

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 “engineers”. 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



Modelos didácticos de Goma-EVA para visualizar conceptos y detalles en la enseñanza de estructuras metálicas

Carlos López-Colina Pérez^a, Miguel Lozano García^a, Miguel A. Serrano López^a y Fernando López Gayarre^a

^aUniversidad de Oviedo. Dep. de Construcción e Ingeniería de Fabricación. lozanomiguel@uniovi.es, lopezpcarlos@uniovi.es, serrano@uniovi.es, gayarre@uniovi.es

Abstract

The present piece of work shows the huge possibilities of an easy-to-acquire and easy-to-handle material to teaching issues of steel and composite structures : EVA-foam (or ethylene-vinyl acetate). Four types of didactic models have been developed regarding three topics : beams, connections and composite structures. The use of small bolts has allowed to reproduce on a small scale the most common steel joints for buildings and to show their rotational stiffness variation. The panel instabilities are reproduced by clear local buckling in the ethylene-vinyl acetate sheets, allowing the direct display of new phenomena for the students like shear buckling of built-up-girders. Welds and web-to-flange connections of profiles have been reproduced by means of hot-melt glue and concrete has been simulated by low density polyurethane foam. The manufacturing simplicity and very low cost of the models make them suitable as a didactic support at the classroom, but also to be considered as complementary assignments for students to be marked.

Keywords: didactic models, EVA foam, ethylene-vinyl acetate, steel structures, composite structures.

Resumen

El presente trabajo muestra las enormes posibilidades en el campo de la enseñanza de estructuras metálicas y mixtas de un material de fácil acceso y manipulación: la espuma de goma-EVA (o etilvinilacetato). Se han desarrollado cuatro tipos de maquetas didácticas sobre tres temas: vigas, uniones y

estructuras mixtas. El uso de tornillos de pequeño diámetro ha permitido reproducir a escala las uniones más comunes en estructuras metálicas de edificación y mostrar la variación de su rigidez rotacional. Las inestabilidades de los paneles son reproducidas visualmente como abolladuras muy claras en las planchas de etilvinilacetato, permitiendo la visualización directa de fenómenos nuevos para el alumno como la abolladura por cortante en vigas armadas de gran canto. Las soldaduras o las uniones ala-alma de los perfiles han sido reproducidas mediante el uso de pegamento termofusible y el hormigón ha sido simulado utilizando espuma flexible de poliuretano de baja densidad. La sencillez de fabricación y bajísimo coste de las maquetas las hace ideales como apoyo didáctico en las clases, pero también para ser consideradas como objeto de trabajos complementarios evaluables a realizar por los alumnos.

Palabras clave: *modelos didácticos, goma-EVA, etilvinilacetato, estructuras de acero, estructuras mixtas.*

Introducción

Las maquetas y modelos a escala se han venido utilizando desde hace tiempo en la didáctica de la ingeniería para ilustrar temas propios de la resistencia de materiales y la teoría de estructuras. Distintos materiales han sido usados en modelos de muy diversa complejidad. Aquellos modelos pensados para ser fabricados íntegramente por los propios profesores y también por los alumnos utilizan papel (Crittenden et al., 2013), cartón (Unterweger, 2005) o madera (Saidani y Shibani, 2014). También existen modelos comerciales de plástico que presentan muchas posibilidades de montaje de diferentes estructuras y que permiten una fácil comprensión de su funcionamiento, sobre todo si se incluyen comparativas con cálculos manuales o simulaciones numéricas (Romero y Museros, 2002).

Los planteamientos para el uso de modelos estructurales son muy diversos, desde el apoyo visual a las explicaciones hasta la propuesta de actividades evaluables de trabajo en grupo a modo de concurso. En el campo de los concursos estructurales destacan las estructuras de maderas ligeras como la de balsa (MDOT, 2018) o incluso las hechas con espaguetis, que son objeto de competiciones internacionales entre instituciones superiores de enseñanza (Gamayunova, 2015). Aunque lo cierto es que existen posturas encontradas sobre la idoneidad de estas actividades competitivas (Kristensen et al., 2015). Otra práctica muy extendida en las asignaturas con contenidos generales en el ámbito de la Teoría de estructuras es la de reproducir mediante cálculos, con medios informáticos o manuales, los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio, pudiendo utilizar para ello montajes a escala y de tamaño reducido con fines puramente educativos (Behr, 1996).

En cuanto al alumnado objetivo, los modelos estructurales didácticos se usan desde los niveles de educación básica (Llewellyn et al., 2016) hasta las asignaturas universitarias más generales del área de estructuras (Bowen, 2003), pasando por cursos introductorios a la tecnología de estructuras (Matsuiishi et al., 2003). Las materias universitarias que normalmente utilizan este tipo de maquetas se suelen corresponder en los planes de estudios españoles con resistencia de materiales y teoría de estructuras. Sin embargo, su uso en asignaturas más tecnológicas o que presentan fenómenos y detalles estructurales más complejos ha sido, hasta el momento, bastante más limitado.

La asignatura de estructuras metálicas es, normalmente, obligatoria en los grados de ingeniería civil, arquitectura, etc. También debe ser cursada en los itinerarios de especialización en construcción de ingeniería industrial y otras ingenierías. Dependiendo de la universidad, pueden impartirse también nociones sobre estructuras mixtas acero-hormigón o bien dejar esta materia para una asignatura aparte, ya sea de grado o máster. En cualquier caso, tanto las estructuras metálicas como las mixtas deben ser estudiadas en gran medida como asignaturas con orientación tecnológica, de modo que las competencias adquiridas tengan una posibilidad de concreción inmediata en trabajos reales. Las limitaciones de tiempo de los nuevos planes de estudios y la importancia de las sesiones dedicadas a resolución de problemas y ejemplos prácticos hacen que la carga teórica de la asignatura deba disminuir inevitablemente, por lo que, en muchos casos, debe dejarse a un lado la demostración matemática completa de los fenómenos físicos más complejos. Ese es el planteamiento que se ha ido adoptando en la mayoría de escuelas de ingeniería y arquitectura, tomando como libros de referencia algunos que explican parcialmente el origen de la formulación, pero también intentando simplificar la carga teórica a la hora de impartir la asignatura (Argüelles et al., 2013) (Monfort, 2006) (Benito y Carretero, 2010).

La pérdida de horas teóricas no debe implicar que se deje de lado la comprensión de los fenómenos físicos mediante demostraciones, pues esta práctica es fundamental para el desarrollo de un espíritu crítico y para la práctica científica en general. ¿Cuál puede ser entonces la solución para los fenómenos más complejos y que necesitarían de tediosas demostraciones matemáticas? La respuesta más evidente es: la presentación visual y empírica, de modo que, tras la clase, puedan ser comprendidos y asimilados de un modo casi intuitivo, pues el alumno ha podido ver con sus propios ojos cómo se producían. El uso de modelos estructurales a escala en prácticas de laboratorio podría permitir la visualización combinada con la comprobación de las fórmulas usadas en cálculos manuales (Harris y Sabnis, 1999). Sin embargo, esto implica un alto coste en tiempo de prácticas y preparación de probetas y, en la mayoría de casos, añadir la consideración adicional de los efectos de escala y las explicaciones correspondientes (Krawlinker, 1988). Además, la observación directa de los procesos de inestabilidad (abolladuras, pandeos) no siempre es posible, dado el alto módulo elástico del acero.

Actualmente están a la venta vigas extra-flexibles de la marca Pasco. Estas están a disposición de los profesores de las asignaturas de estructuras de la Universidad de Oviedo y son utilizadas principalmente en las explicaciones sobre los ejes fuerte y débil de flexión y la identificación del plano de pandeo por compresión. En las asignaturas de estructuras metálicas se utilizan también como apoyo a las explicaciones sobre el pandeo lateral por flexión, mostrando su mecanismo y la imposibilidad de que se dé alrededor del eje débil. En estas asignaturas también pueden usarse para visualizar la torsión de alabeo en perfiles abiertos.

Figura 1 Viga extra-flexible Pasco mostrando pandeo lateral (a) y torsión de alabeo (b)



Fuente: www.pasco.com

Tras ser presentadas por el profesor, se pasan a los alumnos para que sean manejadas por ellos y experimenten en sus propias manos. Dada la gran utilidad de estos elementos para la comprensión experimental y posterior asimilación de conceptos de los alumnos, se ha decidido extender este aprendizaje directo, a través de modelos a escala muy visuales, a otros temas. Para ello es necesaria la fabricación propia del material correspondiente, debido a que no existen en el mercado modelos estructurales que puedan servir para este fin.

El presente trabajo muestra las enormes posibilidades en el campo de la enseñanza de estructuras metálicas y mixtas de un material de fácil acceso y manipulación: la espuma de goma-EVA (o etilvinilacetato), utilizándolo para mostrar de manera directa el comportamiento de estructuras metálicas simples y sus uniones, así como los detalles estructurales clave de estas.

Material utilizado

El etilvinilacetato o goma-EVA es el material principal de los modelos propuestos. Se trata de un termoplástico formado por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo que se utiliza en forma espumada para manualidades didácticas y creativas. Se vende en planchas de diferente espesor, densidad y color. En el caso que ocupa el presente artículo se han utilizado láminas de espesor 2 mm y de 5,25 mm, que tienen densidades de 74 kg/m³ y 77 kg/m³ respectivamente (Fig.2-c). El color escogido ha sido el blanco, que facilita la visualización de posibles anotaciones o esquemas aclaratorios que puedan hacerse sobre el mismo modelo, con rotulador, bolígrafo o incluso lápiz.

Figura 2 Muestra de materiales utilizados para la fabricación de los modelos



Las uniones por soldadura entre elementos y las uniones ala-alma de los perfiles de acero han sido ejecutadas en los modelos mediante pegamento termofusible (copolímero de etilvinilacetato). La rapidez y facilidad con que pueden lograrse uniones resistentes mediante el uso de pistolas de pegamento (Fig.2-d). muy económicas y simples de manejar hacen de éste el método idóneo para crear uniones permanentes en la goma EVA. Su similitud con los cordones de soldadura, además, es un valor añadido a este modo de ejecutar los modelos.

Para las uniones atornilladas se utilizaron tornillos de 3 y 4 mm de diámetro (Fig.2-e, f, g, j).con sus correspondientes tuercas y arandelas. También se utilizaron arandelas anchas para evitar el punzonamiento de la cabeza de los tornillos en la goma EVA. En el caso específico de los pernos de anclaje a cimentación, el material utilizado fue la varilla roscada de 4 mm de diámetro.

En este trabajo también se proponen modelos que pretenden reproducir elementos estructurales de hormigón que actúan conjuntamente con la estructura de acero, como zapatas de cimentación unidas a las placas de anclaje y losas de tableros mixtos de puentes. Por tanto, es necesario escoger un material adecuado para ellos. Se ha seleccionado la espuma flexible de poliuretano (Fig.2-a) como el más idóneo, dado que tiene un módulo de elasticidad notablemente más bajo que la espuma de EVA. La relación entre módulos de elasticidad del acero y el hormigón en casos habituales ronda un valor entre 5 y 7. La relación entre los módulos de elasticidad de la goma EVA espumada y la espuma de poliuretano puede tomar valores entre 3 y 5. Aunque las relaciones no son idénticas, sí son suficientemente aproximadas para

dar unos resultados que visualmente muestren los conjuntos mixtos acero-hormigón con unas deformaciones magnificadas, pero un comportamiento similar.

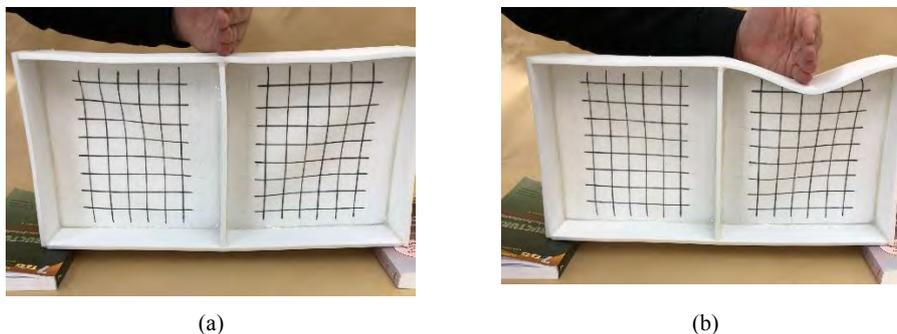
Para simular los conectores soldados de cortante entre acero y hormigón, se han utilizado las cabezas de plástico de chinchetas (Fig.2-h) pegadas convenientemente a la goma EVA con pegamento termofusible (Fig.2-b). Su cabeza circular más ancha que el vástago, presenta cierta resistencia al arrancamiento cuando está insertada en un agujero estrecho de espuma de poliuretano (hormigón simulado). Estas uniones son perfectamente desmontables, simplemente realizando un movimiento de desabotonado de la cabeza de las chinchetas de plástico.

Las operaciones de taladrado y de corte tanto en la goma EVA como en la espuma flexible de poliuretano pueden realizarse con herramientas manuales muy simples como una barrena manual o una cuchilla o cúter. Para los cortes de varillas roscadas y cabezas de chinchetas ha de disponerse de una sierra de mano para metal y un tornillo de banco para su sujeción. Si se requiere doblar piezas basta con aplicarles calor, por ejemplo, con un secador de pelo, antes de proceder al conformado por presión.

Modelos didácticos

El primero de los modelos propuestos y el más simple de todos ellos fue desarrollado como apoyo las explicaciones en torno a un tema muy particular de las estructuras metálicas: las abolladuras que pueden suceder en vigas armadas de alma esbelta. Se trata de una viga en doble T con alma muy esbelta, con rigidizadores en los extremos y un rigidizador central. Está ideada para ser utilizada en las sesiones correspondientes a la abolladura del alma. Si el modelo se apoya en los dos extremos y se carga muy ligeramente en el centro, se podrán observar fácilmente las abolladuras que señalan el campo diagonal de tracciones (Fig. 3-a). Con cualquier carga en una zona del ala no rigidizada se obtendrá una simulación del fallo por abolladura frente a cargas concentradas (Fig. 3-b). Se ha dispuesto una cuadrícula sobre el alma de la viga para visualizar más claramente las deformaciones de abolladura.

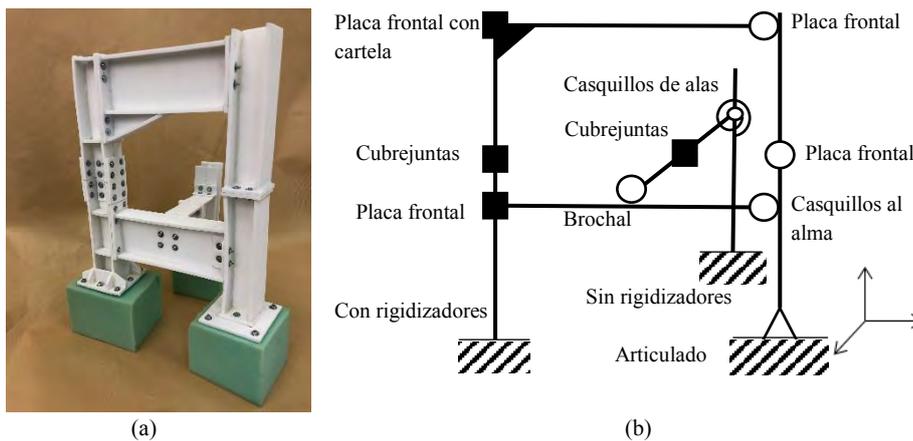
Figura 3 Modelo para abolladura por cortante (a) y por cargas concentradas (b)



La segunda maqueta didáctica se corresponde con un modelo destinado a facilitar la comprensión de los detalles estructurales de uniones de acero, presentando algunos de los modelos de uniones articuladas, rígidas y semirrígidas más típicos que pueden encontrarse entre perfiles en doble T. Este modelo presenta un pilar empotrado con rigidizadores en la base con dos uniones rígidas atornilladas a vigas, una de ellas con chapa frontal y otra con chapa frontal y cartela inferior. El pilar tiene un empalme con cubrejuntas transmisor de momentos. Otro pilar está nominalmente articulado en la base y presenta uniones simples nominalmente articuladas a vigas por medio de casquillos al alma y por chapa frontal, además tiene un empalme atornillado para transmisión de axiles. A la viga inferior del pórtico principal llega a embrochar otra, que a su vez presenta un empalme transmisor de momentos entre sus dos tramos. Esta viga con el empalme llega a otro pilar al que se une mediante una conexión semirrígida con casquillos de angular a las alas y en la base tiene una placa sin rigidizadores.

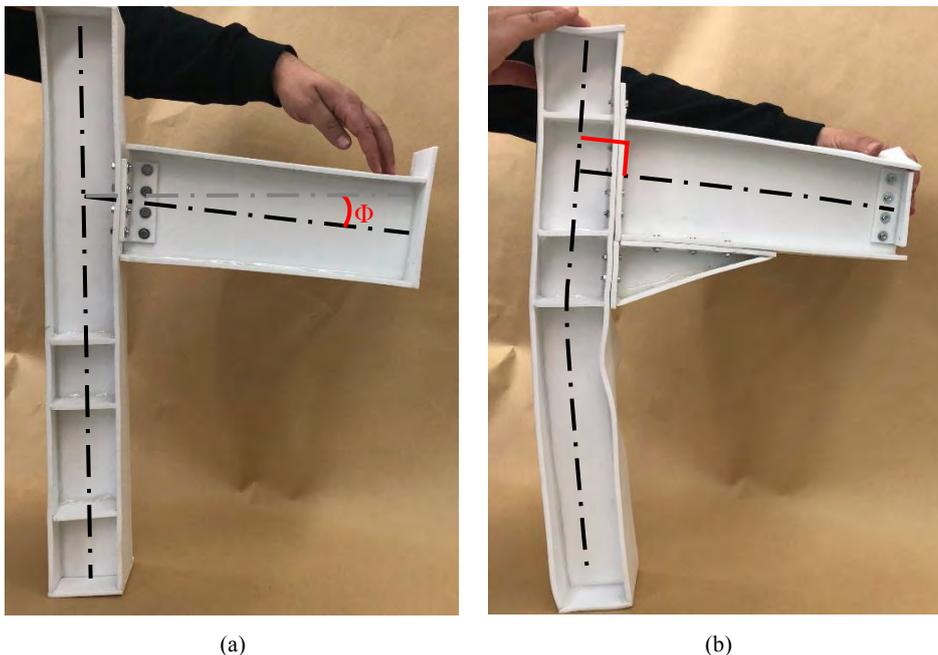
Este conjunto (Fig. 4-a), primero presentado por el profesor con su esquema estructural (Fig. 4-b) y luego en las manos de los propios alumnos, servirá para comprender rápidamente los detalles estructurales más comunes en cuanto a uniones, pudiendo incluso visualizar la notable diferencia en la rigidez de las uniones consideradas nominalmente articuladas y las nominalmente rígidas solamente aplicando esfuerzos pequeños con las manos sobre el modelo. Las placas base de los pilares se han anclado a zapatas de poliuretano flexible mediante varilla roscada clavadas en dicha espuma. Esto simula de un modo muy visual el anclaje de pilares metálicos a elementos de cimentación de hormigón, ya que las varillas pueden extraerse y reinsertarse sin dificultad en las zapatas. Detalles como la existencia de tornillos de nivelación bajo las placas base han sido cuidados en la fabricación del modelo para poder dar las correspondientes explicaciones.

Figura 4 Modelo de uniones típicas (a) y su esquema estructural (b).



Un tercer modelo (Fig. 5), creado también para la asignatura estructuras metálicas, tiene el mismo objetivo de clarificar el comportamiento de las uniones, pero buscando una mayor interactividad por parte de los alumnos que el mostrado anteriormente. Se trata de un conjunto viga-pilar, en el que, con ayuda de elementos adicionales como pueden ser casquillos de angular o cartelas-cartabón, los estudiantes pueden montar seis tipos de uniones muy comunes, que van desde la unión con apoyo de casquillo de angular a la unión con chapa de testa, rigidizadores y cartela inferior. Teniendo en cuenta las posibles variaciones adicionales sobre estas seis uniones básicas, añadiendo o quitando casquillos de angulares o cartelas y colocando la viga con rigidizadores de continuidad de las alas o no, pueden montarse, al menos, otras 6 uniones más. Tras montar las uniones manualmente, los estudiantes pueden, cargarlas directamente con sus manos, deformándolas de modo que se evalúe si el giro relativo entre la viga y el pilar se consigue para momentos aplicados pequeños, medianos o grandes. De este modo, se pueden ordenar las uniones propuestas por su rigidez rotacional. Esta maqueta didáctica es susceptible de ser utilizada junto con un cuestionario, en el que, por grupos, se pida montar diferentes uniones típicas y después ordenarlas según la rigidez rotacional estimada al cargarlas manualmente.

Figura 5 Unión nominalmente articulada (a) y unión nominalmente rígida (b).

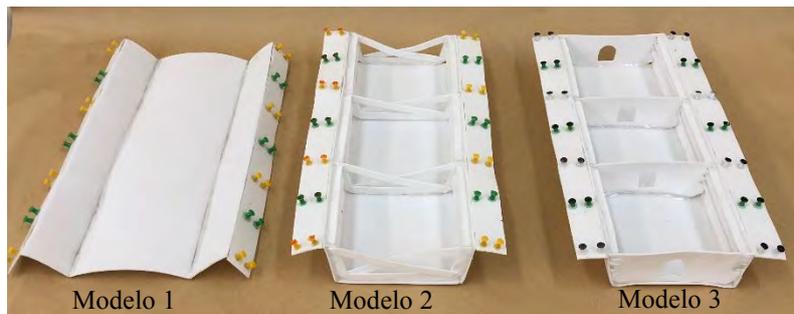


En la figura 5 pueden compararse los giros relativos obtenidos para dos uniones, una nominalmente articulada (Fig. 5-a) y otra nominalmente rígida (Fig 5-b). La primera unión presenta un elevado giro relativo ϕ para momentos muy bajos que no deforman viga ni pilar y

la segunda prácticamente conserva el ángulo inicial en la unión para cargas elevadas que deforman visiblemente la viga y el pilar, pero no la conexión.

El cuarto tipo de modelo creado hasta el momento se corresponde con temas de vigas armadas e introductorios a las estructuras mixtas acero-hormigón. Se trata de modelos en goma-EVA y espuma flexible de poliuretano que reproducen pequeños tramos de puentes de vigas en cajón con tablero mixto de hormigón. Los conectores de cortante se han simulado con cabezas de plástico de chinchetas, como se menciona en el apartado de materiales. Se han creado tres modelos con una misma geometría básica pero tres niveles distintos de rigidización (Fig. 6): uno primero sin rigidizadores, otro con rigidizadores longitudinales, transversales y cruces de arriostramiento transversal y un tercero con rigidizadores longitudinales y diafragmas continuos sólo con un hueco de paso.

Figura 6 Modelos de vigas metálicas con conectores para puente mixto en cajón.



El comportamiento de estos modelos puede ser comparado situándolos entre dos apoyos y cargándolos progresivamente (Fig. 7). En la tabla 1 puede observarse el resultado de resistencia aproximada frente a una carga centrada, así como la flecha obtenida para cargas de 4N, 6N y 8N. También se incluye el peso de los modelos y el volumen de goma-EVA utilizado.

Figura 7 Modelo de puente mixto en carga.



Tabla 1. Resultados de modelos de vigas mixtas

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Peso (g)	103	117	130
Volumen (mm³)	221.200	280.900	290.976
Resistencia (N)	peso propio	16	20
Flecha para 4N (mm)	-----	8,56	8,19
Flecha para 6N (mm)	-----	13,59	12,55
Flecha para 8N (mm)	-----	19,32	17,11

Los modelos de puentes mixtos han de servir para ilustrar visualmente múltiples puntos como: el efecto de los rigidizadores para evitar la abolladura de las placas comprimidas, el efecto de los diafragmas transversales para evitar la distorsión de la sección, el trabajo de una estructura mixta a través de los conectores de cortante o la importancia de los diafragmas de refuerzo en los apoyos. Aunque el trabajo con los modelos está previsto inicialmente como un apoyo a la docencia presencial, tomando como muestra estas maquetas pueden plantearse proyectos de curso complementarios a modo de concursos de carga sobre tableros diseñados y fabricados por los alumnos, bien imponiendo una carga a resistir y premiando el menor peso estructural, bien imponiendo un límite de peso y premiando la mayor carga resistida.

Resultados

El uso de los modelos didácticos se ha planteado en los apartados anteriores principalmente como un apoyo a las explicaciones y, en general, a la docencia presencial. Hasta el momento, la aceptación de los alumnos de estos complementos a las clases expositivas ha sido muy buena, detectando una comprensión inmediata de los fenómenos y detalles que se pretenden explicar mediante la visualización directa y la interacción de los alumnos. Los resultados completos de esta propuesta aún no han podido ser evaluados en profundidad, pues el año en curso es el primero en que se utilizan estos materiales y en el momento de envío del presente artículo la asignatura Estructuras Metálicas del Grado en Ingeniería Civil en la Escuela Politécnica de Mieres, que es la seleccionada para comenzar a utilizarlos, aún no ha sido evaluada. A modo orientativo y para valorar la aceptación de estos modelos, dentro de una encuesta anónima intermedia del curso, se han realizado dos preguntas para que valoren del 1 al 10 en una escala de Likert de desacuerdo-acuerdo la conformidad con el uso de estos materiales. Se ha puntuado con una media de 8,5 la idoneidad de los modelos didácticos utilizados y con un 8,2 el interés en derivar una parte de la nota de los trabajos de curso a diseñar y fabricar maquetas de puentes metálicos o mixtos en goma-EVA para superar una prueba de carga evaluable con ellos.

Conclusiones

Tras la elaboración de los modelos de etilvinilacetato mencionados y la valoración preliminar de su uso didáctico en la asignatura de Estructuras Metálicas, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La facilidad de manejo, fabricación y el bajo precio de los modelos propuestos los hacen ideales para su uso didáctico por parte del profesorado de Estructuras Metálicas, mostrando con ellos, de un modo muy visual, diferentes fenómenos y detalles. La comprensión casi intuitiva de los conceptos que se pretenden ilustrar mediante los modelos hace que los estudiantes valoren muy positivamente el uso de estos materiales en el aula.

Tanto las uniones soldadas como atornilladas pueden ser simuladas con espuma de etilvinilacetato, mostrando su rigidez rotacional de un modo directo mediante una carga manual. También pueden simularse de un modo muy simple, mediante espuma flexible de poliuretano, elementos de hormigón como zapatas de cimentación o losas de estructuras mixtas. Los pernos de anclaje a zapatas pueden ejecutarse con varilla roscada y los pernos de cortante de las vigas mixtas pueden ser fabricados con chinchetas de plástico, dando lugar a una interacción entre los diferentes materiales suficientemente adecuada para simular el comportamiento real.

Las razones anteriores permiten que incluso los propios alumnos puedan realizar trabajos individuales o grupales de fabricación de modelos, que pueden ser objeto de actividades cuantificables y evaluables como la puesta en carga de maquetas de puentes. La posible realización de este tipo de actividades es valorada muy positivamente por los alumnos.

Referencias

- Argüelles R., Argüelles J.M., Arriaga F., Atienza J.R. (2013). *Estructuras de Acero 3ª Edición*. Bellisco Eds. Madrid. 680 pp.
- Behr R. A. (1996). Computer simulations versus real experiments in a portable structural mechanics laboratory. *Computer Applications in Engineering Education* 4 (1) 9-18.
- Benito J. L., Carretero J. (2010). *Principios Básicos de Estructuras Metálicas*. Delta Ed. Madrid. 188 pp.
- Bowen J. D. (2003). Using a Hands-On, Project-Based Approach to Introduce Civil Engineering to Freshmen. *ASEE Annual Conference & Exposition, Nashville*. 8 (1236), 1-10.
- Crittenden K. B., Heat T., Hall D. E. (2013). 2D Paper Trusses for K12 STEM Education. *ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta*. 23 (2), 1-11.
- Gamayunova O. (2015). The Civil Engineering Institute as a Leader in Training of Specialists in the Field of Civil Engineering. *Procedia Engineering* 117, 1043-1050.
- Harris H.G., Sabnis G. M. (1999). *Structural Modelling and Experimental Techniques 2ª Edición*. CRC Ed. Washington D.C. 785 pp.

Modelos didácticos de Goma-EVA para visualizar conceptos y detalles de estructuras metálicas

- Krawlinker H. (1988). Scale Effects in Static and Dynamic Model testing of Structures. *World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo-Kyoto 8*, 865-875.
- Kristensen F., Troeng O., Safavi M., Narayanan P. (2015). *Competition in higher education – good or bad?* Lund University Ed. Lund, Suecia. 17 pp.
- Llewellyn D., Pray S., DeRose R., Ottman W. (2016) Engineering Encounters : Building a Spaghetti Structure. *Science and Children 54 (2)* 70-75.
- Matsuishi M., Takemata K., Tani M., Kitamura T. (2003) Pre-College Education of Engineering at Kanazawa Institute of Technology to Senior High School Students in Japan. *ASEE Annual Conference & Exposition, Nashville. 8 (933)*, 1-10.
- Monfort J.(2006). *Estructuras Metálicas para Edificación*. UPV Ed. Valencia. 338 pp.
- MDOT (2018) *Michigan Design and Build Bridge Challenge Guidelines*. Transportation and Civil Engineering Program. TRAC Ed. Michigan. 50 pp.
- Romero M., Museros P. (2002). Structural Analysis Education through Model Experiments and Computer Simulation. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 128 (4)*, 170-175.
- Saidani M., Shibani A. (2014). Use of Physical and Numerical Models in Engineering Design Education. *Int. Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bali* 61-67.
- Unterweger H. (2005). Simple Structural Models for the Education of Structural Engineers at Graz University. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 131 (4)*, 227-230.