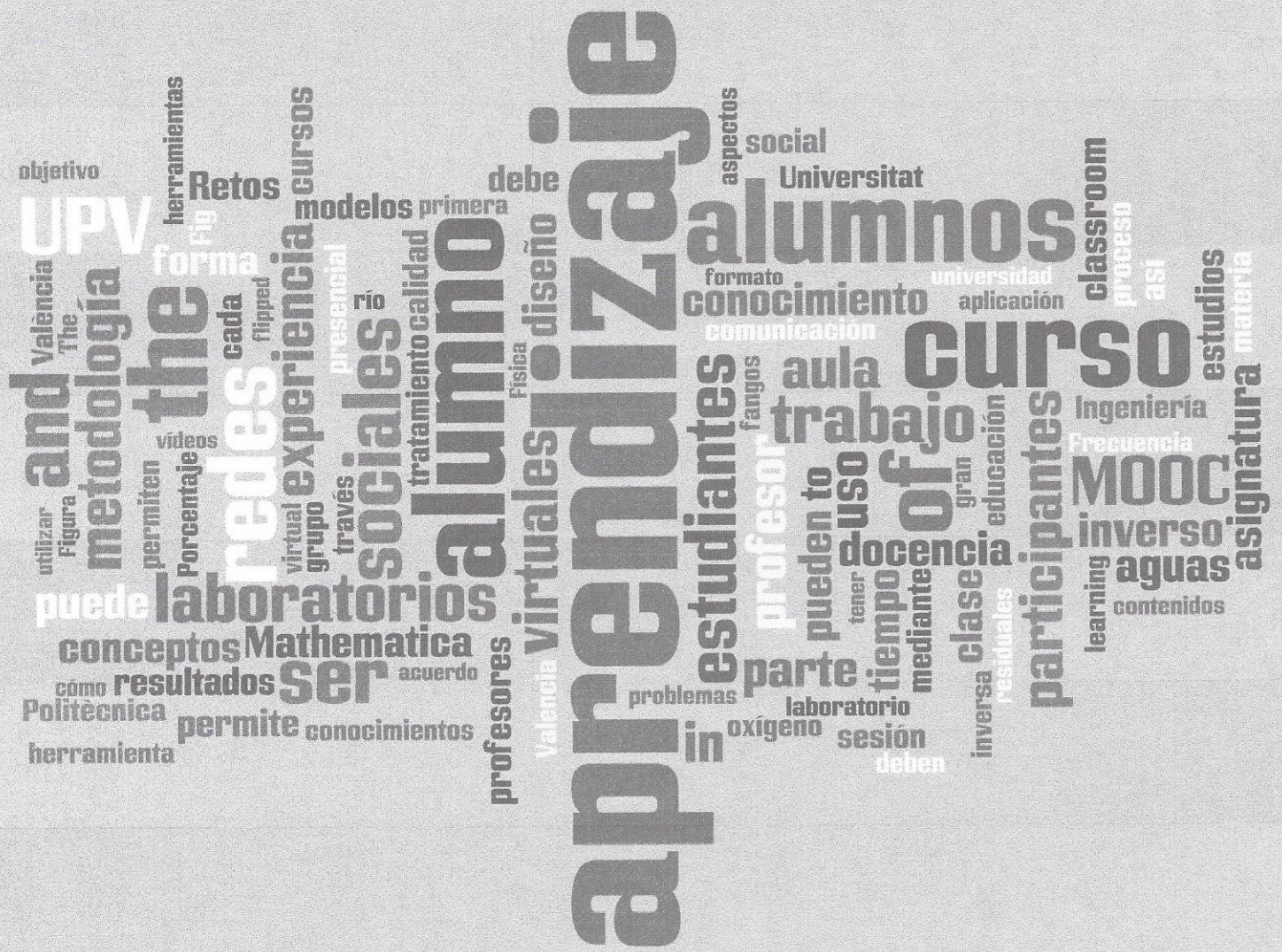


Jornadas de Innovación Educativa y Docencia en Red de la Universitat Politècnica de València

Editores

Vicente Botti Navarro
Miguel Ángel Fernández Prada
José Simó Ten
Fernando Fargueta Cerdá



2014 **IN-RED**
Jornadas de Innovación
Educativa y de Docencia
en Red de la Universitat
Politécnica de València

Valencia
15 y 16 de julio
de 2014



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

EDITORIAL

Jornadas de Innovación Educativa y Docencia en Red de la Universitat Politécnica de València

Editores

Vicente Botti Navarro
Miguel Ángel Fernández Prada
José Simó Ten
Fernando Fargueta Cerdá

2014
EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Colección Congresos

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados por el Comité Científico que en ella se relaciona y según el procedimiento que se recoge en <http://inred2014.blogs.upv.es/comites/>

© Vicente Botti Navarro (editor)
Miguel Ángel Fernández Prada (editor)
José Simó Ten (editor)
Fernando Fargueta Cerdá (editor)

© 2014, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València
www.lalibreria.upv.es / Ref.: 6183_01_01_01

ISBN: 978-84-9048-271-1 (versión cd)

Queda prohibida la reproducción, la distribución, la comercialización, la transformación y, en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de la totalidad o de cualquier parte de esta obra sin autorización expresa y por escrito de los autores.

Comité Ejecutivo

Presidente: Prof. Dr. Francisco Mora Más
Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València

Prof. Dr. Vicente Botti Navarro
Vicerrector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Prof. Dr. Miguel Ángel Fernández Prada
Vicerrector de Estudios, Calidad y Acreditación.

Prof. Dr. Fernando Fargueta Cerdá
Director del Instituto de Ciencias de la Educación.

Comité Científico

Simó Ten, José (Presidente)
Alba Fernández, Jesús
Benlloch Dualde, José Vicente
Leiva Brondo, Miguel
López Patiño, M^a Gracia
López Santiago, Mercedes
Martínez De Juan, José Luís
Monreal Mengual, Lluçia
Montserrat del Río, José Francisco
Monsoriu Serra, Juan Antonio
Moraño Fernández, José Antonio
Morera Bertomeu, Isabel
Mula Bru, Josefa
Oliver Villarroya, Javier
Palomares Chust, Alberto
Pardo Vicente, Teresa
Pérez Pascual, M^a Asunción
Quintanilla García, Israel
Rebollo Pedruelo, Miguel
Ribes Greus, Amparo
Sentieri Omarrementeria, Carla
Terrasa Barrena, Silvia
Vargas Colás, M^a Desamparados
Watts Hooge, Frances Irene
Yepes Piqueras, Víctor

Comité Organizador

Bonet Espinosa, M^a Pilar (Secretaría Técnica)
Cáceres González, Pilar Aurora (Secretaría Técnica)
Maiques March, José M^a
Martínez Naharro, Susana (Secretaría Técnica)
Morales Sánchez, Juan Carlos

Índice de sesiones

1. Aplicación y evaluación de recursos tecnológicos de apoyo al aprendizaje	13
2. Metodologías activas para el aprendizaje en la Universidad	623
3. Actividades de aprendizaje y evaluación para el desarrollo de competencias genéricas	1027
4. Otro tipo de innovación educativa	1275

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS A ESCALA. LA MAGIA DE LAS ESTRUCTURAS DE PAPEL

Jaime Llinares Millán¹, Jose Miguel Molines Cano², Igor Fernández Plazaola³,
Francisco Sanchis Sampedro⁴

¹Universitat Politècnica de València, Dpto. de construccions arquitectòniques jllinares@csa.upv.es

²Universitat Politècnica de València, Dpto. de construccions arquitectòniques, jomoca1@upv.es

³Universitat Politècnica de València, Dpto. de organització de empreses, iplazaola@doe.upv.es

⁴Universitat Politècnica de València, Dpto. de expressió gràfica, fsanchis@ega.upv.es

Abstract

In the model proposed by the School of Engineering Building in his journeys from EXCO teaching framework, the workshop included "magic paper structures" associated with different core subjects of the degree. The shop consists of representing how the current structures operate by scale models role played by parts which can be easily obtained by a different folded base part (in this case, an A4 page).

In a second phase, students must pass a basic problem by building a structure using the pieces that have previously been made. In this case you must form a structure to save a free distance of 1 meter, with a minimum height of 0.6 meters and a minimum support weight of 4 kilos. After that, load tests are performed on the structure until it collapses.

The results obtained are compared in two different aspects. On the one hand it is found that the models made by students and modeled as real structures behave similarly. On the other hand knowledge acquired by the students through a written test at the end of the workshop are checked.

Keywords: *structural design, scale models, paper architecture, case-based learning*

Resumen

En el marco docente propuesto por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación dentro de sus jornadas de la EXCO, se ha incluido el taller “la magia de las estructuras de papel” relacionado con diferentes asignaturas troncales de la titulación.

El taller consiste en representar cómo funcionan las estructuras actuales mediante modelos a escala reproducidas mediante piezas de papel las cuales pueden obtenerse fácilmente mediante diferentes plegados de una pieza base (en este caso un folio A4).

En una segunda fase, los alumnos deberán superar un problema básico mediante la construcción de una estructura empleando a las piezas que previamente se han conformado. En este caso se debe conformar una estructura que salve una distancia libre de 1 metro, con una altura mínima de 0,6 metros y que soporte un peso mínimo de 4 kilos. Tras esto, se realizarán pruebas de carga en las estructura hasta que colapse.

Los resultados obtenidos se comparan en dos vertientes distintas. Por un lado se comprueba que los modelos realizados por los alumnos y los modelizados como estructuras reales se comportan de un modo similar. Por otro lado se comprueban conocimientos adquiridos por el alumnado mediante una prueba escrita al terminar el taller.

Palabras clave: *cálculo estructural, modelos a escala, arquitectura de papel, aprendizaje basado en caso*

Introducción

En los últimos años, una de las evoluciones de las metodologías docentes más importantes ha sido el aprendizaje basado en la práctica. Los nuevos planes de estudio apuestan por modelos de enseñanza donde el alumno, mediante la práctica, tienen una experiencia práctica aplicada de los conocimientos adquiridos en el aula. Esta metodología permite a la vez reforzar y ampliar conocimientos (reforzar la teoría mediante la aplicación en casos prácticos, y ampliar añadiendo la experiencia del alumno sobre el tema trabajado). (HEYMAN 1999)

Dentro del ámbito de la ingeniería de la edificación (que incluye titulaciones como arquitectura, ingeniería de edificación o incluso, ingeniería industrial mediante la especialidad de edificación) una de las áreas temáticas más compleja de visualizar para el alumno es el cálculo estructural. Es necesario tener conocimientos básicos de mecánica estructural, cálculo de esfuerzos y resistencia de materiales, todo ello aplicado en estructuras tridimensionales. Es por ello que las metodologías activas basadas en modelos a escala parecen ajustarse a la perfección a esta área de conocimiento.

En el marco docente propuesto por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación dentro de sus jornadas de la EXCO (Exposición de Construcción, exposición de la escuela presente dentro de la feria CEVISAMA-Cerámica, Vidrio, Saneamiento y Mármol), se ha incluido el taller “la magia de las estructuras de papel” relacionado con diferentes asignaturas troncales de la titulación.

Este artículo trata de explicar los objetivos, metodología y resultados obtenidos en dicho taller. Pese a ser una experiencia piloto (con tiempo y material limitado) los resultados han sido muy positivos, permitiendo al alumnado comprobar el funcionamiento de una estructura mediante un modelo a escala realizado con papel.

1. Ojetivos

Esta actividad presenta dos niveles diferenciados de objetivos. En una capa o nivel más directo, los que llamaríamos objetivos principales, se cubren las necesidades propias de las asignaturas relacionadas con el cálculo de estructuras (competencias específicas y resultados de aprendizaje).

En otro nivel más genérico, los que llamaríamos objetivos secundarios, se explotan algunas de las capacidades básicas del alumno de una ingeniería (competencias genéricas de la titulación).

1.1. Objetivos principales

Los objetivos principales del taller son:

- Dotar a los alumnos de herramientas sencillas a escala para el cálculo de estructuras. Esto aporta al alumno dos herramientas que podrá aplicar en diferentes fases temporales de su formación. De forma instantánea, el alumno adquiere una metodología nueva de comprobación de lo aprendido en el aula (metodología conformada mediante elementos sencillos y de fácil acceso). A largo plazo, en un nivel profesional, se adquiere un conocimiento más amplio de la escala a emplear

- en la realidad, es decir, se adquiere una coherencia formal en el factor a escala a emplear.
- Centrar al alumno en el diseño de estructuras huyendo de las soluciones habituales. Este posiblemente es el objetivo más ambicioso de todos. La tecnología ha evolucionado mucho en los últimos años. Esta evolución, en contra de lo que pudiera parecer mas habitual, lo que ha hecho es estandarizar el diseo estructural, de manera que el alumno ha perdido la capacidad de “crear” o diseñar estructuras novedosas. En esta actividad, al trabajar con elementos no estandarizados (papel plegado) el alumno puede ampliar sus miras y capacidad de diseño.
- Explicar y recordar algunos conceptos estructurales mediante la creación del modelo.

1.2. Objetivos secundarios

Los objetivos secundarios son:

- Desarrollo de las capacidades de trabajo en grupo (YUS 1996)
- Aplicación de las matemáticas en problemas tridimensionales (YUS 1996)
- Aplicación de softwares de cálculo

2. Desarrollo de la innovación

La innovación se divide en 4 fases, fase formativa, fase constructiva, fase de puesta en carga y fase de verificación.

2.1. Fase formativa

Se explican las bases de cálculo de la actividad. Se muestra la relación de resistencia a tracción y compresión del papel respecto a la de varios elementos habituales en el ámbito de la construcción (ladrillos, hormigón, etc...). El alumno debe tener una idea básica de la proporción entre papel (modelo a escala) y elementos de construcción (construcción real). (TORROJA 1960)

El siguiente paso es formar grupos de trabajo. En este caso, debido a las dimensiones del aula se conforman tres grupos de 6 personas cada grupo. Mientras se conforman los grupos se les orienta de como funciona un buen equipo multidisciplinar (un subequipo de diseño, otro de fabricación de elementos, otro de construcción, etc...). No se les obliga a formalizar estos subgrupos, pero si se les orienta para ver como reaccionan.

Finalmente, se les ayuda con la fabricación de los primeros módulos constructivos realizados en papel. En este caso dada la limitación temporal se redujo todo a cinco

elementos básicos, un tubo, un perfil rectangular, un perfil triangular, escuadras resistentes y trozos de folios trabajando como cables (a tracción). La idea aplicada en un modelo con mayor carga temporal sería el ir enseñando poco a poco más piezas, para que los alumnos pudiesen también crear sus propios elementos.



Fig. 1 Diferntes ejemplos de plegado

2.2. Fase constructiva

En esta fase comienza el ensamblaje de las diferentes piezas. Se les asesora para formalizar un pequeño mono de cálculo previo antes de empezar a unir piezas, aunque tampoco es necesario. El objetivo principal de esta fase es que experimenten con diferentes configuraciones y materiales de anclaje (uniendo piezas, mediante celo, etc...)

Cuando ha pasado un tiempo prudencial y han experimentado con las diferentes uniones, se les explica el cometido de la actividad (objetivos estructurales a superar). En este caso se les propone que creen una estructura que:

- Supere un vano mínimo de 80cm
- Tenga una altura superior a 80cm
- Emplee el mínimo número de piezas (folios) posible
- Soporte la mayor carga posible

En caso de poder disponer de más tiempo, resultaría interesante poner como objetivo un baremo de cargas, por ejemplo, que la estructura soporte un ladrillo pero colapse con dos. Esto haría que ajustasen mucho más el cálculo de los diferentes elementos. De momento, en esta experiencia piloto nos limitamos a poder cargar la estructura lo máximo posible.

Llegados a este punto es recomendable el mostrar algunas fotografías o esquemas de estructuras espaciales reales (puentes, silos, gruas, etc...) para que tengan una referencia visual real.

2.3. Fase de puesta en carga

Pasada la fase de testeo de los materiales, y ya con los diseños construidos se pasa a la fase de puesta en carga. Esta fase básicamente tiene como objetivo el ir cargando la estructura para ver que estructura soporta más peso sin llegar a colapsar. En este caso, al tratarse de un taller de corta duración simplemente se tiene en cuenta que la estructura no colapse, sin embargo, para talleres de larga duración cada grupo de trabajo tendría un ficha con los siguientes apartados:

Tabla 1. Ejemplo de ficha de trabajo de grupo

GRUPO DE TRABAJO: <i>Los terremotos</i>	
Miembros:	<i>Juan Pardo Gómez</i>
	<i>Ana Esteban Soler</i>
	<i>José Molines Plazaola</i>
Nº de folios	<i>143</i>
Altura alcanzada	<i>123 cm</i>
Anchura salvada	<i>98 cm</i>
Carga aplicada	Resultado
<i>1 kg</i>	<i>No se altera</i>
<i>1,5 Kg</i>	<i>No se altera</i>
<i>2 Kg</i>	<i>Empiezan a doblarse los soportes</i>
<i>2,5 Kg</i>	<i>Se tensan los cables</i>
<i>3 kg</i>	<i>El sistema de deforma mucho, casi toca el suelo</i>
<i>3,5 Kg</i>	<i>Colapsa la estructura</i>

A partir de estos resultados, si fuese necesario se crearía una rúbrica de evaluación del trabajo para poder evaluar el trabajo del equipo. (MONTENEGRO 2003)

2.4. Fase de verificación

Una vez pasado la puesta en carga, y observado con que carga la estructura se deforma, la fase final consiste en modelizar dicha estructura en algún software informático de cálculo de estructuras e intentar comprobar si existe alguna relación entre el papel y la realidad.

En este caso se emplea el software CYPE con base de modelización tridimensional emdiante el software AUTOCAD, obteniendo modelos muy completos. En el taller realizado, la verificación se realizó convirtiendo la estructura de papel en estructura de perfiles de acero (más fácil establecer una relación lineal), sin embargo, en talleres de mayor duración se plantea que trabajen con acero, ladrillo y hormigón. (ASADIA et al 2012)



Fig. 2 Ejemplo de modelización en CYPE de una estructura del taller

3. Resultados

Los resultados obtenidos en el taller fueron bastante positivos, sobretodo teniendo en cuenta que se trataba de un taller de dos días y con asistencia optativa. El alumnado presente disfrutó mucho de la experiencia y se completaron tres estructuras capaces de soportar más de 20 kilos de peso cada una.

En el apartado organizativo, una de las sorpresas fue como se dividieron rápidamente por aptitudes personales dentro de los grupos sin apenas necesidad de dirección. Un grupo que

diseñaba, otro que construía, otro que ejercía de I+D probando nuevas combinaciones, etc...

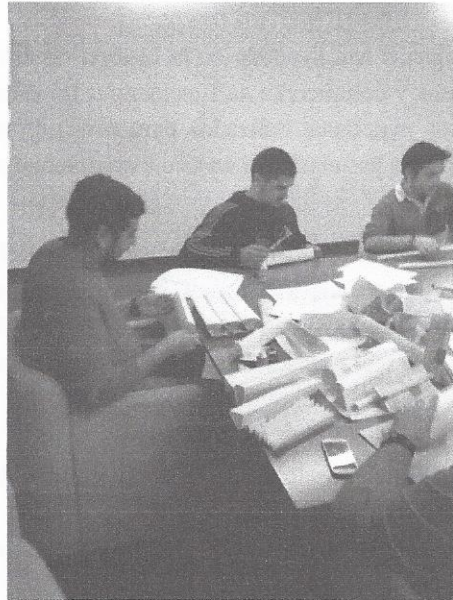


Fig. 3 Imagen de uno de los grupos de trabajo en pleno montaje

Al llegar a la fase de puesta en carga los alumnos convirtieron esta fase en un concurso, lo cual tuvo resultados muy positivos también, dado que el ambiente en el aula fue muy buen, permitiendo el taer más objetos para cargar las estructuras.



Fig. 4 Diferentes ejemplos de puesta en carga de una estructura

No obstante, el resultado más satisfactoria ha sido la fase de verificación realizada por parte de los alumnos. Mediante el empleo del software CYPE se han reproducido los modelos, y

se han calibrado mediante la respuesta del papel y convertido esa misma respuesta al acero. Los resultados obtenidos han sido más cercanos todavía a la realidad de lo que se esperaba. El resumen de los resultados se incluye en la siguiente tabla (los resultados se muestran en la misma escala):

Tabla II. Resultados obtenidos en la fase de verificación

GRUPO DE TRABAJO I	
Deformación vertical modelo en papel	Deformación vertical modelo en acero (virtual)
12,5 cm	16 cm
Deformación horizontal modelo en papel	Deformación horizontal modelo en acero (virtual)
3, 4 cm	4cm
GRUPO DE TRABAJO II	
Deformación vertical modelo en papel	Deformación vertical modelo en acero (virtual)
21 cm	24,5 cm
Deformación horizontal modelo en papel	Deformación horizontal modelo en acero (virtual)
8,6 cm	7,3 cm
GRUPO DE TRABAJO III	
Deformación vertical modelo en papel	Deformación vertical modelo en acero (virtual)
1,5 cm	0,3 cm
Deformación horizontal modelo en papel	Deformación horizontal modelo en acero (virtual)
0 cm	0 cm

Los resultados obtenidos muestran una linealidad en las deformaciones más que aceptables. Teniendo en cuenta que el cálculo de estructuras siempre va ligado a un factor de mayoración o corrección de 1,6 en acero, los resultados obtenidos mediante el sistema de modelo a escala de papel serían más que válidos.

4. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas de esta primera experiencia las vamos a dividir en tres bloques a tenor del área a la que afectan.

4.1. Aprendizaje del alumnado

El alumnado ha conseguido experimentar los resultados de un cálculo de estructuras sin necesidad de efectuar cálculos matemáticos. Se ha comprobado que los alumnos que más dificultades han demostrado para superar las signaturas de cálculo de estructuras en su titulación no se han visto limitados a la hora de realizar este taller, es más, alumnos que no han superado todavía la totalidad de las asignaturas de cálculo de estructuras, han demostrado un mayor interés en este tipo de metodologías que les ayudan a pensar de una forma más práctica.

4.2. Ejecución del taller

Este taller ha sido una experiencia piloto, y como tal, ha tenido muchas limitaciones y problemas de inicio (falta de tiempo, de material, detección de fallos y corrección en tiempo real). Sin embargo ha demostrado ser una buena base de trabajo para poder realizar la siguiente fase evolutiva lógica. El objetivo que se tiene ahora en mente es poder trabajar en paralelo con las asignaturas de cálculo de estructuras de la titulación, de manera que lo que se vaya explicando en el aula se vaya experimentado con modelos a escala.

4.3. Realidad de los resultados obtenidos

La mayor de las sorpresas ha sido la similitud de los resultados obtenidos. En un principio se estimaba una desviación del 20-30% respecto del modelo a escala, sin embargo algunas de las simulaciones han conseguido desviaciones inferiores al 4% en los resultados de deformaciones y rotura de elementos. Se espera poder trabajar en esta línea con otro tipo de simulaciones, softwares, etc...

5. Agradecimientos

Este taller piloto no hubiese sido posible sin el soporte de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.

6. Referencias

ASADIA, E. GAMEIRO, M. HENGGELER, C. DIASC, L. (2012). « Multi-objective optimization for building retrofit strategies: A model and an application” en *Energy and Buildings* (2012, vol44, 81-87).

HEYMAN, J (1999). *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica: colección de ensayos*. Barcelona. Editorial Reverté.

MONTENEGRO, A (2003). *Evaluación del desempeño docente: fundamentos, modelos e instrumentos*. Madrid. Coop. Editorial magisterio.

TORROJA, E. (1960) *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid. CSIC

YUS, R. (1996). *Temas transversales: hacia una nueva escuela*. Barcelona. Editorial Grao.

Índice de autores

Alarcón, F.	753	Cuartas Uribe, B.	1114
Albors Garrigós, J.	624	De la Poza, E.	856
Andreu Andrés, M.A.	1130	del Rey Tormos, R.	704
Aragón Revuelta, P.	771	Escrivà, D.	412
Ardid Ramírez, M.	786	Estelles Miguel, S.	630
Asensi, E.	538	Fernández Diego, M.	1154
Asensio Cuesta, S.	1276	Fernández Plazaola, I.	665
Asunción, J.	80	Ferrando Bataller, M.	14
Bañón Gomis, A.J.	1191	Ferrando, V.	986
Bañón Gomis, A.J.	1228	García Carbonell, A.	1260
Bautista, I.	802	García García, A.	514
Baydal, E.	905	García Martínez, E.	423
Belda, R.M.	1028	García Puchades, W.	652
Benlloch Dualde, J.V.	499	Gasch, I.	866
Blanes, S.	974	Gasch, I.	1334
Boigues, F.J.	741	Giménez, E.	1166
Cabrera García, S.	1362	Giménez, F.	601
Calduch, A.	553	Giménez, F.	954
Candelas Valiente, P.	377	Gimeno Sanz, A.	26
Canós Darós, L.	1121	Gómez Sacristán, A.	195
Casanova Colón, J.	209	Gómez Tejedor, J.A.	299
Castelló, M.L.	251	Gómez, C.	88
Cervelló Royo, R.	1037	González, J.A.	1392
Cháfer, M.	1301	Gracia Morán, J.	1242
Conchado, A.	458	Guirao, A.J.	288
Corbatón Báguena, M.J.	1065	Hernández Franco, C.	398

Hernández Franco, C.	846	Page, A.	1089
Iborra Clar, M.I.	835	Part Escriba, M.C.	762
Izquierdo, J.	474	Payá Zaforteza, I.	714
Jordán Lluch, C.	310	Payá Zaforteza, I.	721
Llinares Millán, J.	943	Payá, J.	878
Llorens Molina, J. A.	116	Payria, B.	181
Llorente, R.	565	Peña Cerdán, A.	1138
López Mateu, V.	964	Pons Martí, A.	1005
Marín García, J.A.	1074	Porres de la Haza, M.J.	897
Marín García, J.A.	1290	Poza Luján, J.L.	1250
Martí Campoy, A.	815	Prósper Ribes, J.	140
Martín de Madrid, P.S.	728	Quiles, A.	1220
Martín Fuentes, D.	1348	Quintanilla, I.	610
Martínez Gómez, V.	343	Ramón Fernández, F.	130
Martínez Navarrete, N.	1103	Rodríguez, A.	1012
Martínez Román, J.	365	Ruiz García, J.C.	353
Mengual Cuquerella, J.	529	Sahuquillo, O.	487
Miguel Arnal, J.	1206	Sanabria Codesal, E.	1050
Moll, S.E.	680	Sánchez Carratalá, C.R.	1308
Moltó, G.	54	Santafé Moros, A.	324
Moltó, G.	151	Segarra García, M.	913
Moltó, G.	166	Sendra, S.	576
Monfort i Signes, J.	102	Soriano, J.	432
Montañés, M.T.	640	Tormo Carbó, G.	1374
Moraño Fernández, J.A.	887	Val Fiel, M.	279
Moreno Navarro, M.S.	929	Valor Miró, J.D.	272
Moreno Navarro, M.S.	993	Vargas Colás, M.D.	388
Moreno Navarro, M.S.	1323	Vázquez, E.	443
Morera, I.	239	Vidal Meló, A.	689
Muñoz Portero, M.J.	1176	Vidaurre, A.	224
Navarro Jover, J.M.	69	Yepes, V.	39
Noguera, P.	260	Zárraga Llorens, M.	591