Postgrado y Formación Continua