

METODOLOGIA ACTIVA EN LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRONICA: EJEMPLO CONCRETO DE APLICACION.

Benlloch, J.V.*; Camiña, C.**; Ballester, E.**

Universidad Politécnica de Valencia
Dpto. de Ingeniería de Sistemas, Computadores y Automática
*E.U. Informática
**E.U.I.T. Industrial
Camino de Vera, 14. 46071-Valencia

Tfno: (96) 387 75 75

Fax: (96) 387 75 79

E-mail: jbenlloc @disca upv.es

RESUMEN

En esta comunicación se describe una experiencia de innovación docente en la enseñanza de la Electrónica y la Informática, dentro del marco del Proyecto de Innovación Educativa (P.I.E.) de la Universidad Politécnica de Valencia. Dicha experiencia tiene como objetivo central mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, basada en la utilización de una metodología activa y apoyada en la elaboración de unos recursos didácticos con funciones formativas (material autoinstruccionado).

Tras centrar el entorno de aplicación de este proyecto, se presentan los pilares de la metodología didáctica empleada, así como los aspectos más relevantes en cuanto a organización del curso e infraestructura utilizada. El cuerpo central del trabajo lo constituye la exposición detallada de una unidad de aprendizaje, tomada del campo de la Instrumentación Electrónica. Por último, se realiza una breve valoración crítica de la experiencia.

1. INTRODUCCION

Como revisión de la metodología tradicional en la didáctica de Electrónica e Informática, hemos desarrollado una experiencia de innovación docente en el marco del llamado Proyecto de Innovación Educativa (P.I.E.) de la Universidad Politécnica de Valencia (U.P.V.), que pretende [1] una renovación integral de la docencia con los objetivos de incrementar el

aprendizaje en el aula, reducir las altas tasas de fracaso escolar y potenciar una formación técnica acorde con la realidad del mundo industrial. Las líneas maestras del P.I.E. pasan por una mayor tecnificación de la educación, es decir, por un mayor grado de ajuste de la acción educativa a las propuestas científico-tecnológicas, capaces de proporcionar los parámetros de actuación de una enseñanza de calidad [2]. Se trata, pues, de integrar en la actividad docente los soportes tecnológicos que faciliten la flexibilización e individualización del aprendizaje, lo que supone acercarse a los principios básicos que rigen el proceso de aprender [3].

Uno de los logros más relevantes del P.I.E. son los Proyectos de Innovación Docente (PID's), consistentes en propuestas concretas de innovación metodológica susceptibles de implantación práctica. Nuestro proyecto de innovación docente en Electrónica e Informática Industrial se ha venido desarrollando desde el curso 1989-90 sobre dos grupos piloto de tercer curso, uno de la especialidad de Electrónica de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial y otro, de la especialidad de Sistemas Físicos de la Escuela Universitaria de Informática. Los objetivos básicos del proyecto son:

- * Evitar la dispersión de distintas materias en una jornada.
- * Establecer un equilibrio entre el tiempo dedicado a la teoría y a las prácticas.
- * Asegurar la integración teoría-actividades.
- * Proporcionar una enseñanza activa y personalizada, facilitando tanto el trabajo personal como en equipo.
- * Contemplar la realimentación del proceso de aprendizaje.
- * Focalizar la atención del alumno en lo esencial en las diferentes disciplinas.
- * Racionalizar el proceso de evaluación.

Para la consecución de tales objetivos se precisa una modificación de la organización del curso, infraestructura (aula y laboratorio) disponible, metodología aplicada y procedimiento de evaluación.

2. METODOLOGIA DIDACTICA

Se parte de una triple labor previa: *revisión de contenidos temáticos* a fin de seleccionar los tópicos más importantes, *organización de las sesiones de clase en núcleos de aprendizaje* con una adecuada secuenciación de la materia, *confección de Unidades de Aprendizaje (UA)* donde se estructuran los contenidos y actividades que constituyen el material autoinstructivo a facilitar al alumno. Con todo ello, la duración temporal de las clases teóricas (lección magistral y seminarios) se reduce al máximo, muy en la línea de las orientaciones de los Nuevos Planes de Estudio, lo que permite potenciar la realización de actividades de laboratorio. Se modifica así mismo el enfoque de las citadas clases de teoría, con una primacía de la motivación y orientación frente a la transmisión de información.

Uno de los pilares en los que descansa la metodología propuesta, es el uso de recursos didácticos con funciones formativas. Esto permite desplazar el papel del profesor, desde un mero transmisor de la información a un "orientador del aprendizaje" [4]. De entre los recursos didácticos utilizados merecen especial atención los materiales autoinstructivos diseñados por el profesor como guía del aprendizaje del alumno. Estos textos deben diferenciarse claramente de los tradicionales apuntes, por lo que se elaboran con arreglo a

criterios pedagógicos que aborden aspectos como: motivar al alumno al estudio, ayudar a desarrollar habilidades, establecer conexiones con otros conocimientos y/o materias, enfoque práctico y ejemplos de aplicación, incluir ejercicios de autoevaluación, etc.

El modelo de material autoinstructivo suele seguir la siguiente estructura:

- * Justificación y motivación de la UA: aplicación en lo posible a casos reales.
- * Esquema del contenido de la UA.
- * Desarrollo del contenido de la UA.
- * Actividades de aprendizaje a realizar por el alumno desarrolladas de forma estructurada: ejercicios, actividades prácticas...
- * Actividades propuestas de autoevaluación para el alumno.
- * Criterios para la evaluación del alumnado respecto a la UA.
- * Fuentes de información complementarias.

Con la utilización de tales recursos se modifica la labor didáctica del profesor, pues su rol en el aula cambia por completo, pasando a un plano de coordinador y promotor de actividades, de motivador y estimulador de la labor del alumno, a fin de obtener una clase activa en que cada estudiante sea el verdadero protagonista de su propio aprendizaje.

La innovación metodológica propuesta se complementa con la introducción de la *evaluación continua*, en la que se valora el trabajo diario del alumno, pues hay que tener muy presente que el alumno estudia en función de como se le va a evaluar [5]. La evaluación utilizada se basa en el seguimiento de los siguientes aspectos: control de la actitud en el aula-laboratorio (trabajo en equipo), control de las actividades propuestas entre sesiones (trabajo individual), controles escritos y/o prácticos de carácter periódico (heteroevaluación).

3. ORGANIZACION E INFRAESTRUCTURA

La organización del curso se articula, siempre que sea posible, con el criterio de asignatura-día, lo que permite desarrollar cada Unidad de Aprendizaje en una sesión de trabajo. La secuencia de una jornada tipo se inicia con una *lección magistral* de una hora de duración aproximadamente. Se expone a todo el grupo, que dispone previamente del material autoinstructivo (la U.A.) sobre el tema. En ella se da una panorámica de los contenidos, aplicaciones motivadoras y breve introducción a los conceptos a usar en la sesión. A continuación un *seminario de discusión* de aproximadamente una hora, en subgrupos. Análisis de los contenidos de la exposición magistral, discusión y fijación de los mismos.

Tras un descanso, las *actividades de laboratorio*, de una tres horas. Se conciben como un conjunto que evite la clásica distinción entre problemas y prácticas, dando un carácter más aplicado a los problemas y sustituyendo las prácticas-comprobación (de dudosa eficacia docente) por prácticas-realización exigidas por el contexto del problema que se analiza. Las actividades se efectúan en el aula-laboratorio de modo que la labor experimental constituya una etapa más en las fases de resolución de cada problema, lo que requiere una vinculación de los mismos con aspectos reales. La función del profesor en la parte de actividades es la de fomentar y controlar el trabajo de los alumnos, proporcionándoles las ayudas necesarias, pero dejando que sean ellos mismos quienes lo realicen efectivamente, a fin de que completen

y refuercen el aprendizaje de los conceptos.

Adicionalmente y para mantener la visión formativa de conjunto, se plantea a los alumnos la realización de un Prototipo Experimental que interrelacione las asignaturas implicadas, a implementar a lo largo del curso.

Para la correcta realización de las actividades se precisa un *laboratorio multidisciplinar* que cuente con un mínimo de 20 puestos de trabajo, con una ocupación media de tres alumnos por puesto. Cada puesto consta de un conjunto de dispositivos básicos, de uso común en las diferentes materias objeto del proyecto:

- * computador personal
- * fuente de alimentación
- * generador de funciones
- * multímetro digital
- * osciloscopio analógico-digital
- * analizador lógico

y de una serie de elementos más específicos de cada asignatura: microinstructores, fuentes de potencia, reguladores, autómatas programables, etc.

Aunque la inversión global en dicho laboratorio es realmente elevada, su carácter multidisciplinar y su utilización "full time", en sesiones de mañana y tarde, y para todas las asignaturas consideradas como de Especialidad, moderan notablemente su costo relativo.

4. EJEMPLO CONCRETO DE APLICACION

En esta comunicación se pretende dar una idea detallada de cómo se aplica la metodología activa propuesta a la enseñanza de la Electrónica. El ejemplo escogido es la UA que trata sobre *Multímetros digitales* (MMD), un tema clásico en cualquier curso de Instrumentación Electrónica Básica, que en nuestro caso se imparte tanto en el tercer curso de la E.U. de Informática (Instrumentación, Técnicas de Medida y Mantenimiento), como en el tercer curso de la E.U.I.T. Industrial (Tecnología y Medidas).

Tal y como se ha expuesto anteriormente, el cambio metodológico parte de la elaboración de un material autoinstructivo del tema, siguiendo el modelo señalado en el punto 2. Es importante recalcar que esta información debe estar disponible con anterioridad al desarrollo de las sesiones correspondientes, de modo que el alumno pueda conocer cuáles son los objetivos del mismo.

Para lograr la participación del alumno en el proceso, resulta necesario insistir en la justificación del tema a desarrollar, buscando aplicaciones reales que le motiven y centren su interés desde el primer momento. Una posibilidad para este ejemplo podría ser la monitorización de magnitudes físicas, que tengan una variación temporal no demasiado rápida, como podría ser la temperatura. Otra posibilidad sería presentar este instrumento como muy útil en labores de mantenimiento de sistemas electrónicos en general, por su sencillez de manejo, su autonomía y portabilidad.

La exposición teórica en este caso, arranca de las ventajas que estos dispositivos aportan frente a los multímetros analógicos, para seguidamente introducir un diagrama de bloques genérico de un multímetro digital básico que permita realizar medidas de las siguientes magnitudes: tensión y corriente (tanto continua como alterna), y resistencia.

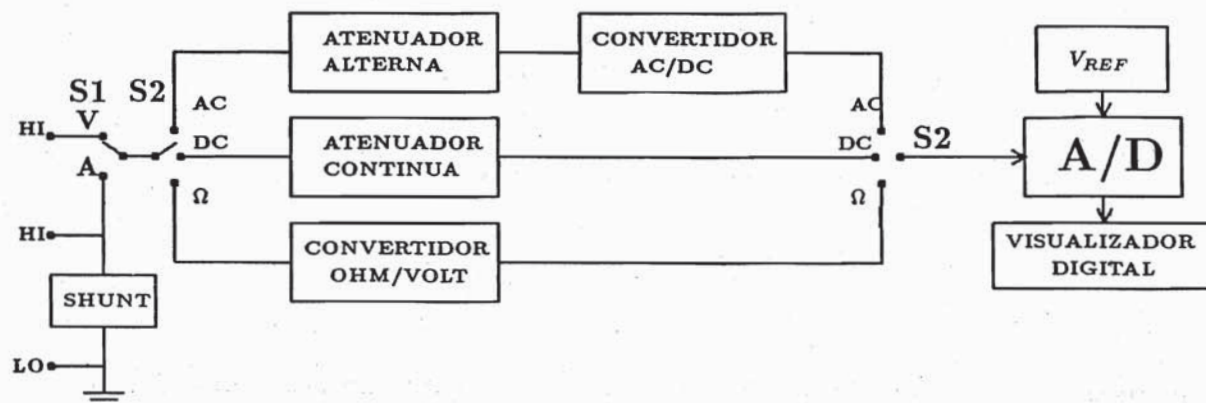


Figura 1. Diagrama de bloques de un multímetro digital básico.

A partir de este esquema, se remarca que la misión fundamental de los bloques adaptadores de entrada es traducir las diferentes magnitudes eléctricas, a una tensión continua dentro del rango de entrada del convertidor A/D, que cuantifica la señal y envía el resultado correspondiente al visualizador. A continuación, se describen sucintamente los diferentes bloques: atenuador de continua, atenuador de alterna junto con los circuitos típicos de conversión alterna/continua, el shunt de corriente y el convertidor resistencia/tensión.

Por último, se introducen los conceptos básicos asociados a las especificaciones del instrumento: número de dígitos, resolución, precisión, coeficiente de temperatura, etc.

El resto de *actividades* de la unidad giran en torno al *diseño e implementación de un multímetro digital (MMD) básico* de 3 dígitos y medio, que permita medidas en diferentes rangos de tensión continua, corriente continua y resistencia, *desarrollado a partir de un voltímetro digital de continua*, que trabaja en el rango de 200mV. En muchas de las actividades prácticas propuestas, se parte de un montaje básico tal y como ocurre en este caso. Esto permite alcanzar los objetivos propuestos y evita que el alumno tenga la impresión de no poder alcanzar nunca al resultado final.

El esquema de partida está formado por un convertidor A/D de 3½ dígitos (ICL7106 de Intersil), un LCD de 7-segmentos y un C.I. con puertas OR exclusiva (4070), todo ello alimentado por una batería de 9V. En concreto, el A/D utilizado es del tipo doble rampa, de altas prestaciones y bajo consumo, que contiene todos los dispositivos necesarios en un único circuito integrado CMOS. Este modelo está diseñado para conectarse directamente a un LCD, por lo que tan sólo es necesario añadir unos pocos componentes externos (resistencias y condensadores).

El circuito básico empleado se corresponde con el de la figura siguiente:

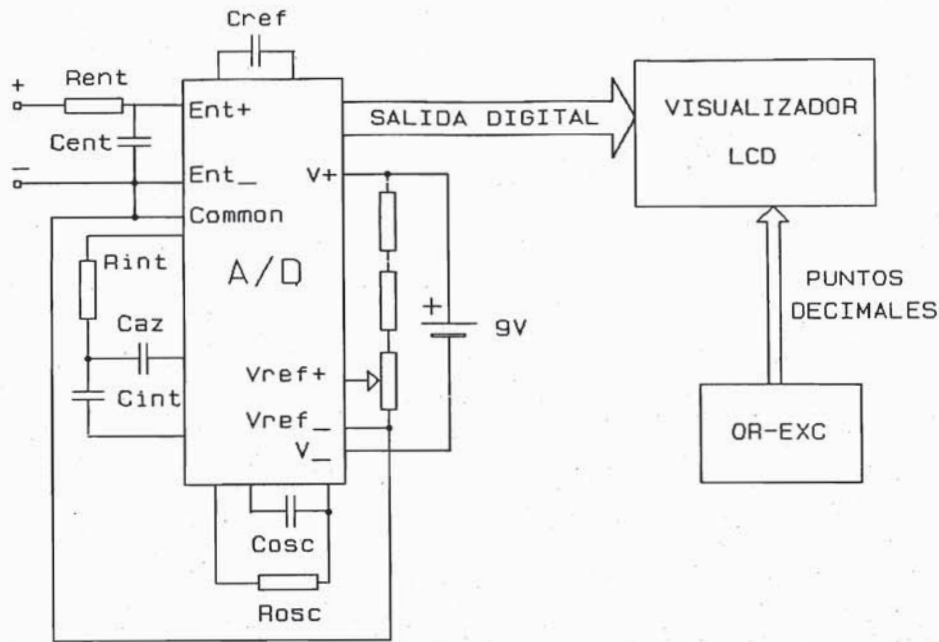


Fig. 2: Esquema base del voltímetro digital.

La primera actividad consiste en observar la utilidad de los diferentes componentes externos conectados al A/D y comentar por grupos de trabajo, la selección de sus valores. Se enumeran los principales componentes a analizar y algunas pistas para la discusión: R_{ent} y C_{ent} del filtro paso-bajo (frecuencia de corte), R_{int} y C_{int} del circuito integrador (no saturación del operacional), R_{osc} y C_{osc} del circuito oscilador (frecuencia de oscilación y su relación con el rechazo al ruido de red), potenciómetro (selección de la tensión de referencia y su relación con los rangos de las señales de entrada), etc. Para la realización de esta actividad resulta apropiado el uso de las hojas de especificaciones técnicas de los C.I. empleados, complementada por alguna nota de aplicación relacionada, del estilo de [6].

A continuación, y antes de diseñar ningún elemento adicional para construir el MMD, se sugiere *verificar el funcionamiento del voltímetro base*, comprobando su correcto funcionamiento en el rango de 200mV, tanto para tensiones positivas como negativas. Para ello se indica igualmente la necesidad de calibrar el voltímetro ajustando la tensión de referencia (en esta etapa pueden hacer uso del propio multímetro digital del laboratorio). Este es el momento para entender la selección de la posición del punto decimal en el visualizador para que indique la lectura adecuada (C.I. con puertas OR-Exclusiva). En esta fase puede ser también interesante cortocircuitar los terminales de entrada y comprobar la exactitud del auto-cero, o verificar la indicación de sobrerango, en su caso correspondiente.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del voltímetro base se propone una serie de actividades cuyo objetivo es el *diseño de un MMD* de acuerdo con la siguiente secuenciación:

i) *diseño e implementación de una etapa atenuadora para medida de tensiones continuas en los rangos de 2V, 20V y 200V*. Se da como parámetro de diseño que la impedancia de entrada del multímetro, en medida de tensiones continuas, sea del orden de 10 MOhm. Igualmente se remarca la necesidad de definir la posición del punto decimal del visualizador, en función del rango de tensiones utilizado.

ii) *diseño e implementación de un bloque de conversión resistencia-tensión para medidas en el rango de 200kOhm*. Se sugiere utilizar un esquema de fuente de corriente de los conocidos por los estudiantes (con transistor bipolar o con amplificador operacional). En función del tiempo disponible, se pueden añadir otros rangos.

iii) *diseño e implementación de un circuito shunt para medida de corrientes continuas en el rango de 2A*. Se propone utilizar la propia fuente de alimentación del laboratorio para verificar el correcto funcionamiento de la etapa amperimétrica (cortocircuitando los terminales de salida de la fuente y regulando su intensidad de corriente a diferentes valores dentro del rango a medir). Se señala también el problema de la disipación de potencia que deben soportar las resistencias del shunt, en función de las corrientes establecidas.

En el caso de que se dedique una única sesión práctica (de unas tres horas de duración) a la unidad, las actividades propuestas concluirían aquí. No obstante se suelen plantear actividades de ampliación que pueden dar lugar a nuevas sesiones prácticas, si la programación anual lo permite, o bien a trabajos de curso. En el caso de los MMD, se plantea el diseño e implementación de un *termómetro en grados centígrados*, utilizando un C.I. que actúa como sensor de temperatura de precisión (del tipo del LM335 de National Semiconductor). Otras posibilidades de ampliación podrían ser la *medida de magnitudes alternas* o el diseño de una función de *autorango*.

Como se ha podido deducir de la descripción de las actividades anteriores, esta unidad no incluía una parte específica de lo que típicamente se conocen como "problemas", sino que los ejercicios de diseño van integrados completamente en la actividad de laboratorio.

Los ejercicios de autoevaluación planteados al final del tema son de dos tipos: por una parte, cuestiones de tipo test de respuesta múltiple sobre los conceptos desarrollados en la unidad (básicamente sobre el diagrama de bloques de los MMD y la definición de especificaciones), y por otra, preguntas abiertas relacionadas con el diseño e implementación del MMD desarrollado en las actividades prácticas. Por supuesto, que los ejercicios de autoevaluación deben responder a los objetivos de aprendizaje programados para la unidad.

En el caso de que los alumnos no terminen las actividades programadas en la sesión, disponen de horarios alternativos de laboratorio abierto, donde pueden completarlas o bien abordar las actividades de ampliación.

Para el estudio de esta unidad de aprendizaje se incluyen como fuentes de información complementaria las hojas de especificaciones técnicas de los C.I. empleados en las actividades prácticas (convertidor A/D, visualizador, sensor de temperatura, etc.), alguna nota de aplicación relacionada con el diseño de MMD, como la referenciada anteriormente y por último, las especificaciones del MMD del laboratorio.

5. VALORACIÓN CRÍTICA

No debe pensarse que la introducción de una metodología activa es la panacea en la Enseñanza Universitaria. A las dificultades de implantación inherentes a todo proceso de cambio, hay que añadir una serie de inconvenientes que, junto con sus indudables ventajas,

constituyen los condicionantes de su viabilidad práctica.

Durante la realización de la experiencia anteriormente descrita, se ha pasado una serie de encuestas a los alumnos de cada asignatura y se han realizado periódicamente reuniones de valoración por el profesorado participante en la misma, con resultados muy similares para todas las asignaturas implicadas. Las principales conclusiones de la valoración global [6], son las siguientes:

Ventajas:

- Se mejora la eficacia del proceso enseñanza-aprendizaje.
- Se consigue una buena integración teoría-práctica, lo que conduce a una mejor formación técnica.
- Se racionaliza en gran medida el horario académico del curso.
- Se favorece el trabajo diario del alumno, que se siente motivado y participa de un modo activo.
- Se fomenta el espíritu crítico del alumnado, así como su capacidad de trabajo en equipo.
- Se introduce la evaluación continuada del rendimiento académico del alumno, con los efectos positivos que de ello se derivan: mayor número de alumnos presentados y mayor porcentaje de aprobados (sobre el 90%).
- Se varía la actividad del profesorado, que resulta más atractiva e interesante. La interacción profesor-alumno es muy profunda.
- Se concentra la actividad docente del profesor, de una forma más intensiva, lo que implica más tiempo libre para sus restantes actividades: gestión, investigación, ...

Inconvenientes:

- Utiliza una elevada cantidad de recursos materiales, lo que exige una fuerte inversión previa y una optimización de su uso.
- Implica un notable esfuerzo por parte del profesorado y requiere una mayor asignación de recursos humanos, así como un ratio profesor/alumno más ajustado.
- Hay dificultades de adaptación a la metodología propuesta de unos alumnos de curso terminal, mucho más acostumbrados a los esfuerzos últimos de los exámenes.
- El tiempo de trabajo en el laboratorio suele ser insuficiente para la realización plena de las actividades prácticas de cada sesión.
- En algunos casos, la metodología utilizada puede conducir a una dirección excesiva del aprendizaje del alumno, restringiendo su capacidad de iniciativa.
- Se hace bastante difícil realizar una evaluación continuada con el reducido número de profesores disponibles.

6. BIBLIOGRAFIA

[1] Comisión de Calidad de la U.P.V. "Proyecto de Innovación Educativa (PIE) de la Universidad Politécnica de Valencia", *Actas I Congreso Internacional sobre Calidad de la Enseñanza Universitaria*. El Puerto (Cádiz), pp.47-55. Marzo, 1991.

[2] J.L. Castillejo. "Pedagogía tecnológica". Ed. CEAC. Cap. 8. 1987.

[3] S.F. Foster. "Ten Principles of Learning Revised in Accordance with Cognitive Psychology: with Implications for Teaching", *Educational Psychologist*, 21(3), pp.235-243. Febrero, 1986.

[4] A. Fernández, J.M. Maiques y C. Camiña. "Calidad de los materiales didácticos de apoyo al alumnado: la experiencia del Proyecto de Innovación Educativa (P.I.E.) de la Universidad Politécnica de Valencia". *III Jornadas Nacionales de Didáctica Universitaria "Evaluación y desarrollo profesional"*. Septiembre, 1991. Las Palmas de Gran Canaria. Pendiente de publicación.

[5] A. de la Orden. "La evaluación en la enseñanza universitaria". Ponencia presentada en el Proyecto de Innovación Educativa. ICE de la U.P.V. Marzo, 1989.

[6] INTERSIL. D. Watson. "Tips for Using single-Chip 3 1/2 Digit A/D Converters". Application Handbook.

[7] J.V. Benlloch y C. Camiña. "Valoración crítica de una experiencia de innovación docente en las enseñanzas de Electrónica e Informática Industrial en la U.P.V.", *III Jornadas Nacionales de Didáctica Universitaria "Evaluación y desarrollo profesional"*. Septiembre, 1991. Las Palmas de Gran Canaria. Pendiente de publicación.

