

# Diseño de actividades on-line aplicadas a la docencia de la microelectrónica

Maria Jesús Martín <sup>1</sup>, Raúl Rengel<sup>2</sup>, Beatriz García Vasallo<sup>2</sup>, Miguel Angel Rabanillo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ciencias. <sup>2</sup>Escuela Politécnica Superior de Zamora.

## **Resumen**

Hasta hace poco tiempo, la electrónica solía impartirse de forma muy similar en diferentes Universidades, independientemente del temario o del plan de estudios en el que esté englobada la asignatura: con una dedicación intensa a la transmisión de los fundamentos teóricos mediante clases magistrales y relativamente poca insistencia en la conexión de estos con las aplicaciones prácticas de los mismos.

En este trabajo se presenta un nuevo planteamiento para mejorar la calidad de la docencia de varias asignaturas de microelectrónica, puesta en práctica en los primeros cursos de Ingeniería en Informática e Ingeniería de Materiales de la Universidad de Salamanca. La metodología consiste en aplicar tendencias pedagógicas que centran el aprendizaje en el alumno y no en el profesor, dotando al alumno de un mayor protagonismo tanto en la adquisición de conocimientos como en la toma de decisiones. El objetivo fundamental perseguido es que el alumno desarrolle la capacidad de establecer relaciones directas entre los principios teóricos y las especificaciones de las aplicaciones prácticas y del producto real final, es decir, los dispositivos electrónicos comerciales, y que desarrolle dicha habilidad en colaboración con sus compañeros. Para ello se aplican novedosas estrategias docentes *on-line* colaborativas que permiten adaptar los contenidos a la rápida evolución de la tecnología relacionada con la electrónica.

## **Palabras clave**

Estrategias de aprendizaje, electrónica, metodología constructivista, actividades *on-line* colaborativas, foros, *wiki*.

## **Abstract**

Until recently, electronics was similarly taught at various Universities, regardless of programme or curriculum that is encompassed in the subject: with an intense dedication to the transmission of the theoretical master classes and relatively little insistence on the connection of those with practical applications thereof.

This paper presents a new approach to improve the quality in microelectronics education, implemented in the first courses in Computer Engineering and Materials Engineering, University of Salamanca. The methodology consists of applying pedagogical trends that focus on student learning, rather than on the teacher, giving the student a more important role in the acquisition of knowledge and also in making decisions. The main objective is that for the student to develop the ability to establish direct relations between the theoretical principles and practical application specifications or the actual final product, i.e. commercial electronic devices, and to develop that skill in collaboration with their peers. These innovative teaching strategies are applied *on-line* in a collaborative way that let you tailor the content to the rapid evolution of technology related to electronics.

## **Keywords**

Learning strategies, electronics, constructivist methodology, *on-line* collaborative activities, forums, *wiki*.

## **Introducción**

En el momento presente, caracterizado por el proceso de adaptación de las titulaciones a la nueva configuración de grados adaptados al EES, resulta de vital importancia innovar en la tarea docente y progresivamente renovar los métodos de enseñanza de la Electrónica. En las teorías contemporáneas basadas en el cognitismo, el alumno es el protagonista activo de su propio proceso de construcción de conocimientos siendo el profesor un orientador del aprendizaje (metodología constructivista) en contraposición con la docencia guiada clásica (metodología conductista) [1]. Además, la ciencia cognitiva también afirma que el aprendizaje es un hecho social y justifica que el ser humano aprenda mejor en colaboración que de forma individual [2].

Con este objetivo docente y de aprendizaje, y de cara a la implantación de los Títulos de Grado dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior, se han aplicado diferentes estrategias pedagógicas a la docencia de varias asignaturas de Electrónica. Hoy día, en la docencia de la microelectrónica tienen cabida ciertos aspectos innovadores mediante los que se pueden realizar actividades muy interesantes desde el punto de vista de la formación del alumno (futuro Ingeniero) de cara a su posterior actividad profesional. Las asignaturas que nos ocupan se centran en que los alumnos conozcan los aspectos más importantes sobre la fabricación de circuitos integrados, y las aplicaciones de los mismos en los sectores de electrónica y comunicaciones. La ingeniería relacionada con este campo científico está en contacto directo con nuestra vida cotidiana (células solares, sistemas de control remoto, fotodetectores, sensores ópticos, microordenadores, etc.).

Teniendo en cuenta los factores particulares de las asignaturas, hemos puesto en marcha algunas innovaciones pedagógicas aplicadas a la enseñanza de la Electrónica, que creemos han mejorado nuestra docencia en los títulos de grado.

## **Metodología utilizada**

La metodología propuesta que describiremos a continuación, se basa en la realización por parte del alumno de una serie de actividades *on-line* colaborativas en el aula y fuera de ella, que impliquen su participación activa. El principal objetivo que nos planteamos es que los alumnos, además de los conocimientos disciplinares que deben adquirir (saber), desarrollen competencias profesionales relativas al empleo de dichos conocimientos y su utilidad en aplicaciones reales de ingeniería (saber hacer), para adecuar los estudios a la realidad industrial y social en la que previsiblemente se va a desarrollar su actividad laboral. Hemos pretendido orientar la actividad pedagógica a una nueva formación en competencias (tanto específicas como genéricas o transversales) [3], valorando la importancia de éstas últimas en relación con los perfiles profesionales de los titulados en estos estudios. En concreto las competencias son las siguientes:

- Conocer las nuevas tecnologías y mostrar interés por las TIC.
- Trabajo en equipo para la búsqueda activa y selección crítica de información.
- Capacidad de síntesis, exposición y organización de contenidos.
- Capacidad para trabajar en grupo: expresarse, escuchar y razonar sobre lo tratado.
- Capacidad de entender la documentación en inglés.
- Búsqueda y selección de componentes atendiendo a criterios técnicos y comerciales.
- Conocimiento de los procesos de fabricación de dispositivos y de su influencia sobre el rendimiento y especificaciones de algunos tipos de dispositivos electrónicos.

El objetivo particular de estas experiencias *on-line* era que el alumno conociera los principales fabricantes existentes en el mercado y el "estado del arte" de la tecnología de circuitos integrados y de microprocesadores, al tiempo que dominara los principales

parámetros de los diferentes procesos de fabricación que se utilizan (epitaxia, implantación, oxidación, etc.). Una vez que los alumnos tuvieron conocimiento del contenido correspondiente a los principales procesos básicos de tecnología y fabricación de circuitos integrados (aproximadamente en la mitad del cuatrimestre), se realizó este procedimiento:

- Búsqueda de información fuera del aula en los principales buscadores de Internet para identificar los principales fabricantes de dispositivos electrónicos.
- Debate en clase con el profesor acerca de las empresas encontradas y selección de varios fabricantes importantes sobre los que se trabajará posteriormente. Una vez clasificados los fabricantes se dividió a los alumnos en diferentes grupos. Cada grupo hizo una primera reunión inicial para establecer la estrategia general de búsqueda de información.
- Apertura de un foro en la herramienta Moodle para cada fabricante (asumimos 3 o 4 alumnos por grupo) de manera que todos los alumnos tuvieran acceso a los diferentes foros. Cada grupo debía introducir 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.).
- Finalmente, realización de un informe por grupo sobre la labor realizada con las principales conclusiones sobre la empresa investigada, incluyéndolo también en el foro. En la evaluación, se valoró la capacidad de redactar, la manera de transmitir conclusiones razonadas, sin llenar páginas con información sin elaborar, la capacidad de síntesis y concreción, todas ellas capacidades que muy importantes desde el punto de vista de su futuro ejercicio profesional como ingenieros.
- Para evitar pérdida de interés el foro estuvo abierto a contribuciones durante dos semanas, quedando posteriormente como de sólo lectura.



**Figura 1.** Ejemplo de documentación aportada en el Foro de Tecnología de Toshiba

En el caso de las asignaturas con un número menor de alumnos se optó por un tipo distinto de actividad *on-line* colaborativa, realizándose una *wiki* sobre diversos conceptos y temas relacionados con la asignatura, que contribuyó 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*. 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 permitió 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.

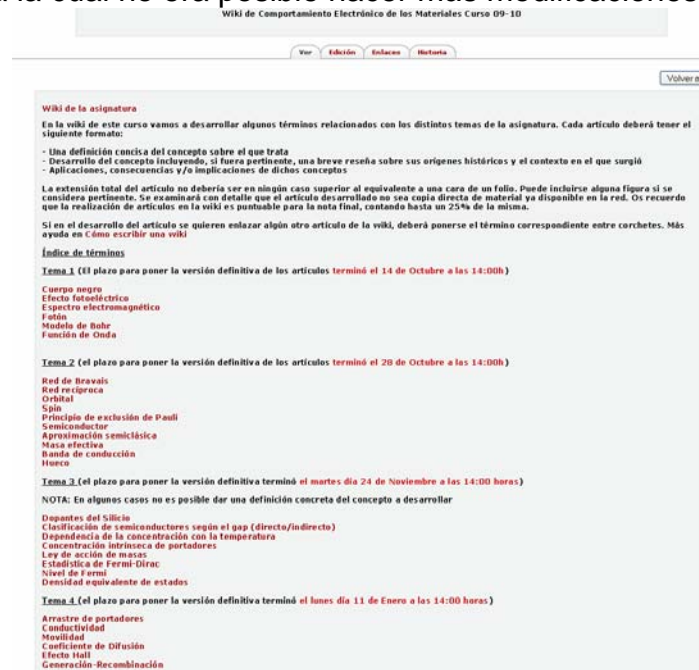


Figura 2. Wiki de la asignatura de Comportamiento Electrónico de Materiales.

Ambas actividades (los foros *on-line* y la *wiki*) se convierten en una herramienta muy adecuada para la comprensión y ampliación de conocimientos, además de permitir que el trabajo individual de cada alumno puede ser fácilmente evaluado. Para incentivar la participación en las mismas, ambas actividades fueron valoradas de manera ponderada a la hora de evaluar finalmente a los alumnos.

### Desarrollo de las actividades

El desarrollo del trabajo tuvo lugar principalmente durante el primer cuatrimestre del curso. Una vez realizado el diseño y la planificación global de las asignaturas se incluyó el material relacionado en la plataforma de e-Learning 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. A continuación vamos a entrar en una descripción más detallada de las diferentes tareas.

En el caso de la actividad de búsqueda guiada en Internet y foro de discusión:

- Tras la inicial búsqueda de información en la web (fuera del aula), los diferentes grupos expusieron al profesor las empresas encontradas. Se seleccionaron varias empresas fabricantes importantes: NEC electronic, MicroSemi, Fairchild y Toshiba.

- Posteriormente se abrieron 4 foros en la página de Studium de la asignatura, uno para cada fabricante (en los que trabajaron 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 Figuras 1 y 3).

En la realización de la *wiki* (Figuras 2 y 4) debemos señalar algunos aspectos relacionados con el desarrollo de la misma:

### Packaging: (Tecnología de alta densidad de embalaje)

Respecto a la fabricación de sus productos se desarrolla una tecnología para el embalaje de dichos productos. A continuación se detallan algunos conceptos a cerca de esta tecnología relacionados con las necesidades de los productos:

#### Diseño de compatibilidad electromagnética y diseño de circuitos de alta frecuencia:

Toshiba desarrolla tecnologías de reducción de ruidos y de transmisión de señales a altas velocidades que usan simulaciones electromagnéticas y medidas de alta frecuencia.

La siguiente imagen muestra una serie de elementos relacionados con estos estudios y puede encontrarse en la página de Toshiba:

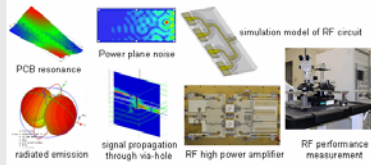


Figura 3. Ejemplo de aportación del Foro de Tecnología de Toshiba

**Banda de conducción**  
BANDA DE CONDUCCIÓN (Sara Villérez Celo)

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 débilmente del núcleo permite que, en cierta medida, 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 o 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 al 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 distintas combinaciones 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 de 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 es un 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, donde pueden desplazarse por el sólido.

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

Enlaces a esta página:  
wikis de la asignatura

Figura 4. Ejemplo de artículo de la Wiki

- 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.

## Conclusiones

A partir de los buenos resultados obtenidos con la implantación de las metodologías

descritas, hemos concluido que la utilización de estas actividades *on-line* ha sido eficaz para lograr la formación autónoma y crítica del alumno respecto a la tecnología de dispositivos electrónicos, lo que redundará en un mejor desarrollo de su formación como profesionales. Al tratarse en gran medida de técnicas de búsqueda e interpretación de la información partiendo de la base del uso de datos de carácter tecnológico, servirá también como formación transversal que puede ser de utilidad en otros campos o tareas no directamente relacionadas con la Electrónica. El desarrollo de este proyecto ha hecho que los alumnos:

- Tengan una mejora sustancial en cuanto al aprendizaje de los procesos tecnológicos y un nivel mucho mayor en cuanto a las tecnologías de fabricación, que anteriormente sólo eran tratadas mediante clases magistrales en el aula.

- Puedan llevar a cabo búsquedas, consultas y tratamiento de información, debate, análisis crítico y realización de informes, así como que adquieran destrezas en el manejo de herramientas informáticas y desarrollo de un trabajo tanto individual como en equipo.

Además, al tratarse de dos asignaturas de titulaciones diferentes, ha sido posible evaluar el desarrollo de las actividades propuestas sobre un conjunto de alumnos con diferente formación de base, pudiendo así extraer conclusiones sobre qué técnicas funcionan mejor y por qué en cada caso. La evaluación de los resultados obtenidos ha pasado por la elaboración de conclusiones a través de experiencias llevadas a cabo con alumnos mediante las estadísticas de utilización de los recursos disponibles y las encuestas anónimas de opinión entre los alumnos usuarios.

En la plataforma Moodle se han efectuado unas encuestas de satisfacción de los alumnos donde han valorado la actividad de foros *on-line*. Se obtuvieron gran variedad de opiniones, desde algunos alumnos que no le han encontrado sentido, hasta una gran mayoría de alumnos a los que les ha gustado mucho el contacto con empresas. La principal dificultad encontrada por parte de los estudiantes fue el discernir qué empresas realmente fabrican dispositivos puesto que la gran mayoría son únicamente empresas distribuidoras. También les ha resultado un handicap el hecho de que muchas páginas estén en inglés. Precisamente en eso radicaba el interés de esta actividad, en buscar y procesar información evitando el simple proceso de copiar y pegar.

En resumen esta actividad podemos considerarla enormemente satisfactoria con un primer grupo de alumnos, mientras que una minoría han mostrado muy poca iniciativa.

También hemos extraído algunas conclusiones interesantes de esta actividad desde el punto de vista docente. La valoración que han efectuado los alumnos 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, manifestando una clara preferencia por la primera (4.8 puntos sobre 5).

## **Referencias**

[1] Nuñez A. (2003), Una comparación del campus virtual de British Open University y el campus virtual de Florida State University: constructivismo vs conductismo, Centro Virtual Cervantes.

[2] Feden P. D., Vogel R. M. (2003), Methods of teaching. Applying cognitive science to promote student learning, Mc Graw Hill

[3] Real decreto 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos (ECTS) y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional.