



VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA

## MEMORIA DE RESULTADOS

Código del proyecto: ID9/042

# Aplicación de nuevas metodologías a la docencia de la microelectrónica en el ámbito de las ingenierías.

Responsables:

*María Jesús Martín Martínez*

*Raúl Rengel Estévez*

Departamento de Física Aplicada  
Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca  
Plaza de la Merced S/N, 37008

7 de Mayo de 2010

**INFORME FINAL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

**TÍTULO:**

***Aplicación de nuevas metodologías a la docencia de la microelectrónica en el ámbito de las ingenierías.***

**REFERENCIA:** ID9/042

**PDI RESPONSABLE:**

MARIA JESUS MARTIN MARTINEZ  
RAÚL RENGEL ESTÉVEZ

**CENTRO:**

FACULTAD DE CIENCIAS Y ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA.

**MIEMBROS DEL EQUIPO:**

MARÍA JESÚS MARTÍN MARTÍNEZ  
RAÚL RENGEL ESTÉVEZ

**DURACIÓN:**

CURSO ACADÉMICO 2009/10

**SUBVENCIÓN CONCEDIDA:**

0 €

**1. Objetivos y consideraciones**

Mediante el presente Proyecto de Innovación Docente ID9/042 buscamos mejorar la docencia en Electrónica en nuestra Universidad, persiguiendo alcanzar progresivamente un modelo de enseñanza de esta materia adaptado a las características de los futuros grados (de inminente implantación), con mayor protagonismo del alumno tanto en la adquisición de conocimientos como en la toma de decisiones y establecimiento de relaciones directas entre los principios teóricos y las especificaciones de las aplicaciones prácticas. En particular, el ámbito de las Ingenierías tiene una naturaleza eminentemente práctico, lo cual facilita la adaptación a este tipo de enseñanzas, estando además fuertemente ligada con nuestra vida cotidiana y con las aplicaciones comerciales de la ciencia.

Inicialmente el proyecto comprendía las asignaturas optativas de las Titulaciones de Ingeniero en Informática (Microelectrónica) e Ingeniero de Materiales (Materiales Electrónicos), impartidas en la Facultad de Ciencias y en la Escuela Politécnica Superior de Zamora, respectivamente, por profesorado del área de Electrónica del Departamento de Física Aplicada. Sin embargo, en el caso de Ingeniería de Materiales, el escaso número de alumnos en dicha titulación tuvo como consecuencia que no hubiese alumnos matriculados durante el presente curso en la optativa de Materiales Electrónicos. Por eso, se decidió por parte de los profesores responsables desarrollar parte de las actividades en la asignatura de Comportamiento Electrónico de los Materiales, que aunque trate contenidos de carácter más teórico que la optativa inicialmente considerada se encuentra en todo caso directamente relacionada con el ámbito en el que pretendíamos desarrollar nuestro proyecto. Por ello, algunas actividades han debido ser adaptadas a esta nueva circunstancia, efectuándose de manera totalmente satisfactoria este proceso.

Nuestro propósito ha sido el innovar en la tarea docente y renovar los métodos de enseñanza de estas asignaturas, persiguiendo un modelo en el que prime la participación del estudiante para adquirir los conocimientos tal y como propone el EEES. En concreto nuestro objetivo principal ha sido principalmente dotar a los alumnos de las competencias que les permitan abordar proyectos multidisciplinares realistas, relacionados con diferentes componentes electrónicos, y no únicamente de conocimientos técnicos. En particular, estamos interesados en el manejo por parte del alumno de diferentes dispositivos optoelectrónicos, tales como diodos, transistores, LEDs, láseres semiconductores o células solares, todos ellos de gran interés hoy día para la industria fotovoltaica y de energías renovables en general, y en aplicaciones de uso cotidiano que suponen el campo de trabajo de la ingeniería. Para ello hemos realizado una serie de actividades en el aula y fuera de ella, que mejoren la adquisición de una serie de competencias como son:

- Conocer las nuevas tecnologías y mostrar interés por las TIC.
- Trabajo en equipo para la búsqueda y selección crítica de información.
- Valentía y seguridad para tomar decisiones acertadas.
- Capacidad para trabajar en grupo: expresarse, escuchar y razonar sobre lo tratado.
- Búsqueda y selección de componentes atendiendo a criterios técnicos y comerciales.
- Capacidad de entender la documentación en inglés.
- Capacidad para la abstracción a partir de casos particulares.
- Elaboración de documentación e informes.
- Conocimiento de los procesos de fabricación de dispositivos y de su influencia sobre el rendimiento y especificaciones de algunos tipos de dispositivos electrónicos.

En la Memoria de Solicitud planteábamos los siguientes objetivos

1. En primer lugar, desde el punto de vista temporal abordábamos una planificación global de la acción formativa y a la elaboración del nuevo material docente necesario. Esta línea de trabajo ha englobado los siguientes puntos: Análisis de los programas de las asignaturas implicadas. Reordenación de los contenidos y reparto de los mismos en función del presente Proyecto de Innovación Docente. Prueba de los foros de la herramienta Moodle para efectuar ejercicios, auto-evaluaciones y encuestas. Montaje de las nuevas prácticas para comprobar su idoneidad y preparación de enunciados y cuestiones para evaluar a los alumnos. Contacto con la empresa para la realización de la visita, y por último, definición de los mecanismos de evaluación.

2. En segundo lugar, durante el primer cuatrimestre se han llevado a cabo las actividades indicadas a continuación:

- La exposición y debate en el aula de ejercicios resueltos por los estudiantes.
- La puesta en marcha de las nuevas prácticas.
- La realización de la búsqueda guiada en Internet mediante trabajo colaborativo.
- Discusiones sobre artículos o temas de actualidad, y realización de seminarios.
- La visita guiada a la empresa.

## **2. Desarrollo del proyecto y resultados**

El desarrollo del proyecto ha tenido lugar principalmente durante el primer cuatrimestre del presente curso. En el momento de redactar esta memoria (mayo de 2010), disponemos de los resultados correspondientes a la convocatoria ordinaria de Febrero. En todo caso, por los motivos que enunciaremos más adelante, no creemos que los resultados de la convocatoria extraordinaria de Septiembre supongan un gran cambio frente a lo que presentamos en la Memoria.

Una vez realizado el diseño y la planificación global de la asignatura de Microelectrónica de Ing. en Informática y Comportamiento Electrónico de los Materiales en Ing. de Materiales, se ha incluido material relacionado con el proyecto de Innovación Docente en la plataforma de eLearning Studium (basada en Moodle) de la Universidad de Salamanca. Esta plataforma ha sido de gran utilidad para dar soporte y gestionar los diferentes tipos de

actividades y para potenciar la relación de los alumnos entre sí y con el profesorado (ver Figuras 1 y 2).

**MicroElectronica**

Participantes | Blogs | Notas

Micro\_Elec | Mostrar usuarios que han estado inactivos durante más de | Seleccionar período | Lista de usuarios

Rol actual: Todos

**Todos los participantes: 14**

Nombre : Todos ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
Apellido : Todos ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Imagen del usuario	Nombre / Apellido	Ciudad	País	Último acceso ↑	Seleccionar
	MARÍA JESÚS MARTÍN MARTÍNEZ	Salamanca	España	1 minutos 1 segundos	<input type="checkbox"/>
	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ	Salamanca	España	2 días 15 horas	<input type="checkbox"/>
	ROBERTO RUBIO MARCOS	Aranda de Duero	España	64 días 5 horas	<input type="checkbox"/>
	ALVARO HERNANDEZ OJEDA	Santa Marta	España	65 días 5 horas	<input type="checkbox"/>
	MARÍA ÁNGELES CHICA SIGLER	Salamanca	España	67 días 19 horas	<input type="checkbox"/>
	SERGIO GUTIERREZ MOZAS	Salamanca	España	68 días	<input type="checkbox"/>
	RUBEN DE MIGUEL ESTEBAN			75 días 1 hora	<input type="checkbox"/>
	ALVARO RETORTILLO ARECES	Salamanca	España	82 días 18 horas	<input type="checkbox"/>
	LUISA DE CARLOS DE MIGUEL	Laredo	España	93 días 21 horas	<input type="checkbox"/>
	JOSÉ ANGEL PLAZA AGUDO	Salamanca	España	98 días 16 horas	<input type="checkbox"/>
	ALBERTO BONAL CARVALHO	Salamanca	España	107 días 18 horas	<input type="checkbox"/>
	LAURA CASARES GONZALEZ	Salamanca	España	131 días 18 horas	<input type="checkbox"/>
	MANUEL RÁMILA GÓMEZ	Burgos	España	149 días 20 horas	<input type="checkbox"/>
	ÁLVARO CASTAÑÓN RODRIGUEZ			202 días 23 horas	<input type="checkbox"/>

Figura 1. Listado de participantes de la asignatura de Microelectrónica

**Comportamiento Electrónico de los Materiales**

Participantes | Blogs | Notas

10900 | Mostrar usuarios que han estado inactivos durante más de | Seleccionar período | Lista de usu.

Rol actual: Todos

**Todos los participantes: 11**

Nombre : Todos ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
Apellido : Todos ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Imagen del usuario	Nombre / Apellido	Ciudad	País	Último acceso ↑	Seleccionar
	RAÚL RENGEL ESTÉVEZ	Salamanca	España	5 segundos	<input type="checkbox"/>
	JAVIER MEZQUITA RODRIGUEZ			52 días 22 horas	<input type="checkbox"/>
	JULEN MIGUEL CABALLERO VALDIZAN	BENAVENTE	España	53 días 14 horas	<input type="checkbox"/>
	SARA VIÉITEZ CALO			55 días 10 horas	<input type="checkbox"/>
	CARLOS COUSO FONTANILLO			55 días 12 horas	<input type="checkbox"/>
	REBECA ALLENDE GALLEGO			55 días 14 horas	<input type="checkbox"/>
	GEMA MARIA PEREZ GONZALEZ			55 días 19 horas	<input type="checkbox"/>
	ELENA RICO RODRÍGUEZ			68 días 13 horas	<input type="checkbox"/>
	ANTONIO GONZALEZ GONZALEZ			100 días 16 horas	<input type="checkbox"/>
	SEBASTIAN MUÑOZ GAMAZO			101 días 11 horas	<input type="checkbox"/>
	ÁNGEL BADAS MIGUEL			206 días 15 horas	<input type="checkbox"/>

Figura 2. Listado de participantes de la asignatura de Comportamiento Electrónico de los Materiales

A continuación vamos a entrar en una descripción más detallada de las tareas que introdujimos como novedad en el marco de este Proyecto de Innovación Docente. En la plataforma Moodle se han efectuado unas encuestas de satisfacción de los alumnos donde han valorado estas actividades, por lo que comentaremos también algunas de sus opiniones más representativas en cada uno de estos apartados.

## 2.1 Exposición y debate en el aula de ejercicios resueltos por los estudiantes

Esta actividad se ha realizado en la asignatura de Microelectrónica al final de la exposición de cada tema, y tras la resolución por parte del profesor de algunos ejemplos. Nuestra metodología ha consistido en indicar algunos problemas para resolver por parte de los alumnos fuera del aula. Hemos valorado el hecho de que sopesen las técnicas a utilizar para resolverlos y las ventajas o inconvenientes de cada una.

El número de ejercicios propuestos a lo largo del cuatrimestre ha permitido que todos los alumnos hayan resuelto como mínimo dos ejercicios en clase. Hemos preferido no sobrecargar a los alumnos para que no tengan tarea todas las semanas. También les hemos dado flexibilidad de presentación para que seleccionaran el tipo de ejercicios que deseaban resolver.

De este modo nos hemos encontrado con dos tipos de alumnos fundamentalmente, los que realizan los ejercicios habitualmente y muestran interés en salir a resolver los mismos prácticamente en cualquier momento y por otra parte (aunque en un porcentaje inferior pero no despreciable) otros alumnos que se han mostrado remisos durante todo el curso a salir a resolver los problemas (o bien por que han faltado a clase, o bien porque no han llevado la asignatura al día).

Por ello, también ha sido valorada expresamente la participación activa de todos los alumnos en la resolución de los problemas por parte de sus compañeros (realización de preguntas o planteamiento de otras posibles soluciones, etc).

Con respecto a esta actividad, es importante constatar como los alumnos en su gran mayoría (75 %) han pensado que es positiva para comprender la asignatura, y han encontrado el nivel de los problemas planteados acorde al temario y al de los resueltos por el profesor.

## 2.2. Búsqueda guiada, trabajo en equipo y foro de discusión

En el caso de la asignatura de Microelectrónica, con esta experiencia nos planteábamos el objetivo de que los alumnos conozcan los principales fabricantes existentes en el mercado y el “estado del arte” de la tecnología de circuitos integrados y de microprocesadores, al tiempo que dominen los principales parámetros de los diferentes procesos de fabricación que se utilizan (epitaxia, implantación, oxidación, etc.).

- En primer lugar se les ha dado un plazo para buscar información en la web (fuera del aula) para identificar los principales fabricantes de dispositivos electrónicos. Se ha dividido a los alumnos en cuatro grupos diferentes. Cada grupo se ha reunido para establecer la estrategia general de búsqueda de información.
- Posteriormente, han expuesto al profesor las empresas encontradas, y se han seleccionado varios fabricantes importantes sobre los que se trabajará posteriormente. Las empresas seleccionadas fueron las siguientes: NEC electronic, MicroSemi, Fairchild y Toshiba.
- La principal dificultad encontrada por parte de los estudiantes en este primer paso es que la mayoría de las empresas distribuidoras que existen en la web no son en verdaderamente fabricantes y les ha resultado complicado discernir qué empresas realmente fabrican dispositivos. También les ha resultado un handicap el hecho de que muchas páginas estén en inglés.
- El siguiente paso fue abrir 4 foros en la página de Studium de la asignatura, uno para cada fabricante (asumimos 3 o 4 alumnos por grupo). Todos los alumnos han tenido

acceso a leer los diferentes foros. Cada grupo ha introducido en el foro tanto información técnica sobre los diferentes procesos de fabricación de cada fabricante, como detalles sobre la propia empresa: estructura, productos comercializados, etc. (véase Figura 3 (a a la f)).

- Para evitar pérdida de interés los foros han estado abiertos durante dos semanas (inicialmente del 22 de Octubre al 5 de Noviembre), quedando posteriormente como de sólo lectura.
- Como puede observarse en las Figuras 3.c y 3.d, y debido a que dos de los grupos mostraron muy poco interés en esta actividad, tanto en la elección de la empresa como en la búsqueda de información en su página web, fue necesario realizar una segunda apertura de los foros durante el mes de diciembre para que realizaran sus aportaciones.

Por ello, en resumen esta actividad podemos considerarla enormemente satisfactoria con un primer grupo de alumnos, mientras que otros han mostrado siempre muy poca iniciativa e interés.

En cuanto a la opinión de los alumnos, acerca de esta actividad, tenemos gran variedad de opiniones, desde alumnos que no le han encontrado sentido, hasta alumnos que les han gustado mucho el contacto con empresas. Algunos han resaltado la dificultad de localizar empresas que presentaran métodos de fabricación. Pero precisamente en eso radicaba el interés de esta actividad, en buscar y procesar información evitando el simple proceso de copiar y pegar.

Tema	Comenzado por	Respuestas	Último mensaje
NEC: Productos	MANUEL RÁMILA GÓMEZ	0	MANUEL RÁMILA GÓMEZ jue, 29 de oct de 2009, 23:06
Dátos economicos	JOSÉ ANGEL PLAZA AGUDO	0	JOSÉ ANGEL PLAZA AGUDO jue, 29 de oct de 2009, 22:12
Proceso de fabricación de circuitos integrados	JOSÉ ANGEL PLAZA AGUDO	0	JOSÉ ANGEL PLAZA AGUDO jue, 29 de oct de 2009, 15:43
Perfil económico y de negocio de la empresa	JOSÉ ANGEL PLAZA AGUDO	0	JOSÉ ANGEL PLAZA AGUDO jue, 29 de oct de 2009, 15:29
Historia de NEC	ALVARO RETORTILLO ARECES	0	ALVARO RETORTILLO ARECES mar, 27 de oct de 2009, 23:05

Figura 3.a. Entradas del Foro de Tecnología de NEC Electronic, asignatura de Microelectrónica

Tema	Comenzado por	Respuestas	Último mensaje
Liderazgo y visión general del mercado y premios de la compañía	ALVARO HERNANDEZ OJEDA	0	ALVARO HERNANDEZ OJEDA jue, 29 de oct de 2009, 19:59
Noticia de 2006	ALVARO HERNANDEZ OJEDA	0	ALVARO HERNANDEZ OJEDA jue, 29 de oct de 2009, 19:53
Evolución de las acciones en nasdaq en los ultimos 5 años	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ	0	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ jue, 29 de oct de 2009, 19:50
La politica ambiental corporativa	ALVARO HERNANDEZ OJEDA	0	ALVARO HERNANDEZ OJEDA jue, 29 de oct de 2009, 19:43
Informe de cuentas de 2008	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ	0	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ jue, 29 de oct de 2009, 19:43
Perfil Corporativo	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ	0	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ jue, 29 de oct de 2009, 19:37
Codigo Ético de la empresa	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ	0	DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ jue, 29 de oct de 2009, 19:33
Perfil de la compañía (Inglés)	ALVARO HERNANDEZ OJEDA	0	ALVARO HERNANDEZ OJEDA jue, 29 de oct de 2009, 00:30

Figura 3.b. Entradas del Foro de Tecnología de MicroSemi, asignatura de Microelectrónica

studium» Micro\_Elec» Foros» Foro de Tecnología : Fairchild Actualizar Foro

Este foro permite que cualquiera elija suscribirse o no  
 Suscribir a todos  
 Mostrar/editar suscriptores actuales  
 Darse de baja mi correo de este foro

Fabricación y tecnología de Circuitos Integrados

Colocar un nuevo tema de discusión aquí

Tema	Comenzado por	Respuestas	Último mensaje
Informe Económico de los primeros trimestres del 2009	ROBERTO RUBIO MARCOS	0	ROBERTO RUBIO MARCOS mié, 16 de dic de 2009, 18:11
FairChild en twitter	ROBERTO RUBIO MARCOS	0	ROBERTO RUBIO MARCOS mar, 15 de dic de 2009, 14:13
Premios de la compañía y premios de sus productos	SERGIO GUTIERREZ MOZAS	0	SERGIO GUTIERREZ MOZAS dom, 13 de dic de 2009, 14:08
Datos economicos de Fairchild	SERGIO GUTIERREZ MOZAS	0	SERGIO GUTIERREZ MOZAS sáb, 12 de dic de 2009, 22:37
Asistencia a los diseñadores de productos electronicos	SERGIO GUTIERREZ MOZAS	0	SERGIO GUTIERREZ MOZAS sáb, 12 de dic de 2009, 22:26
Muestras gratuitas	SERGIO GUTIERREZ MOZAS	0	SERGIO GUTIERREZ MOZAS sáb, 12 de dic de 2009, 22:14
Componentes electronicos fabricados por fairchild	SERGIO GUTIERREZ MOZAS	0	SERGIO GUTIERREZ MOZAS sáb, 12 de dic de 2009, 22:13
Proceso de Fabricación	ROBERTO RUBIO MARCOS	0	ROBERTO RUBIO MARCOS sáb, 12 de dic de 2009, 21:15
Historia de FairChild	ROBERTO RUBIO MARCOS	1	SERGIO GUTIERREZ MOZAS jue, 29 de oct de 2009, 22:20

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA moodle

Figura 3.c. Entradas del Foro de Tecnología de MicroSemi, asignatura de Microelectrónica

studium» Micro\_Elec» Foros» Foro de Tecnología : Toshiba Actualizar Foro

Este foro permite que cualquiera elija suscribirse o no  
 Suscribir a todos  
 Mostrar/editar suscriptores actuales  
 Darse de baja mi correo de este foro

Tecnología y fabricación de CIs

Colocar un nuevo tema de discusión aquí

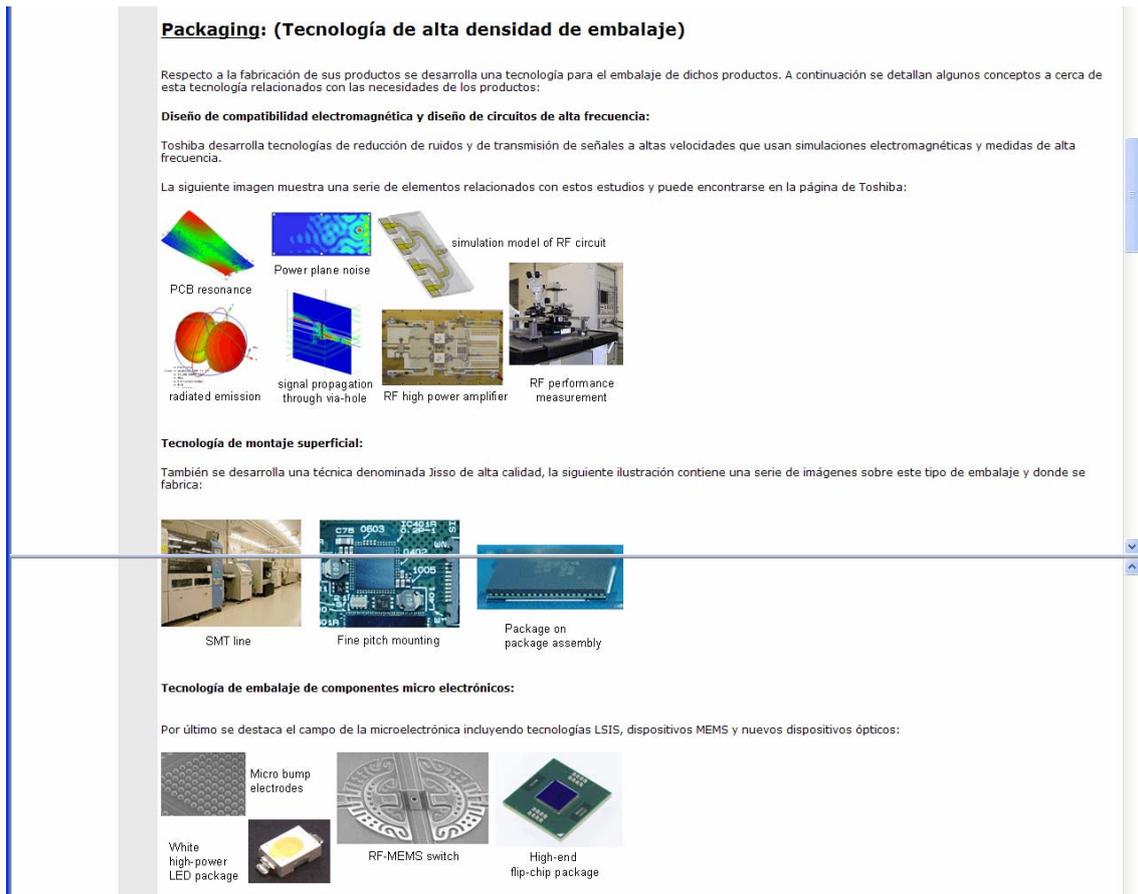
Tema	Comenzado por	Respuestas	Último mensaje
Fabricación de semiconductores	LAURA CASARES GONZALEZ	5	LUISA DE CARLOS DE MIGUEL mié, 16 de dic de 2009, 00:23
Museo de la ciencia	LAURA CASARES GONZALEZ	0	LAURA CASARES GONZALEZ dom, 13 de dic de 2009, 21:18
Productos Toshiba	MARÍA ÁNGELES CHICA SIGLER	0	MARÍA ÁNGELES CHICA SIGLER dom, 13 de dic de 2009, 17:57
Datos económicos	LUISA DE CARLOS DE MIGUEL	0	LUISA DE CARLOS DE MIGUEL dom, 13 de dic de 2009, 17:26
Historia de Toshiba	LAURA CASARES GONZALEZ	1	LAURA CASARES GONZALEZ dom, 13 de dic de 2009, 16:33

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Figura 3.d. Entradas del Foro de Tecnología de Toshiba, asignatura de Microelectrónica



Figura 3.e. Ejemplo de documentación aportada en el Foro de Tecnología de Toshiba



**Figura 3.f.** Ejemplo de aportación del Foro de Tecnología de Toshiba, asignatura de Microelectrónica

En el caso de la asignatura de Comportamiento Electrónico de los Materiales, dado el menor número de alumnos participantes se optó por un tipo distinto de actividad on-line colaborativa, realizándose una wiki sobre diversos conceptos y temas relacionados con la asignatura. Con esta actividad pretendíamos reforzar la adquisición de competencias encaminadas al desarrollo de habilidades de búsqueda activa y selección de información, capacidad de síntesis y exposición y organización de contenidos. En este sentido, la wiki se convierte en una herramienta muy adecuada, pues el trabajo individual de cada alumno puede ser fácilmente evaluado y además contribuye a la generación de información útil para el resto de compañeros a la hora de abordar el estudio de la asignatura.

La metodología de trabajo en la wiki se desarrolló de la siguiente manera:

- Al finalizar la explicación del contenido teórico de cada tema, se proponía a los alumnos una serie de conceptos que debían desarrollar en la wiki de la página de la asignatura en Studium.
- Los alumnos disponían de una semana para elaborar un primer borrador del artículo
- Transcurrido ese plazo, el profesor entregaba un informe individualizado a cada alumno con las posibles correcciones a realizar en el artículo de la wiki, discutiendo en clase los puntos fuertes y débiles de cada uno. Ello permitía poner en común en clase las dificultades encontradas, tanto en cuanto a la búsqueda de información como en la redacción del artículo o los problemas técnicos respecto a la herramienta informática de la wiki.
- Se daba otra semana de plazo a los alumnos para elaborar la versión final de su artículo, transcurrida la cual no era posible hacer más modificaciones.

Buscar Wiki:  - Elegir Enlaces Wiki -  - Administración -

Wiki de Comportamiento Electrónico de los Materiales Curso 09-10

Ver Edición Enlaces Historia

[Volver a casa](#)

**Wiki de la asignatura**

En la wiki de este curso vamos a desarrollar algunos términos relacionados con los distintos temas de la asignatura. Cada artículo deberá tener el siguiente formato:

- Una definición concisa del concepto sobre el que trata
- Desarrollo del concepto incluyendo, si fuera pertinente, una breve reseña sobre sus orígenes históricos y el contexto en el que surgió
- Aplicaciones, consecuencias y/o implicaciones de dichos conceptos

La extensión total del artículo no debería ser en ningún caso superior al equivalente a una cara de un folio. Puede incluirse alguna figura si se considera pertinente. Se examinará con detalle que el artículo desarrollado no sea copia directa de material ya disponible en la red. Os recuerdo que la realización de artículos en la wiki es puntuable para la nota final, contando hasta un 25% de la misma.

Si en el desarrollo del artículo se quieren enlazar algún otro artículo de la wiki, deberá ponerse el término correspondiente entre corchetes. Más ayuda en [Cómo escribir una wiki](#)

**Índice de términos**

**Tema 1** (El plazo para poner la versión definitiva de los artículos **terminó el 14 de Octubre a las 14:00h**)

Cuerpo negro  
Efecto fotoeléctrico  
Espectro electromagnético  
Fotón  
Modelo de Bohr  
Función de Onda

**Tema 2** (el plazo para poner la versión definitiva de los artículos **terminó el 28 de Octubre a las 14:00h**)

Red de Bravais  
Red recíproca  
Orbital  
Spin  
Principio de exclusión de Pauli  
Semiconductor  
Aproximación semiclásica  
Masa efectiva  
Banda de conducción  
Hueco

**Tema 3** (el plazo para poner la versión definitiva **terminó el martes día 24 de Noviembre a las 14:00 horas**)

NOTA: En algunos casos no es posible dar una definición concreta del concepto a desarrollar

Dopantes del Silicio  
Clasificación de semiconductores según el gap (directo/indirecto)  
Dependencia de la concentración con la temperatura  
Concentración intrínseca de portadores  
Ley de acción de masas  
Estadística de Fermi-Dirac  
Nivel de Fermi  
Densidad equivalente de estados

**Tema 4** (el plazo para poner la versión definitiva **terminó el lunes día 11 de Enero a las 14:00 horas**)

Arrastre de portadores  
Conductividad  
Movilidad  
Coeficiente de Difusión  
Efecto Hall  
Generación-Recombinación

**Figura 4.** Wiki de la asignatura de Comportamiento Electrónico de Materiales.

De esta actividad podemos extraer algunas conclusiones interesantes desde el punto de vista docente. En primer lugar, es necesario decir que la valoración que han efectuado estos alumnos de esta actividad ha sido muy positiva. Consultados sobre si la realización de la wiki les sirvió para comprender mejor la asignatura, la valoración fue de 4.8 puntos sobre 5. Además, este tipo de actividad ha sido muy valorada en comparación con la más tradicional realización de trabajos monográficos, con 4.8 puntos sobre 5.

Por otra parte, en la realización de esta actividad debemos señalar algunos aspectos relacionados con el desarrollo de la misma. En las primeras contribuciones, se detectó que parte de los alumnos se limitaron a copiar información obtenida en la web. La detección de estas circunstancias fue muy sencilla, y se insistió a los alumnos en que el principal criterio de valoración de la actividad no era completar la tarea sino demostrar que se sabía buscar y procesar la información encontrada. Tras estas correcciones iniciales, la actividad se desarrolló de manera totalmente satisfactoria, siguiendo los alumnos los criterios especificados.

También se encontraron algunas dificultades en el uso de la herramienta Studium. El módulo para elaboración de wikis presenta limitaciones en cuanto a los tipos de formato de imagen que se pueden emplear y en la utilización de fórmulas matemáticas. Estos problemas fueron solventados de manera razonable por los alumnos, por lo que la actividad se desarrolló sin mayores problemas técnicos.

[Volver a carga](#)

### Banda de conducción

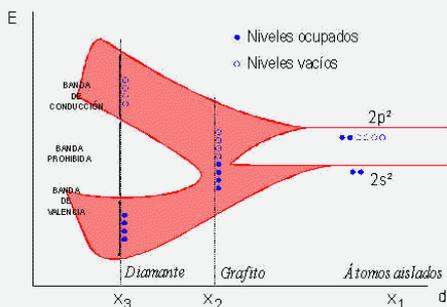
#### BANDA DE CONDUCCIÓN (Sara Viéitez Caló)

La banda de conducción es el nivel energético, que corresponde a la última órbita del átomo, donde la atracción del núcleo sobre los electrones es más débil. El hecho de que estos electrones se encuentren más desligados del núcleo permite que, en cierto modo, estén compartidos por todos los átomos del sólido y puedan moverse fácilmente formando una nube electrónica y permitiendo la conducción de la corriente eléctrica.

Para entender mejor la definición, se explica el concepto de banda de energía.

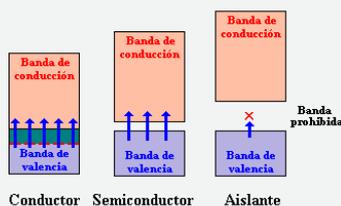
En un átomo, los electrones se encuentran girando en torno al núcleo en diferentes órbitas formando una nube electrónica. Sin embargo, es sólo la última capa u órbita, la que determina el número de valencia y las propiedades de conducción.

Estos niveles energéticos de los átomos aislados no coinciden con los de los mismos cuando forman un cristal, para explicarlo surge la teoría de bandas, que se basa en la mecánica cuántica y procede de la teoría de orbitales moleculares (TOM).



Cuando los átomos se unen para formar un sólido, se agrupan ordenadamente formando una red cristalina. La proximidad entre éstos hace que interactúen las funciones de onda y se produzca el desdoblamiento de los niveles energéticos. Así, el solapamiento de un gran número de orbitales atómicos conduce a un conjunto de orbitales moleculares muy próximos en energía que forman unas zonas o bandas continuas en las que se colocan los electrones obedeciendo el principio de exclusión de Pauli, y que reciben el nombre de bandas de energía.

La diferencia de energía máxima y mínima en estas bandas es variable. Dependiendo de la distancia interatómica y del número de electrones, se forman distintos conjuntos de bandas que pueden estar llenas, vacías o servir de separación. Aparecen así, bandas de valencia, bandas de conducción y bandas prohibidas.

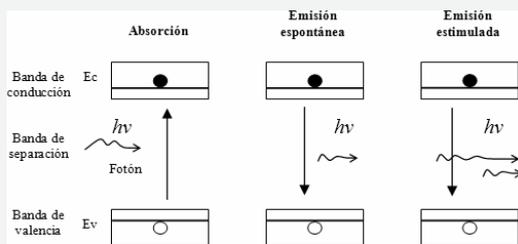


En función de esta estructura y de la separación entre las bandas un material puede ser conductor, aislante o semiconductor. Así, en un material conductor la banda de conducción y la de valencia se encuentran solapadas, sin embargo, en un semiconductor la energía del GAP (banda prohibida que se encuentra entre la banda de valencia y la de conducción) es del orden de 1 eV y en un aislante de 3 eV.

En consecuencia, para que un material sea buen conductor de la corriente eléctrica debe tener electrones en la banda de conducción. Cuando esta banda está vacía, el material se comporta como aislante.

Cuando se excita un átomo empleando corriente eléctrica, luz, calor... los electrones de su banda de valencia pueden absorber esta energía y saltar a la banda de conducción, dónde pueden desplazarse por el sólido.

Los electrones de esta banda de conducción pueden arrancarse fácilmente aplicando campos eléctricos externos.



Enlaces a esta página:  
[Wiki de la asignatura](#)

Figura 5. Ejemplo de artículo de la Wiki

### 2.3. Implementación y puesta en marcha de nuevas prácticas de laboratorio, basadas en un enfoque constructivo del aprendizaje

Hemos planteado una nueva metodología para llevar a cabo prácticas novedosas en la asignatura de Microelectrónica. Nuestro objetivo es que el alumno fuera lo más autosuficiente en el puesto de laboratorio.

- En primer lugar, se explicó a los alumnos el objetivo de la práctica.
- Antes de acudir al laboratorio, los alumnos llevaron a cabo la búsqueda, consulta y tratamiento de información (en particular de hojas de especificaciones proporcionadas por los fabricantes de diferentes dispositivos Optoelectrónicos) a través de diferentes páginas web. De este modo el alumno aprende por sí mismo la manera de interpretar las hojas de especificaciones proporcionadas por los fabricantes, con el fin de seleccionar adecuadamente un determinado componente. En el caso que nos ocupa además hemos trabajado con componentes de gran interés en la actualidad, lo que ha hecho más interesante para los estudiantes esta actividad.
- En la primera parte de la práctica han trabajado con una serie de diodos emisores de luz (LEDs) de diferentes longitudes de onda, debiendo medir los estudiantes (que ya deben tener experiencia en el laboratorio de Electrónica en anteriores asignaturas) las características I-V y parámetros clave tales como la tensión umbral. Han examinado los valores obtenidos y los han relacionado con el color de los diferentes LEDs, efectuando una valoración del tipo de material con el que pueden estar fabricados en función de la relación entre el GAP y la longitud de onda, comparando sus observaciones con lo indicado en la hoja de especificaciones.
- En la segunda parte de la práctica, tomando un LED y un fotodiodo, han construido un circuito emisor-receptor sencillo, observando la relación entre las señales de entrada y salida.
- Posteriormente han debatido las posibles utilidades de este tipo de circuitos y las han relacionado con otros sistemas parecidos empleados en la vida cotidiana. También se ha trabajado sobre cómo mejorar el comportamiento de los circuitos.
- Al finalizar la práctica los alumnos han presentado un informe de una hoja (por grupos reducidos, de 3 alumnos aprox.) sobre el trabajo realizado, centrándose en las conclusiones cualitativas y/o cuantitativas que puedan haber obtenido a partir de los datos observados y las especificaciones de los fabricantes para los diversos componentes utilizados.

Al final de la asignatura, en la encuesta de satisfacción de los alumnos, hemos realizado un seguimiento de la repercusión en los alumnos de este nuevo enfoque del trabajo en el laboratorio en comparación con el resto de prácticas realizadas de modo convencional. Debemos resaltar aquí que en su totalidad los alumnos han mostrado un gran interés por estas nuevas prácticas y la manera de realizarlas, de hecho ha sido uno de los apartados mejor valorados en la encuesta.

Por tanto en este apartado estamos plenamente satisfechos, salvo el hecho de que la falta de financiación de este Proyecto de Innovación ha hecho que hayamos tenido que asumir el área de conocimiento el coste de todos estos nuevos componentes de las prácticas de dispositivos optoelectrónicos. Además, no se pudo realizar al completo la segunda práctica que estaba propuesta al no disponer de financiación para adquirir el hardware requerido (120 €), debiendo realizarse una demostración reducida con material adquirido personalmente por los propios profesores.

#### 2.4. Discusión y seminarios sobre artículos o temas de actualidad relacionados con los contenidos

El objetivo de esta tarea es ser capaces de efectuar, a la vista de los conocimientos adquiridos en clase, una valoración crítica de la información que suele aparecer en los medios de comunicación respecto a temas relacionados con las asignaturas.

Como ejemplo, hemos de comentar dos de los ejercicios que hemos realizado en la asignatura de Microelectrónica (Ing. Informática):

- El primero ha sido la discusión acerca de un tema de gran actualidad como es el consumo y ahorro energético y el con diferentes tipos de iluminación: bombilla incandescente, dispositivos LEDs, fluorescente y bombillas de bajo consumo. Los estudiantes han leído artículos, y han debatido en clase diferentes aspectos, prestaciones, características, ventajas y desventajas, relacionados con las últimas novedades tecnológicas de este tipo de componentes.
- En segundo lugar, han debatido con respecto a la preponderancia industrial de los

fabricantes de microordenadores como son Intel y AMD, que tipos de tecnologías y arquitecturas utilizan, las políticas de marketing de estas empresas, su evolución histórica, etc.

En general este punto ha sido muy satisfactorio, tanto por parte del profesor como corroborado en las opiniones expresadas en la encuesta de satisfacción de los alumnos.

En el caso de la asignatura de Comportamiento Electrónico de los Materiales de Ing. de Materiales, ha sido necesario realizar un tipo de actividad ligeramente diferente. Se ha realizado un seminario (incluyendo la elaboración de material sobre el mismo, puesto a disposición de los alumnos en Studium) sobre células solares y fabricación de dispositivos, con particular atención a aspectos actuales relacionados con la industria de las energías renovables. La realización de este seminario ha sido muy satisfactoria, pues los alumnos han mostrado un gran interés en este tema y han participado activamente en clase, siendo particularmente útil para el desarrollo posterior de la visita guiada a Pevafersa (Toro, Zamora).

## 2.5. Visita guiada a una empresa

Este tipo de tarea no se había realizado hasta la fecha en estas asignaturas. Una empresa que reunía los requisitos (de proximidad, que se que se adapte a los contenidos de la asignatura, y que pudiera ser objeto de este tipo de visitas con disponibilidad necesaria en las fechas adecuadas) es la empresa PEVAFERSA situada en Toro (Zamora), y líder en la Comunidad de Castilla y León en fabricación de células solares para aplicaciones fotovoltaicas.

Debido a la falta de financiación de este Proyecto de Innovación Docente, hemos debido posponer la realización de esta actividad una vez fueran resueltas las ayudas para realizar Prácticas de Campo de la Modalidad II. Estas ayudas fueron resueltas por el Vicerrectorado de Docencia y Convergencia Europea, el 20 de Enero de 2011 en las que se nos concedió financiación suficiente para realizar la ayuda. Sin embargo, y dada la fecha de concesión, ya se habían terminado las actividades y la evaluación de las asignaturas del primer cuatrimestre. La visita fue en consecuencia realizada por los alumnos de Ingeniería de Materiales de la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

La visita ha sido enormemente satisfactoria cumpliendo en gran medida todas las expectativas planteadas en el presente Proyecto de Innovación Docente. También ha despertado un gran interés en los alumnos acerca del ámbito de las energías renovables y en particular de la fotovoltaica, así como por los procesos de fabricación de dispositivos electrónicos encaminados a realizar células solares. Esperamos que esta actividad influya de manera decisiva a la hora de incrementar el número de alumnos matriculados en la asignatura optativa "Materiales Electrónicos" de segundo curso de esta titulación.

## 3. Evaluación

Finalmente, nos interesa resaltar que todas las actividades y tareas han sido valoradas de manera ponderada a la hora de evaluar a los alumnos, de modo que al final del curso hemos dispuesto de diferentes notas. Este planteamiento ha sido adecuadamente comentado a los alumnos desde el primer momento junto con la valoración relativa de cada una de las pruebas.

Esta valoración de las diferentes tareas ha tenido un doble objetivo (facilitar la labor de evaluación continua al profesor y también el incentivar la participación de los alumnos en las mismas).

Además, nos ha resultado particularmente interesante la valoración que los alumnos han hecho de la encuesta de satisfacción.

En el caso de la asignatura de Microelectrónica la encuesta ha contado con un total de 37 preguntas divididas en diferentes bloques, en los que se han tratado diferentes aspectos de la labor formativa:

- Un primero relacionado con los contenidos, organización semanal, horario, etc.
- El segundo bloque acerca del número de tareas, la estructuración del curso,

- adecuación de los problemas propuestos, prácticas, etc.
- Un tercer bloque en la que se evalúa la labor formativa del profesor
- Un cuarto bloque en el que se pregunta acerca de las nuevas actividades relacionadas con el Proyecto de Innovación Docente y cuyos resultados más interesantes han sido expuestos con anterioridad.

The screenshot shows the Moodle interface for 'STUDIUM CAMPVS VIRTUAL'. The breadcrumb trail is 'studium > Micro\_Elec > Encuestas configurables'. A table lists survey configurations with the following data:

Nombre	Resumen	Tipo
Encuesta de Satisfacción de los alumnos para la asignatura: Microelectrónica	<p>La presente encuesta tiene por objetivo conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes una vez finalizada la "Microelectrónica". Los resultados nos permitirán identificar aspectos susceptibles de mejora y trabajar en ello. Gracias por tu ayuda.</p> <p>La encuesta es totalmente anónima, por lo tanto, siéntanse libres de expresar su opinión abiertamente. Para responder, consideren la siguiente escala (1: totalmente en desacuerdo - 5: totalmente de acuerdo).</p>	private

At the bottom, the University of Salamanca logo is visible, and a footer message states: 'Usted se ha autenticado como MARÍA JESÚS MARTÍN MARTÍNEZ (Salir)'. The Moodle logo is also present in the bottom right corner.

En el caso de la asignatura de Comportamiento Electrónico de los Materiales, la encuesta constaba de 16 preguntas que englobaban diferentes aspectos del desarrollo de la asignatura, incluyendo varias relacionadas con las actividades planteadas en este proyecto (wiki de la asignatura, etc.)

## 5. Ejecución de Gastos

Para la realización del presente Proyecto de Innovación Docente únicamente hemos contado con material humano dado que no recibimos financiación.

Sin embargo, con cargo al departamento se ha realizado la compra del material de laboratorio necesario para implementar las nuevas prácticas. Para ello, se han adquirido diversos dispositivos optoelectrónicos: LEDs y optoacopladores. La convocatoria de Prácticas de Campo del Vicerrectorado de Docencia y Convergencia Europea permitió la realización de la visita a Pevafersa.