

# Diseño de Actividades para Promocionar los Estudios de Ingeniería entre Estudiantes de Secundaria

Sergio López Gregorio, Antonio Carpeño Ruiz, Jesús Arriaga García de Andoain, Mariano Ruiz González y Alejandro Martín Lozano

**Title—Design of activities to promote engineering studies among high school students.**

**Abstract—**In recent years several institutions have begun to organize different outreach scientific activities among high school students. The main objective of these activities is to reverse the trend detected in many countries related to the decrease in the number of students choosing university studies in the field of engineering. This article shows how a set of activities have been designed, within the framework of a project funded by the Universidad Politécnica de Madrid (Spain), to increase technological vocations among young students. In addition, the results of the experiences with high school students of the Community of Madrid have been included.

**Index Terms—**Promoting technological vocations, engineering education, remote laboratories, outreach activities

## I. INTRODUCCIÓN

SEGÚN la agencia CEDEFOP (European centre for development of vocational training) se prevé que en el decenio 2015-2025 la demanda de ingenieros y científicos en Europa aumente un 13% [1]. Por otra parte en numerosos artículos e informes realizados en la última década se refleja que en la mayoría de los países desarrollados existe una tendencia descendente respecto al número de estudiantes que se matriculan en carreras de ingeniería [2]. Los dos datos expuestos anteriormente, en concreto la necesidad a corto plazo de ingenieros y la falta actual de vocaciones tecnológicas en los jóvenes, pueden originar una serie de problemas que repercutan negativamente en la economía de esos países.

En España la disminución del número de estudiantes matriculados en enseñanzas universitarias asociadas a la ingeniería es evidente al consultar los datos proporcionados por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [3]. Como se puede observar en la Tabla I existe un descenso anual en el número de matriculaciones de estudiantes de la rama de Ingeniería y Arquitectura superior al 9% y una reducción en el decenio 2005-2015 superior al 28%.

Otro aspecto preocupante es el relacionado con la brecha de género en el ámbito de las ingenierías. Con respecto a las matriculaciones en España, en el curso 2014-15, solo el

Sergio López, Antonio Carpeño, Jesús Arriaga, Mariano Ruiz y Alejandro Martín pertenecen al Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Ctra. Valencia Km.7, 28031, Madrid, España (emails: {sergio.lopez, antonio.cruiz, jesus.arriaga, mariano.ruiz}@upm.es, a.martinl@alumnos.upm.es).

TABLA I

EVOLUCIÓN DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS MATRICULADOS EN GRADO Y 1<sup>ER</sup> Y 2<sup>º</sup> CICLO POR RAMA DE ENSEÑANZA

	Curso Académico			Tasa de variación	
	2004-05	2013-14	2014-15	Anual	2014-15/2004-05
<b>Total</b>	1.459.178	1.416.827	1.361.340	-3,9%	-6,7%
C. Sociales y Jurídicas	714.365	665.236	632.931	-4,9%	-11,4%
Ingeniería y Arquitectura	385.904	302.826	274.976	-9,2%	-28,7%
Artes y Humanidades	137.650	135.315	135.240	-0,1%	-1,8%
Ciencias de la Salud	115.882	231.664	236.861	2,2%	104,4%
Ciencias	105.377	81.786	81.332	-0,6%	-22,8%

25,8 correspondían a mujeres [3]. Entre los egresados en los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), en promedio, en 2014 obtuvieron el título de ingeniería el triple de hombres que de mujeres [4].

En diferentes artículos e informes relacionados con las preferencias profesionales de los estudiantes de secundaria se pone de manifiesto el escaso interés que poseen ante las carreras vinculadas con las materias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) [5]. En el proyecto ASPIRES, elaborado por el King's College de Londres [6], se muestran de forma ordenada las profesiones preferidas por los estudiantes de secundaria. Los primeros puestos son ocupados por las profesiones vinculadas a los negocios y al arte y diseño. En puestos intermedios se encuentran las asociadas a la enseñanza, medicina y leyes. En puestos inferiores aparece la ingeniería y más atrás, ocupando el penúltimo lugar por detrás de las profesiones relacionadas con la peluquería y estética, la profesión de científico. En el proyecto ROSE (The Relevance of Science Education), realizado con adolescentes de 15 años de varios países, se muestra que en los países industrializados las asignaturas de ciencias en los colegios y las carreras vinculadas a la tecnología no son atractivas para los jóvenes y en menor medida para las mujeres [7].

Los factores que motivan la escasa vocación por las carreras científico-técnicas son múltiples, estando relacionados con la percepción de uno mismo y el entorno familiar, educativo y social que rodea a cada estudiante [8]. Entre dichos factores se pueden destacar los siguientes [9]:

- Metodologías utilizadas y disminución del nivel en las enseñanzas de las matemáticas y ciencias en los centros de secundaria.
- Percepción sobre la dificultad de estas carreras frente a otras relacionadas con otras disciplinas.
- Duración real de los estudios universitarios asociados a carreras técnicas.
- Expectativas laborales poco atractivas debido a la dificultad para encontrar un trabajo acorde a las competencias adquiridas en estas carreras.
- Salarios poco competitivos comparados con los percibidos por los profesionales de otros ámbitos.

Para conseguir que los jóvenes valoren como una posible opción la elección de estudios relacionados con la tecnología se pueden tener en cuenta las siguientes recomendaciones [10]:

- La educación en tecnología se debe incorporar en los planes de estudios escolares comenzando desde la educación infantil.
- Proyectar una imagen de la tecnología, por parte de profesores, ingenieros, científicos, familias y medios de comunicación, que muestre su influencia positiva en la sociedad actual.
- Adoptar ampliamente en las universidades estrategias de aprendizaje activo que estimulen el interés de los estudiantes y reduzcan la duración real de los estudios y el abandono.
- Realizar acciones de divulgación que acerquen la tecnología a los estudiantes de educación secundaria.
- Extender el contacto entre estudiantes y la industria, mostrándose, de forma directa y cercana, las capacidades y actitudes que deben poseer los ingenieros.

De entre las recomendaciones anteriores este artículo va a centrarse en la relacionada con la puesta en marcha de acciones divulgativas que además de acercar la tecnología a los jóvenes puedan servir para incrementar su interés por matricularse en carreras del ámbito de la ingeniería.

Son muy numerosos los programas y proyectos que han surgido con el objetivo de divulgar la ciencia y aumentar las vocaciones tecnológicas de los jóvenes. Pueden destacarse las siguientes iniciativas:

- El proyecto *Ingenious* que ha llevado a cabo numerosas acciones con el fin de mejorar la imagen de las carreras del área STEM entre los jóvenes [11].
- El proyecto *Go-Lab* que pone al alcance de los estudiantes la posibilidad de realizar experimentos prácticos relacionados con las ciencias a través del uso de laboratorios virtuales y remotos [12].
- El programa *FIRST* que pretende promocionar el interés de los jóvenes por la ciencia y la tecnología a través de competiciones donde se diseñan, construyen y programan robots [13].
- El programa *Outreach MIT* que ofrece múltiples actividades en el ámbito de la ciencia y la ingeniería dirigidas a niños y adolescentes en las que participan estudiantes y profesores del Instituto Tecnológico de Massachusetts [14].
- El portal *Try Engineering*, patrocinado por la empresa IBM y la asociación IEEE, que ofrece numerosos recursos para ayudar a los jóvenes a comprender los aspectos que rodean a la ingeniería [15].

Muchas universidades españolas y de otros países donde se imparten estudios de ingeniería han implantado, a lo largo de los últimos años, programas dirigidos a incrementar las vocaciones tecnológicas entre los jóvenes estudiantes [16]-[20]. La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) también se ha unido a esta línea de actuación y ha llevado a cabo varias iniciativas. Por un lado en colaboración con la Real Academia de Ingeniería de España, otras universidades españolas y varias empresas líderes del sector tecnológico se han promovido una serie de experiencias de divulgación en el marco del proyecto “Fomento de las Vocaciones Tecnológicas”. Por otra parte, en colaboración con la Fundación Universidad-Empresa (FUE) se ha colaborado en el Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas llevando a cabo un conjunto de talleres en centros de enseñanza secundaria de la Comunidad de Madrid vinculados a varias áreas científico-tecnológicas.

El trabajo que aquí se presenta se enmarca dentro de las líneas de actuación de la UPM citadas anteriormente y pretende mostrar cómo se han planificado experiencias y diseñado diversas actividades para incrementar el interés por los estudios de ingeniería entre estudiantes de secundaria. Como aspecto relevante hay que señalar que las actividades diseñadas se han basado en el área de la electrónica. La elección de esta disciplina se justifica por encontrarse muy interrelacionada con la mayoría de las ramas de la ingeniería y por ser una tecnología incorporada en muchos dispositivos que utilizan los jóvenes en su entorno cotidiano.

Este artículo, estructurado en varios apartados, es una versión extendida y mejorada de un artículo publicado en el congreso TAEE (Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica) llevado a cabo en Junio de 2016 [21]. Se han realizado modificaciones en todos los apartados para mejorar el artículo original. En concreto en el apartado I se han añadido los factores típicos de desmotivación ante los estudios científico-tecnológicos de los jóvenes, se han añadido recomendaciones para aumentar las vocaciones tecnológicas y se ha extendido la descripción de programas y proyectos dedicados a la divulgación de la ciencia. En el apartado II, donde se describe la planificación de las experiencias desarrolladas, se han añadido los tipos de acciones más comunes que se llevan a cabo para incrementar las vocaciones tecnológicas. En el apartado III, donde se muestra el diseño de las actividades propuestas, se han simplificado las descripciones de las mismas. En el apartado IV, donde se exponen los resultados obtenidos en las experiencias realizadas, se han incorporado los resultados obtenidos en las experiencias realizadas bajo el marco del Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas de la Comunidad de Madrid y se han destacado los aspectos más relevantes asociados a las experiencias desarrolladas. El apartado de Conclusiones ha sido modificado por completo y se han incluido hasta doce referencias adicionales.

## II. PLANIFICACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS

Las acciones de divulgación que se llevan a cabo hacia los jóvenes para incrementar las vocaciones tecnológicas pueden tener diferentes formatos, los más comunes son los siguientes [17],[18]:

- Seminarios y workshops
- Portales web
- Visitas a universidades, centros tecnológicos o industrias

- Ferias de ciencia e ingeniería
- Campus de verano
- Talleres prácticos en centros universitarios o escolares.

Si el tiempo disponible para las actividades es suficiente los talleres prácticos en laboratorios donde los jóvenes tengan una participación activa es el formato preferido de divulgación [19]. Respecto al lugar donde realizar dichos talleres existen pros y contras. Si se realizan en centros universitarios los estudiantes viven una experiencia que les acerca al ambiente real que se vive en la universidad y además tienen la oportunidad de poder utilizar equipos que no están disponibles en sus escuelas [20]. Por el contrario, si se realizan en los centros escolares se evitan los inconvenientes asociados al transporte de un numeroso grupo de estudiantes y se dispone de más flexibilidad a la hora de programar la experiencia.

Respecto a la etapa educativa más recomendable para llevar a cabo experiencias de divulgación es importante tener en cuenta lo manifestado en un informe de la Fundación Nuffield[22]. Según el mismo los estudiantes desarrollan su interés por los estudios de ciencias antes de los catorce años, disminuyendo el mismo a medida que avanzan de cursos. Por este motivo, para intentar que la desmotivación por las ciencias no se reduzca a partir de los catorce años, sería recomendable que las actividades de divulgación se desarrollen fundamentalmente entre los cursos de segundo a cuarto de educación secundaria obligatoria (14-16 años).

Para disponer de un elevado nivel de flexibilidad a la hora de realizar las experiencias de divulgación con los estudiantes de secundaria se ha definido un catálogo de actividades. En la planificación global de todas las experiencias se han seguido las recomendaciones incluidas en un estudio sobre vocaciones científicas elaborado por la Fundación Bancaria “la Caixa”, FECYT y Everis[8]. Atendiendo a dichas recomendaciones se han establecido los siguientes requisitos a la hora de planificar cada experiencia:

- Informar sobre la relevancia de las profesiones vinculadas a la ingeniería para el desarrollo social y económico de nuestra sociedad, poniendo de relieve la importancia de la tecnología electrónica como disciplina transversal para muchas de las ramas de la ingeniería. Es fundamental dejar claros los beneficios que aportan los estudios relacionados con las ciencias y la ingeniería, aunque supongan, en algunos casos, un mayor nivel de esfuerzo y dedicación.
- Conseguir captar el interés y la motivación de los estudiantes. Para ello, por un lado, se va a utilizar un recurso educativo basado en mundos virtuales 3D (plataforma eLab3D) que resulta muy atrayente para los jóvenes por tener muchas similitudes con los entornos virtuales con los que juegan en sus tiempos de ocio. Por otra parte, se van a manipular de forma real placas de pruebas, componentes electrónicos e instrumentos que se utilizan habitualmente en los laboratorios universitarios y a los que, en muchos casos, no tienen acceso los estudiantes en sus centros escolares. En cada actividad se combinará el uso de la plataforma eLab3D y las placas de pruebas sobre un mismo circuito electrónico para facilitar la comprensión de su funcionamiento.

- Implicar a los profesores de los centros de secundaria participantes en las experiencias en el desarrollo de las actividades. Hay que tener en cuenta que en sus manos está, en gran medida, la decisión final sobre los estudios superiores que elegirán los estudiantes.
- Incluir ejercicios didácticos relacionados con bloques o partes de sistemas reales y cotidianos que sean fáciles de comprender. En dichos ejercicios los estudiantes deben participar de forma activa resolviendo algún tipo de reto, de forma colaborativa, en el que se apliquen técnicas de *role playing* (actuando como ingenieros o técnicos ofreciendo ideas para resolver el reto). Cada ejercicio tendrá asignada una puntuación que variará en función del tiempo dedicado a finalizarla correctamente. Se organizará una competición en la que el grupo ganador será aquel que obtenga más puntos después de realizar todas las actividades.
- Incluir como personal colaborador en el desarrollo de las actividades a estudiantes universitarios próximos a finalizar los estudios o egresados con los que puedan interactuar fácilmente los estudiantes de enseñanza secundaria. La participación de estos colaboradores resulta muy interesante ya que son vistos por los estudiantes como modelos de referencia cercanos a los que poder imitar.

### III. DISEÑO DE LAS ACTIVIDADES

Teniendo en cuenta los requisitos citados en el apartado anterior se van a describir a continuación las actividades desarrolladas que forman parte del catálogo disponible para preparar las experiencias a realizar con estudiantes de enseñanza secundaria. En ellas se incluyen diferentes ejercicios, relacionados con sencillos bloques electrónicos que forman parte de sistemas utilizados en muchas ramas de la ingeniería. En el diseño de las actividades han participado profesores de secundaria y se ha tenido en cuenta que los estudiantes, a partir del segundo curso de educación secundaria obligatoria (ESO), ya tienen nociones básicas sobre electricidad y que a partir de tercero de la ESO tienen conocimientos sobre el funcionamiento de varios componentes electrónicos como condensadores, diodos y transistores. Respecto a los circuitos incluidos en las diferentes actividades hay que aclarar que los enunciados han sido preparados para que su análisis pueda ser realizado de forma sencilla por los estudiantes. Las actividades para programar cada experiencia se elegirán en función de diversos factores: lugar donde se tenga que realizar la experiencia, tiempo disponible y el curso académico al que pertenezcan los estudiantes.

#### A. Actividad 1

A modo de introducción y con el fin específico de despertar el interés general de los estudiantes se debe realizar una presentación inicial en la que se refleje la importancia de la función del ingeniero en el desarrollo, a nivel social y económico, de la sociedad actual. Se debe remarcar que su actividad no sólo repercute en el ámbito industrial sino que está relacionada con otras muchas áreas como por ejemplo la agroalimentaria, la sanitaria o la farmacéutica. Esta relación con todos los ámbitos de la sociedad es fundamental, sobre todo, para motivar a las mujeres ya que, según numerosos estudios, eligen carreras universitarias que proporcionan claramente algún servicio a la sociedad [23].

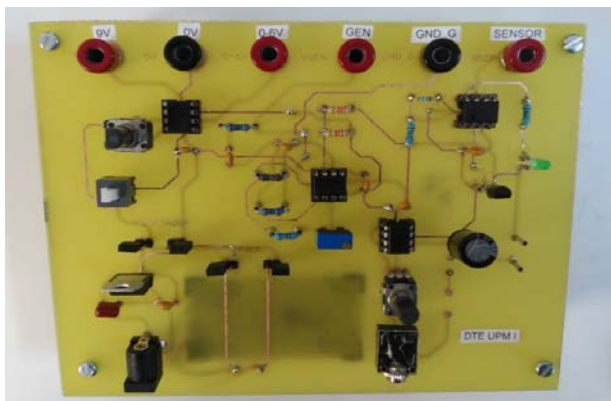


Fig. 1. Placa DTE UPM

Asimismo se deben proporcionar datos de interés relacionados con el nivel de empleabilidad de los titulados en ingeniería, sus salarios y la oferta de títulos de grado existente relacionados con la ingeniería. En la Tabla II se reflejan las carreras con mayores tasas de empleo en España en el año 2014 entre titulados del curso 2009-2010 [24]. Es remarcable el hecho de que entre las diez primeras hay siete titulaciones pertenecientes al área de la ingeniería. Respecto a los salarios es importante destacar que, según la OCDE, los titulados en áreas de la ingeniería tienen salarios, en promedio, un 10 % superiores a los de otros titulados[4].

Sobre la relevancia de la electrónica se debe remarcar que se trata de una tecnología que en la actualidad da soporte a cualquier rama de la ingeniería. Es interesante presentar sencillos ejemplos de sistemas electrónicos que sean familiares para los estudiantes. Por ejemplo, las descripciones de los bloques que componen un sistema de monitorización de constantes vitales (temperatura, respiración, pulso, tensión arterial, etc.) o de un sencillo termostato. A partir de estos ejemplos se deben comentar los bloques claves (amplificadores, comparadores, filtros) que están presentes en multitud de sistemas electrónicos y servirán de base para el resto de actividades que se propondrán.

Adicionalmente en esta actividad se deben presentar los recursos que, en función del formato elegido para cada experiencia, pueden ser utilizados en las demás actividades. En primer lugar se realizará una demostración sobre el funcionamiento básico de la plataforma eLab3D [25]. Esta plataforma integra un laboratorio remoto de electrónica en el que los usuarios, mediante sus avatares en un mundo virtual 3D, pueden realizar el montaje y prueba real de

TABLA II

TITULACIONES CON MAYORES TASAS DE EMPLEO. AÑO 2014  
(TITULADOS EN EL CURSO 2009-2010)

Carreras universitarias	Tasa de Empleo (%)	Tasa de paro (%)
Ingeniero en Electrónica	98,0	1,4
Licenciado en Medicina	97,7	0,6
Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial	96,2	0,0
Ingeniero Aeronáutico	96,0	2,8
Ingeniero Naval y Océánico	94,6	5,4
Ingeniero en Informática	93,4	3,8
Licenciado en Investigación y Técnicas de Mercado	92,3	4,4
Ingeniero de Telecomunicación	91,7	5,0
Ingeniero Industrial	91,7	7,0
Licenciado en Máquinas Navales	91,3	5,7

circuitos electrónicos de forma idéntica a como se haría en un laboratorio tradicional. Un vídeo mostrando el funcionamiento básico de la plataforma eLab3D se puede consultar en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=e8S5FM3o8AA>

En segundo lugar se deben especificar las prestaciones de los recursos hardware reales que se utilizarán. Si la experiencia con los estudiantes se desarrolla en un laboratorio tradicional de un centro universitario se comentarán las funcionalidades básicas de los diferentes instrumentos de excitación y medida que se vayan a usar. Si la experiencia se desarrolla en un local de un centro de enseñanza secundaria se comentarán las funcionalidades de la placa DTE UPM, mostrada en la Fig. 1, y del multímetro de mano que se facilitará a cada grupo de estudiantes.

#### A. Actividad 2

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de circuitos muy básicos utilizando resistores y condensadores. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Aplicar la Ley de Ohm para el cálculo teórico de corrientes y voltajes en los circuitos.
- Manejar un multímetro para medir voltajes y corrientes.
- Realizar una valoración sobre el funcionamiento del circuito real comparando los resultados prácticos obtenidos con los teóricos.
- Comprobar la capacidad de almacenar energía de un condensador

Los ejercicios que se deben realizar de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. Análisis teórico de un circuito con tres resistores conectados en serie determinando los valores de la resistencia total, corriente que circula por el circuito y voltaje de salida.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje del circuito analizado y se verificará su funcionamiento realizando las medidas necesarias con el multímetro. En la Fig. 2 se muestra una imagen con el montaje a realizar sobre la placa de pruebas, la conexión del voltaje de entrada al circuito proveniente de la fuente de alimentación y la medida de voltaje a obtener con el multímetro en la salida del circuito.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizarán las mismas acciones descritas en el apartado anterior. A modo de ejemplo, en la Fig. 3 se muestra el montaje a realizar con la placa DTE UPM, la placa de pruebas y el multímetro.
4. Prueba de ingenio en la que los estudiantes deberán obtener el valor de un resistor desconocido colocado en el circuito realizando las medidas de corriente y voltaje que consideren oportunas.
5. Experimento basado en un circuito que incluye un condensador y un LED. Permite observar la descarga de la energía que previamente se ha almacenado en el condensador.

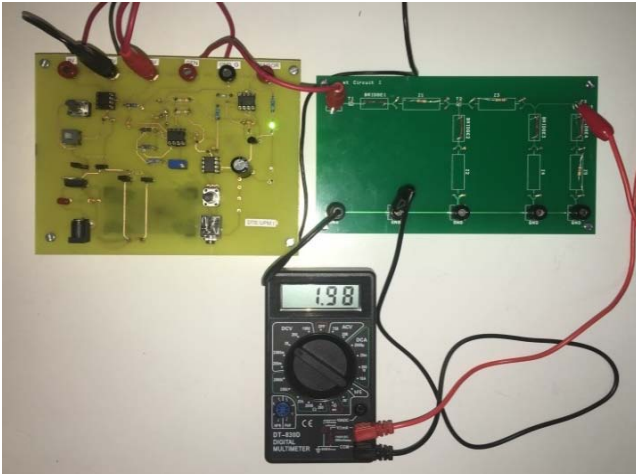


Fig. 2. Montaje y prueba del circuito con resistores con eLab3D



Fig. 3. Montaje y prueba del circuito con resistores con placa DTEUPM

### B. Actividad 3

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de circuitos muy básicos centrados en un amplificador. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Entender el fenómeno de la amplificación y su necesidad en los sistemas electrónicos.
- Implementar un sencillo amplificador, basado en amplificador operacional, con ganancia configurable mediante resistores.

Los ejercicios que se deben realizar de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. Cálculo de la ganancia teórica de un sencillo circuito amplificador basado en un amplificador operacional.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento del circuito amplificador. Se podrá elegir si la excitación de entrada al amplificador es un voltaje alterno o continuo.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizarán las mismas acciones que en el apartado anterior. Adicionalmente, con la intención de incrementar la atención y motivación de los estudiantes se realizará un experimento que permite, utilizando el amplificador de audio integrado en la placa DTE UPM, amplificar la señal de audio procedente de la salida para los auriculares de un teléfono móvil y escuchar el sonido en un altavoz que se les facilita.

### C. Actividad 4

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de circuitos comparadores. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Entender la función de los comparadores y su utilidad en diferentes sistemas electrónicos.
- Implementar un sencillo circuito comparador mediante un amplificador operacional.

Los ejercicios que se deben realizar de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento de un circuito comparador básico, utilizando un amplificador operacional en lazo abierto. Se conectará en una entrada del comparador una señal triangular de 3V de amplitud y la otra se conectará a masa. En la salida del comparador se observará la salida saturada del amplificador operacional indicando cuándo la señal triangular es mayor o menor de 0V.
2. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizará el montaje y verificación de un circuito que comparará un voltaje de referencia y el voltaje que proporciona un sensor de temperatura. Un LED a la salida del circuito comparador indicará si el voltaje procedente del sensor es superior o no al voltaje de referencia. Los estudiantes podrán verificar el funcionamiento del circuito tocando con el dedo el sensor de temperatura y girando un potenciómetro que controla el voltaje de referencia. Un reto muy sencillo que se les propondrá es que determinen la temperatura del local en el que están trabajando haciendo uso del multímetro.

### D. Actividad 5

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de filtros básicos. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Entender la función de los filtros básicos y su utilidad en múltiples aplicaciones electrónicas.
- Implementar un filtro paso bajo mediante un resistor y un condensador.

Los ejercicios que se realizarán de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. Comprensión mediante una aplicación didáctica desarrollada con el entorno de programación LabVIEW de National Instruments de la función básica de los filtros paso bajo, alto y banda. Con dicha aplicación los estudiantes podrán observar de forma gráfica, a nivel temporal y frecuencial, la acción que realizan los diferentes tipos de filtros sobre diferentes señales analógicas.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento de un filtro paso bajo compuesto por dos resistores en serie y un condensador. Se realizarán varias pruebas cambiando la frecuencia de la señal sinusoidal de entrada y midiendo la señal obtenida a la salida del filtro. Se podrán comparar los resultados obtenidos con los que se hayan obtenido con la aplicación software utilizada anteriormente.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizará el montaje y verificación de un filtro paso bajo basado en

un resistor y un condensador. Si se dispone de generador de señal y osciloscopio se podrán realizar las mismas acciones que se han llevado a cabo con la plataforma eLab3D. Si se trabaja con la placa DTE UPM sólo se dispondrá de una señal sinusoidal de amplitud y frecuencia fijas. Ante esta limitación el efecto de filtrado se comprobará cambiando los condensadores y, por tanto, la frecuencia de corte de los filtros. Para cada filtro y conectada la misma señal de entrada a cada uno de ellos, se medirá el valor eficaz de la señal de salida con el multímetro.

#### IV. EXPERIENCIAS REALIZADAS

Entre las iniciativas planteadas en el proyecto “Fomento de las Vocaciones Tecnológicas” de la UPM se incluyó el proyecto de innovación educativa “UPM para Jóvenes: una mirada hacia el futuro” que tenía entre sus objetivos la creación de actividades de divulgación para fomentar el interés de los estudiantes de secundaria en las siguientes áreas científico-técnicas: ciencias básicas, agroforestal, mecánica y tecnologías industriales, arquitectura, obra civil y TIC.

En el marco del área TIC se planificaron cuatro experiencias, en colaboración con los profesores de los centros de secundaria de la Comunidad de Madrid participantes, con el siguiente formato:

- Duración y lugar de realización: Una sesión de cuatro horas en el instituto y otra sesión de dos horas en uno de los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación (ETSIST).
- Dirigida a estudiantes de cuarto de la ESO, primero de bachillerato y ciclos formativos de grado superior (CFGS).
- Actividades elegidas del catálogo: Actividades 1 y 2.

Al tener las experiencias un formato mixto respecto al lugar de realización y también una temporización repartida en dos sesiones fue necesario adaptar la forma de llevar a cabo los ejercicios definidos en las actividades seleccionadas. La primera sesión fue llevada a cabo por parte de los profesores de secundaria participantes y en ella se realizaron las siguientes tareas:

- Explicación del funcionamiento básico de la plataforma eLab3D.
- Ejercicios 1 y 2 especificados en la Actividad 2.

La segunda sesión en la ETSIST fue llevada a cabo por un profesor del Departamento Ingeniería Telemática y Electrónica, un profesor del centro de secundaria participante y un estudiante de último curso de la Titulación de grado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones. Incluyó las siguientes tareas:

- Presentación reflejando el papel fundamental de los ingenieros en la sociedad.
- Ejercicios 3 y 4 especificados en la Actividad 2.

Tras la realización de las experiencias los estudiantes de los centros, 115 en total, realizaron una encuesta. Dicha encuesta fue propuesta de forma genérica en el marco del proyecto para todas las áreas científico-técnicas, y en su elaboración no pudieron participar los autores de este artículo. Las cuestiones más relevantes, incluidas en la

encuesta, atendiendo a la utilidad de las experiencias fueron las siguientes:

1. ¿Te ha permitido la experiencia conocer mejor los estudios de ingeniería?
2. ¿Te han permitido las actividades realizadas conocer mejor qué hacen los ingenieros?
3. ¿La realización de la experiencia te ha motivado a estudiar en el futuro en la UPM?

Las opiniones reflejadas por los estudiantes de cada centro a las cuestiones se muestran en la Tabla III. Los resultados que se obtuvieron fueron considerados muy positivos ya que la mayoría de estudiantes reconoció tener una idea más clara sobre la actividad de los ingenieros y un 40% de los estudiantes manifestó haberse sentido motivado para estudiar en el futuro en una titulación de grado de la UPM. Las diferencias de motivación entre estudiantes de bachillerato y 4º de la ESO se pudieron justificar por el perfil de los mismos. Los estudiantes de bachillerato que participaron en la experiencia eran de la modalidad de ciencias mientras que entre los estudiantes de 4º de la ESO predominaron, según indicaron los profesores de cada instituto, los que tenían un interés ya declarado por estudios relacionados con la rama de letras o ciencias de la salud. Respecto a los estudiantes del CFGS hay que destacar que algunos reflejaron como impedimento para cursar futuros estudios universitarios la edad y motivos económicos.

Respecto a las experiencias desarrolladas en el marco del Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas financiado por la Fundación Universidad-Empresa (FUE), hay que señalar que se planificaron para ser llevadas a cabo en los propios centros de enseñanza secundaria. Se diseñaron con una duración de cuatro horas incluyendo las actividades del catálogo 1, 2 y 3, siendo las actividades 4 y 5 optativas en función del curso al que pertenecían los estudiantes participantes. Las opiniones de los estudiantes a las mismas cuestiones planteadas en las experiencias previas se muestran en la Tabla IV. Los resultados obtenidos muestran una variación, respecto a las experiencias anteriores, que indica que el formato que se planificó puede ser más eficaz a la hora de conseguir incrementar las vocaciones tecnológicas de los estudiantes.

Por último, es interesante destacar los siguientes aspectos asociados a las experiencias realizadas:

- El seguimiento de las actividades desarrolladas por los estudiantes, trabajando en grupos, fue muy alto. La continua supervisión de los profesores y la incorporación de competiciones influyó de forma decisiva en el aprovechamiento del tiempo dedicado a las diferentes actividades.
- La mayoría de los estudiantes que participaron en todas las experiencias valoraron de forma muy positiva los recursos puestos a su alcance, a los cuales la mayoría de ellos no tiene acceso en sus centros de enseñanza.
- La opinión de los profesores también fue muy positiva, siendo remarcable que entre los que participaron en ambas experiencias, se prefiriese el formato de experiencia realizado en los centros de secundaria ya que se evitaron los problemas asociados al transporte de los estudiantes a la universidad y apenas se perturbó el ritmo de clases en los centros.

TABLA III  
RESULTADOS EXPERIENCIAS PROYECTO FOMENTO DE LAS VOCACIONES TECNOLÓGICAS (UPM). CURSO 2014-2015

	Cuestión 1			Cuestión 2			Cuestión 3		
	Si	No	N C	Si	No	N C	Si	No	N C
IES García Morato (1º Bach.)	13	0	0	13	0	0	12	1	0
IES María Zambrano (4º ESO)	48	1	0	43	6	0	23	22	4
Colegio Luyferivas (4º ESO)	36	7	0	38	5	0	8	35	0
IES Satafi (CFGSMant.Electrónico)	9	1	0	7	3	0	3	7	0
<b>Total (%)</b>	<b>92</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>88</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>57</b>	<b>3</b>

TABLA IV.  
RESULTADOS EXPERIENCIAS PROGRAMA FOMENTO DE LAS VOCACIONES TECNOLÓGICAS (FUE). CURSO 2015-2016

	Cuestión 1			Cuestión 2			Cuestión 3		
	Si	No	N C	Si	No	N C	Si	No	N C
IES García Morato (1º Bach.)	14	0	0	14	0	0	11	3	0
IES María Zambrano (4º ESO)	21	2	0	23	0	0	15	8	0
Colegio Luyferivas (4º ESO)	32	0	0	32	0	0	10	20	2
IES Villablanca (1º Bach. y 4º ESO)	31	0	0	28	3	0	17	14	0
<b>Total (%)</b>	<b>98</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>97</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>2</b>

## V. CONCLUSIONES

La necesidad de incrementar el interés de los estudiantes de enseñanza secundaria por las carreras universitarias en el área de la ingeniería está provocando que numerosas instituciones estén llevando a cabo diversas líneas de actuación vinculadas al fomento de las vocaciones tecnológicas entre los jóvenes.

Entre las diferentes acciones que se están ejecutando, una de las más valoradas por profesores y estudiantes, es la que se centra en la realización de talleres con actividades prácticas en las que se participa de forma muy activa, incluyendo competiciones y explicaciones didácticas motivantes y de corta duración.

Este tipo de acciones divulgativas ha sido llevado a cabo en varias experiencias organizadas por profesores de la Universidad Politécnica de Madrid. Las experiencias desarrolladas han incluido varias actividades relacionadas con el área de la electrónica, en ellas se han utilizado recursos novedosos como la plataforma eLab3D y han sido planificadas atendiendo a una serie de recomendaciones con el objetivo de captar el interés y motivar a los estudiantes. Bajo el punto de vista de los autores la incorporación de dichas recomendaciones en las experiencias de divulgación puede resultar de notable interés para aumentar la eficacia de las experiencias que se planifiquen en el futuro.

Por último, se puede considerar, atendiendo a los resultados de las encuestas realizadas por los estudiantes participantes y a las opiniones vertidas por los profesores de

educación secundaria, que acciones de divulgación como las llevadas a cabo pueden tener una incidencia positiva en la promoción de los estudios de ingeniería entre los jóvenes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento por la colaboración prestada en la realización de las diferentes experiencias a los profesores Jose Manuel González del IES María Zambrano de Leganés (Madrid), Olga López del IES García Morato de Madrid, Julio Medina del IES Satafi de Getafe (Madrid), Inmaculada Gútiérrez del IES Villablanca de Madrid y José García del Colegio Luyferivas de Rivas Vaciamadrid (Madrid).

Las experiencias desarrolladas han sido posibles gracias a los proyectos IE1415-59001, PT1415-05001, PT1415-03005, vinculados a las convocatorias de "Ayudas a la innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza" de la Universidad Politécnica de Madrid y al Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas en la Comunidad de Madrid financiado por la Fundación Universidad-Empresa

## REFERENCIAS

- [1] *EU Skills Panorama (2014) STEM skills Analytical Highlight*, ICF and Cedefop, 2015. Available: [http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/sites/default/files/EUSP\\_AH\\_STEM\\_0.pdf](http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/sites/default/files/EUSP_AH_STEM_0.pdf)
- [2] M. Abdulwahed, S. Ghani, M. O. Hasna and A. Hamouda, "Life is engineering program: Impact of an engineering outreach project in K-12," *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Berlin, pp. 827-833, 2013.
- [3] *Datos y cifras del sistema universitario español. Curso 2015/2016*, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016.
- [4] *Education at a Glance 2016: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, 2016.
- [5] P. Aschbacher, M. Ing, and S. Tsai, "Is science me? Exploring middle school students' STE-M career aspirations," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 23, no. 6, pp. 735-743, Dec. 2014
- [6] *ASPIRES. Young people's science and career aspirations, age 10-14*, King's College London, 2013. Available: <https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/ASPIRES-final-report-December-2013.pdf>
- [7] M. A. Manassero, Á. Vázquez, "La elección de estudios superiores científico-técnicos: análisis de algunos factores determinantes en seis países," *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 12no. 2, pp. 264-277, 2015.
- [8] *Estudio sobre vocaciones científicas. ¿Cómo podemos estimular una mente científica?*, Obra Social "la Caixa", Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y Everis, 2015.
- [9] P. Martínez-Jimenez, L. Salas-Morera, G. Pedros-Perez, A. J. Cubero-Atienza and M. Varo-Martinez, "OPEE: An Outreach Project for Engineering Education," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 96-104, Feb. 2010.
- [10] F.S. Becker, "Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions," *European Journal of Engineering Education*, vol. 35, no. 4, pp. 349-366, Aug. 2010.
- [11] inGenious: the European Coordinating Body in Science, Technology, Engineering and Maths education.[Online]. Available: <http://www.ingenious-science.eu/web/guest/about>
- [12] Go-Lab Project.[Online]. Available: <http://www.go-lab-project.eu/>
- [13] FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology).[Online]. Available: <http://www.firstinspires.org/about/vision-and-mission>
- [14] Outreach@MIT[Online]. Available: <https://outreach.mit.edu/>
- [15] Try Engineering[Online]. Available: <http://tryengineering.org/>
- [16] C. Bachiller Martín and J. Alberto Conejero, "Telecochips: Promoting Telecommunications and Electronic Engineering Among Young Students," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, no. 2, pp. 63-70, May 2016.

- [17] A. J. Lopez-Martin, "Attracting Prospective Engineering Students in the Emerging European Space for Higher Education," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 46-52, Feb. 2010.
- [18] P. G. LoPresti, T. W. Manikas and J. G. Kohlbeck, "An Electrical Engineering Summer Academy for Middle School and High School Students," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 18-25, Feb. 2010
- [19] C. E. Davis, M. B. Yeary and J. J. Sluss, "Reversing the Trend of Engineering Enrollment Declines With Innovative Outreach, Recruiting, and Retention Programs," *IEEE Transactions on Education*, vol. 55, no. 2, pp. 157-163, May 2012
- [20] C. R. Smaill, "The Implementation and Evaluation of a University-Based Outreach Laboratory Program in Electrical Engineering," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 12-17, Feb. 2010.
- [21] S. López, A. Carpeño, J. Arriaga, M. Ruiz and A. Martín, "Experiencias para el Fomento de las Vocaciones Tecnológicas entre Estudiantes de EEMM," in *Proc. XII Congreso TAAE (TAAE 2016)*, Sevilla, pp.122-129, 2016.
- [22] J. Osborne and J. Dillon, "Science Education in Europe: Critical Reflections", Nuffield Foundation, 2008.
- [23] P. Paderewski, M. García-Arenas, R. Gil-Iranzo, C. González-González, E. M. Ortigosa y N. Padilla-Zea, "Iniciativas y Estrategias para Acercar a las Mujeres a las Ingenierías TICs," *VAEP-RITA*, vol. 4, no. 3, pp. 141-149, Sep. 2016.
- [24] *Encuesta de Inserción Laboral de Titulados Universitarios 2014*, Instituto Nacional de Estadística, 2016. Available: <http://www.ine.es/prensa/np957.pdf>
- [25] S. López, A. Carpeño and J. Arriaga, "Remote Laboratory eLab3D: A Complementary Resource in Engineering Education," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol.10, no.3, pp.160-167, Aug. 2015.

**Sergio López Gregorio.** Ingeniero Técnico de Telecomunicación (1992) y Doctor (2015) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Profesor hasta 2014 del departamento Sistemas Electrónicos y de Control de la UPM. Actualmente profesor del departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica de la UPM. Miembro del Grupo de innovación educativa GIMAE (Grupo de innovación en Metodologías para el Aprendizaje de la Electrónica) de la UPM. Vocal de la Asociación TAAE (Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica). Líneas de interés educativo e investigación: laboratorios virtuales y remotos, aprendizaje online en el área de la ingeniería electrónica, sistemas automáticos de medida.

**Antonio Carpeño Ruiz.** Ingeniero Técnico de Telecomunicación (1991) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Complutense de Madrid (2008). Profesor hasta 2014 del departamento Sistemas Electrónicos y de Control de la UPM. Actualmente profesor del departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica de la UPM. Coordinador del Grupo de innovación educativa GIMAE (Grupo de innovación en Metodologías para el Aprendizaje de la Electrónica) de la UPM. Miembro del grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada de la UPM. Líneas de interés: laboratorios remotos, microprocesadores, aplicaciones basadas en SoC y Linux embebido, aprendizaje online.

**Jesús Arriaga García de Andoain.** Ingeniero de Telecomunicación (1980) y Doctor (1996) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Profesor hasta el año 2015 de los departamentos de Sistemas Electrónicos y de Control e Ingeniería Telemática y Electrónica de la UPM. Ha sido adjunto al Vicerrector de Planificación Académica y Estratégica de la UPM durante ocho años. Ha sido Presidente de la Asociación TAAE (Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica). Líneas de interés: TICs en el proceso educativo, evaluación de la calidad de enseñanza en la educación superior y aprendizaje online.

**Mariano Ruiz González.** Ingeniero Técnico de Telecomunicación (1989) e Ingeniero de Telecomunicación (1997) por la Universidad Politécnica de Madrid. Doctor por la misma universidad 2002. Desde 1989 hasta 2014 ha sido profesor del departamento de sistemas electrónicos y de control. Actualmente forma parte del departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica. Imparte asignaturas relacionadas con electrónica analógica y digital, los microprocesadores, DSPs, FPGAs, SOC y los sistemas de instrumentación avanzados. En cuanto a la investigación es miembro del grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada y desarrollador del grupo de CODAC (Control and Data Acquisition) del proyecto internacional que construye el reactor de fusión termonuclear ITER.

**Alejandro Martín Lozano** Graduado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones (2016) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), realizando un año académico en la Universidad Akademia Górniczo-Hutnicza de Cracovia (Polonia). Becado desde el 2015 por la UPM para colaborar en el proyecto de Laboratorios Virtuales de la UPM.