



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD
IX CONVOCATORIA (2007-2008)



❖ **DATOS IDENTIFICATIVOS:**

Título del Proyecto

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FÍSICOS.

Resumen del desarrollo del Proyecto

Con este proyecto hemos abordado la enseñanza de una serie de sistemas físicos (circuitos eléctricos, electrónicos, optoelectrónicos, sistemas de comunicación, etc) con un nuevo enfoque metodológico que integra de forma activa los planos teórico y experimental, así como los temarios impartidos en diferentes asignaturas.

La parte esencial de la estrategia didáctica ha sido posibilitar que el alumno se enfrente al estudio y diseño de los circuitos eléctricos y electrónicos de forma análoga a la que encontrará en el ámbito profesional, donde las fases de simulación y modelado van íntimamente ligadas a la del montaje experimental y el contraste de resultados, todo ello cimentado en un sólido conocimiento teórico de sus componentes y de las leyes físicas que gobiernan su comportamiento.

	Nombre y apellidos	Código del Grupo Docente
Coordinador/a:	Antonio Blanca Pancorbo	021

Otros participantes:

José García-Aznar Escudero	021
José Ruiz García	020
Francisco José Bellido Outeriño	021
Matías Liñán Reyes	020
José María Flores Arias	021

Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de Conocimiento	Titulación/es
Sistemas de Comunicación Ópticos	Física Aplicada	I. T. Inf. de Sistemas y de Gestión
Aplicaciones Industriales de la Electrónica de Potencia	Electrónica	I. Automática y Electrónica Ind.
Circuitos Electrónicos de Potencia	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial
Electrónica	Tecnología Electrónica	I. T. Inf. de Sistemas
Electrónica Industrial	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial
Instrumentación Electrónica	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial
Electrónica Analógica	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial
Electrónica Básica	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial
Microelectrónica	Tecnología Electrónica	I. Automática y Electrónica Industrial
Regulación de convertidores electrónicos	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial
Sistemas Electrónicos de Potencia	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial
Tratamiento Industrial de la Señal	Tecnología Electrónica	I. T. Electrónica Industrial

MEMORIA DE LA ACCIÓN

Especificaciones

Utilice estas páginas para la redacción de la Memoria de la acción desarrollada. La Memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de diez páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de fuente: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran producido documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de buena calidad.

Apartados

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

En este proyecto se planteará la modelación y simulación de una serie de sistemas físicos (eléctricos, electrónicos, optoelectrónicos, sistemas de comunicación, etc) cuyo conocimiento y comprensión tienen importancia en varias asignaturas de diversas especialidades de las que se imparten en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba.

La modelación es un intento de describir de un modo preciso la comprensión de los elementos de un sistema de interés, sus estados y sus interacciones con otros elementos. Los modelos deberán ser lo suficientemente detallados y precisos para que en principio puedan ser utilizados para simular el comportamiento de un sistema en un ordenador.

Tener un modelo detallado de un sistema nos permite probar que las deducciones que se extraen del mismo coinciden con los resultados obtenidos experimentalmente, lo que nos indica si su comprensión y conocimiento son correctos.

Otra ventaja de la modelación es hacer predicciones sobre el comportamiento del sistema, a través de experimentos virtuales, que de otra forma generalmente serían difíciles, consumidores de tiempo, dinero y recursos, o imposibles de realizar en el laboratorio. Tales experimentos pueden descubrir importantes relaciones indirectas entre los componentes del modelo que de otra forma serían muy difíciles de predecir. Los modelos pueden ser muy útiles para facilitar el diseño y análisis de sistemas muy complejos.

Por otro lado, los procesos de enseñanza-aprendizaje en el campo científico-tecnológico plantean una serie de dificultades relacionadas habitualmente con la masificación de las aulas, la carencia de materiales adecuados en muchos laboratorios docentes y un número de créditos bastante limitado en muchas asignaturas que hace que se resienta bastante la interrelación teoría- práctica.

La utilización del ordenador tanto en las simulaciones de sistemas físicos como en la toma y análisis de datos experimentales ha servido para mitigar en gran medida algunas de las dificultades relacionadas anteriormente.

Las herramientas informáticas permiten plantear experiencias que:

- Son menos costosas que las prácticas realizadas con dispositivos físicos reales.
- Complementan las experiencias reales introduciéndoles en el campo de la simulación que tanta importancia tiene actualmente en el mundo de la ingeniería.
- Se pueden incluir en la programación de las asignaturas de forma conjunta con las cuestiones y problemas, planteándolo, por ejemplo, como problemas teórico-prácticos.
- Permiten una interrelación más profunda entre las asignaturas implicadas en el Proyecto.
- Se posibilita que el alumno pueda acceder a las herramientas informáticas de modelado y simulación fuera del horario lectivo habitual, lo que favorece la

potenciación de los procesos de aprendizaje (recuperación de prácticas evaluadas negativamente; desarrollar trabajos complementarios que formarán parte de la evaluación, etc).

Además, si se realiza la implementación real de las prácticas simuladas

- Se puede comprobar la bondad y fidelidad de los modelos simulados.
- Se les muestra una metodología de trabajo ya implantada en el ámbito de la empresa.

La realización de simulaciones en el estudio de muchos sistemas físicos, tiene unas características didácticas que fomentan su uso, así:

- La simulación permite conectar con la forma en que se suelen enfrentar actualmente, los científicos y técnicos, con los problemas del mundo real, (por ejemplo, en el diseño de circuitos eléctricos, electrónicos, optoelectrónicos, modelado de sistemas de comunicación, etc).
- La simulación resulta hoy en día una herramienta indispensable en la realización de cualquier montaje tecnológico, evitando la necesidad de construir sistemas cuyo funcionamiento no podemos asegurar o construir prototipos cada vez que se haga una modificación, lo que es, además, económicamente inviable.
- La simulación permite establecer a priori (sin ningún coste de montaje) el funcionamiento y la eficiencia de los circuitos diseñados o el modelado de los dispositivos que integran el sistema de comunicación, así como, el poder comparar diferentes configuraciones de los mismos o ver los efectos que tienen determinadas modificaciones sobre su funcionamiento, eficacia o rendimiento, etc.
- En el campo formativo de nuestros alumnos dicha actividad suele tener un gran valor motivador (al darle a su trabajo un enfoque casi profesional, viendo la simulación de circuitos y su implementación con componentes reales en el laboratorio y posterior contraste de resultados, como pequeños proyectos científico-técnicos), fomentando valores como la creatividad, el espíritu crítico y el trabajo en equipo (al realizarse las simulaciones en grupos de dos o tres alumnos).

Por estas razones creemos que es importante en la formación de un ingeniero la modelación, simulación e implementación real de dichos sistemas (circuitos, sistemas de comunicación, etc) con el objetivo de estudiar una serie de aplicaciones con una importancia cada vez mayor en el campo de sus salidas profesionales.

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

Los objetivos que se plantean en el proyecto han de adaptarse a:

- a) La consecución de aquellos más generales dentro del ámbito de los estudios técnicos universitarios para dar a los alumnos
 - la formación científico técnica necesaria para abordar los problemas que se les planteen en el ejercicio de su profesión;
 - una visión abierta y capacitación que les permita aprender nuevos conceptos y metodologías ligados a los avances en los campos científico y tecnológico.
- b) Un enfoque constructivista de los procesos de enseñanza-aprendizaje de modo que nuestros alumnos comprendan en todo momento el significado de la información y las técnicas que se les proporciona a través de una asimilación activa y crítica.

Ya que en el proyecto se plantea el estudio, modelado y simulación de sistemas físicos como los circuitos eléctricos, electrónicos, optoelectrónicos, sistemas de comunicación, etc., esto conjuntamente con lo anterior nos lleva de forma natural al planteamiento de unos objetivos:

Generales:

1. Potenciar la interrelación clases teóricas-experiencias de laboratorio.
2. Potenciar la interrelación entre las asignaturas implicadas en el Proyecto.
3. Potenciar el trabajo conjunto de alumnos especializados en informática y otros en electrónica, formando equipos multidisciplinares.
4. Introducir en las experiencias simuladas e interrelacionarlas con las clases teóricas y las experiencias de laboratorio.
5. Enseñar la implementación de simulaciones de sistemas físicos, por ejemplo circuitos eléctricos y electrónicos, etc.
6. Introducir el uso de herramientas informáticas habituales en la resolución de problemas de ingeniería (MATLAB, PSPICE).
7. Introducir en el tratamiento de los datos obtenidos en simulaciones y/o experimentales con la ayuda de programas informáticos (Insite, Chaos Data Analyzer, xppaut).

Específicos:

Elaborar de una serie de experiencias de laboratorio (reales y simuladas) para las asignaturas implicadas que incluirán las siguientes partes:

- Confección del modelo de la experiencia y obtención de los resultados de la simulación del mismo.
- Montaje experimental y obtención de datos reales.
- Estudio teórico, análisis y obtención de resultados utilizando los datos correspondientes a los sistemas implicados.
- Contraste de los resultados obtenidos de los análisis teóricos, de la simulación y del experimento real.
- Discusión y modificación de los modelos de simulación, si fuera necesario, a fin de eliminar disparidades entre resultados reales y de simulación.

El objetivo final es conseguir un aprendizaje significativo de nuestros alumnos en el campo de las simulaciones de sistemas físico-técnicos, y más concretamente la de circuitos eléctricos y electrónicos y sistemas de comunicación.

3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia)

a) Elección de los programas para la simulación .

Desde el surgimiento de la tecnología de los circuitos integrados, los simuladores de redes y circuitos eléctricos han jugado un papel clave en el diseño de circuitos eléctricos, tanto analógicos como digitales.

Programas de simulación numérica como el ORCAD/PSpice permiten verificar el funcionamiento de un circuito eléctrico o electrónico rápidamente y sin necesidad de una implementación utilizando los componentes reales, de modo que dichos programas se han convertido en herramientas muy útiles para salvar tiempo y coste en el diseño de circuitos.

Además no requiere de ningún hardware especial, pudiendo funcionar en cualquier PC, o bien, si se dispone de un número suficiente de licencias puede funcionar en red.

Sin embargo, los simuladores numéricos tienen el inconveniente de que no pueden reemplazar a los cálculos analíticos necesarios para obtener un conocimiento cualitativo del circuito en las primeras etapas del proceso de diseño, así como de las pocas indicaciones que suministran sobre cómo las características de funcionamiento dependen de los parámetros del circuito.

Tradicionalmente, los cálculos de diseño analítico han sido realizados manualmente pero hoy día se puede aprovechar para realizar dichos estudios de diseño, algunos programas de cálculo simbólico (Mathematica, Maple, Matlab, etc.) capaces de realizar operaciones matemáticas complejas automáticamente, aunque su aplicabilidad práctica tiene sus limitaciones ya que, por ejemplo, el tamaño de las funciones de transferencia simbólica crece exponencialmente con el tamaño del circuito.

b) Contexto de la experiencia

En esta experiencia se aborda el estudio, simulación y montaje experimental de algunos circuitos y dispositivos eléctricos, electrónicos y algunos de los dispositivos de los sistemas de comunicación por fibra, sentando las bases para:

- La comprensión y utilización de los programas implicados en las simulaciones propuestas.
- Poder realizar el montaje experimental de dichas simulaciones en el laboratorio.
- Que aprendan el manejo del instrumental de medición adecuado para la toma de datos experimentales (osciloscopios analógicos y digitales; tarjetas de adquisición de datos, etc).
- Que aprendan a contrastar los datos experimentales y los de la simulación, así como a extraer las conclusiones adecuadas, procediendo a subsanar los errores de simulación, de montaje o de toma, captación y tratamiento de datos experimentales si los hubiera.

c) Estrategia docente

Durante el desarrollo del proyecto en las distintas asignaturas, se han aplicado estrategias didácticas basadas en un enfoque metodológico teórico-práctico, esto es, se ha procurado mantener permanentemente una estrecha relación entre teoría y práctica, de forma que, ambos aspectos se apoyen y refuercen mutuamente sin quedar supeditada una a otra.

El desarrollo de la experiencia con los alumnos ha consistido en:

- 1) Se han formado una serie de grupos donde cada dos alumnos ocupan un puesto de prácticas tanto de simulación (ante el ordenador) como en el laboratorio (en la implementación de los circuitos con sus componentes reales).
- 2) Se han dispuesto varios puestos de prácticas.
- 3) Antes de las sesiones de prácticas se les hace entrega de:
 - los tutoriales de los programas de simulación que se van a utilizar,
 - un guión con la descripción de la utilización del instrumental de medición que manejarán,
 - el guión de la práctica correspondiente.
- 4) En cada sesión de prácticas:
 - a) se ha dado una breve explicación con el objetivo de aclarar:
 - la relación teoría-práctica.
 - los pasos a seguir en la realización de la práctica (indicándoles el por qué de dicha secuenciación).
 - b) se les ha hecho un seguimiento continuo, resolviendo dudas y planteando sugerencias (para motivarles, orientarles y ayudarles a profundizar en su trabajo).
- 5) Sesiones prácticas
 - Las tres primeras sesiones prácticas se han dedicado al aprendizaje de los programas de simulación y su interrelación. Para que dicho aprendizaje no se realice en abstracto hemos utilizado unas demos para concretar cómo han de

realizarse los procesos de simulación (dichas demos están incluidas en los tutoriales de los programas de simulación, que se han elaborado).

- La sesión siguiente se ha dedicado a implementar en el laboratorio el circuito simulado en la demo y a realizar las mediciones, para lo que, previamente se les enseña cómo deben utilizar el instrumental correspondiente.
- La quinta sesión se dedica a enseñarles cómo deben elaborar el informe de las prácticas, enfocando su realización como la de un informe de carácter científico (resumen, introducción, objetivos, material utilizado, descripción de la experiencia, tratamiento y análisis de los datos experimentales, conclusiones).
- En las demás sesiones los alumnos desarrollan las diversas simulaciones y montajes experimentales programados en las diversas asignaturas implicadas en el proyecto.
- A nivel experimental hemos realizado una sesión de practicas en que un grupo (voluntario) ha realizado una exposición publica de su trabajo (tipo mini-proyecto) entrándose después en una fase de debate público en que los demás alumnos planteaban sus dudas, objeciones, sugerencias, etc.

4. Materiales y métodos (describir la metodología seguida y, en su caso, el material utilizado)

Se trata de un Proyecto en el que participan profesores que pertenecen a diferentes departamentos (Electrotecnia y Electrónica, Física de la EPS). Por tanto se encuentran implicadas asignaturas diferentes correspondientes a distintos cursos.

El método de trabajo consistirá en:

Una distribución del trabajo en la que los miembros del proyecto trabajarán en:

- Simulación de circuitos eléctricos y electrónicos con PSPICE.
- Simulación de circuitos eléctricos y electrónicos con Matlab, Insite.
- Análisis de los datos obtenidos en las experiencias de laboratorio con Tisean, Chaos Data Analyzer, Tstool.
- Confección de la documentación de usuario para las prácticas simuladas.
- Confección de la documentación de usuario para las prácticas con componentes reales.
- Implementación en soporte informático de las simulaciones y documentación generados.
- Evaluación del material elaborado con los alumnos.

Puestas en común de coordinación entre los diversos miembros del grupo implicados en actividades complementarias.

Puestas en común generales periódicas para seguimiento global de los objetivos pretendidos.

5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad)

Se les ha enseñado una metodología de trabajo:

- Acorde con la realidad profesional que se encontrarán en el ámbito de las empresas eléctricas y electrónicas.
- Que es la habitualmente utilizada en el campo científico-técnico.
- Tanto en la realización de las experiencias como en la emisión de informes, surge una fuerte interrelación entre los mismos alumnos, y entre éstos y el profesor.
- Se les ha introducido en el campo de la simulación de sistemas cuya importancia, relevancia y perspectivas actuales y futuras son cada vez mayores.

- Los alumnos pueden adaptar mejor su tiempo y ritmo de aprendizaje, ya que tienen la posibilidad de acudir al laboratorio fuera de su horario lectivo (aparte de poder utilizar versiones de evaluación de los programas disponibles en los Departamentos y que también se pueden descargar gratuitamente a través de Internet), adentrándose en el camino de la autoformación (tan esencial para la renovación de sus conocimientos cuando acaben sus estudios oficiales).
- Los alumnos han visto la teoría como una herramienta (conceptual) fundamental para resolver y comprender los problemas y necesidades de la tecnología.
- Ha resultado una experiencia positiva para el profesorado implicado pues hemos visto la factibilidad de:
 - interconectar dominios conceptuales y procedimentales de diferentes asignaturas
 - acentuar la conexión teoría-experimentos en la práctica docente cotidiana, haciéndoles ver, 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).

Además, se han realizado una serie de simulaciones de circuitos eléctricos y electrónicos y se han implementado físicamente algunos de ellos, lo que ha favorecido la conexión teoría-simulación-experimentación y cómo contrastarlos.

Dado que algunas de las implementaciones de los circuitos son costosas, no se han podido construir muchas unidades, lo cual limita el número de alumnos que pueden acceder a dichas experiencias.

Dicho material queda a disposición del profesorado que lo solicite, siempre que acredite un uso adecuado del mismo, con objetivos docentes, y se responsabilice de su integridad.

Como muestra de actividades realizadas en la Tabla 1 se muestra partes de tres ejemplos de algunas de estas:

1) En la asignatura Instrumentación Electrónica
INTERFERENCIAS EN LAS MEDIDAS.

El objeto de esta práctica es el estudio de las interferencias en los instrumentos de medida. Para poder analizarlos podemos utilizar un modelo equivalente donde se contemplan la influencia de:

- Interferencias conducidas o resistivas. Producidas por las corrientes de fuga en cada uno de los instrumentos.
- Interferencias inductivas. Producida por la cercanía de los conductores de la red eléctrica.

2) En la asignatura Electrónica Básica
CARACTERÍSTICAS DEL DIODO SEMICONDUCTOR

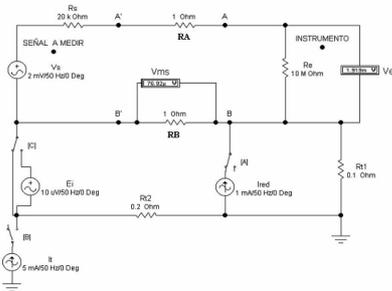
El objeto de esta práctica es el estudio del diodo semiconductor (comprender su funcionamiento, estudiar sus características, parámetros típicos, fenómenos que en él se pueden producir y comportamientos que puede tener)

3) En la asignatura Sistemas de Comunicación Ópticos
MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE UN DIODO LÁSER EN MATLAB

El objeto de esta práctica es el estudio del diodo láser semiconductor (comprender su funcionamiento, estudiar sus parámetros típicos, fenómenos que en él se pueden producir y comportamientos que puede tener) utilizando un modelo implementado con Simulink y simulado en el entorno de Matlab.

3. Procedimiento

a) Modelo de Instrumento con entrada unipolar conectada a tierra. Tipos de interferencias:
 Completa la tabla utilizando los interruptores para medir la influencia de cada una de las interferencias. Calcula el error que se produce al medir la señal de $V_s = 2mV$.



Tipo de Interferencia		Ruido en R_B	Señal a la entrada	Error en %
Tipo	Fuente	V_{ms}	V_e	
V_{ms1}	$I_{red}=1mA$			
V_{ms2}	$I_i=5mA$			
V_{ms3}	$E_i=10uV$			
$V_{ms1} + V_{ms2}$	$I_{red} + I_i$			
$V_{ms1} + V_{ms3}$	$I_{red} + E_i$			
$V_{ms2} + V_{ms3}$	$I_i + E_i$			
$V_{ms1} + V_{ms2} + V_{ms3}$	$I_{red} + I_i + E_i$			

b) Compara los resultados obtenidos con los teóricos. Recuerda que utilizábamos en el tema correspondiente de teoría un modelo para calcular la influencia de cada interferencia.

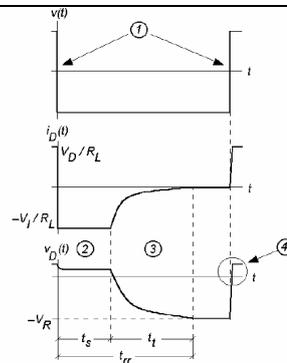
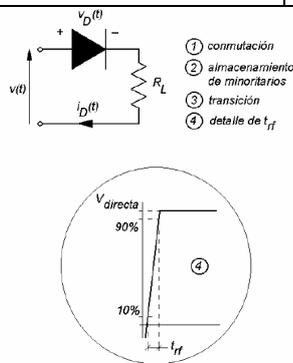
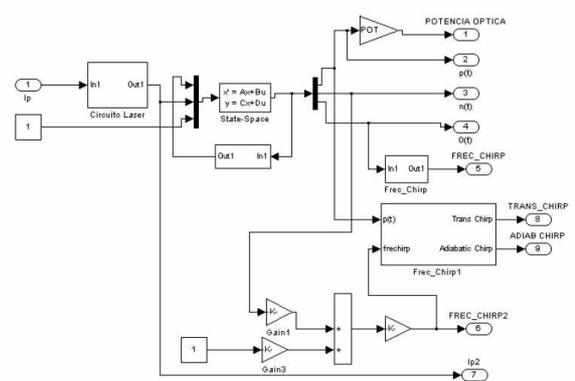
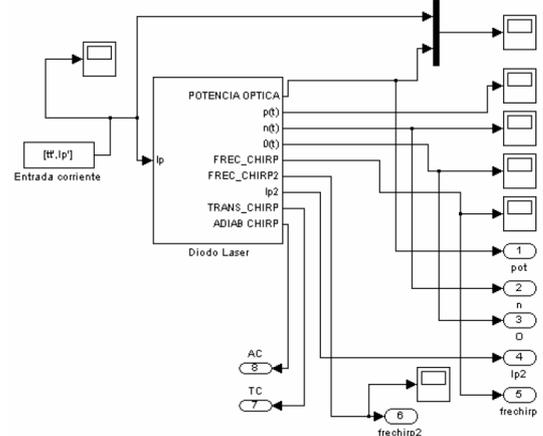


Figura 2.5: Característica dinámica del diodo



Diagramas en Simulink de un diodo láser

Tabla 1. Ejemplos de actividades realizadas

En la Tabla 2 se muestra las asignaturas, algunas de cuyas actividades hemos escogido mostrar, el número de alumnos afectados y otras asignaturas con las que se han coordinado para complementar y sincronizar dichas actividades.

ESPECIALIDAD	ASIGNATURA	Nº ALUMNOS AFECTADOS	SISTEMAS FÍSICO-TECNOLÓGICOS A ESTUDIAR	DURACIÓN	ASIGNATURAS CON QUE SE COORDINA
I.T. en Informática de Sistemas y Gestión	Sistemas de Comunicación Ópticos (3º curso)	40	Algunos componentes de un sistema de comunicación por fibra óptica (diodo laser semiconductor, etc.)	Curso 2007/08	[1] -[2]-[3] (Estudio de diodos semiconductores y los modelos de circuito equivalente)
I.T Industrial en Electrónica	Electrónica Básica(1º curso)	190	Diodos semiconductores. (estudio de su comportamiento y aplicaciones)	Curso 2007/08	[4] -[5]-[6]- [7] -[8]-[9]-[10]
I.T Industrial en Electrónica	Instrumentación electrónica(2º curso)	60	Estudio de las interferencias en las medidas	Curso 2007/08	[1] -[2]-[3] -[4] -[5]-[6]- [7] - [8]-[9]

[1] --Electrónica Básica (1º curso I.T.I Electrónica 190 alumnos)

[2] --Electrónica Analógica (2º curso I.T.I Electrónica 140 alumnos)

[3] -- Electrónica (1º curso I.T. Inf. de Sistemas 183 alumnos)

[4] --Fuentes de Alimentación Electrónicas Avanzadas (2º curso I.A.E.I 4 alumnos)

[5] --Aplicaciones Industriales de la Electrónica de Potencia ((2º curso I.A.E.I 9 alumnos)

[6] --Instrumentación electrónica(2º curso I.T.I Electrónica 60 alumnos)

[7] --Sistemas Electrónicos de Potencia (3º curso I.T.I Electricidad 5 alumnos)

[8] --Regulación de convertidores electrónicos (3º curso I.T.I Electrónica 26 alumnos)

[9] --Electrónica Industrial (1º curso I.A.E.I 12 alumnos)

[10] --Sistemas de Comunicación Ópticos (3º curso I.T. Inf de Sistemas y Gestión)

I.A.E:I (Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial)

Tabla 2. Asignaturas implicadas en el proyecto relacionadas en función de algunas de las actividades realizadas

6. Utilidad (comentar para qué ha servido la experiencia y a quienes o en qué contextos podría ser útil)

- ❖ Permite integrar conocimientos impartidos en diferentes asignaturas de la titulación correspondiente, dotando (desde la perspectiva de los alumnos) de mayor unidad a los procesos de enseñanza-aprendizaje.

- ❖ Nos ha obligado a un conjunto de profesores a implicarnos en una reflexión en torno a los procesos de enseñanza-aprendizaje de nuestras asignaturas (parte integral de nuestra actividad profesional) y, a una puesta en práctica de aquellas mejoras que consideramos pertinentes.

- ❖ Tiene un gran componente motivador para los alumnos, pues les posibilita trabajar a un nivel de profesionales en el campo del diseño y análisis de circuitos.
- ❖ El carácter interactivo de las simulaciones:
 - i. Obliga a una activa participación del alumno en su propio aprendizaje lo que le obliga y motiva para implicarse más en la comprensión de los conocimientos teóricos y procedimentales (simulación, montaje, mediciones en el laboratorio y análisis e interpretación de datos).
 - ii. Facilita la adaptabilidad y flexibilidad en la impartición de la programación sobre circuitos (capacidad de selección de componentes, métodos de análisis, etc.).
 - iii. Facilita la integración de los conocimientos y habilidades teóricas y prácticas, suministrando al alumno una visión funcional de lo que está aprendiendo y una explicación del fin del aprendizaje.
 - iv. Facilita el aprendizaje en grupo.
 - v. Facilita la integración de conocimientos básicos y más generales en los campos de la Física, Matemáticas e Informática, con los más específicos de la Teoría de Circuitos.
 - vi. Aparte del carácter integrador, las simulaciones posibilitan que sean utilizadas como herramientas de recuperación, refuerzo, ampliación y estudio en los procesos de enseñanza-aprendizaje de circuitos.
 - vii. Por su carácter interactivo, flexible e integrador las simulaciones posibilitan abordar muchos conceptos que bien por su complejidad, precisión, tiempo requerido, exposición gráfica o funcionamiento son difíciles de hacerlos entender, comprender y/o utilizar a los alumnos, con las herramientas de enseñanza-aprendizaje clásicas: dibujos, diapositivas, fotocopias, clases magistrales, etc. (Ej.: análisis en el dominio de la frecuencia del comportamiento de un circuito complejo; o bien, del comportamiento del circuito ante la variación de algún parámetro o cambio de dispositivo, etc.).

Pensamos que la introducción de las simulaciones, aparte del enorme valor intrínseco que tienen para el futuro profesional de nuestros alumnos, facilita en gran medida la adopción de la metodología científico-técnica como parte fundamental de sus hábitos de trabajo.

Hemos constatado su utilidad en las asignaturas implicadas, aunque pensamos que pueden servir también en todas las titulaciones que tengan asignaturas donde sea conveniente simular y/o comprender, determinados comportamientos dinámicos de los sistemas que traten.

7. Observaciones y comentarios (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados)

Somos conscientes de que no se han integrado en el proyecto asignaturas que contienen en su currículum el estudio de circuitos eléctricos y electrónicos. Abogaremos por conseguir su implicación en el futuro.

Las titulaciones de Informática aparecen porque en ellas se les aclara el uso y/o aplicación de los procesos de simulación, lo cual implica el manejo teórico y práctico de un conjunto de conocimientos bastantes importantes para nuestros alumnos, sobre todo en lo concerniente a la utilización de los programas, métodos numéricos y analíticos, lenguaje de programación, etc. Aparte de esto, les permite conocer con mayor profundidad el funcionamiento y comportamiento físico de los sistemas de comunicación por fibra óptica (los diversos dispositivos que lo integran, acoplamiento, comportamiento de la información en su desplazamiento por el sistema de comunicación, etc.

Muchos de los esquemas conceptuales utilizados por nuestros alumnos en el estudio de los sistemas físicos estudiados en el proyecto, están plagados de errores, lagunas, confusiones, etc.; por lo que tal como abogan muchas teorías didácticas, en la aplicación generalizada de la

experiencia hemos detectado algunos de ellos y diseñado determinadas actividades que pueden ayudar a corregirlos (algunos están relacionados con conceptos elementales como es el de la corriente eléctrica, que muchos la consideran como si fuese una corriente de agua pero constituida por electrones; no tener claro el significado físico de la f.e.m de una fuente (algunos consideran que es una fuerza y otros la confunden con la diferencia de potencial en bornes, etc.; a otros les extraña que algunas pilas situadas en un circuito puedan absorber energía en vez de cederla, etc.).

8. Autoevaluación de la experiencia (señalar la metodología utilizada y los resultados de la evaluación de la experiencia)

Como ya se ha reseñado anteriormente la metodología utilizada ha sido la denominada, metodología constructivista del aprendizaje (ver apartado de objetivos). Los alumnos a través del modelado, simulación del sistema físico correspondiente y toma de datos en el laboratorio, han tenido una participación activa en el proceso de su aprendizaje con un componente motivacional adicional que observamos se va acentuando conforme van comprendiendo y manejando las técnicas y el software implicado.

El análisis y valoración de los resultados obtenidos hace que se pueda considerar que la integración de las simulaciones con el desarrollo teórico del curso y los montajes experimentales en el laboratorio, como un recurso didáctico de gran valor en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales (y concretamente, en nuestro caso, en el de modelado, simulación y montaje de los dispositivos y circuitos eléctricos y electrónicos utilizados, etc.).

Debido a que no nos hemos planteado en este proyecto incluir grupos de alumnos de contraste (que no hayan participado en el proyecto) pues queríamos que participaran todos en las experiencias, no hemos considerado conveniente realizar una evaluación cuantitativa de los resultados, pues carecería de toda validez científica hacer una extrapolación de resultados. Al menos comparando con los resultados del curso anterior se ve cierta mejora aunque sería muy aventurado atribuirlo a la metodología y experiencias planteadas en este proyecto. Nuestra evaluación de tipo cualitativo-cuantitativo ha sido positiva, aunque tomamos con cautela dicha apreciación hasta que no se vaya viendo y estudiando su impacto en cursos sucesivos.

9. Bibliografía

- Golvind P. Agrawal. "Fiber Optic Communication System". Second Edition. The Institute of Optics. University of Rochester. John Wiley & Sons, inc. 1997 . (Wiley Series in Microwave and Optical Engineering). ISBN.0-471-17540-4.
- Gerd Keiser. "Optical Fiber Communications". Second Edition. Singapore. MC Graw Hill. 1991. ISBN. 0-07-100785-7.
- José Capmany, F. Javier Fraile Peláez, Javier Martí. "Dispositivos de Comunicaciones Ópticas". Ed. Síntesis, 1999. ISBN. 84-7738-634-X.
- Jacob Millman, Arwin Gravel. *Microelectrónica*. Editorial Hispano Europea S.A. ISBN: 84-255-0885-1.
- Robert Boylestad, Louis Nashelsky. *Electrónica. Teoría de Circuitos*. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. ISBN: 968-880-347-2.
- C. Angulo, A. Muñoz, J. Pareja. *Prácticas de Electrónica. I. Semiconductores básicos: diodo y transistor*. Editorial McGraw Hill Interamericana de España S.A. ISBN: 84-7615-345-7.
- N. Malik. *Circuitos Electrónicos*. Ed. Prentice Hall. ISBN: 84-89660-03-4.
- B. Ogayar y A. López. *Teoría de Circuitos con OrCAD Pspice*. Ed. Ra-Ma. ISBN: 84-7897-414-8.
- J. A. Edminister. *Circuitos eléctricos* . Ed. McGraw-Hill

- E. Hennig. *Symbolic approximation and modelling techniques for análisis an design of analog circuits*. 2000. Ed. Shaker Verlag.
- Madan R.N.(ed.), *Chua's Circuit: A Paradigm for Chaos*, World Scientific Series on Nonlinear Science, L.O.Chua (Series Ed.), World Scientific, Singapore, 1993
- Madan R.N., Wu C.W., "Introduction to experimental chaos using Chua's circuit", pp 53-89
- Kennedy M.P., Robust Op Amp Implementation of Chua's Circuit, *Frequenz*, vol.46, no.3-4, pp.66-80, March-April 1992.
- Grebogi C.,Lai Ying-Cheng, "Chaos: Control and comunication", SPIE Vol 2792, pp 15-29
- Cheng G. Y Dong X., Controlling Chua's circuit. Ed. Madan. pp. 481- 491
- Ullrich Parlitz y Otros. *TSTOOL User manual*. 2001
- W. Gander; J. Hrebíček. "Solving Problems in Scientific Computing using Maple and Matlab". Third Edition. Springer Verlag. 1997.
- J. H. Mathews; K. D. Fink. "Métodos Numéricos con Matlab". Tercera Edición. Prentice Hall. 2000.
- Stephen Wolfram. *The Matemática Book*. Third Edition. Ed. Cambridge University Press. Enrique Castillo y otros. *Mathematica*. Ed. Paraninfo

Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

En Córdoba a 15 de Julio de 2008