

CUIEET

Gijón

Gijón,
25, 26 y 27 de
junio 2018

XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón

LIBRO DE ACTAS



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



LIBRO DE ACTAS DEL
XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa
En las Enseñanzas Técnicas
25-27 de junio de 2018
Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

© Universidad de Oviedo, 2018

ISBN: 978-84-17445-02-7

DL: AS 1893-2018

La importancia de las empresas como patrocinadores de los laboratorios de fabricación (Fab Labs)	1
La formación dual universitaria en el Grado en Ingeniería en Automoción de la IUE-EUI de Vitoria-Gasteiz. Requisitos de calidad	12
Prácticas formativas en la UPV: objetivo estratégico	24
Elaboración de <i>audioslides</i> para apoyo a la enseñanza en inglés en los grados bilingües	36
<i>Effect of Industry 4.0 on education systems: an outlook</i>	43
Uso de simuladores y herramientas de programación para facilitar la comprensión de la operación de los sistemas eléctricos	55
Aplicación de ejercicios resueltos de ingeniería del terreno con recursos de acceso libre para teléfonos móviles y tabletas electrónicas	67
<i>Proposal to determine learning styles in the classroom</i>	77
La soledad de los Millennials ricos en la EPI de Gijón	84
Mejora de la calidad de la formación postgraduada en ortodoncia de la Universidad de Oviedo	96
El plagio entre el alumnado universitario: un caso exploratorio	106
Competencias necesarias en el ejercicio de la profesión de Ingeniería Informática: experimento sobre la percepción de los estudiantes	116
El proyecto <i>Flying Challenge</i> , una experiencia de interconexión universidad-empresa utilizando mentoría entre iguales	127
Formación en ingeniería con la colaboración activa del entorno universitario	134
“Emprende en verde”. Proyecto de innovación docente de fomento del emprendimiento en el ámbito de las Ingenierías Agrarias	146
Competencia transversal de trabajo en equipo: evaluación en las enseñanzas técnicas	158
<i>Introducing sustainability in a software engineering curriculum through requirements engineering</i>	167

Índice de ponencias

Percepción de las competencias transversales de los alumnos con docencia en el área de producción vegetal	176
Experiencia de aprendizaje basado en proyectos con alumnos Erasmus	186
Elaboración de un juego de mesa para la adquisición de habilidades directivas en logística	198
Proyecto IMAI - innovación en la materia de acondicionamiento e instalaciones. Plan BIM	210
<i>BIM development of an industrial project in the context of a collaborative End of Degree Project</i>	221
Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje basado en proyectos en el marco de un proyecto coordinado en un Máster Universitario en Ingeniería Informática	231
Algunas propuestas metodológicas para el aprendizaje de competencias matemáticas en ingeniería	243
Riesgos psicosociales del docente universitario	255
<i>Face2Face</i> una actividad para la orientación profesional	267
Trabajo fin de grado. Una visión crítica	276
Gamificaci en el aula: “ <i>Escape Room</i> ” en tutorías grupales	284
Una evolución natural hacia la aplicación del aprendizaje basado en diseños en las asignaturas de la mención de sistemas electrónicos del Grado en Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Una experiencia docente desde la EPI de Gijón	296
Propuesta para compartir escenarios docentes a través de <i>visual thinking</i> . Bases de la termografía, equipos electromédicos termo-gráficos y su aplicación en salud	308
EMC: aspectos prácticos en el ámbito docente	316
Habilidades sociales en la ingeniería	327
Aprendizaje orientado a proyectos integradores y perfeccionamiento del trabajo en equipo caso - Máster Erasmus Mundus en Ingeniería Mecatrónica	339

Tendencias en la innovación docente en enseñanzas técnicas: análisis y propuesta de mejoras para la asignatura Mecánica de Fluidos	349
Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoeléctricos	361
Caso de estudio en el procedimiento de un grupo de estudiantes cuando se aplica Evaluación Formativa en diferentes materias de un Grado de Ingeniería	373
Visionado de vídeos como actividad formativa alternativa a los experimentos reales	385
Utilización de vídeos <i>screencast</i> para la mejora del aprendizaje de teoría de circuitos en grados de ingeniería	394
La invasión de los garbanzos	406
Evolución del sistema de gestión de prácticas eTUTOR entre los años 2010 y 2017	418
Implementación de juegos educativos en la enseñanza de química en los grados de ingeniería	430
Trabajando interactivamente con series de Fourier y trigonométricas	439
Aproximación de las inteligencias múltiples en ingeniería industrial hacia una ingeniería inteligente	450
Cooperando mayor satisfacción. Experiencias de dinámicas cooperativas en 1 ^{er} curso de ingeniería en el área de expresión gráfica.	461
Cognición a través de casos en el área de Acondicionamiento e Instalaciones de la E.T.S. de Arquitectura de Valladolid	473
Un instrumento para explorar las actitudes hacia la informática en estudiantes de matemáticas	482
La metodología <i>contest-based approach</i> en STEM: modelización de datos meteorológicos	493
Técnicas de gamificación en ingeniería electrónica	505
El reto del aprendizaje basado en proyectos para trabajar en competencias transversales. aplicación a asignaturas de electrónica en la ETSID de la UPV	521

Dibujo asistido por ordenador, sí, pero con conocimiento de geometría	534
Introduciendo la infraestructura verde y los sistemas de drenaje sostenible en los estudios de grado y postgrado en ingeniería	547
Aprendizaje colaborativo en Teoría de Estructuras	559
Modelo de evaluación y seguimiento de los trabajos fin de grado (TFG) y trabajos fin de máster (TFM) tutorizados en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación	567
El Taller de Diseño como núcleo de innovación docente y eje de adquisición de competencias en la formación del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	579
Diseño y evaluación de un laboratorio virtual para visualizar en 3D el gradiente y la derivada direccional en un campo escalar bidimensional	588
La ludificación como herramienta de motivación en la asignatura bilingüe <i>Waves and Electromagnetism</i>	600
Gamificación en la impartición de Cálculo de Estructuras	612
Análisis de las actitudes visuales y verbales de alumnos noveles de Grado de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Cartagena	621
Diseño curricular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, Colombia	633
Evaluación significativa de prácticas de laboratorio: portfolios <i>versus</i> prueba final objetiva	644
Introducción de la Cultura Científica en Grados de Ingeniería	658
Detección de errores conceptuales en Matemáticas de los alumnos del grado en Ingeniería Informática del Software en su primer año de carrera.	665
Rúbrica de evaluación en un laboratorio de Ingeniería Química	676
Factores explicativos de la elección de grados en el área agroalimentaria	686
Diseño de una actividad para el desarrollo y evaluación de competencias transversales en el ámbito de la Teoría de Máquinas y Mecanismos	696

Necesitamos “ <i>engineers</i> ”. Programa para el desarrollo de las competencias de una ingeniera	708
Estudio de la Implantación de Competencias dentro del marco europeo: revisión prospectiva en las enseñanzas técnicas de la Universidad de Oviedo	718
Sostenibilidad e Ingeniería Industrial: estrategias para integrar la ética en los programas de formación	730
Una experiencia en proyectos europeos de ambito educativo	743
Modelos didácticos de Goma-EVA para visualizar conceptos y detalles en la enseñanza de estructuras metálicas	750
<i>Introduction to the Fluid Dynamics of Biological Flows. Innovation project using the CFD simulation of the lung air flow.</i>	762
Aprendizaje activo y cooperativo en el Area de Informática Industrial	772
Aprender en el contexto de la empresa	784
Valoración por las empresas de las competencias en las prácticas realizadas por alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	792
Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: Aula Universitaria de Arquitectura	804
Nuevas técnicas metodologías para el fomento de habilidades transversales y transferencia del conocimiento en universitarios	815
Formación en competencias socialmente responsables en la Universidad de Oviedo	823
Competencias transversales en la asignatura Tecnología Medioambiental	833
Actividad sobre la competencia emprendedora introduciendo <i>Lean Startup</i> en un grado de ingeniería	842
Evaluación de la competencia transversal ‘Comunicación Efectiva’ mediante presentaciones en vídeo	854
Dinamización del aprendizaje de VHDL a través del aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de máster	863
Proyecto Solar-F. Desarrollo de un prototipo de seguidor solar	875

Definición de tareas de aprendizaje basado en proyecto colaborativo para Ingeniería Mecatrónica	883
La investigación-acción participativa como herramienta de responsabilidad social universitaria	895
Implantación del Programa de Mentorías entre iguales MENTOR EPIGIJON	907
De Orienta a Mentor	919
Sello RIME de calidad de la función orientadora. Poniendo en valor la acción tutorial	931
Establecimiento de una relación productiva doctorando/supervisor: expectativas, roles y relación	943
Análisis de singularidades en transformaciones trifásicas, empleando una plataforma educativa para ingeniería	953
El cuadro de mandos como entorno educacional	961
DIBUTECH: plataforma web interactiva para la resolución de ejercicios gráficos en Ingeniería	975
Alumnos más participativos con el uso de herramientas de gamificación y colaboración	985
Utilización de prensa <i>online</i> , Campus Virtual y dispositivos móviles para el aprendizaje y aplicación de conceptos económico-empresariales en estudiantes de ingeniería	997
El rol de la práctica de campo en la clase inversa. Caso práctico sobre el diseño de productos para la <i>smartcity</i> en el contexto del Jardín del Túria	1008
Desarrollo de competencias transversales en ingeniería con el inglés como lengua vehicular y mejora de la participación con aprovechamiento en clase.	1019
Experiencia de desarrollo y evaluación de prácticas utilizando TIC	1031
Diseño e implementación de una herramienta de coordinación de los títulos que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales	1042
<i>Framework for the analysis of students association' interests & voices</i>	1054

Mejora continua en el proceso de internacionalización de la ETS de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	1066
Calidad del empleo de la/os egresada/os de Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en el período 2005-13: diferencias de género	1076
<i>Student's cognitive style towards innovation. A pilot study at ETSIDI-UPM</i>	1087
Optimización del proceso creativo en el aula: entrenamiento de la actitud creadora para reducir la complejidad multidimensional del pensamiento creativo en el equipo	1091
La formación específica en competencias transversales como contenido integrado en el plan docente	1096
Los alumnos deciden: Edublog de la asignatura Estadística	1102
La necesidad de la eficiencia energética en las infraestructuras universitarias	1106
<i>Learning by engineering: del Lean Manufacturing a la Industria 4.0</i>	1110
Prácticas de laboratorio avanzado en últimos cursos de grado	1114
Propuesta de actividad de aprendizaje colaborativo en una asignatura de máster universitario	1118
Mejora de la praxis docente mediante la inclusión de actividades para el desarrollo de las capacidades metacognitivas de los estudiantes	1122
Factores curriculares y evolución tecnológica que inciden en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales	1126
Ética y sostenibilidad: buscando hueco en los planes de estudios	1130
Descripción de una experiencia con el uso de las TICs basada en el uso de videos explicativos y cuestionarios para una mejor comprensión de las prácticas de Física de Ingeniería Industrial	1134
Banco de ensayos para instalaciones de autoconsumo fotovoltaico aisladas y/o conectadas a red	1144
Diseño de mini-videos y mini-audios esenciales para el seguimiento óptimo de las asignaturas y la prevención de su abandono	1148

Aplicación interactiva <i>online</i> para el aprendizaje del fenómeno del pandeo en elementos metálicos sometidos a compresión simple	1152
Evaluación continua, compartida y progresiva aplicada al Grado de Ingeniería. Caso de estudio	1157
Diseño e implantación sistemática de evocaciones y de evaluación por rúbricas en Ingeniería Gráfica por medio de herramientas TIC	1163
Asignaturas de nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica. Ejemplo de Electrónica	1171
La competencia de responsabilidad	1183
MediaLab: nueva formación tecnológica y humanística en la Universidad de Oviedo	1196
Mejora de la calidad de los TFG en grados de ingeniería	1200
Desarrollo de competencias profesionales en las prácticas de laboratorio/taller	1204
La enseñanza de Estadística Aplicada en el Grado de Ingeniería Forestal: para y por ingenieros	1214
La redacción de informes técnicos y periciales como formación transversal en ingeniería	1225
BEE A DOER – Emprendiendo y aprendiendo impresión 3D	1230
Propuesta de curso NOOC: Iniciación a la química para titulaciones de ingeniería	1237
<i>Two-Storey building model for testing some vibration mitigation devices</i>	1241
Plataforma Web para el entrenamiento de las presentaciones orales del Trabajo Fin de Grado (TFG)	1245
Aprendizaje competencial efectivo mediante las prácticas del laboratorio de las asignaturas del área de Mecánica de Fluidos de los estudios de Grado y Máster de Ingeniería Industrial de la Escuela de Ingeniería de Bilbao	1249
Fabricación y caracterización de materiales compuestos. <i>Composite Materials: manufacturing and characterization</i>	1256

Desarrollo de competencias transversales en grados de ingeniería industrial mediante metodologías activas de enseñanza-aprendizaje basadas en el <i>mentoring</i> y ABP	1264
Planificación de prácticas de laboratorio basadas en un amplificador de radiofrecuencia de bajo coste orientadas a la enseñanza de asignaturas de Electrónica de Comunicaciones	1276
Orientación universitaria de estudiantes de ingeniería. Plan de acción tutorial de la Escuela Politécnica superior de Jaén (PAT-EPSJ)	1280
Experiencia innovadora en “las ciencias de la naturaleza de educación infantil”	1284
Actividad práctica de diseño para la fabricación asistida con CATIA: Doblado de chapa metálica	1290
La investigación como parte del proceso educativo de la enseñanza superior	1294
Aprendizaje Orientado a Proyectos en el diseño de sistemas mecánicos	1298
Evaluación del déficit de atención en niños mediante el análisis de tiempos de respuesta	1302
Desarrollo de proyectos didácticos para adquirir competencias transversales	1308
Competencias genéricas percibidas por los alumnos con formación en producción vegetal	1312
Enseñanza grupal. Estudio por casos de empresas Valencianas	1318
Implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje mediante Trabajos Fin de Grado/Máster en Ingeniería de Telecomunicación	1322
<i>An example of company-university cooperation: Mathematical modeling and numerical simulation of heat dissipation in led bulbs</i>	1326
Aprendizaje centrado en el proyecto de estructuras adaptados a la enseñanza universitaria	1331
Nuevo enfoque pedagógico en la formación del perfil profesional para el desarrollo de proyectos de automatización industrial a través de un concepto de integración total	1335
Convenios de cooperación educativa en el ámbito náutico: universidad- empresa	1339

Índice de ponencias

Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: proyecto de investigación ERGONUI-TME	1344
Estudio comparativo entre estudiantes de ingeniería de la Universidad de León mediante el <i>test Force Concept Inventory</i>	1350
Innovación para el desarrollo de nueva propuesta de máster semipresencial en prevención de riesgos laborales	1354
El círculo de Mohr y la innovación docente en educación superior	1359



Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoelectrónicos.

Reyes García-Contreras^a, Carmen Mata^b, Arántzazu Gómez^a, Samir Ezzitouni^a, José Antonio Soriano^a

^aUniversidad de Castilla La Mancha, Campus de Excelencia Internacional en Energía y Medioambiente, Escuela de Ingeniería Industrial, Real Fábrica de Armas, Edif. Sabatini. Av. Carlos III, s/n. 45071, Toledo, Spain

^b Universidad de Castilla La Mancha, Campus de Excelencia Internacional en Energía y Medioambiente, Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén, Plaza Manuel Meca s/n 13400, Almadén, Spain

Abstract

One of the objectives pursued when a subject is adapted to European Higher Education Area (EHEA), especially in engineering degrees, is to reduce the usual separation between “theory” and “experimental practices”. According to this, the researching character which entails experimental testing must be returned to the subjects. In this work, several important aspects to develop in technician degrees has been considered: the relation between theoretical concepts with their experimental applications and the use of concepts related to energy recovery/efficiency. Therefore, the design and the start-up of a teaching experimental practice about the electricity generation from thermal energy using thermoelectric generators have been carried out. In this sense, in addition to the development of transversal skills such as teamwork, students used both novel concepts related to thermoelectric effect and other fundamental concepts acquired during the different courses of Electric Engineering Degree. Together with the experimental results, students have filled a poll about the satisfaction degree with this experimental practice, being very positive the results obtained.

Keywords: *teaching practice, teamwork, thermoelectric effect, energy efficiency.*

Resumen

Uno de los objetivos que se persigue al adaptar una asignatura al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), especialmente en titulaciones de Ingeniería, es disminuir la habitual separación entre “teoría”, “prácticas” y “problemas”. Por lo tanto, se debe devolver a los trabajos prácticos el carácter investigador que conlleva algún tipo de contraste experimental. En este trabajo se han tratado aspectos fundamentales a desarrollar en las enseñanzas técnicas: la interrelación de los conceptos teóricos con sus aplicaciones experimentales y la utilización de sistemas de recuperación/eficiencia energética. Por ello, se ha llevado a cabo el diseño y la puesta en marcha de una práctica docente sobre la generación de electricidad a partir de energía térmica utilizando materiales termoeléctricos. De esta manera, además del desarrollo de competencias transversales como el trabajo en equipo, los alumnos han utilizado tanto conceptos novedosos relacionados con el efecto termoeléctrico, como la aplicación de conceptos fundamentales adquiridos durante los distintos cursos del Grado en Ingeniería Eléctrica. Además de los resultados experimentales derivados de la realización de la práctica, los alumnos han tenido la posibilidad de rellenar unas encuestas sobre el grado de satisfacción en la realización de la práctica, siendo los resultados obtenidos muy positivos.

Palabras clave: *práctica docente, trabajo en equipo, efecto termoeléctrico, eficiencia energética.*

Introducción

La integración de los sistemas educativos en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) supuso variar el modelo de enseñanza universitaria orientándolo, no solo hacia un aprendizaje basado en conocimientos (competencias específicas), sino también en competencias generales o transversales relacionadas con las capacidades y habilidades que necesita el estudiante para lograr una formación integral (Vizcarro, 2010). Esto implica una intervención más activa del alumno en todas las etapas del proceso educativo, contrastando sus ideas con las del profesor a través del estudio, la práctica y el diálogo.

Por tanto, uno de los objetivos que se debe perseguir al adaptar una asignatura al EEES, especialmente en titulaciones de Ingeniería, es disminuir, en la medida de lo posible, la habitual separación entre “teoría”, “prácticas” y “problemas”, que solía hacerse en la enseñanza universitaria. Por lo tanto, se debe devolver a los trabajos prácticos el carácter investigador que comporte algún tipo de comprobación experimental. Esta transformación no es simple, pero debe constituir un objetivo básico, si se pretende obtener de los estudiantes algo más que la simple memorización de algunos conceptos.

Estos trabajos prácticos en laboratorio pueden ser de dos tipos:

- Trabajos de simulación por ordenador (López-Pérez, 2015). Tienen la ventaja de la flexibilidad y disponibilidad que ofrecen los ordenadores, y proponen un trabajo más directo con los conceptos y métodos teóricos. En los últimos años se han utilizado de un modo más extensivo debido a que permiten realizar prácticas con un grupo mayor de alumnos (Martínez, 2014) y con herramientas creadas específicamente para cada asignatura, como es el caso de los laboratorios virtuales (Giménez-Palomares, 2015). Sin embargo, presentan algunos inconvenientes importantes, como por ejemplo el de no reflejar las desviaciones que aparecen en todo sistema real comparándolo con el modelo teórico.
- Trabajos sobre sistemas reales (Terrón Pernía, 2014). Normalmente se trata de equipos específicos para docencia que suelen ser, por razones de coste, modelos simplificados de los que se utilizan en aplicaciones reales (Navarro Arévalo, 2015). En ellos, la realización del trabajo ha de hacerse en pequeños grupos, fomentando el aprendizaje cooperativo entre los estudiantes miembros del mismo, así como, el carácter multidisciplinar, algo fundamental en el ámbito empresarial (Miranda, 2017).

Si se une esto a la necesaria concienciación del futuro ingeniero sobre la eficiencia energética y la recuperación de energía residual, queda demostrado que es necesario que el estudiante realice una práctica de laboratorio relacionada con este tema.

Varios autores han desarrollado prácticas de laboratorio relacionadas con la mejora de la eficiencia energética y el aprovechamiento del calor residual, siendo el ámbito más común el relacionado con la construcción y la sostenibilidad energética de edificios (Álvarez-Murillo, 2017a). Aunque también hay algunos trabajos relacionados con el aprovechamiento energético (Álvarez-Murillo, 2017b) (Sáez-Martínez, 2013).

En este trabajo se ha diseñado e implementado una instalación que permite el estudio y caracterización de un generador termoeléctrico que aprovecha la energía térmica (en general, residual) para la generación de energía eléctrica por efecto Seebeck.

La práctica se realizó en la asignatura optativa Sistemas Energéticos Emergentes del Grado en Ingeniería Eléctrica, donde se pretende mostrar nuevas formas de generación de energía eléctrica, más allá de las convencionales centrales térmicas, nucleares o hidráulicas, así como los distintos sistemas disponibles de almacenamiento energético, todo ello enfocado a la recuperación de energía residual y la eficiencia energética.

Metodología

Teoría. Nuevas formas de generación de energía eléctrica.

Los alumnos del Grado en Ingeniería Eléctrica han aprendido en distintas asignaturas el funcionamiento de las centrales térmicas, nucleares e hidroeléctricas como herramientas más utilizadas para la generación de energía eléctrica. En cambio, la necesidad de utilizar fuentes de energía renovables para reducir la contaminación y posponer el agotamiento de las materias primas fósiles ha favorecido el uso de energías alternativas como la solar y la eólica. Pero, no solo se trata de encontrar fuentes renovables de energía, sino que es necesario reducir el consumo de energía primaria además de mejorar la eficiencia energética de los procesos. Es por ello que la reutilización de energía residual de los procesos supone un camino dentro del ámbito I+D.

En el caso particular de la energía eléctrica, la utilización de dispositivos termoeléctricos para generar dicha energía a partir de energía térmica residual disponible en distintos procesos, por ejemplo, la correspondiente a los gases de escape de un vehículo, (Fernández-Yáñez *et al.*, 2018) es una aplicación que los alumnos de este Grado deberían conocer. Por ello, en las clases de asignaturas optativas de último curso, como el caso de Sistemas Energéticos Emergentes, se enseña a los alumnos los aspectos básicos de estos dispositivos, desde el efecto termoeléctrico hasta los parámetros que caracterizan su funcionamiento.

Efecto termoeléctrico. Módulos y generadores termoeléctricos.

El efecto termoeléctrico o efecto *Seebeck* establece la existencia de una conversión directa de diferencias de temperaturas en tensión eléctrica en determinados materiales semiconductores. Este científico comprobó que al calentar una de las uniones de un circuito formado por dos metales distintos (cobre y bismuto) la diferencia de temperatura generada impulsaba a los electrones y/o huecos a difundirse desde el lado caliente al lado frío, generando un flujo de corriente a través del circuito.

El funcionamiento de un módulo termoeléctrico (TE) se caracteriza por distintas gráficas en las que se relacionan, fundamentalmente, tres variables: intensidad de corriente, voltaje y potencia eléctrica. Todas estas variables se miden en unas condiciones determinadas de funcionamiento en cuanto a temperaturas del foco caliente y del foco frío.

Un generador termoeléctrico (*Thermo-Electric Generator, TEG*) normalmente está formado por la unión de varios módulos termoeléctricos (en serie y/o en paralelo), trabajando entre un foco frío y uno caliente y generando un voltaje.

Práctica experimental. Caracterización de módulos termoeléctricos.

Objetivos

Conocer el funcionamiento de un generador termoeléctrico (TEG) y evaluar su rendimiento trabajando entre dos focos térmicos. Caracterizar el dispositivo a través de las curvas de tensión, intensidad y potencia eléctrica.

Metodología de aprendizaje

Los alumnos se organizan en grupos de seis personas y tendrán disponible (en Moodle, plataforma virtual de la UCLM) la memoria de la práctica, al menos, una semana antes de su realización para que adquieran los conceptos fundamentales de la misma y tengan claros los objetivos que se persiguen.

Los conceptos teóricos necesarios para el desarrollo de la práctica experimental se han planteado en clase, de manera que el desarrollo experimental de la práctica es una manera de aplicar estos conocimientos a un caso práctico que, a su vez, es objetivo de investigación. Además, el desarrollo de la práctica implica que los alumnos utilicen conceptos básicos de electricidad, puesto que deben realizar las conexiones eléctricas necesarias para medir la tensión e intensidad del TEG cuando se aplican distintos grados de carga.

Por tanto, la capacidad que los alumnos presenten para aplicar, en una instalación experimental, los conocimientos teóricos adquiridos en clase, junto con otros aspectos como la organización en grupo, división de tareas y justificación de los resultados, serán los aspectos evaluados en esta práctica.

Instalación experimental

La instalación experimental utilizada en el desarrollo de la práctica se muestra en la Figura 1, donde se distinguen tres circuitos: el del foco caliente (aceite, en línea negra), el del foco frío (agua, en línea verde) y el circuito eléctrico (en color rojo).

Con respecto al generador termoeléctrico (resaltado con el cuadro rojo en la Figura 1), está formado por 12 módulos termoeléctricos como el de la Figura 2a dispuestos en dos hileras de 6 módulos conectados en serie y con conexión en paralelo entre ellas, tal y como se puede observar en la Figura 2b. Dichos módulos están rodeados por un conducto por donde se mueve el fluido frío (Figura 2c). Exterior a los módulos termoeléctricos se sitúa un intercambiador, por donde circula el aceite (fluido caliente). Dicho aceite es calentado a la temperatura deseada en el ensayo mediante unas resistencias, tal y como se muestra en la Figura 1.

Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoeléctricos

Figura 1. Instalación experimental.

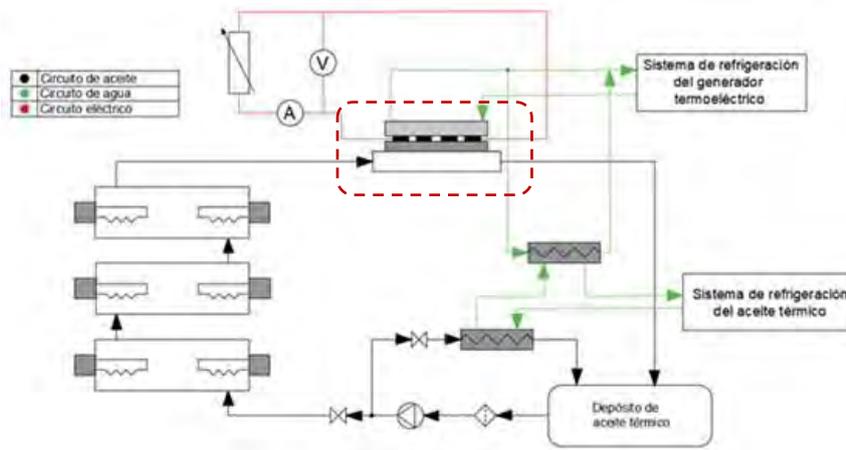
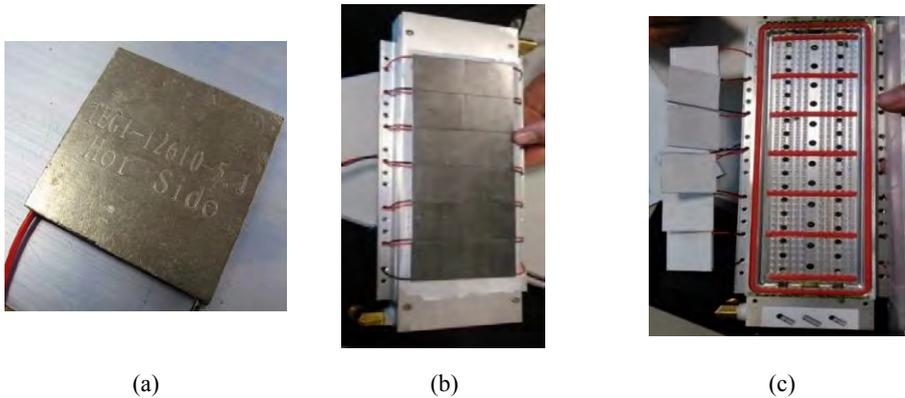


Figura 2. Imagen de un módulo TE (a), disposición de los TE (b) e imagen del conducto interior del fluido frío (c).



Cálculos

El rendimiento del generador termoeléctrico se calcula mediante la relación de la potencia eléctrica generada (P_{sal}) y la potencia térmica de entrada (P_{ent}) aportada por el foco caliente, tal y como se muestra en la ecuación (1):

$$\eta_{TEG} = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} = \frac{P_{elect,TEG}}{\dot{Q}_{ac}} \quad (1)$$

La potencia eléctrica corresponde al valor de potencia máxima generada por el TEG y se calcula a partir de los datos de intensidad y voltaje generados para distintos valores de carga. La potencia térmica se determina a partir del caudal de aceite, su calor específico y las temperaturas de entrada y salida:

$$\dot{Q}_{ac} = \dot{m}_{ac} \cdot C_{p,ac} \cdot (T_{ent,ac} - T_{sal,ac}) \quad (2)$$

Considerando el TEG como una máquina térmica, y considerando el segundo principio de la termodinámica, no todo el calor absorbido por la máquina puede ser transformado en trabajo si no que hay una parte de ese calor que se pierde o que se cede al foco frío. Esas pérdidas de calor hacia el foco frío se determinan utilizando la ecuación 2 pero con los datos correspondiente al agua, fluido que actúa como foco frío. Los datos de los fluidos frío y caliente necesarios para los diferentes cálculos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos del aceite (fluido caliente) y del agua (fluido frío)

	\dot{V} (L/min)	C_p (kcal/kg°C)	ρ (kg/m ³)
Aceite	2.3	0.54	878
Agua (glicolada)	1.38	0.9	1035

Resultados

Resultados esperados de cara a la evaluación.

Los alumnos deben enfrentarse a una serie actividades y “retos”. Por ello, la evaluación de esta practica se va a realizar considerando los siguientes aspectos:

- Organización y trabajo en grupo. Deben realizar en común las tareas básicas para el desarrollo de la práctica como la conexión de los distintos dispositivos, identificación de los puntos de medida, etc. Posteriormente, deben dividirse las tareas (toma de datos, realización de los cálculos, etc.).
- Conexión del circuito eléctrico. Para el desarrollo de la práctica, es necesario conectar el dispositivo termoeléctrico a una carga variable y registrar los valores de tensión e intensidad para distintos valores de resistencia. Para ello dispondrán de un reóstato y dos multímetros que deberán conectarse adecuadamente. Asimismo, se deben colocar los termopares que registrarán las temperaturas del foco frío y caliente y controlar debidamente dichas temperaturas. Para la consecución de este segundo objetivo, los alumnos deben aplicar conocimientos que deben haber sido adquiridos durante los distintos cursos del Grado en Ingeniería Eléctrica.
- Cálculo y justificación de los resultados. Los alumnos deben realizar los cálculos una vez tengan las distintas medidas, para así determinar si los resultados obtenidos son coherentes (considerando los conceptos teóricos adquiridos en clase y proporcionados en el guión de la práctica) o se ha cometido algún error de medida.

Experimentales. Desarrollo de la práctica.

Durante la realización de la práctica, se deben registrar las temperaturas de entrada y salida de ambos fluidos y los datos de tensión e intensidad para los distintos grados de carga (resistencia) aplicada al TEG. Los datos recogidos durante el desarrollo de la práctica se muestran en la Tabla 2. En la última fila, se resalta en negrita los valores medios de las temperaturas que son los que se utilizan para los cálculos de las potencias térmicas de los focos.

Tabla 2. Datos tomados durante el ensayo.

$T_{en,ac}$ (°C)	$T_{sal,ac}$ (°C)	$T_{en,ag}$ (°C)	$T_{sal,ag}$ (°C)	Resistencia (Ω)	Voltaje (V)	Intensidad (A)
194.00	186.25	14.23	16.07	100	4.70	0.03
194.29	186.43	14.24	16.10	50	4.69	0.06
194.77	186.7	14.26	16.14	25	4.39	0.11
195.31	187.08	14.31	16.19	10	3.50	0.26
195.73	187.52	14.33	16.23	9	3.34	0.28
196.08	188.09	14.36	16.27	8	3.18	0.31
196.54	188.51	14.4	16.33	7	2.98	0.34
197.36	188.77	14.42	16.4	6	2.74	0.37
197.61	189.14	14.45	16.46	5	2.32	0.44
198.18	189.73	14.5	16.53	4	2.03	0.49
198.58	190.14	14.57	16.61	3	1.48	0.57
198.91	190.69	14.64	16.69	2	0.71	0.69
199.35	191.05	14.7	16.78	1	0.06	0.79
199.78	191.42	14.75	16.86			
200.08	191.74	14.83	16.98			
200.68	192.2	14.9	17.09			
201.04	192.62	14.97	17.20			
197.55	189.30	14.52	16.52			

A partir de los datos mostrado en la Tabla 2 se elabora la curva de potencia característica del TEG empleado, como se muestra en la Figura 3. A partir del valor de potencia máxima obtenido a partir de esta figura y del cálculo de la potencia calorífica aportada por el aceite se calcula el rendimiento de la instalación del TEG. También se estima la potencia calorífica que absorbe el fluido frío, que se considera como una pérdida. Todos estos resultados se muestran en la Tabla 3.

Figura 3. Relación tensión-intensidad y curva de potencia del TEG en este ensayo.

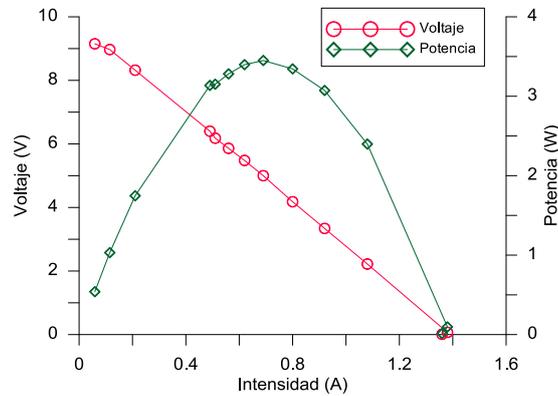


Tabla 3. Potencia térmica, potencia eléctrica y rendimiento del TEG.

$P_{el,TEG}$ (W)	\dot{Q}_{ac} (W)	η_{TEG} (%)	\dot{Q}_{ag} (W)
3.45	628	0.55	179

El rendimiento obtenido es menor que el generalmente obtenido con este material puesto que algunos autores comentan que se puede obtener hasta el 5% a ~ 200 °C (Champier, 2017). Una de las posibles causas de este bajo rendimiento es las pérdidas térmicas de la instalación con el ambiente, lo que puede provocar que en realidad la potencia calorífica de la que dispone el termoelectrico sea menor que la asociada al fluido caliente. Por ello, se ha propuesto estimar, mediante un modelo de transmisión de calor, las temperaturas reales a las que trabaja el generador termoelectrico para así poder proporcionar un valor más real de rendimiento del mismo. Esta mejora es la base de un Trabajo Fin de Grado que se está desarrollando en la actualidad en la Escuela de Ingeniería Industrial de Toledo.

Encuesta de satisfacción de la realización de la práctica.

Para comprobar el grado de aceptación de la práctica para los alumnos de la asignatura, se realizó una encuesta on-line y anónima para que los alumnos respondieran a una serie de preguntas relacionadas con el aprendizaje y desarrollo de la práctica. Las preguntas son las siguientes:

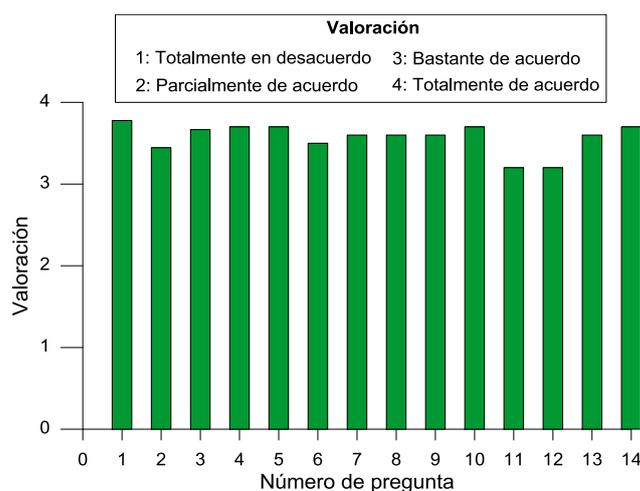
1. La práctica ha contribuido a la comprensión de conocimientos adquiridos en las clases de teoría.
2. Con la práctica he desarrollado habilidades básicas y procedimentales sobre la instalación de termoelectricos y su funcionamiento.
3. He podido interactuar con la instalación de prácticas y conocerla a fondo.
4. Las actividades propuestas para resolver en la guía de la práctica son asequibles.

5. Las actividades propuestas para resolver en la guía de la práctica me han permitido afianzar los contenidos desarrollados en la práctica.
6. La resolución de la práctica ha contribuido a desarrollar mi capacidad de organización y planificación.
He visualizado y utilizado componentes eléctricos que no conocía.
7. Las explicaciones de los profesores antes y durante la práctica me han servido de ayuda para relacionar los conceptos teóricos.
8. La metodología de aprendizaje usada en la práctica me ha ayudado en la comprensión de la misma.
9. La metodología de aprendizaje usada en la práctica me ha permitido aprovechar mejor el tiempo que he estado en el laboratorio.
10. He adquirido conceptos multidisciplinares ajenos a la asignatura.
11. Realizar la práctica me ha permitido desarrollar mis habilidades de trabajo en grupo.
12. La práctica ha contribuido a aumentar mi interés por la asignatura.
13. La instalación usada en la práctica es adecuada para el desarrollo de la misma.

En cada una de las preguntas los alumnos tienen cinco respuestas posibles, cada una con la siguiente valoración: NS/NC (sin valor numérico), Totalmente en desacuerdo (1), Parcialmente de acuerdo (2), Bastante de acuerdo (3) y Totalmente de acuerdo (4). Las encuestas fueron realizadas por los 10 alumnos matriculados en la asignatura. En la Figura 4 se muestran los valores promedio obtenidos en cada una de las respuestas.

Tal y como puede observarse en la figura, el nivel de aceptación de la práctica ha resultado muy positivo, obteniéndose una valoración en cada rúbrica analizada siempre entre 3, correspondiente a “Bastante de acuerdo” y 4 “Totalmente de acuerdo”, por lo que todos los objetivos propuestos por los profesores implicados se pueden considerar cumplidos.

Figura 4. Resultados de encuesta de valoración de los alumnos.



Conclusiones

En este trabajo se ha diseñado, construido y utilizado una práctica de laboratorio que cubre conceptos multidisciplinares de aprovechamiento y eficiencia energética usando módulos termoelectricos. El desarrollo de la práctica ofrece una perspectiva real de utilización de estos módulos en el sector industrial.

Según los resultados mostrados en la encuesta de satisfacción realizada por los alumnos, la utilización de la instalación ha contribuido a mejorar el conocimiento sobre empleo de termoelectricos para generación de energía eléctrica de los alumnos que cursaron la asignatura de ‘Sistemas Energéticos Emergentes’ del Grado en Ingeniería Eléctrica.

Referencias

Álvarez-Murillo A., De Borja P rez F., Carmona D., González J.F. (2017a). *Estudio de un sistema de autoconsumo en una vivienda unifamiliar aislada de red*. 25º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Badajoz.

Ivarez-Murillo A., Ledesma Cano B., Sabio Rey E., Román Suero S. (2017b). *Estudio de recuperación energética mediante intercambiadores de calor. Cálculo y dimensionado asistido por ordenador*. 25º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Badajoz.

Champier D. (2017). *Thermoelectric generator: A review of applications*. Energy Conversion and Management 140, 14 pp.

Fernández-Yáñez P., Gómez A., García-Contreras R., Armas, O. (2018). *Evaluating thermoelectric modules in diesel exhaust systems: potential under urban and extra-urban driving conditions*. Journal of Cleaner Production 182, 9 pp.

Gim nez-Palomares F., Monsoriu J.A. (2015) *Curvas en el espacio: un laboratorio virtual*. 23º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Valencia.

López-P rez M.-F., Cardona S. C., J. Lora J., Abad A. (2015). *Desarrollo de la competencia transversal análisis y resolución de problemas en el Grado de Ingeniería Química, mediante el uso de MATLAB*. 23º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Valencia.

Miranda M.T., Montero I., Sep lveda F.J., Arranz J.I., Rojas C.V., Portalo F. (2017). *Desarrollo de competencias específicas mediante la realización de prácticas con equipos comerciales de biomasa*. 25º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Badajoz. Ivarez

Navarro Ar valo E., Tizón Pulido J.M. (2015). *Docencia presencial y laboratorio remoto: una unión idónea para las prácticas de motores alternativos*. 23º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Valencia.

Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoeléctricos

Sáez-Martínez F.J., Guadamillas F., Martín R. (2013). *Experiencias docentes en energía y medioambiente*. University Vocational Training Network. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla la Mancha.

Terrón Pernía J., López Sánchez M.J., Corrales Alba C. Consejería Castilla, A. (2014). *Propuesta metodológica en prácticas de laboratorio orientada hacia proyectos industriales en automatización con visión empresarial*. 22º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Almadén.

Vizcarro C. (2010). *Evaluación de resultados de aprendizaje*. Curso de Introducción a la Docencia Universitaria. Toledo.