

# La enseñanza de la Electrónica a Ingenieros Mecánicos

\*Note: Sub-titles are not captured in Xplore and should not be used

Roberto Capilla Lladró  
Departamento Ingeniería Electrónica  
Universitat Politècnica València  
València, España  
rcapilla@eln.upv.es

Luís Gil Sánchez  
Departamento Ingeniería Electrónica  
Universitat Politècnica València  
València, España  
lgil@eln.upv.es

Antonio Guill Ibáñez  
Departamento Ingeniería Electrónica  
Universitat Politècnica València  
València, España  
aguill@eln.upv.es

Cristian Ariel Olgún Pinati  
Departamento Ingeniería Electrónica  
Universitat Politècnica València  
València, España  
criolpi@upvnet.upv.es

Francisco Javier Ibáñez Civera  
Departamento Ingeniería Electrónica  
Universitat Politècnica València  
València, España  
jibanyez@eln.upv.es

**Abstract** —En el plan de estudios del grado de Ingeniero Mecánico, que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, de la Universitat Politècnica de València, aparecen dos asignaturas de contenido relacionado con la electrónica: “Electrónica y Automática”, que aborda los principios fundamentales de la electrónica y “Aplicaciones Electrónicas para Ingeniería Mecánica”, en la que se aplican los conocimientos adquiridos en la primera y se introducen nuevos conocimientos. En la segunda asignatura, la metodología docente utilizada es la de aprendizaje mediante el diseño e implementación de proyectos electrónicos relacionados con la ingeniería mecánica. Este trabajo muestra las diferentes metodologías empleadas destacando los aspectos que se considera que tienen una mayor influencia en los resultados. Se proporcionan información sobre la valoración de la metodología recogida de encuestas de alumnado. Los resultados son satisfactorios.

**Keywords** — *Aprendizaje basado en proyectos, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica.*

## I. INTRODUCCIÓN

¿Qué contenidos y qué metodología son los más adecuados para enseñar electrónica a un ingeniero mecánico? ¿Cómo motivar a los alumnos de mecánica para despertar su interés por la electrónica? Estas fueron algunas de las cuestiones que se plantearon al desarrollar el temario de las asignaturas de electrónica del Grado de Ingeniería Mecánica. Las respuestas que obtuvimos ante esas preguntas son las que vamos a intentar describir en esta comunicación. El plan de estudios de dicho grado cuenta con dos asignaturas que imparte el Departamento de Ingeniería Electrónica, en la primera, denominada Electrónica y Automática, que es asignatura troncal, introducimos una metodología en la que iniciamos cada unidad didáctica mostrando un ejemplo real de aplicación relacionado directamente con los contenidos que se desarrollan en la clase. La segunda asignatura, Aplicaciones Electrónicas para la Ingeniería Mecánica, es optativa y se cursa en el siguiente curso. En ella se emplea una docencia basada en proyectos y autoaprendizaje [1].

## A. Aprendizaje Basado en Proyectos

La metodología del aprendizaje basado en proyectos es uno de los métodos que ha demostrado ser muy efectivo en la enseñanza [2]. Gracias a esta metodología los alumnos no solo desarrollan las capacidades científico-técnicas inherentes a la materia de la asignatura, sino que además fomenta el conocimiento a nivel organizativo y de gestión, y promueve habilidades sociales tan valoradas hoy en día como son el trabajo en equipo, liderazgo, planificación, comunicación, exposición de resultados, etc.

Esta metodología está ampliamente empleada y probada en multitud de disciplinas técnicas, desarrollándose comunicaciones para su aplicación en los estudios de ingeniería [3].

En el campo de la electrónica se han publicado diversas comunicaciones donde se expone el desarrollo de este método para aplicarlo a múltiples asignaturas, tanto en distintas universidades extranjeras [4] como universidades españolas [5-6]. De especial significación son aquellas experiencias de la aplicación de esta metodología para el aprendizaje de la electrónica en asignaturas transversales [7] y en titulaciones que, en principio, parece que son ajenas como es la ingeniería aeroespacial, donde se han cosechado éxitos en su implantación [8].

Las evidentes ventajas que ofrece la enseñanza basada en proyectos frente a la enseñanza convencional llevaron a los profesores a aplicar esta metodología en la asignatura optativa de electrónica del grado de Ingeniero Mecánica.

## II. GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

El título actual del Grado de Ingeniería Mecánica en la UPV se imparte desde el curso 2010-11. Se inicia con la implantación del EEES y vino a sustituir a la titulación Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica, en el que no se cursaba ninguna asignatura de electrónica.

El título posee un total de 240 créditos (ECTS) impartidos en cuatro cursos. La oferta de plazas de nuevo ingreso es de 150 y la nota de acceso en el curso 2021-22 fue 11,47 puntos.

La obtención de dicho grado permite acceder al Máster Universitario en Ingeniería Industrial, que habilita para el ejercicio de la profesión de ingeniería industrial, así como otros másteres universitarios.

La calidad de esta titulación ha sido contrastada mediante una acreditación internacional, concretamente el sello Internacional de Excelencia en Ingeniería *EUR-ACE* otorgada por la agencia *European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE)* en colaboración con la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), que se otorga a un título de grado o máster en ingeniería que cumple unos determinados estándares de calidad que facilita la movilidad y el reconocimiento de los titulados. Uno de los aspectos que se valoran a la hora de la concesión de este sello es la implantación de enseñanza basado en proyectos [9].

#### A. Plan de Estudios del Grado de Ingeniería Mecánica

De los 240 créditos del plan de estudios, 120 corresponden a asignaturas obligatorias, 48 a asignaturas optativas y 12 al Trabajo Fin de Grado.

La formación eléctrico-electrónica se distribuye de la siguiente forma en el plan de estudios:

- Física: Asignatura obligatoria de 1º curso. 9 créditos. Los contenidos del área eléctrica son: Electroestática, condensadores y Electrodinámica.
- Tecnología Eléctrica: Asignatura obligatoria de 2º curso. 6 créditos. Los contenidos del área eléctrica son: conceptos generales de circuitos, corriente alterna sinusoidal, métodos de análisis y teoremas, circuitos trifásicos, compensación de la energía reactiva, transformadores y motores de inducción.
- Electrónica y Automática: obligatoria de 3º curso, 7,5 créditos, de los que 3 son de electrónica (2 teoría y 1 prácticas) y 3,5 de automática.
  - Los contenidos de automática son: modelado, representación, análisis y diseño de sistemas de control.
  - Los contenidos de electrónica: señales, circuitos, Componentes pasivos, componentes activos, amplificador operacional y sensores.
- Aplicaciones Electrónicas para la Ingeniería Mecánica: optativa de 4º curso, 4,5 créditos. Contenidos: electrónica digital y microcontroladores y electrónica de potencia.

Como se observa, el plan de estudios solo cuenta con dos asignaturas en las que impartir conocimientos de electrónica, una troncal Electrónica y Automática, y otra optativa Aplicaciones Electrónicas para la Ingeniería Mecánica. La docencia de electrónica de ambas está asignada al Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universitat Politècnica de València.

### III. ASIGNATURA “ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA”.

La asignatura “Electrónica y Automática” es obligatoria, pertenece al MÓDULO 2: Común a la Rama Industrial, y en la materia “Ingeniería Eléctrica, Automática y Electrónica”. La asignatura posee 7,5 créditos (ECTS) pero está compartida entre dos departamentos: el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática que imparte 4,5 créditos, y el Departamento de Ingeniería Electrónica que imparte 3

créditos, de los cuales 2 son de Teoría y Práctica de aula y 1 de prácticas de laboratorio. Los conocimientos recomendados para iniciar esta asignatura son: Matemáticas, Física y Tecnología Eléctrica.

Esta asignatura se imparte en el segundo cuatrimestre del tercer curso, y es entonces cuando los alumnos tienen el primer contacto con la electrónica. El número de alumnos matriculados en la asignatura es elevado unos 160, se distribuyen en 3 grupos de teoría y 7 de prácticas de laboratorio.

En general, la actitud de los alumnos al comenzar la asignatura se podría afirmar que es de cierto escepticismo, porque consideran que esta disciplina es ajena a los cometidos de un ingeniero mecánico. Por ello, un objetivo importante del profesorado es hacerles ver la presencia de la electrónica en aplicaciones propias de la ingeniería mecánica, y en ese sentido conseguir una motivación e interés por su estudio.

Con todo ello se pretende que el alumno sea capaz de realizar el análisis y diseño de circuitos básicos, medidas y comprobaciones experimentales y la resolución de fallos. Este es el eje de los resultados de aprendizaje buscados en la asignatura. Aunque son amplios los ámbitos de la electrónica cubiertos por la asignatura, evidentemente la profundidad en que se abordan no alcanza la de otras asignaturas de grados de electrónica más específicas. No obstante, los alumnos consiguen tener un buen dominio de los temas tratados, lo que ha permitido que algunos desarrollen su actividad profesional en realidades multidisciplinares en las que la electrónica es una parte muy importante.

#### A. Contenidos y metodología.

A la hora de plantear los contenidos y métodos docentes de esta asignatura el profesorado consideró múltiples condiciones de contorno, especialmente:

- El número de créditos es muy reducido (2) para impartir todos los conocimientos que serían deseables, lo que lleva a seleccionar con mucho cuidado los contenidos y elegir una adecuada metodología.
- Analizó los contenidos impartidos en asignaturas cursadas previamente, al objeto de no repetir explicaciones o dejar de tratar otras de interés.
- Investigó cuáles son los campos de actuación del ingeniero mecánico. En ese sentido cobra especial relevancia la presencia de la electrónica en el ámbito del diseño y mantenimiento de máquinas e instalaciones.

A partir de las condiciones reseñadas varios profesores y profesionales egresados realizaron un trabajo conjunto para determinar los contenidos a impartir. Concluyeron que la asignatura debería abordar conceptos de electrónica industrial especialmente orientada a la automatización y medida. Es decir, la formación se dirigió hacia el estudio de aplicaciones en los campos de la electrónica de potencia, así como sensores e instrumentación electrónica para el área mecánica. A partir de ahí, se ha desarrollado unos contenidos de la asignatura que comienzan con los conocimientos básicos de la electrónica: señales y circuitos eléctricos, componentes pasivos, componentes activos (diodos, transistores bipolares, MOS e IGBT), amplificadores operacionales y sensores. De los

componentes activos se estudian, además de los principios básicos de funcionamiento, sus parámetros y aplicaciones básicas. Se obvia el análisis en amplificación.

Un aspecto para destacar es que el estudio de cada uno de estos contenidos se acompaña con ejemplos de aplicaciones en el campo de la mecánica. Son elementos recuperados o adaptados –desmontados para apreciar su constitución y principio de funcionamiento– por los propios profesores que se llevan al aula para que los alumnos tengan contacto con los mismos, mostrando su proximidad en la vida real al objeto de despertar el pretendido interés. Se muestra a continuación algunos de los ejemplos utilizados:

- El rectificador con diodos se asocia con un alternador de automóvil por poseer dos rectificadores trifásicos y un regulador.

Despiece alternador. Regulador en la parte inferior



Rotor: genera campo magnético (piezas polares y colectores)

Fig. 1. Ejemplo de aplicación de componentes electrónicos a la mecánica del automóvil. Rectificador en un alternador de automóvil

- Un caudalímetro de un motor de automóvil utiliza un divisor resistivo y un sensor temperatura.
- Los detectores de humo que hay en las aulas emplean diodos LED y sensores ópticos.
- Una base de múltiples tomas de corriente (regleta) con protección contra sobretensiones, para introducir los varistores y otros sensores de protección contra sobretensiones.
- La fuente de alimentación lineal del laboratorio marca PROMAX se lleva a clase y se abre, se presenta el diagrama de bloques, el esquema electrónico y se identifica sobre ella cada componente y circuito. Ello permite que además de ver y estudiar los circuitos internos distinguir componentes pasivos, dispositivos

activos, radiadores de calor, rectificadores, filtros y reguladores.



Fig. 2. Ejemplo de aplicación de led y fotodiodos. Sensor de humos del aula.

- Algunos montajes con Arduino, como por ejemplo un sencillo montaje con el que obtener un mapa de colores RGB con un LED tricolor, simulando en paralelo con el programa *TinkerCAD circuits*. Ello permite experimentar con la composición aditiva de colores en el LED variando el valor medio de la corriente con señales PWM, y también observar cómo son dichas señales y el principio de la técnica de control de las mismas.
- Al tratar la parte de la asignatura correspondiente a sensores, en cada una de las tres sesiones se muestran múltiples aplicaciones, por ejemplo: de bimetales en una plancha doméstica, calefactores o interruptores de protección magnetotérmicos, de un bloque termopar en un calentador de agua, una simple regla metálica con una galga para ver precisión en la medida de peso-fuerza, cámaras termográficas de infrarrojos, etc.

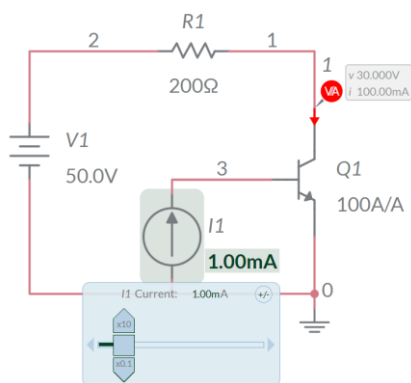
En clase, mientras los alumnos tienen contacto con estos elementos se dan explicaciones sobre los mismos, consiguiendo cierta aproximación a la electrónica a través de dichas aplicaciones. Los alumnos son capaces de entender cualitativamente su funcionamiento.

Para el análisis y simulaciones de los circuitos electrónicos, se utilizan los programas *Tinkercad Circuits* y *Multisim Live*. Las simulaciones ayudan a reforzar la formación y la comprensión del funcionamiento de los circuitos sin dedicar excesivo tiempo a cálculos. Por ejemplo, con la simulación del filtro por condensador en fuente alimentación lineal puede apreciarse cómo afecta la capacidad del condensador y de la resistencia de carga. Como ejemplo en este sentido, también es interesante la simulación de rectificadores trifásicos sustituyendo diodos por LED con una señal trifásica de frecuencia 0,5 Hz, que permite mostrar la secuencia de conducción de los diodos en puentes trifásicos facilitando su comprensión.

<https://www.multisim.com/content/SyqfSxnMUYXRgAbuw2BpU/rectificador-doble-onda-trifasico-rto/open/>

Otro ejemplo es el funcionamiento del transistor bipolar al que se conecta en su base una fuente de corriente y se observa

cómo varían la corriente de colector y la tensión colector-emisor al variar la corriente de base y/o la resistencia de colector.



<https://www.multisim.com/content/bFkSXoCn6RjwDeSkw7xjC3/ganancia-corriente-bjt-rto/open/>

Fig. 3. Ejemplo de simulación de circuitos con programa Multisim. Transistor bipolar.

El mismo planteamiento se utiliza para observar el funcionamiento del amplificador operacional.

En la actualidad los alumnos disponen simulaciones de casi todos los circuitos que se estudian en clase.

#### B. Materiales docentes y evaluación.

Respecto a los materiales para seguir y estudiar la asignatura se aportan por una parte las diapositivas que el profesor utiliza en clase, enunciados de problemas y tests, así como las soluciones de los mismos. También se aporta grabaciones en video tanto de las diapositivas como de las soluciones de los ejercicios y tests. Las grabaciones se estructuran en base a bloques conceptuales de cada unidad consistentes en diapositivas locutadas, se procura que su duración no exceda de 20 minutos. Es un elemento clave para cumplir la programación y es de gran ayuda para el alumno en su estudio, puesto que se remite al alumno a que visualice por su cuenta algunos conceptos. También se dispone de vídeos demostrativos de experimentos, de refuerzo de algún punto importante o de aclaración de conceptos, por ejemplo, diferencias entre la medida a dos, tres y cuatro terminales, diferencias entre sensibilidad y sensibilidad nominal, etc.

Como hemos comentado los contenidos de Electrónica se dividen en cinco unidades temáticas. A la conclusión de cada unidad, el alumno realiza un ejercicio de autoevaluación desde casa utilizando la plataforma digital institucional de la asignatura (PoliformaT). Estas pruebas permiten, tanto al alumno como al profesor, conocer el nivel de aprendizaje alcanzado, siendo crucial para el seguimiento de la asignatura.

La evaluación consta de tres exámenes (utilizando la misma plataforma online de la asignatura), un examen de prácticas, también se valoran las memorias de prácticas, así como tareas adicionales propuestas en alguna unidad temática.

La nota final de la asignatura es la media de la nota que obtienen los alumnos en Electrónica y en la parte correspondiente a Automática que, como se ha indicado, imparte el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Además de las competencias específicas del contenido de la asignatura nuestra universidad ha establecido una serie de competencias transversales distribuidas entre todas las asignaturas de cada titulación para garantizar que se cubren en su totalidad. La correspondiente a esta asignatura es “Planificación y gestión del tiempo”.

#### IV. ASIGNATURA “APLICACIONES ELECTRÓNICAS PARA INGENIERÍA MECÁNICA”

Esta es la segunda asignatura que imparte el Departamento de Ingeniería Electrónica, es del Módulo de Optatividad. Tiene 4,5 créditos y se imparte en el segundo cuatrimestre de 4º curso. Es muy demandada y la matrícula se completa rápidamente cubriéndose todas las plazas ofertadas, un total de 30 alumnos. Ese es el límite de matrícula establecido por la ETSID en asignaturas optativas. Este hecho viene a reflejar que la docencia y la metodología de la asignatura troncal de Electrónica ha conseguido motivar a los alumnos y mostrar interés hacia esta materia. No obstante, al impartirse en el último cuatrimestre del grado, algunos alumnos anulan la matrícula para realizar prácticas en empresas o estancias Erasmus, quedando en el grupo entre 15 y 20 alumnos.

El alumno que cursa la asignatura cuenta con los conocimientos y destrezas adquiridos en la asignatura expuesta anteriormente, especialmente los relativos a las bases de conmutación de transistores, técnicas de control, aplicaciones de control de motores y protecciones.

En la asignatura se amplía la formación de electrónica en el campo de la electrónica digital y de la electrónica de potencia desde un punto de vista más aplicado (dispositivos de potencia, motores y actuadores y sistemas de control) y se introduce el uso de sistemas programables con la plataforma *Arduino*.

#### A. Metodología.

Las primeras sesiones se dedican a introducir conceptos teóricos complementarios.

Concluidas dichas sesiones, las clases continúan con una metodología basada en el desarrollo de proyectos, el autoaprendizaje y el trabajo en equipo. Cada equipo está constituido por dos alumnos que realizan dos trabajos, usando la plataforma *Arduino UNO* que se ha estudiado previamente. En el desarrollo de los proyectos, se anima a que las dudas surgidas se resuelvan entre los propios compañeros de clase, lo que propicia la colaboración entre grupos. En caso de que, por su dificultad, no sea resuelta por los compañeros, interviene el profesor.

Los primeros proyectos que realizan son más básicos, por ejemplo, como el control remoto de motores (paso a paso, servomotores, motores DC) usando la plataforma *Arduino* y mandos estándar comerciales (mando de TV, de Wii, PS2, etc.).

En los segundos se incrementa la complejidad. Se trabaja sobre kits desarrollados ex profeso o comerciales. Incluyen motores, sensores o finales de carrera y comunicaciones más complejas. Es usual que el alumno desarrolle alguna aplicación (APP) sencilla para el control desde un *smartphone*. Algunos ejemplos de estos últimos se muestran a continuación:

1) Control del movimiento de un pequeño vehículo autodirigido. Utilizando un vehículo que lleva incorporado pequeños motores de continua, sensor distancia por ultrasonidos, módulo *bluetooth*, batería y microcontrolador *Arduino NANO*. Se muestra en la Figura 4.

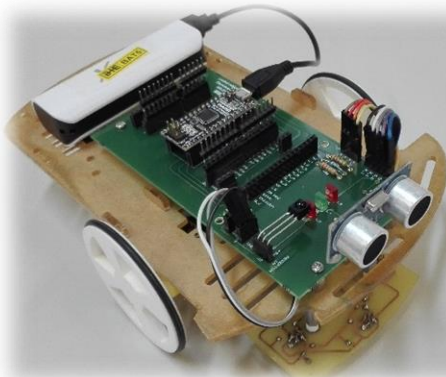


Fig. 4. Proyecto de vehículo autodirigido con tres tipos de control

2) Control del movimiento de un pequeño vehículo autodirigido, en este caso incorpora servomotores de rotación continua, módulo *bluetooth*, sensor de distancia láser, batería y microcontrolador *Arduino NANO*, mostrado en la Figura 5.

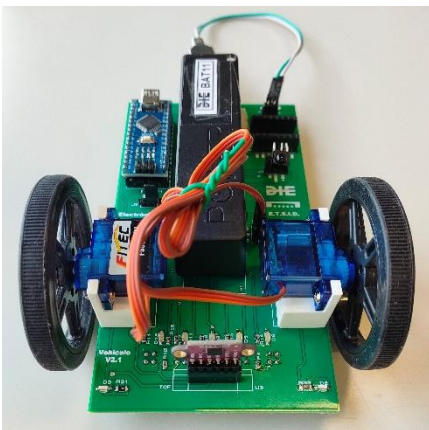


Fig. 5. Proyecto de vehículo autodirigido por servos de rotación continua y sensor distancia láser

En Los proyectos 1) y 2) el vehículo se controla desde el teléfono móvil por *bluetooth*, y deben desarrollar también la aplicación Android de control del vehículo. En algunos casos se implementa un control por mando a distancia de dispositivos comerciales estándar para juegos como *Wii* o *PS2*.

Alguna otra propuesta para estos vehículos incorpora el desarrollo de algún tipo de control de movimiento como sigue-líneas o salva-obstáculos empleando sensores de distancia, etc.

3) Control brazo robot con servomotores de 5 grados de libertad. En este caso, el control se implementa con los mandos a distancia referidos anteriormente.

4) Control maqueta paletizadora que emplea motores paso a paso, con un control similar al anterior.

5) Control fresadora de bajo coste con motores paso a paso y *Arduino MEGA*. La imagen para reproducir se envía desde un PC.

### B. Evaluación.

Respecto a la evaluación, los alumnos redactan un informe de cada uno de los trabajos, exponen y muestran su funcionamiento al resto de compañeros y al profesor. Cada grupo recibe la valoración de los otros grupos con un peso del 70%, complementada con la del profesor.

Adicionalmente se valora el grado de autonomía del alumno y la calidad del trabajo realizado, en forma de observación del profesor.

Cada grupo dispone de 1 punto para que sus integrantes convengan el reparto atendiendo a la aportación de cada uno. Al final de cada proyecto deberán indicar al profesor como se distribuyen entre los dos, en función del trabajo o aportaciones de cada uno.

De todo esto se desprende que la metodología empleada se centra en el aprendizaje basado en proyectos y trabajo en equipo lo que nos permite que el alumno adquiera algunas de las competencias fijadas por la escuela para esta asignatura [10]. En concreto tiene asignada las siguientes:

- Comprensión e integración.
- Diseño y proyecto.
- Trabajo en equipo y liderazgo.

Las cuales pueden ser evaluadas con la metodología propuesta. En este sentido cada alumno valora a sus compañeros en aspectos como compañerismo, liderazgo y trabajo en equipo.

## V. RESULTADOS OBTENIDOS

Tras varios años de docencia en esta estas asignaturas y de aplicar los métodos docentes descritos hemos analizado los resultados obtenidos, tanto por la calificación de los alumnos en los distintos actos de evaluación como de las las valoraciones de los propios alumnos en las encuestas que pasa la universidad.

Los resultados académicos en ambas asignaturas de electrónica en una titulación de mecánica se pueden considerar como muy buenos, teniendo presente que sus condiciones de contorno no son las mismas. La satisfacción de los alumnos se ve reflejada por las calificaciones y las encuestas de opinión del alumnado que tienen puntuaciones elevadas, y por otro lado por la calidad de los proyectos presentados, así como la enorme satisfacción que tienen cuando se ven capaces de desarrollar un proyecto experimental que funciona de forma autónoma. Por supuesto, los alumnos adquieren conocimientos y destreza en un ámbito que se aleja de su especialidad, y que sin duda refuerza sus competencias y valía profesional.

En las encuestas de alumnado hay un ítem que se refiere a la valoración (sobre 10) de la metodología empleada en la asignatura. Se han extraído los resultados de los cuatro últimos cursos y es la que aparece en la Figura 6. Se puede apreciar que en la asignatura troncal la valoración ha aumentado de forma progresiva, los resultados se pueden considerar satisfactorios dado que se trata de la primera asignatura, de carácter troncal, que no pertenece a la especialidad de la titulación. Esta evolución consideramos que está influida por

la incorporación de los ejemplos de aplicación citados anteriormente que cada curso ha ido en aumento. Respecto a la asignatura optativa tiene una valoración muy alta, lo que refleja la validez de la metodología empleada. En la asignatura troncal, se observa que el paulatino incremento de los ejemplos de aplicación real presentados en clase, así como la incorporación de las diapositivas locutadas, las simulaciones aportadas y otros recursos audiovisuales, los resultados han mejorado curso a curso. La ruptura en los datos recientes relativos a 20/21 de la asignatura optativa podrían estar influidos por la situación de pandemia.

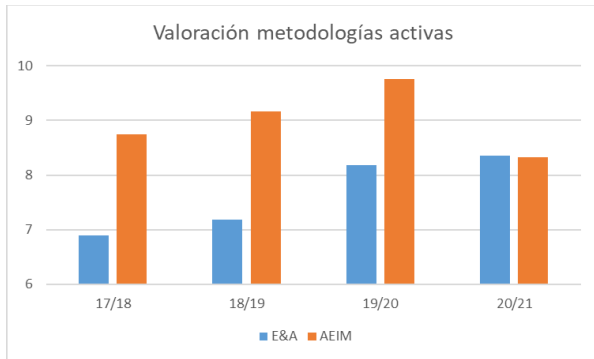


Fig. 6. Valoración de la metodología empleada en las asignaturas: Electrónica y Automática (E&A) y Aplicaciones Electrónicas para la Ingeniería Mecánica (AEIM).

#### REFERENCIAS

- [1] G. Solomon, "Project-Based learning: A Primer," Technol. Learn., Jan. 2003, vol. 23, no. 6, pp. 20–30.
- [2] J. Macías-Guarasa, J. M. Montero, R. San-Segundo, Á. Araujo, y O. Nieto-Taladriz, "A project-based learning approach to design electronic systems curricula," IEEE Trans. Educ., vol. 49, no. 3, pp. 389–397, Aug. 2006.
- [3] J. Wu y L. Fan, "Student experience in using Project-based Learning (PBL) in higher education ", 6th International Conference on Digital Content, Multimedia Technology and its Applications (IDC), 2010 pp: 273- 277.
- [4] R. Hong Chu, D. D. C. Lu, y S. Sathiakumar, "Project-Based Lab Teaching for Power Electronics and Drives," Education, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 108-113, 2008.
- [5] J. Macías-Guarasa, J. M. Montero, R. San-Segundo, Á. Araujo, y O. Nieto-Taladriz, "A project-based learning approach to design electronic systems curricula," IEEE Trans. Educ., vol. 49, no. 3, pp. 389–397, Aug. 2006.
- [6] M. Arias-Pérez-de-Azpeitia, F. Fernández-Linera, D. González-Lamar, M. Hernando y A. Rodríguez. "Influencia del aprendizaje basado en proyectos en asignaturas de diseño de sistemas basados en microcontrolador.", TAAE, 2010.
- [7] J. Pastor y P. A. Revenga "Aprendizaje basado en proyectos en una asignatura transversal de robótica móvil", TAAE, 2014
- [8] L. Gil, R. Masot y M. Alcañiz, "Descubriendo la electrónica a los ingenieros aeroespaciales", TAAE, 2014.
- [9] D. G. Reina, M. Perales, S. L. Toral y F. Barrero, "Los Proyectos de Ingeniería Electrónica en el marco de los Resultados de Aprendizaje EUR-ACE", TAAE, 2016.
- [10] J. Ibáñez, R. Masot, M. Alcañiz, C. Olguin, C. Sánchez, R. Capilla y L. Gil. "El reto del aprendizaje basado en proyectos para trabajar en competencias transversales. Aplicación a asignaturas de Electrónica en la ETSID de la UPV" CUIEET, 2018