

Aprendizaje del diseño de sensores integrados mediante la realización de proyectos y debate

Learning how to design integrated sensors by implementing projects and though debate

Juan Antonio Leñero Bardallo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1741-9743>

Universidad de Sevilla

Departamento de Electrónica y Electromagnetismo

jlenero@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447225408.069>

Pp.: 1051-1063



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Resumen

La presente comunicación resume los resultados obtenidos tras la implementación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en la asignatura Sensores en Tecnologías Integradas impartida en Máster de Microelectrónica de la Universidad de Sevilla durante el curso 2022-2023. Como novedad, se propuso que los alumnos realizaran proyectos de ingeniería en los cuales tenían que diseñar sensores integrados de diversos tipos. Las actividades de diseño iban acompañadas del seguimiento del profesor y finalizaban con una exposición pública en clase en la que todos los alumnos participaron. Los resultados de la innovación docente indican que los alumnos se sienten más motivados y obtienen mejores resultados al trabajar con proyectos con objetivos y entregas predefinidos, similares a los proyectos industriales que tendrán que realizar durante su vida profesional. En paralelo, las actividades de debate contribuyen a mejorar su exposición oral en público, lo cual les beneficia a corto y largo plazo.

Palabras clave: Sensores en Tecnologías Integradas, Máster en Microelectrónica, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, proyectos en ingeniería.

Abstract

This communication summarizes the results obtained after the implementation of a Cycle of Improvement in the Classroom for the subject Sensors in Integrated Technologies of the Master in Microelectronics of the University of Seville during the academic year 2022-2023. As a novelty, engineering students have to implement projects focused on designing integrated sensors of different natures. The design activities were accompanied by the teacher's supervision. Each project ended with a debate activity in which all the students participated. The results of the teaching experience suggest that the students are more motivated and get better results when they are involved in projects with goals and deliverables similar to those required during their professional careers. Moreover, debate activities contribute to improving their oral presentation skills, which is beneficial for them in the short and long terms.

Keywords: Integrated Sensors, Master in Microelectronics, university teaching, teacher professional development, and engineering projects.



Introducción

Las actividades de la innovación docente se desarrollaron en la asignatura Sensores en Tecnologías Integradas del Máster en Microelectrónica que oferta la Universidad de Sevilla. El objetivo principal de la titulación es dotar a los alumnos de destrezas para el diseño de circuitos integrados. El diseño de circuitos integrados requiere un nivel de especialización y manejo de herramientas de diseño complejas que no se consigue en las titulaciones de grado. Por ello, la Universidad de Sevilla oferta un máster de un año de duración en el que se pueden adquirir estas competencias. La demanda del máster ha crecido significativamente en los últimos años. El número de alumnos está limitado a 30. El alumnado que accede al máster tiene un perfil diverso por lo que la docencia en muchos casos es un reto, ya que el nivel de conocimientos con el que el alumnado accede al máster es muy dispar. La asignatura objeto es optativa, se imparte en el segundo cuatrimestre y tiene una carga docente de 6 créditos. Su evaluación se basa fundamentalmente en la entrega de una serie de ejercicios y una exposición oral por parte de los alumnos. Normalmente el número de alumnos que la cursa es reducido, en torno a 20, contando los repetidores de años anteriores. En este contexto, el profesor cuenta con muchos grados de libertad para implementar CIMAs que mejoren la docencia (Porlán, 2017).

Se propuso un CIMA de 30 horas que complementaba los CIMAS implementados en cursos anteriores en el ámbito de la titulación, que trataba de potenciar el trabajo autónomo por parte de los alumnos, el debate y las exposiciones orales. El CIMA supuso una reducción paulatina de los ejercicios clásicos que realizan los alumnos para aprobar la asignatura por casos prácticos y exposiciones orales de los trabajos realizados. Estas tareas se realizaron semanalmente en una sesión de trabajo abierta y supervisada por el profesor.

Diseño previo del CIMA

El diseño del CIMA se fundamenta en dos pilares. Por un lado, se parte de un análisis de las necesidades del alumnado y de los objetivos planteados para mejorar la asignatura en cursos anteriores. Estos objetivos fueron extraídos de encuestas docentes e impresiones del profesor. Por otra parte, se tiene en cuenta las mejoras docentes propuestas por el profesor en CIMAs anteriores, tanto de la asignatura en cuestión como de otras.

Los principios docentes que orientan el CIMA son:

- La creencia de que *el aprendizaje profundo se adquiere tras el planteamiento de problemas reales*, similares a los que los alumnos pueden encontrar en una empresa durante su vida laboral.



- La necesidad de *debatir las soluciones aportadas para adquirir una actitud crítica* con respecto al trabajo realizado.
- La concienciación por parte del alumnado de forma temprana sobre *la importancia de trabajar de forma conjunta* para conseguir objetivos complejos y un tiempo acotado.
- Concienciar al alumnado de *la importancia de proporcionar soluciones en un tiempo razonable*, aunque éstas no sean óptimas.

Mapas de contenidos y problemas claves

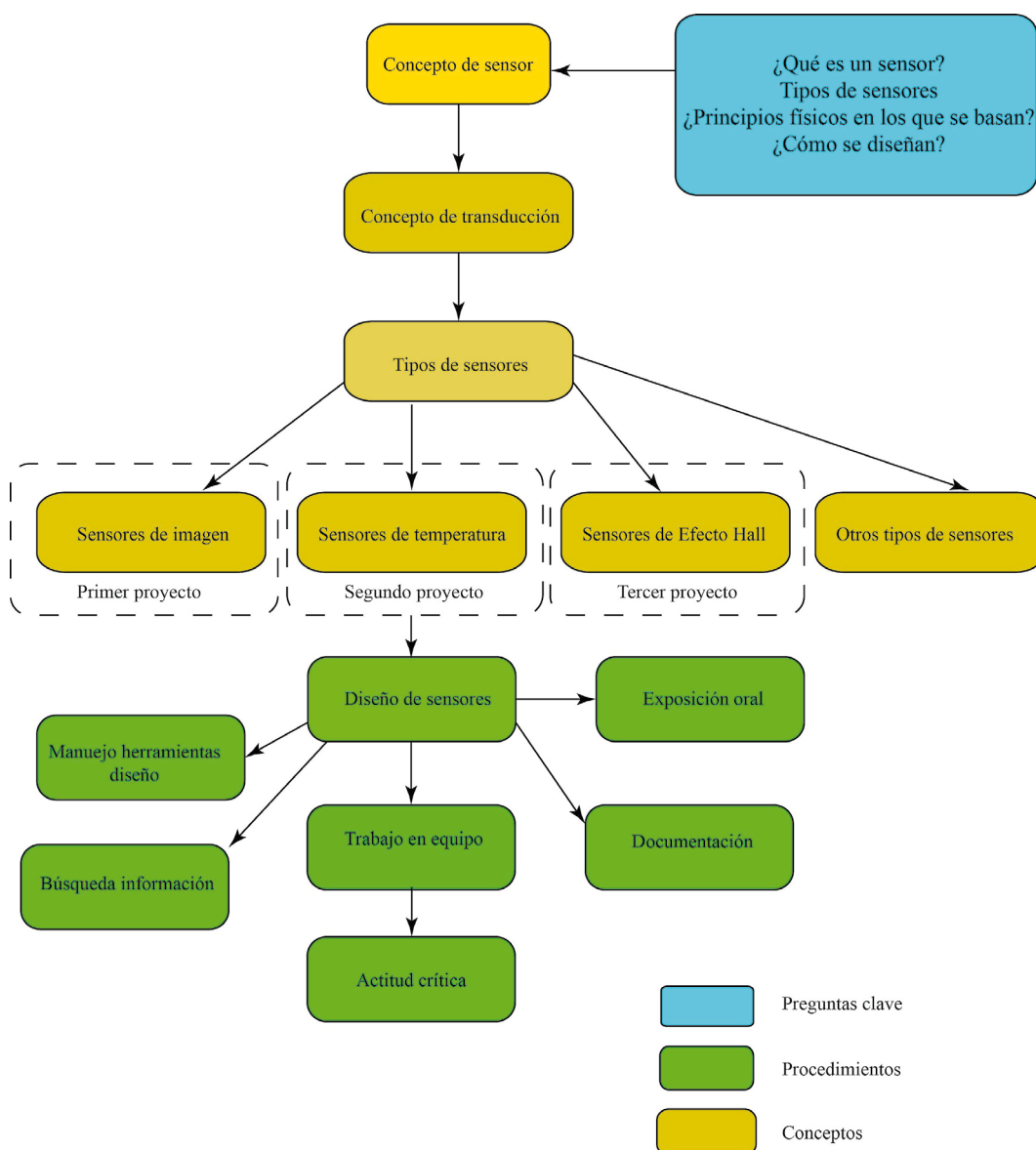


Figura 1. Mapa de contenidos.

Se propone el diseño de tres sensores relacionados con los objetivos de la asignatura que se abordarán en tres proyectos. Las tareas de diseño se realizarán y expondrán durante sesiones de trabajo semanales supervisadas por el profesor. En la figura 1 se detalla el mapa de contenidos de la asignatura. Se indica con colores distintos las preguntas claves, los conceptos y los procedimientos o destrezas que los alumnos adquirirán con el CIMA.

Modelo metodológico y secuencias de actividades

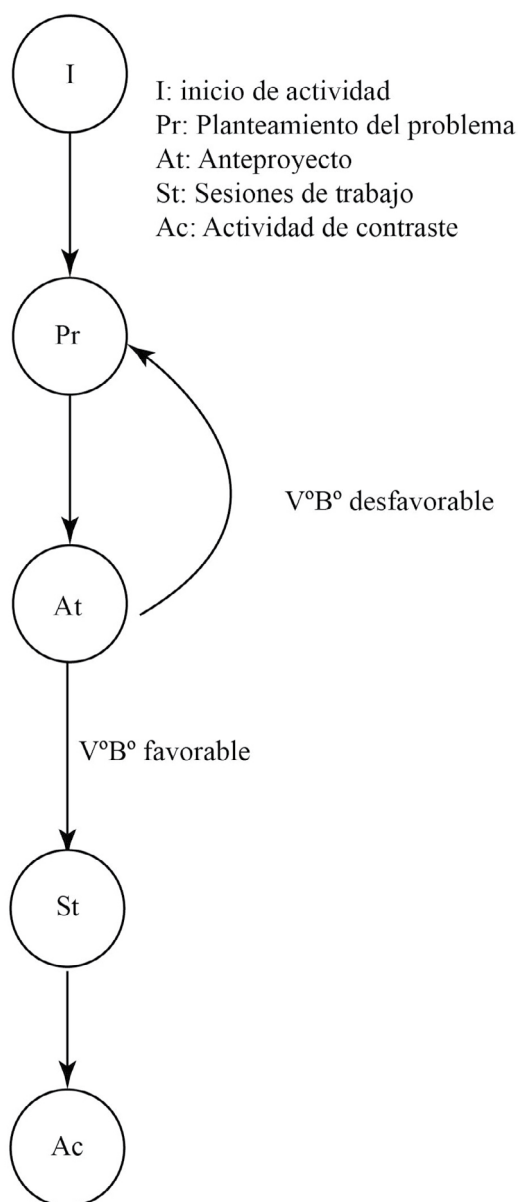


Figura 2. Modelo metodológico.



Se ilustra el modelo metodológico en la figura 2. La teoría se imparte con antelación a la realización de un proyecto de diseño (se proponen tres diseños/proyectos en total). Las tareas del CIMA se realizan en sesiones semanales de trabajo. En la primera sesión se presenta el proyecto a realizar. En la siguiente los alumnos aportan un anteproyecto que es evaluado por el profesor. Éste proporcionará indicaciones para mejorarlo y dará su visto bueno. En las siguientes sesiones, los alumnos trabajarán en sus proyectos de diseño de forma autónoma y bajo la tutela del profesor. En la última sesión, los alumnos presentarán y debatirán las soluciones aportadas con el profesor y los compañeros de clase.

A continuación, se detalla la secuencia de actividades para cada uno de los bloques de trabajo de la asignatura.

- *El sensor APS (Active Pixel Sensor) de imagen:*
Introducción y planteamiento del problema (una clase).
Prediseño aportado por el alumno al profesor (una clase).
Comentarios y visto bueno del profesor (una clase).
Sesiones de trabajo tuteladas (cinco clases).
Exposición final en clase del trabajo realizado (dos clases).
- *Sensores infrarrojos de temperatura:*
Introducción y planteamiento del problema (una clase).
Prediseño aportado por el alumno al profesor (una clase).
Comentarios y visto bueno del profesor (una clase).
Sesiones de trabajo tuteladas (cinco clases).
Exposición final en clase del trabajo realizado (dos clases).
- *El sensor de Efecto Hall:*
Introducción y planteamiento del problema (una clase).
Prediseño aportado por el alumno al profesor (una clase).
Comentarios y visto bueno del profesor (una clase).
Sesiones de trabajo tuteladas (cinco clases).
Exposición final en clase del trabajo realizado (dos clases).

La duración del ciclo de mejora fue de 30 horas.

Como puede observarse en las clases programadas, se distinguen cinco tipos distintos de sesiones. A continuación, para cada una de ellas, se detallan las actividades a realizar.



Tabla 1. Descripción y temporización de las actividades programadas en cada sesión de clase

Sesión Introductoria	
Actividad Tiempo	Descripción
I.1, 20'	<i>Motivación y planteamiento inicial del problema.</i> Va acompañada de vídeos didácticos y conectados con retos tecnológicos actuales que capten la atención del alumnado.
T.1, 35'	<i>Explicación técnica del profesor</i> sobre el tema del proyecto. Descripción de los entregables, objetivos de los proyectos y plazos de entrega.
C.1, 10'	<i>Turno de preguntas.</i> Conclusiones y cierre de la sesión.
Sesión de Presentación de Prediseños	
Actividad Tiempo	Descripción
A.2, 40'	<i>Presentaciones rápidas</i> de los prediseños aportados por los alumnos.
C.2, 20'	<i>Preguntas y aportaciones</i> del profesor a los alumnos.
(*) En algunas sesiones, se intercalaron las actividades de presentación de prediseños y el debate con el profesor. La duración de la sesión fue siempre la misma.	
Sesión de Aprobación del prediseño y aportaciones técnicas del profesor	
Actividad Tiempo	Descripción
C.3, 60'	<i>Debate del profesor con los alumnos.</i> Planteamiento de preguntas y retos a abordar. Correcciones de fallos que impidan que el proyecto se pueda realizar.
Sesiones de Trabajo Tuteladas	
Actividad Tiempo	Descripción
I.4, 5'	<i>Introducción a la sesión.</i> Indicaciones sobre los problemas observados por el profesor en sesiones anteriores. Se indica la fase en la que los alumnos deben encontrarse en sus proyectos para evitar retrasos.
A4, 55'	<i>Sesiones abiertas de trabajo tuteladas.</i> Los alumnos trabajan de forma individual, con la posibilidad de plantear dudas al profesor o los compañeros de Las sesiones no siguen un esquema fijo. Por ejemplo, si el profesor observa un problema generalizado, lo comenta a la clase.
Sesiones de Presentación de los Proyectos	
Actividad Tiempo	Descripción
A5, 40'	<i>Presentaciones orales de los trabajos.</i> Las sesiones se organizan para que las presentaciones de los proyectos duren 20' para cada alumno que exponga.
C5, 20'	<i>Turnos de debates con el profesor y la clase.</i> Las sesiones se organizan para que el turno de preguntas dure 10 minutos para cada alumno que exponga.



Cuestionario inicial-final

El cuestionario inicial/final se utilizará principalmente para evaluar el aprendizaje de los contenidos teóricos por parte de los alumnos a través del CIMA:

- Defina el concepto de sensor.
- ¿Qué tipos de sensores hay?
- Enuncie las propiedades físicas en las que se basan los sensores que conozca.
- Explique cómo funciona una cámara de vídeo.
- Explique qué sabe sobre los sensores de temperatura sin contacto físico.
- Explique qué sabe sobre los sensores de Efecto Hall.

Conviene de destacar que el cuestionario inicial/final no se utilizará para evaluar otras competencias del CIMA como la exposición oral, la capacidad de analizar y abordar un problema complejo desde un punto de vista técnico, etc. Estas competencias se evaluarán en las sesiones de trabajo mediante una ficha de seguimiento para cada alumno. En ella, el profesor asignará una puntuación de 1 a 5 en los siguientes aspectos:

- Capacidad de exposición y debate.
- Capacidad de trabajo en equipo.
- Viabilidad y validez de las soluciones aportadas.
- *Entrega de la documentación de los proyectos en tiempo y forma.*

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

A continuación, se resume el desarrollo de las sesiones de trabajo en las que se aplicó el CIMA: La inicial de comienzo del CIMA, las de desarrollo de los proyectos y las de debate.

En la primera sesión se informó a los alumnos de que se iba a poner en práctica un nuevo CIMA en la asignatura, que continuaría y complementaría los CIMAs realizados en la asignatura en cursos anteriores. En general, la aceptación de la propuesta fue favorable por el alumnado. Se aprovechó la sesión para presentar el calendario del CIMA y la metodología de trabajo para su implementación y evaluación.

Las sesiones de clase transcurrieron de forma dinámica. Si bien en el primer proyecto, los alumnos se mostraban algo cohibidos para preguntar dudas y exponer sus planteamientos en público, en los siguientes se observó una evolución positiva. Cabe mencionar, que los alumnos solicitaron



al profesor sesiones prácticas de tutoría en las que pudiesen continuar trabajando bajo la tutela del profesor. Éstas se realizaron a través de la plataforma de enseñanza *online* BlackBoard Collaborate. Aunque resultaron positivas, su duración se alargó por encima de lo previsto en algunas ocasiones. Algunos alumnos dedicaron más tiempo del previsto a sus proyectos. Esto se considera un aspecto a mejorar puesto que la carga docente de la titulación es muy alta y desde la coordinación del máster se aconseja no proponer actividades que requieran más tiempo del que corresponde a la carga de la asignatura. Se observó también una mejora tanto en la forma de plantear las preguntas por parte de los alumnos como en el nivel de las mismas.

Las actividades de debate supusieron el punto a destacar en el CIMA. En ellas, hubo una gran participación por parte de los alumnos. Éstos tendieron a defender sus propias propuestas frente a las de otros compañeros, lo cual contribuyó a reforzar su aprendizaje, ya que para defender con vehemencia su punto de vista, necesitaban conocer a fondo las ventajas de los sensores integrados que habían diseñado frente a los de los compañeros. El profesor tuvo que intervenir para moderar el debate y hacer que los planteamientos que se presentaron de forma más elaborada fueran aceptados por la mayoría de estudiantes. En general, se observó una evolución positiva de los debates. Los argumentos que fueron dando los alumnos para exponer sus planteamientos fueron cada vez más elaborados.

Las actividades de corrección de seguimiento del trabajo de los alumnos y de control de los proyectos fueron realizadas por el profesor. En general, se observó una evolución positiva en los planteamientos de los alumnos. En los proyectos iniciales, fue común que se plantearan objetivos poco realistas y compatibles con el tiempo asignado a los proyectos. En ese sentido, los alumnos aprendieron a gestionar mejor su tiempo y a proponer objetivos de diseño acordes a su experiencia, formación y al tiempo disponible.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

El seguimiento del aprendizaje de los alumnos con los cambios introducidos se realizó en las sesiones de debate y a través de las aportaciones técnicas de cada alumno a los proyectos propuestos.

Para realizar la evaluación se utilizó la hoja de seguimiento de la tabla 2. Dicha tabla recoge todas las actitudes y competencias evaluadas en el alumnado.



Tabla 2. Ficha para el seguimiento de los estudiantes durante el CIMA

Nombre	Capacidad de exposición y debate	Dedicación del alumno	Viabilidad y validez de las soluciones aportadas	Entrega de la documentación de los proyectos en tiempo y forma
Alumno 1				
...				
Alumno n				

Se asignó una puntuación de 1 a 5 a cada uno de los alumnos, dependiendo de su desempeño en la realización del proyecto según la siguiente escala:

- 1-2: No se alcanzan los objetivos mínimos que se esperan del alumno.
- 3: Suficiente. El alumno demuestra ser capaz de adquirir los conocimientos elementales que se esperan.
- 4: Destacado. El alumno muestra dominio y una actitud crítica sobre el tema.
- 5: Excelente. Se reserva esta calificación para los alumnos, que además de alcanzar el nivel anterior, sean capaces de generar un debate constructivo y razonado sobre el tema con el resto de alumnos y el profesor.

Estas puntuaciones se utilizaron para elaborar escaleras de aprendizaje para reflejar el progreso de los alumnos en cada uno de los cuatro temas. La evaluación de la progresión del alumno se hizo a través de las hojas de seguimiento de los proyectos. Al final de cada proyecto, se elaboró una hoja de seguimiento que contenía la calificación media de los alumnos en todas las competencias evaluadas, según se indica en la tabla 3. Los resultados permitieron analizar de forma cuantitativa la progresión de los alumnos a lo largo del CIMA y comprobar si había una mejora en las calificaciones obtenidas por los alumnos.

Tabla 3. Hoja de seguimiento para elaborar las escaleras de aprendizaje

Proyecto	Capacidad de exposición y debate	Dedicación del alumno	Viabilidad y validez de las soluciones aportadas	Entrega de la documentación de los proyectos en tiempo y forma
Proyecto 1	3.1	2.9	2.4	2.3
Proyecto 2	4.1	4.0	4.2	3.9
Proyecto 3	4.5	4.4	4.5	4.3



Los valores numéricos a insertar fueron la media ponderada de los resultados obtenidos en las hojas de seguimiento de la tabla 2.

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta para evaluar el CIMA los resultados contrastados del cuestionario inicial/final. Si bien la información que puede extraerse del cuestionario es limitada porque los alumnos no tenían ningún tipo de información previa para responder a algunas de las preguntas que se planteaban, la profundidad y calidad de las respuestas aportadas en el segundo cuestionario sirvió al profesor para obtener una idea bastante aproximada sobre si se habían asimilado los conceptos teóricos clave para desarrollar los proyectos planteados.

Tabla 4. Resultados de la encuesta inicial y final del CIMA

Cuestionario/Pregunta	1	2	3	4	5	6
Cuestionario inicial	3	3.4	3	1	0.5	1
Cuestionario final	4.4	4.5	4.8	4	3.9	4.1

Analizando la tabla que resume los resultados del cuestionario inicial/final, se ve una clara tendencia. Las dos primeras preguntas, que eran más generales, tuvieron una progresión menor que las tres últimas más específicas de esta asignatura. Tiene lógica que la evolución del nivel de aprendizaje en los conceptos más específicos haya sido mayor.

En general la evolución de los estudiantes durante el CIMA fue satisfactoria. A medida que fueron avanzando los temas, éstos mejoraron. De forma global, mejoró mucho la calidad de las soluciones técnicas aportadas por los alumnos tras la primera sesión. La razón principal fue que, en ella, los alumnos no fueron capaces de estimar el tiempo requerido y la dificultad técnica de las soluciones aportadas. También, la propia dinámica del CIMA y las presentaciones de los compañeros favorecieron el clima de trabajo.

Evaluación del CIMA

Hay aspectos mejorables del CIMA que se tendrán en cuenta en cursos venideros. Quizás el aspecto que puede mejorarse más es la planificación temporal. Las actividades se han realizado en apenas dos meses. Los alumnos y el profesor concuerdan en que lo ideal es que el CIMA se extienda durante todo el cuatrimestre en el que se imparte la asignatura.

Los proyectos son trabajos abiertos con soluciones infinitas que son difíciles de gestionar para un alumno sin experiencia en la materia y con un tiempo muy limitado para abordarlos. Se propone como mejora aportar



a los alumnos fichas orientativas con estimaciones de la dedicación horaria adecuada y el calendario que deben cumplir para abordar los proyectos de forma correcta.

Las sesiones de tutorías interactivas y abiertas han resultado un complemento muy adecuado a la labor realizada por los alumnos en clase. Se pretende potenciarlas en cursos futuros. Como punto negativo en este apartado, debe mencionarse que algunas sesiones de tutoría se alargaron varias horas. Ello creó malestar en algunos alumnos que se vieron comprometidos cuando deseaban abandonar las sesiones para dedicar tiempo a otras asignaturas. En ese sentido, se propone informar a los alumnos sobre la libertad que tienen para acudir a las sesiones y aconsejarles para que optimicen el tiempo que les dedican.

Otro aspecto a mejorar es la detección temprana de alumnos que abandonan la asignatura o no progresan de forma adecuada. Este aspecto es clave puesto que se pueden reenganchar a alumnos con dificultades iniciales a través de un asesoramiento adecuado del profesor. También, un conocimiento preciso de los alumnos que tienen que presentar proyectos, permite optimizar el tiempo que se asignan a las exposiciones orales y al propio seguimiento del alumno por parte del profesor.

En cuanto a los aspectos a mantener en cursos próximos, se consideran muy útiles y enriquecedoras, tanto para el profesor como para los alumnos, las actividades de debate. La capacidad de exposición de ideas en público se considera una competencia clave para los ingenieros que les beneficiará no solo en su vida profesional futura, sino también en el momento que tengan que presentar su Trabajo Fin de Estudios.

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

En relación a los resultados obtenidos en este CIMA, se refuerza la idea de mantener/reforzar los siguientes aspectos en la práctica docente habitual:

- Actividades de debate y contraste de ideas en público.
- Actividades de liderazgo de proyectos por parte del alumnado.
- Permitir que sea el alumnado el que seleccione parte del material de estudio de la asignatura.
- En cuanto al Mapa de Contenidos de la asignatura y el sistema de evaluación propuesto, no se proponen cambios futuros; ambos han demostrado ser adecuados para conseguir los objetivos. Para actualizar la asignatura y probar variantes, se propone mantener tres de los proyectos cada año y añadir uno nuevo. Ello permitirá a largo plazo que los alumnos aborden proyectos que sean actuales y a su vez hayan resultado provechosos para el aprendizaje en cursos anteriores.



Principios Docentes para el futuro

Los principios didácticos que han fundamentado la innovación docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que deben permanecer en la asignatura son los siguientes:

- *La elección contenidos de interés* para los estudiantes y que estén relacionados con los sensores electrónicos que usan a diario. Este hecho tradicionalmente ha dado buenos resultados pedagógicos en la docencia de asignaturas de electrónica (Ausubel, 1978).
- *La adopción de un enfoque constructivista* (Delval, 1997), según el cual el alumno es el verdadero protagonista de su aprendizaje, teniendo éste un papel activo en el que no solo reproduce los contenidos facilitados por el docente, sino que, además, evalúa continuamente y somete a crítica de forma continua sus propios conocimientos (Gómez Rijo, 2010).
- *El aprendizaje basado en la realización de experiencias prácticas, cercanas a la realidad* y continuadas en el tiempo, es más efectivo y perdura más que un aprendizaje a ráfagas, basado en interminables días y noches de estudio intenso, unos días antes del examen (Finkel, 2008).
- *La creación de un entorno de trabajo y de un entorno enriquecedor* que lleve al alumno a trabajar de forma continuada y autónoma, y a plantearse interrogantes sobre los conceptos impartidos, y a aprender por sí mismos (Bain, 2007). La presentación en público de los resultados de los proyectos permite que los alumnos progresen por sí mismos, sin necesidad de que el profesor tenga que verificar el montaje de sus circuitos antes de realizar la toma de medidas.

Referencias bibliográficas

- Ausubel, D. Novak, J., y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Rinehart & Winston.
- Bain, K. (2006). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. En Rodrigo, M. J. y Arnay J., *La construcción del conocimiento escolar* (pp. 15-35). Paidós.
- Gómez Rijo, A. (2010). *El alumnado como constructor de su propio aprendizaje en el área de educación física*. Universidad de Huelva.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Porlán, R. (2017) (Coord.). *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla*. Morata.



