



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS  
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD  
XI CONVOCATORIA (2009-2010)



❖ **DATOS IDENTIFICATIVOS:**

**Título del Proyecto**

DESARROLLO DE LA COMPETENCIA DE PENSAMIENTO CRÍTICO A TRAVÉS DE ACTIVIDADES DE MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS FÍSICO-TECNOLÓGICOS.

**Resumen del desarrollo del Proyecto**

En este proyecto hemos trabajado con los alumnos la competencia de pensamiento crítico a través de actividades interdisciplinarias en las que han estado implicadas asignaturas de las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial e Informática de la E.P.S. de la Universidad de Córdoba.

La parte esencial de la estrategia didáctica ha consistido en posibilitar que el alumno trabaje y adquiera la competencia de pensamiento crítico mediante actividades de modelación y simulación de sistemas físico-tecnológicos (circuitos eléctricos, electrónicos, opto-electrónicos, sistemas de comunicación, etc.). Estas actividades se han enfocado de forma análoga a la que encontrarán en el ámbito profesional, donde las fases de modelado y simulación 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.

**Coordinador/a:**

<b>Nombre y apellidos</b>	<b>Código del Grupo Docente</b>	<b>Departamento</b>
Antonio Blanca Pancorbo	021	Física Aplicada

**Otros participantes:**

<b>Nombre y apellidos</b>	<b>Código del Grupo Docente</b>	<b>Departamento</b>
José García-Aznar Escudero	021	Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica
José Ruiz García	020	Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica
Francisco José Bellido Outeriño	021	Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica
<b>Fue dado de baja en la solicitud por participar en más de dos proyectos</b>		
Matías Liñán Reyes	020	Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica
José María Flores Arias	021	Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica
Antonio Moreno Muñoz	020	Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica
M <sup>a</sup> Antonia Cejas Molina	033	Matemáticas

**Asignaturas afectadas**

<b><u>Nombre de la asignatura</u></b>	<b><u>Área de Conocimiento</u></b>	<b><u>Titulación/es</u></b>
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. I en Electrónica
Electrónica	Tecnología Electrónica	I. T. Inf. de Sistemas
Electrónica Industrial	Tecnología Electrónica	I. Automática y Electrónica Industrial
Instrumentación Electrónica	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Electrónica Analógica	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Regulación de convertidores electrónicos	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Electrónica Básica	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Sistemas Electrónicos de Potencia	Tecnología Electrónica	I. T. I en Electrónica
Matemáticas I y II	Matemáticas	I. T. I en Electrónica

## **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

Con el reto de la adaptación de los estudios universitarios al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) surge la necesidad de modificar los planes de estudio, así como la metodología docente y los métodos de evaluación.

El proyecto se enmarca en una serie de experiencias metodológicas y de coordinación entre asignaturas para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje y adaptarlos al nuevo modelo educativo que marca el Espacio Europeo de Educación Superior.

Los procesos de enseñanza-aprendizaje guiados por el logro de una serie de competencias vienen avalados e impulsados desde diversas instancias internacionales (UNESCO, UE, OCDE, PISA, etc.). La Comisión Europea da una definición de competencia como la capacidad demostrada de utilizar conocimientos y destrezas.

Una de las competencias clave que se debe conseguir en el campo científico-tecnológico (y en casi cualquier ámbito de nuestra vida) es la del pensamiento crítico. Existen diversas definiciones de pensamiento crítico, aunque en palabras sencillas, el pensamiento crítico es la capacidad de pensar por cuenta propia, analizando y evaluando la consistencia de las propias ideas, de lo que se lee, de lo que se escucha, de lo que se observa y forma un conjunto de habilidades cognitivas que se deben enseñar a nuestros alumnos: análisis, síntesis, conceptualización, etc.

En este proyecto se va a trabajar con los alumnos la competencia de pensamiento crítico a través de actividades interdisciplinares en las que están implicadas asignaturas de las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial e Informática de la E.P.S. de la Universidad de Córdoba.

La interdisciplinaridad posibilita planificar actividades (modelado y simulación de sistemas físico-tecnológicos, resolución de problemas y cuestiones, realización de proyectos, etc.) que suministran una perspectiva unificada en diversas asignaturas: temas que se complementan, relaciones entre conceptos, lenguaje simbólico común, actividades enfocadas con un tratamiento globalizado, etc. Utilizaremos un enfoque constructivista en el tratamiento interdisciplinar de las actividades planteadas.

Se pretende incluir en el currículo de las asignaturas que van a participar en el proyecto, el desarrollo de actividades de modelado y simulación de sistemas físico- tecnológicos utilizando los entornos de cálculo simbólico y numérico Mathematica y Matlab.

En el estudio de los sistemas físico-tecnológicos, 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 [1-10]. 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.

Por tanto, la elaboración de modelos y las simulaciones implica trabajar algunas de las habilidades cognitivas del pensamiento crítico como son: la interpretación, con la que se trata de comprender y expresar el significado o la relevancia los datos, incógnitas, etc., del sistema; la realización de inferencias en que se emiten y evalúan hipótesis; el análisis, justificación y explicación de los diversos pasos seguidos en la modelación y simulación; análisis de los resultados de la simulación y extracción de las consecuencias correspondientes; autorregulación en la que se cuestiona, confirma, valida o corrige el razonamiento o los resultados obtenidos, etc.

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, lo que hace que se resienta bastante la interrelación teoría- práctica.

La utilización del ordenador tanto en las simulaciones de sistemas físico-tecnológicos como en la toma y análisis de datos experimentales ha servido para mitigar en gran medida algunas de estas dificultades.

La realización de modelaciones-simulaciones se pueden incluir en la programación de las asignaturas de forma conjunta con las cuestiones y problemas, planteándolas, por ejemplo, como problemas teórico-prácticos, que escogidos adecuadamente permiten una interrelación más profunda entre las asignaturas implicadas en el Proyecto.

La utilización de modelaciones-simulaciones en el estudio de muchos sistemas físicos, tiene unas características didácticas que fomentan su uso y el logro de una serie de competencias claves para su desarrollo profesional y personal, entre otras la de pensamiento crítico, aparte de su valor intrínseco en muchas asignaturas del ámbito tecnológico, al conectar con la forma en que se suelen enfrentar actualmente, los científicos y técnicos, con los problemas del mundo real. Hoy en día constituyen una herramienta indispensable en la realización de cualquier montaje tecnológico.

Dichas actividades suelen 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 o trabajos científico-técnicos) y ayudan a fomentar 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 para un ingeniero adquirir la competencia de pensamiento crítico y formarse en la modelación, simulación e implementación real de dichos sistemas (circuitos, sistemas de comunicación, etc.).

## **2. Objetivos**

Durante la realización de este proyecto hemos tenido siempre en mente inculcar en nuestros alumnos la competencia de pensamiento crítico a través de actividades interdisciplinares. Indirectamente hemos trabajado con ellos otras competencias transversales (resolución de problemas, capacidad de análisis y síntesis, expresión oral y escrita, etc.) y específicas de conocimiento, lo que creemos va a redundar en la formación científico-técnica de nuestros alumnos, necesaria para abordar los problemas que se les planteen en el ejercicio de su profesión, y para darles una visión abierta y capacitación que les permita aprender nuevos conceptos y metodologías ligados a los avances en los campos científico y tecnológico, esto es, que nuestros alumnos adquieran una serie de competencias que los capaciten para el desempeño de su profesión y para un adecuado desarrollo personal y como ciudadanos.

Para la adquisición de la competencia de pensamiento crítico hemos tomando como campo de trabajo la realización de modelos matemáticos y simulaciones de sistemas físico-técnicos que tienen importancia en el curriculum de las asignaturas implicadas en el proyecto.

## **3. Descripción de la experiencia**

### **a) Elección de los programas para la simulación.**

Ya que en el proyecto se ha planteado la modelación, simulación y montaje experimental de algunos circuitos y dispositivos eléctricos, electrónicos, dispositivos de los sistemas de comunicación por fibra, etc., se han utilizado programas de simulación numérica como el ORCAD/PSpice que 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.

Para realizar los cálculos analíticos necesarios para obtener un conocimiento cualitativo del circuito en las primeras etapas del proceso de diseño (ej., cómo las características de funcionamiento dependen de los parámetros del circuito, etc.), hemos utilizado algunos entornos de cálculo numérico y simbólico (Mathematica, Matlab, etc.) [11-15] 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**

Dentro del espectro de titulaciones impartidas en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba existen varias (Ingeniero Técnico en Electrónica, Ingeniero Técnico en Electricidad, Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial, Ingeniero Técnico en Informática) en las que tiene una importancia fundamental el estudio de muchos sistemas físicos como los circuitos eléctricos, electrónicos, opto-electrónicos, sistemas de comunicación, etc., así como los procesos de modelado y simulación.

Por tanto, se trata de un Proyecto en el que participamos profesores que pertenecemos a diferentes departamentos (Electrotecnia y Electrónica, Física de la E.P.S.), además, se encuentran implicadas asignaturas diferentes correspondientes a distintos cursos y titulaciones.

Esto hace que tengamos que realizar la modelación-simulación de sistemas físico-técnicos diferentes, tanto en el tipo de sistemas como en su complejidad, implementación experimental y tipo de análisis a realizar.

### **c) Estrategia docente**

En la realización de las actividades docentes planteadas se ha adoptado 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.

En la Tabla 1 se presenta los datos correspondientes a algunas de las asignaturas participantes en el proyecto donde se expone el número de grupos de cada asignatura participante en el proyecto y el número de alumnos de cada grupo (que han participado en el proyecto y han sido evaluados).

	<b>Grupo de control</b>	<b>Nº alumnos en grupo de control</b>	<b>Grupo de experimental</b>	<b>Nº alumnos en grupo experimental</b>
<b>A1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>A2</b>	<b>1</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>32</b>
<b>A3</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>41</b>
<b>Total</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	

*A1-- Sistemas de Comunicación Ópticos (3º curso) de I.T.en Informática de Sistemas y Gestión*

*A2-- Electrónica de potencia (3º curso) de I.T Industrial en Electrónica*

*A3-- Electrónica básica (1º curso) de I.T Industrial en Electrónica*

**Tabla 1.** Algunos de los grupos de alumnos participantes en el proyecto y los grupos de control correspondientes.

En el Anexo 3 se muestra una Tabla con una descripción más explícita del tipo de sistemas trabajados en cada una de estas asignaturas y su relación con el resto de las participantes en el proyecto.

En cada asignatura se han escogido dos grupos, uno experimental y otro de control. Se han planteado una serie de problemas a ambos grupos con un nivel de dificultad parecido; con el grupo experimental se han resuelto estos problemas utilizando modelaciones-simulaciones de los sistemas de ecuaciones a que se llega resolviendo los problemas y en todo el proceso de resolución se han trabajado explícitamente algunas de las subcompetencias más relevantes correspondientes al pensamiento crítico.

Con el grupo de control se ha seguido el método utilizado habitualmente para explicar la asignatura, consistente fundamentalmente en clases teóricas y de problemas, así como las prácticas de laboratorio y simuladas.

En la asignatura A1 ha sido el mismo profesor el encargado de la docencia en los dos grupos (experimental y control), impartiendo también la teoría y las prácticas.

En las otras asignaturas han sido dos los profesores encargados por cada una de las asignaturas correspondientes, uno para teoría y los problemas y el otro para las prácticas de laboratorio y simuladas. Sin embargo, todos ellos han participado en el proyecto.

La resolución de los problemas y el análisis de los resultados lo han realizado con el profesor encargado de explicar la teoría y de resolver los problemas. En el caso del grupo experimental, ese profesor ha sido el encargado de elaborar los modelos correspondientes al sistema físico-tecnológico implicado a partir de los sistemas de ecuaciones, etc., a que se llega al resolver el problema.

Posteriormente el profesor encargado de las prácticas ha sido el que se ha ocupado de realizar las simulaciones con dicho modelo, así como el contraste de resultados con la realización experimental en el laboratorio, en aquellos casos que se han escogido para realizar dicho contraste.

En la asignatura A1 se ha realizado la modelación-simulación de algunos láseres semiconductores (de guiado por ganancia y por índice), amplificadores ópticos (utilizando las ecuaciones rate) y detectores p-i-n, analizando su papel en los sistemas de comunicación por fibra óptica.

En la asignatura A3 (y algunas otras participantes) se ha realizado la modelación-simulación y análisis de los modelos de circuito equivalente de algunos de dichos dispositivos siguiendo uno de los enfoques del proyecto, consistente en un estudio interdisciplinar de los problemas planteados.

En cuanto a la asignatura A2, se han estudiado utilizando la modelación-simulación y contraste de resultados una serie de dispositivos como son fuentes de alimentación conmutadas, rectificadores, etc., planteando la coordinación y estudio interdisciplinar con otras asignaturas (Fuentes de Alimentación Electrónicas Avanzadas, Aplicaciones Industriales de la Electrónica de Potencia y Electrónica Industrial).

En algunas de las actividades propuestas los alumnos del grupo experimental han trabajado por grupos de forma cooperativa, utilizando la plataforma de aprendizaje online para algunos de los debates en grupo, tanto síncronos como asíncronos (chats, wikis, etc). También han utilizado la web en la búsqueda de información para la resolución de algunas de las actividades planteadas.

Unas pocas actividades se han presentado metodológicamente como un aprendizaje basado en problemas, de forma que se ha partido del planteamiento de un problema y los alumnos han tenido que ir buscando, seleccionando y analizando la información teórico-metodológica correspondiente para resolverlo. De esta manera han ido incorporando los conceptos, leyes, técnicas, etc., a sus esquemas explicativos conforme los han ido necesitando en su análisis del problema (elaboración y contraste de hipótesis, etc).

Los diversos grupos han tenido que presentar en clase los resultados de algunas de las actividades que han realizado (generalmente resolución de problemas utilizando la modelación-simulación y contraste con los resultados experimentales).

En la exposición deben participar todos los alumnos del grupo, así como en la aclaración y defensa de su resolución ante las diversas dudas y críticas que le formulan sus compañeros. Esta fase se realiza en presencia de los dos grupos en que se ha dividido la asignatura (experimental y de control) y todos pueden participar en el cuestionamiento y aclaración de la solución planteada por el grupo de alumnos que expone su trabajo.

Si la resolución de la actividad tiene buena nota, se cuelga en la plataforma Moodle para que otros alumnos la puedan consultar.

#### **4. Materiales y métodos**

Los materiales utilizados han sido los disponibles en los departamentos implicados, tanto el existente en los laboratorios correspondientes (osciloscopios, fuentes de alimentación, material fungible diverso, etc.), como aulas de ordenadores tanto las montadas en los propios departamentos como las disponibles para la comunidad universitaria por parte de la Universidad de Córdoba. El software puesto a disposición corresponde en algunos casos al disponible en los departamentos (OrCAD/Spice, Chaos Data Analyzer, Insite); al puesto a disposición por la Universidad de Córdoba (Matlab, Microsoft Office Word y Excel); al de distribución libre como Maxima, Scilab y Octave, Tisean, Visual Recurrence Analysis. Se ha utilizado Origin para el análisis estadístico de los resultados.

Para coordinar todos los aspectos implicados en la realización del proyecto hemos tenido diversas reuniones de puestas en común entre los diversos miembros del grupo implicados, así como puestas en común generales periódicas para seguimiento global de los objetivos pretendidos.

#### **5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso**

A lo largo de las experiencias hemos intentado transmitirles (creemos haberlo conseguido en algunos casos) y hacerles constatar, la idea de que la competencia de pensamiento crítico es fundamental a la hora de abordar los problemas y necesidades de la tecnología.

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

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.

Una muestra representativa de actividades realizadas se incluye en los anexos.

#### **6. Utilidad**

La adquisición de la competencia de pensamiento crítico utilizando modelaciones, simulaciones y su contraste experimental, aparte del enorme valor intrínseco que tienen para el futuro profesional y de desarrollo personal de nuestros alumnos, facilita en gran medida la adopción de la metodología científico-técnica como parte fundamental de sus hábitos de trabajo.

En las asignaturas implicadas ha sido muy útil y motivador la habituación a usar la competencia de pensamiento crítico, aunque creemos que la adquisición y uso de dicha competencia es válida para alumnos de cualquier titulación.

#### **7. Observaciones y comentarios**

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.

## **8. Autoevaluación de la experiencia**

A comienzo del curso se les hizo una prueba inicial sobre el nivel de conocimientos conceptuales y procedimentales que deberían conocer los alumnos para seguir de forma adecuada la asignatura. También se les pasó un cuestionario para tratar de averiguar el grado de motivación hacia la asignatura, así como la utilización de la competencia de pensamiento crítico en la resolución de los problemas, en las prácticas de laboratorio y simuladas y en el estudio de la teoría.

Dicha prueba y cuestionario se realizó a los dos grupos de cada asignatura implicados en el proyecto (grupos experimental y de control), para detectar si existía una diferencia de nivel académico acusada entre ambos grupos.

Los resultados muestran que las diferencias de nivel de conocimientos y utilización de la competencia de pensamiento crítico eran parecidas en ambos grupos, aunque la motivación era algo mayor en los grupos experimentales.

La experiencia cotidiana con nuestros alumnos, el sentido común y muchos estudios realizados [16-18] permiten establecer una correlación entre la motivación y el grado de satisfacción de nuestros alumnos y la efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Esta efectividad se mide habitualmente cuantificando el logro de las competencias adquiridas por nuestros alumnos.

En este proyecto hemos medido la adquisición de la competencia de pensamiento crítico a través de procesos de modelado, simulación y contrastación experimental en una serie de asignaturas, aunque presentamos explícitamente los resultados obtenidos en una de ellas.

Los datos recogidos corresponden a las notas de las diversas pruebas realizadas a los grupos experimental y de control en las diversas pruebas practicadas: escritas, presentaciones orales, participación en foros, trabajos de laboratorio y simulación y los informes elaborados.

La evaluación global se condensa en las notas finales que se han tomado como datos a utilizar en el estudio del grado de adquisición de la competencia de pensamiento crítico.

Aquí presentamos los resultados del análisis de los resultados obtenidos en la asignatura A3.

El grado de satisfacción de los alumnos del grupo experimental lo hemos medido con encuestas de satisfacción (una de las cuales aparece como anexo).

Para evaluar el impacto que ha tenido la introducción de los procesos de modelado, simulación y contraste experimental –MSCE--(trabajados interdisciplinariamente en una serie de asignaturas) en la adquisición de la competencia de pensamiento crítico es importante correlacionar si los resultados académicos de nuestros alumnos y el trabajo explícito de adquisición de la competencia de pensamiento crítico utilizando MSCE están correlacionados. Lo hemos realizado utilizando varias herramientas estadísticas: estadística descriptiva, histogramas, gráficos de caja (boxplot), inferencia estadística, etc.

De estas herramientas la inferencia estadística tiene bastante relevancia en el análisis de dicha correlación.

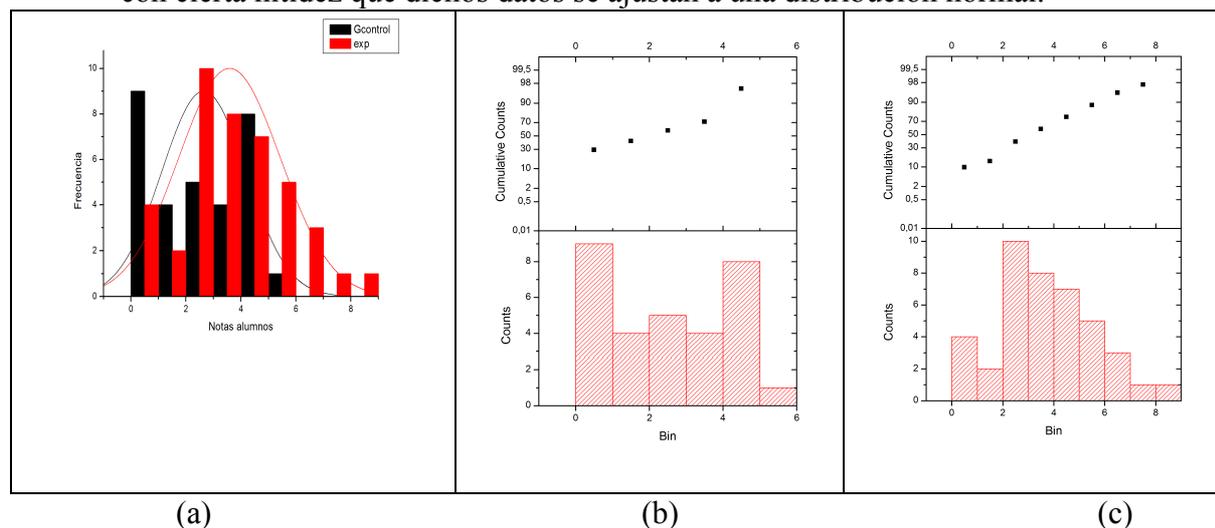
Partimos de la premisa o hipótesis de que:

Las notas finales, correspondientes a la evaluación global de los alumnos, son más elevadas en los que han participado en el proyecto (grupo experimental) que en el resto de los alumnos (grupo de control).

El contraste de esta hipótesis se hace a través de una prueba test-t de students de dos muestras. Esta prueba permite evaluar si las medias de los dos grupos son estadísticamente diferentes para poder ser comparadas.

Para poder aplicar dicha prueba un requisito esencial es que los dos grupos en estudio (experimental y de control) deben tener una distribución normal. Para comprobar este punto se han utilizado una serie de pruebas:

- a) En la Figura 1 se muestran representaciones gráficas de los datos donde se muestra con cierta nitidez que dichos datos se ajustan a una distribución normal.



**Figura 1.** (a) Histogramas con curvas de ajuste de distribución normal correspondientes a los grupos de control y experimental (b) y (c) Histogramas con gráficos de probabilidad correspondientes a los grupos de control y experimental (se muestra cómo los gráficos de probabilidad se pueden ajustar a una línea recta, lo que es el indicativo de que los datos se pueden ajustar a una distribución normal).

- b) Se ha realizado la prueba de Kolmogorov-Smirnov (también las de [Shapiro-Wilk](#) y Lilliefors). Con estas pruebas se mide el grado de ajuste de dos distribuciones de probabilidad, que en nuestro caso corresponden a la de la muestra y la población general. Con un nivel de significación de 0,05 se comprueba en los tres casos que las muestras (grupos de alumnos utilizados) han sido extraídas de una población con una distribución estadística normal. En la Tabla 2 se muestran los resultados

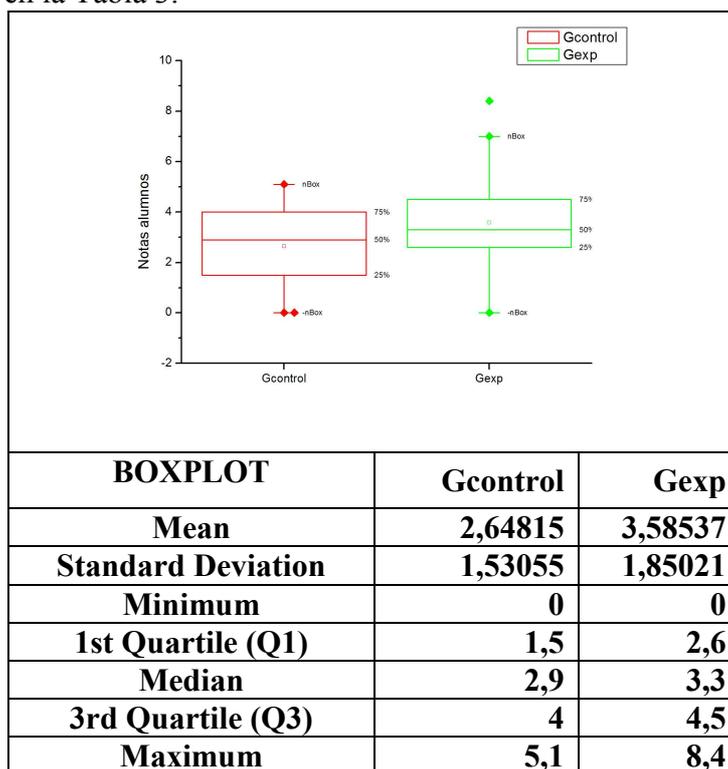
<b>Prueba normalidad de kolmogorov-Smirnov</b>	<b>DF</b>	<b>Statistic</b>	<b>Prob&gt;D</b>
<b>Gcontrol</b>	<b>27</b>	<b>0,14478</b>	<b>0,58778</b>
<b>Gexp</b>	<b>41</b>	<b>0,10377</b>	<b>0,77391</b>

Gcontrol: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

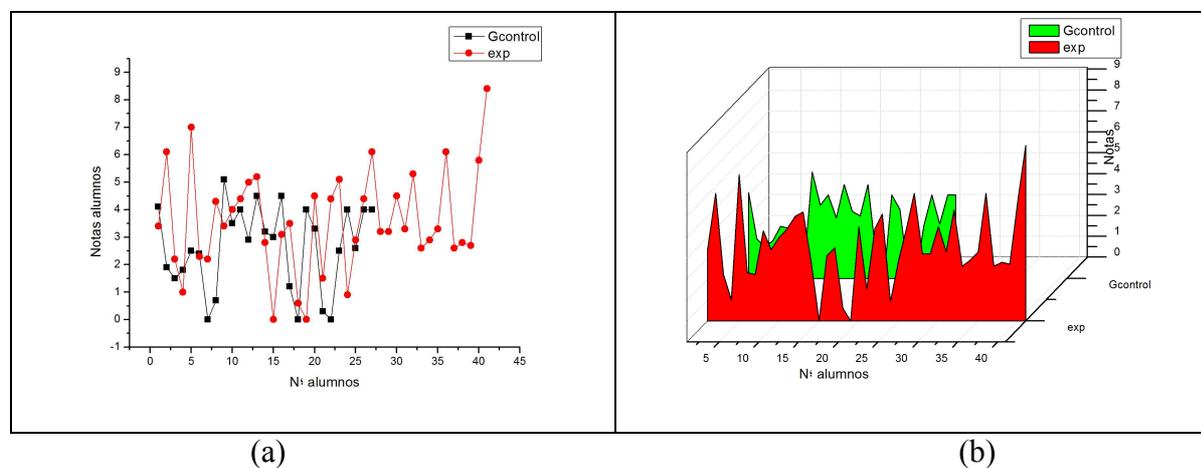
Gexp: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population

**Tabla 2.** Resultados correspondientes a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov Para los grupos de control y experimental.

Los resultados finales correspondientes a los grupos de control y experimental se muestran en las figuras 2 y 3 y en la Tabla 3.



**Figura2.** En la parte superior se muestra un gráfico de caja (boxplot). En la parte inferior se muestra una tabla con los datos correspondientes a los boxplot de los grupos de control y experimental.



**Figura 3.** (a) Gráfico de líneas con los resultados de la evaluación de los grupos de control y experimental (b) Idem en un gráfico 3D.

Estadística descriptiva	N	Mean	SD	SEM
Gcontrol	27	2,64815	1,53055	0,29456
Gexp	41	3,58537	1,85021	0,28895

**Tabla 3.** Estadística descriptiva donde aparecen las medias de los grupos de control y experimental.

Aunque los resultados de la evaluación mostrados en las Figuras 2 y 3 y la Tabla 3, muestran que son mejores para el grupo experimental, se debe realizar un análisis de inferencia estadístico para ver si dichas diferencias son estadísticamente relevantes.

El análisis estadístico test-t de dos muestras independientes permite probar si o no la media de dos muestras independientes de una distribución normal son iguales o difieren (significativamente de forma estadística) en un valor dado, además crea un intervalo de confianza para la diferencia de la media de las muestras

Las dos variables se suponen independientes y las varianzas entre ellas pueden ser iguales o diferentes.

Se calcula el estadístico t de prueba y se toma un p-valor para decidir si o no se rechaza la hipótesis nula.

Un pequeño valor de p (p-valor) que sea menor que un nivel de significación alfa (0,05) indica que se puede rechazar la hipótesis nula, en caso contrario se verifica la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

<b>t-Test Students</b>	<b>t Statistic</b>	<b>DF</b>	<b>Prob&gt; t </b>
<b>Equal Variance Assumed</b>	<b>-2,18412</b>	<b>66</b>	<b>0,03251</b>
<b>Equal Variance NOT Assumed</b>	<b>-2,27137</b>	<b>62,49834</b>	<b>0,02658</b>

Null Hypothesis: mean1-mean2 = 0

Alternative Hypothesis: mean1-mean2  $\neq$  0

At the 0.05 level, the difference of the population means is significantly different with the test difference(0)

**Tabla 4.** Se muestra los resultados de la prueba t-Test Students verificándose la hipótesis alternativa, esto es, se comprueba que la diferencia de las medias es estadísticamente significativa.

En la Tabla 5 aparece la potencia de dicha prueba, que mide la sensibilidad de la misma, esto es, la capacidad de la prueba para detectar diferencias.

<b>Actual Power</b>	<b>Alpha</b>	<b>Sample Size</b>	<b>Power</b>
	<b>0,05</b>	<b>68</b>	<b>0,57627</b>

**Tabla 5.** Se muestra la potencia correspondiente a la prueba t-Test Students.

Los resultados obtenidos con la prueba t-Test Students se han refrendado realizando también un análisis de varianza, llegando a las mismas conclusiones. En la Tabla 6 se muestran los resultados.

<b>Test de Fisher</b>	<b>MeanDiff</b>	<b>SEM</b>	<b>t Value</b>	<b>Prob</b>	<b>Alpha</b>	<b>Sig</b>	<b>LCL</b>	<b>UCL</b>
<b>Level2 Level1</b>	<b>0,93722</b>	<b>0,42911</b>	<b>2,18412</b>	<b>0,03251</b>	<b>0,05</b>	<b>1</b>	<b>0,08048</b>	<b>1,79395</b>

El Sig igual a 1 implica que la diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05

El Sig igual a 0 implica que la diferencia de medias no es significativa en el nivel 0,05

**Tabla 6.** Se muestra el resultado correspondiente a la prueba Test de Fisher.

En la asignatura A3 se muestra que los resultados obtenidos en relación a la adquisición de la competencia de pensamiento crítico son significativamente mejores para el grupo experimental que ha seguido el plan de trabajo planteado en el proyecto. Esta misma conclusión se ha obtenido para la asignatura A1, sin embargo en la A2 y otras asignaturas implicadas, aunque los resultados han sido ligeramente superiores para los grupos experimentales, sin embargo no han sido estadísticamente diferentes como para validar estadísticamente el plan de trabajo planteado en el proyecto.

Durante el próximo curso tenemos previsto continuar con el proyecto de modo que con la experiencia acumulada podamos mejorar los resultados.

## 9. Bibliografía

- [1] Govind P. Agrawal. "LIGHT WAVE TECHNOLOGY Telecommunication Systems". JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. 2005. ISBN-13 978-0-471-21572-1
- [2] Gerd Keiser. "Optical Fiber Communications". Second Edition. Singapore. MC Graw Hill. 1991. ISBN. 0-07-100785-7.
- [3] José Capmany, F. Javier Fraile Peláez, Javier Martí. "Dispositivos de Comunicaciones Ópticas". Ed. Síntesis, 1999. ISBN. 84-7738-634-X.
- [4] Jasprit Singh. "Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures". Cambridge University Press 2003
- [5] Attia, John Okyere. "Electronics and Circuit Analysis using MATLAB". CRC Press. 1999. ISBN 0-8493-1176-4.
- [6] Ramasamy Natarajan. "Computer-Aided Power System Analysis". MARCEL DEKKER, INC. 2002. ISBN: 0-8247-0699-4
- [7] Robert Boylestad, Louis Nashelsky. *Electrónica. Teoría de Circuitos*. Editorial Prentice–Hall Hispanoamericana, S.A. ISBN: 968-880-347-2.
- [8] C. Angulo, A. Muñoz, J. Pareja. *Prácticas de Electrónica. 1. Semiconductores básicos: diodo y transistor*. Editorial McGraw Hill Interamericana de España S.A. ISBN: 84-7615-345-7.
- [9] B. Ogayar y A. López. *Teoría de Circuitos con OrCAD Pspice*. Ed. Ra-Ma. ISBN: 84-7897-414-8.
- [10] E. Hennig. *Symbolic approximation and modelling techniques for analysis and design of analog circuits*. 2000. Ed. Shaker Verlag.
- [11] W. Gander; J. Hřebíček. "Solving Problems in Scientific Computing using Maple and Matlab". Third Edition. Springer Verlag. 1997.
- [12] Jamal T. Manassah. "Elementary mathematical and computational tools for electrical and computer engineers using MATLAB". CRC Press. 2001. ISBN 0-8493-1080-6
- [13] J. H. Mathews; K. D. Fink. "Métodos Numéricos con Matlab". Tercera Edición. Prentice Hall. 2000.
- [14] Stephen Wolfram. *The Matematica Book*. Third Edition. Ed. Cambridge University Press.
- [15] Enrique Castillo y otros. *Mathematica*. Ed. Paraninfo
- [16] E. M. Bures, P. C. Abrami, and C. Amundsen, "Student motivation to learn via computer conferencing," *Res. High. Educ.*, vol. 41, no. 5, pp. 593–621, Oct. 2000.
- [17] G. Piccoli, R. Ahmad, and B. Ives, "Web-based virtual learning environments: A research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic it skills training," *MIS Quart.*, vol. 25, no. 4, pp. 401–426, Dec. 2001.
- [18] T. L. Donohue and E. H. Wong, "Achievement motivation and college satisfaction in traditional and nontraditional students," *Educ.*, vol. 118, no. 2, pp. 237–244, Dec. 1997.

## Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

En Córdoba a 3 de Septiembre de 2010

**ANEXO I.** En las figuras se muestran algunos resultados obtenidos en las modelación-simulación de algunos de los componentes de un sistema de comunicación de fibra óptica.

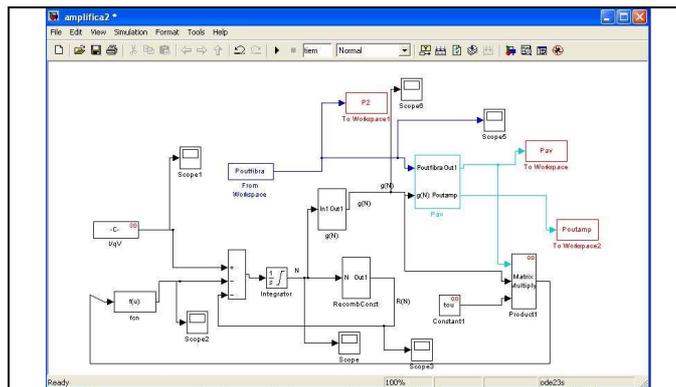


Figura 1. Modelado en Simulink de un amplificador óptico.

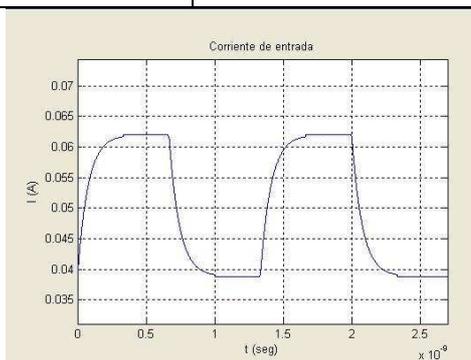


Figura 2. Simulación en Matlab de la corriente de entrada portadora de la información en Lafuente láser de un sistema de comunicación óptico.

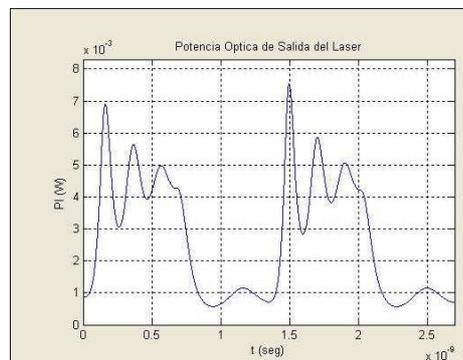


Figura 3. Simulación en Matlab de la potencia óptica a la salida del láser semiconductor.

**ANEXO II.** Uno de los cuestionarios que se les pasaron a los alumnos de los grupos experimentales para determinar su grado de satisfacción-motivación con el proyecto.

**CUESTIONARIO PENSAMIENTO CRÍTICO**

MD—Muy en desacuerdo; D—En desacuerdo; I/I—No estoy seguro/No estoy decidido; A—De acuerdo; MA—Muy de acuerdo

- A partir de ahora intentaré comprender y resolver los problemas basándome en razones y en la evidencia
 

MD	D	I/I	A	MA
- A partir de ahora intentaré tener en cuenta las razones y la evidencia aunque vayan en contra de mis opiniones personales y creencias.
 

MD	D	I/I	A	MA
- A partir de ahora intentaré ser tolerante con las ideas y opiniones de los demás, especialmente cuando sean diferentes de mis opiniones e ideas.
 

MD	D	I/I	A	MA

4. A partir de ahora intentaré tener en cuenta los posibles resultados y consecuencias de situaciones, elecciones, objetivos o planes y los tendré en cuenta cuando tome decisiones.				
MD	D	I/I	A	MA
5. A partir de ahora intentaré resolver los problemas de forma más ordenada y organizada				
MD	D	I/I	A	MA
6. Ahora tengo más confianza en que puedo utilizar la razón y el pensamiento crítico para resolver problemas y lograr mis objetivos.				
MD	D	I/I	A	MA
7. Ahora soy más curioso y estoy más motivado para aprender nuevas cosas.				
MD	D	I/I	A	MA
8. A partir de ahora dejaré de ver los problemas y las situaciones conflictivas como blanco o negro, correcto o erróneo, verdad o mentira.				
MD	D	I/I	A	MA
9. Ahora comprendo mejor la necesidad de afianzarme en mis juicios cuando hay razones para hacerlo así, y cambiarlo cuando hay razones y evidencia de que estoy equivocado.				
MD	D	I/I	A	MA
10. Ahora comprendo mejor la idea de que a veces hay que tomar decisiones o realizar juicios incluso en ausencia de un conocimiento completo o cuando no existe una respuesta correcta o errónea clara.				
MD	D	I/I	A	MA
11. Ahora soy capaz de comprender cómo algunas personas extraen inferencias o conclusiones verdaderas o falsas de una determinada información o datos.				
MD	D	I/I	A	MA
12. No soy capaz de extraer las suposiciones ocultas que han sido realizadas en una determinada oración.				
MD	D	I/I	A	MA

13. No soy capaz de ponderar la evidencia y decidir si las generalizaciones o conclusiones basadas en un conjunto determinado de datos están justificadas.				
MD	D	I/I	A	MA
14. Ahora soy capaz de distinguir entre argumentos relevantes e irrelevantes sobre una cuestión determinada.				
MD	D	I/I	A	MA
15. Ahora soy capaz de valorar críticamente escritos académicos (libros, revistas, informes, etc).				
MD	D	I/I	A	MA
16. Ahora soy más consciente de que es necesario elaborar buenos argumentos.				
MD	D	I/I	A	MA
17. Ahora soy más consciente de que es necesario seguir, evaluar y ajustar mis propios procesos de pensamiento.				
MD	D	I/I	A	MA
18. Soy capaz de aplicar mis competencias en pensamiento crítico a la resolución de las actividades que me plantean en las diversas asignaturas (problemas, cuestiones, trabajos, etc).				
MD	D	I/I	A	MA
19. Describa por qué sus competencias en pensamiento crítico no han mejorado.				
20. ¿Qué competencias de pensamiento crítico son las que cree haber aprendido o logrado mejor en el desarrollo de esta experiencia?.				
21. ¿Cómo cree que podrían enseñarse mejor las competencias de pensamiento crítico en relación a las actividades planteadas en la experiencia? .				
22. ¿Desea realizar algunos otros comentarios en relación a la conveniencia de trabajar las competencias de pensamiento crítico en las actividades de enseñanza-aprendizaje planteadas en las asignaturas de su titulación?, ¿y en su vida cotidiana extracadémica?.				

**ANEXO III.** En la Tabla 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.

<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>Nº ALUMNOS AFECTADOS</b> Gcontrol/Gexp	<b>SISTEMAS FÍSICO-TECNOLÓGICOS A ESTUDIAR</b>	<b>DURACIÓN</b>	<b>ASIGNATURAS CON QUE SE COORDINA</b>
<i>I.T.en Informática de Sistemas y Gestión</i>	<i>Sistemas de Comunicación Ópticos (3º curso)</i>	9/10	<i>Algunos componentes de un sistema de comunicación por fibra óptica (lasers, amplificadores, detectores, etc.) así como el estudio de su comportamiento dinámico</i>	<i>Curso 2009/10</i>	<i>[1] -[2]-[3]-[10]-[11] (Estudio de los modelos de circuito equivalente)</i>
<i>I.T Industrial en Electrónica</i>	<i>Electrónica de potencia (3º curso)</i>	34/32	<i>Fuentes de alimentación conmutadas. Rectificadores, etc. (así como el estudio de su comportamiento dinámico)</i>	<i>Curso 2009/10</i>	<i>[4] -[5]-[6]- [7] - [8]-[9]-[10]-[11]</i>
<i>I.T Industrial en Electrónica</i>	<i>Electrónica básica</i>	27/41	<i>Circuitos eléctricos y electrónicos básicos</i>	<i>Curso 2009/10</i>	<i>[2]-[3]-[10]-[11]</i>

- [1] --Electrónica Básica (1º curso I.T.I Electrónica)*
- [2] --Electrónica Analógica (2º curso I.T.I Electrónica)*
- [3] -- Electrónica (1º curso I.T. Inf. de Sistemas)*
- [4] --Fuentes de Alimentación Electrónicas Avanzadas (2º curso I.A.E.I)*
- [5] --Aplicaciones Industriales de la Electrónica de Potencia ((2º curso I.A.E.I)*
- [6] --Instrumentación electrónica(2º curso I.T.I Electrónica)*
- [7] --Sistemas Electrónicos de Potencia (3º curso I.T.I Electricidad)*
- [8] --Regulación de convertidores electrónicos (3º curso I.T.I Electrónica)*
- [9] --Electrónica Industrial (1º curso I.A.E.I)*
- [10]—Fundamentos Físicos de la Ingeniería (1º curso I.T.I Electrónica)*
- [11]—Matemáticas I y II (1º curso I.T.I Electrónica)*

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