View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by idUS. Depósito de Investigación Universidad de Sevilla

Seminario de Innovación Docente y Nuevas Metodologías Docentes
Sevilla, 6 de octubre de 2010
Subdirecciones de Investigación e Innovación Docente
ETSAS, Sevilla, 2010

INNOVACIÓN DOCENTE EN ESTRUCTURAS MEDIANTE APRENDIZAJE ACTIVO CON PROYECTOS DE ESTRUCTURAS Y TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS

Antonio DELGADO TRUJILLO, Enrique DE JUSTO MOSCARDÓ

Departamento de Mecánica de Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Universidad de Sevilla

RESUMEN

En un grupo de la asignatura Estructuras 2 de la titulación de Arquitecto se ha realizado una experiencia piloto de innovación docente en el segundo cuatrimestre del curso 2008/2009. El centro de la experiencia es el empleo del aprendizaje activo para obtener la competencia específica del proyecto de estructuras de acero y las competencias transversales de aprendizaje cooperativo y aprendizaje autónomo. Se emplea una metodología multitarea, tanto en las actividades del profesor como de los alumnos. La actividad principal es el desarrollo de un proyecto de estructura de acero a partir de edificios de un arquitecto relevante en el panorama internacional (Louis Kahn). Se utilizan diversas técnicas complementarias. Los resultados indican un alto grado de compromiso de los alumnos con la experiencia docente, y un elevado nivel de satisfacción con los resultados de su aprendizaje y con las metodologías empleadas.

1. INTRODUCCIÓN

La asignatura Estructuras 2 de la titulación de Arquitecto es troncal, anual, de 6,7 créditos, impartida en tercer curso. La docencia se viene desarrollando de forma tradicional, con clases expositivas de teoría y problemas y evaluación mediante exámenes. Los alumnos matriculados el curso 2008/09 superan los 700, en 6 grupos teoría y 18 de problemas. Al igual que en muchas otras asignaturas de la titulación, existe un fuerte absentismo de los alumnos, tanto en la asistencia a clase como en la presentación a exámenes. Algunos profesores tenemos la certeza de que el aprendizaje de los alumnos que superan la asignatura es fragmentario y poco significativo, basado en metas inmediatas.

Los autores de este texto hemos planteado una experiencia de innovación docente que se ha

desarrollado en el segundo cuatrimestre del curso 2008/2009 en un grupo de la asignatura. Esta experiencia ha sido respaldada oficialmente por la Universidad de Sevilla como proyecto de innovación y mejora docente en el marco del I Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla.

2. OBJETIVOS

Objetivos de la experiencia docente

- Cambio a una docencia basada en competencias.
- Mejora del aprendizaje significativo del alumno.
- Incentivación del aprendizaje autónomo del alumno.
- Incentivación del aprendizaje cooperativo del alumno.
- Estímulo a otros profesores de la asignatura y del Departamento para la innovación docente, mediante el seguimiento y la presentación de resultados de esta experiencia docente.

Objetivos y contenidos de la asignatura antes de la innovación docente

La asignatura tiene dos bloques temáticos principales. El primero, al que se dedica el primer cuatrimestre, versa sobre el planteamiento de la seguridad en las estructuras; incluye tipologías estructurales, método de los estados límite y acciones. El segundo bloque se refiere al diseño y cálculo de estructuras de acero. Los objetivos de la asignatura, antes de la innovación docente, plantean conocer estos contenidos, y saber aplicarlos en casos sencillos.

Estos objetivos tienen fuertes lazos entre sí. A pesar de ello, con la metodología docente tradicional seguida hasta ahora, el alumno tiende a asimilarlos de manera inconexa y parcial, con un aprendizaje superficial que se olvida rápidamente.

Competencias planteadas con la innovación docente

- Competencia específica: proyecto de estructuras de acero.
- Competencia genérica: aprendizaje cooperativo.
- Competencia genérica: aprendizaje autónomo.

La competencia del proyecto de estructuras de acero engloba los contenidos y los objetivos perseguidos hasta ahora, y tiene fuertes valores añadidos tales como el aprendizaje basado en la acción, la visión global y multidisciplinar y el acercamiento a la práctica profesional.

3. METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES

Enfoque multitarea

La adquisición de las competencias planteadas se realiza básicamente mediante la realización por el alumno de un proyecto de estructura de acero. Esta es la actividad principal que aglutina todo el periodo de enseñanza-aprendizaje. Este proyecto debe reunir algunas características

que se describen más adelante.
Además del proyecto de estructura de acero, se realizan diversas actividades complementarias, con las siguientes características en el planteamiento:

- Breves, que permitan aprender conceptos específicos y acotados relacionados con la competencia específica principal.
- Frecuentes, que mantengan el pulso de actividad y adiestren en el hábito de las competencias transversales buscadas.
- Variadas, que impidan que el alumno entre en una rutina poco creativa, y que incentiven la visión global y multidisciplinar del proyecto de estructura.

Actividades presenciales
Todas las clases son de dos horas. Se realiza un calendario previo en el que se especifican los tipos de clase y contenidos, que se proporciona al alumno. Esta planificación se realiza permitiendo cierta flexibilidad en la aplicación, para adaptarse a la marcha del curso según demandas y respuestas del alumnado. Hay tres tipos de clase:

- Clases expositivas participativas, con pequeños trabajos individuales y en grupos informales. A lo largo de la clase se va alternando la exposición del profesor con el trabajo de los alumnos. Los contenidos son tanto teóricos como prácticos, que se suceden con continuidad.
- Clases tutoriales del proyecto de estructura.
- Clases de exposición del proyecto por los alumnos.

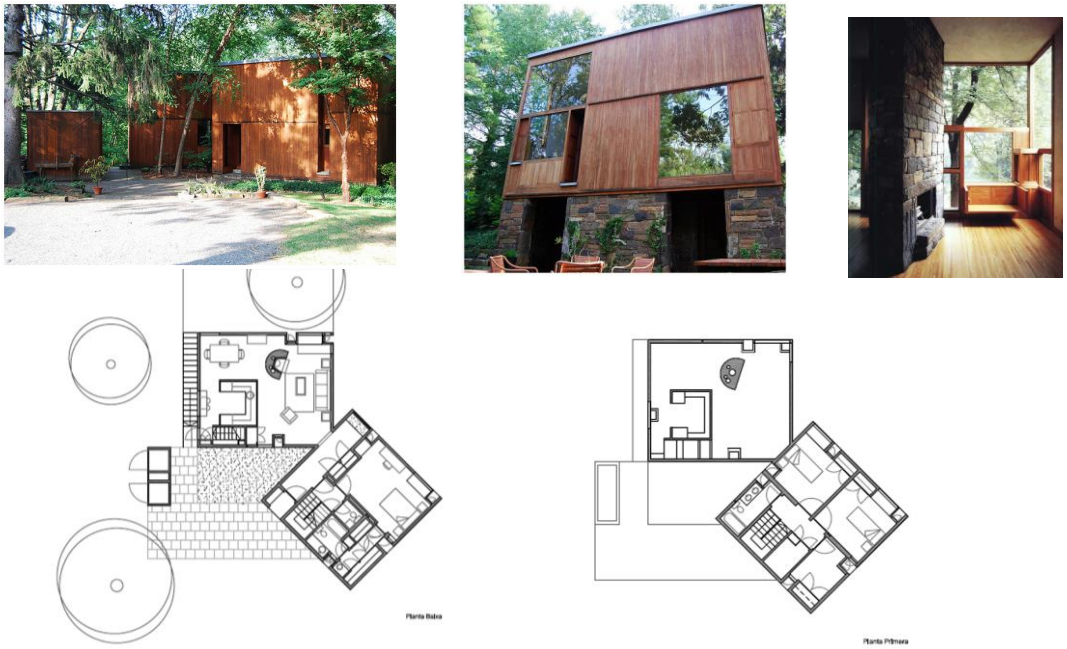

Figura 1: Casa Fisher, arq. Kahn, uno de los edificios propuestos.
Extracto de información obtenida por los alumnos

Actividades no presenciales

- Proyecto de estructura, por fases revisables.
- Pequeños trabajos individuales.
- Tutorías individuales y en grupos reducidos.
- Empleo de la plataforma de enseñanza virtual de la Universidad de Sevilla: descarga de contenidos, descarga de aplicaciones informáticas de apoyo, foros de debate, correo, anuncios, calendario, entrega de trabajos.

El proyecto de estructura

Es la actividad principal. Se han elegido cuatro edificios del arquitecto Louis Kahn. Se trata de edificios de pequeño tamaño pero con complejidad suficiente para practicar a fondo la competencia buscada. A cada alumno se le adjudica un edificio, del que en primera instancia debe conseguir la información necesaria para poder desarrollar su proyecto de estructura (fig. 1). Se estimula el seguimiento de los proyectos de los compañeros, con el fin de incentivar el aprendizaje cooperativo, la visión global, y las diferencias de enfoque en las soluciones. El proyecto se realiza por fases revisables, que permitan mostrar evidencias de aprendizaje y que favorezcan la autorregulación del alumno.

Al alumno se le proporcionan dos mapas conceptuales relacionados entre sí: uno sobre los contenidos de la asignatura y otro sobre el proyecto de estructura de acero (fig. 2 y 3). Deben analizarse con frecuencia, con el objeto de promover la relación entre los conceptos e impedir el aprendizaje inconexo y fragmentado.

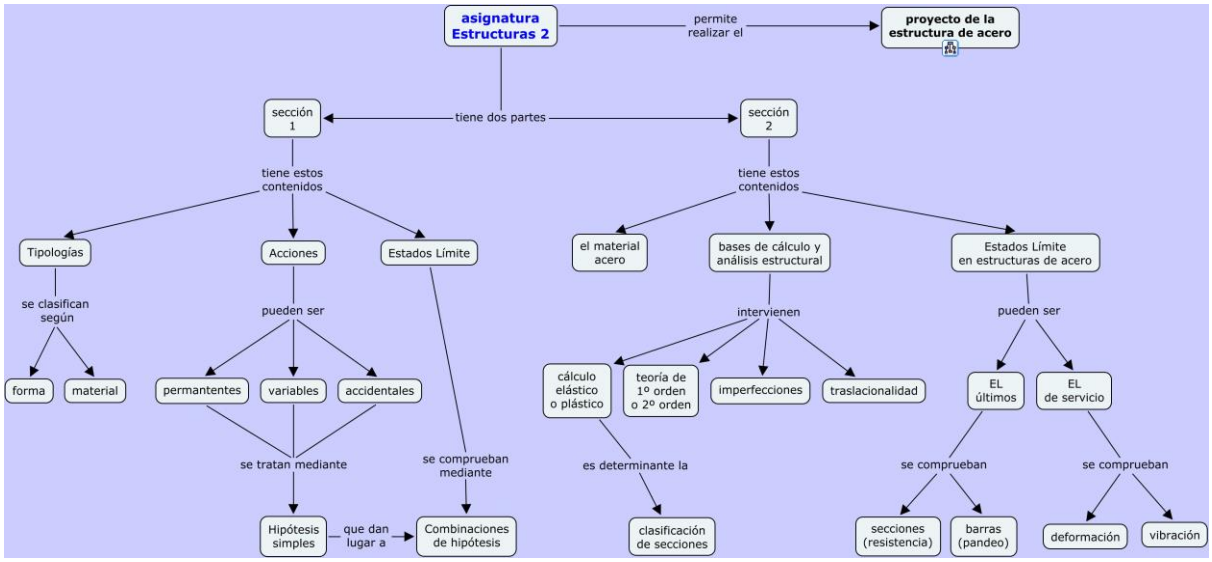

Figura 2: Mapa conceptual de los contenidos de la asignatura

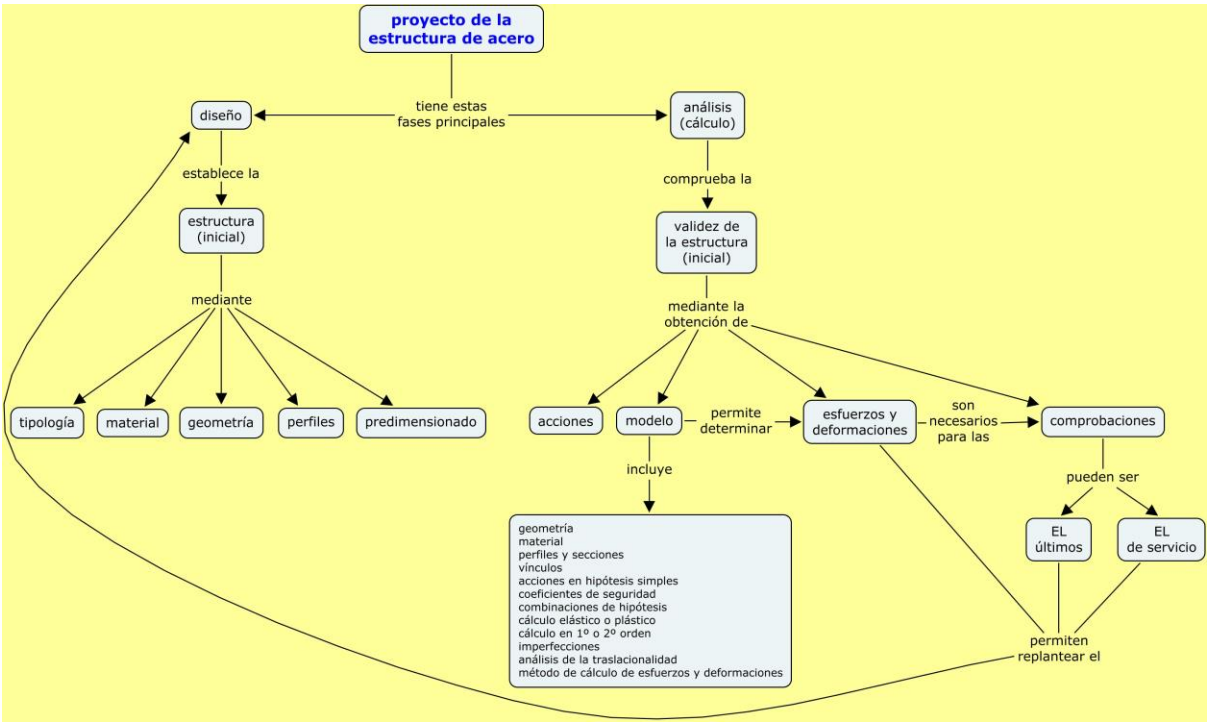

Figura 3: Mapa conceptual del proyecto de estructura de acero

Los profesores hemos desarrollado una rúbrica (fig. 4) para la evaluación del proyecto de estructura, que es conocida desde el principio por el alumno, y que establece los objetivos a alcanzar y la escala de valoración de estos objetivos. Esta rúbrica está directamente relacionada con el mapa conceptual del proyecto. En la fase de análisis y cálculo del proyecto diseñado se emplea una aplicación informática comercial habitual en el ejercicio profesional, Se ha elegido *Nuevo metal 3D*, de la empresa Cype, por estar muy extendida y ser de fácil obtención por los alumnos en versiones para uso académico.

Los pequeños trabajos complementarios, presenciales y no presenciales

Las actividades complementarias al proyecto desarrolladas en clase son pequeños trabajos, de una duración comprendida entre 10 y 60 minutos. Se han empleado los siguientes tipos de actividades:

- El edificio del día. Se presenta información gráfica y verbal sobre un edificio de interés arquitectónico. El alumno debe rellenar un pequeño cuestionario sobre aspectos cualitativos conceptualmente importantes, acerca de la estructura y su comportamiento.
- Resolución de problemas.
- Cuestionarios de preguntas abiertas cortas.
- Cuestionarios de preguntas de elección múltiple (tests).

- Elaboración de preguntas por el alumno, bien sobre los contenidos trabajados recientemente, bien sobre aspectos conceptuales globales.
- Empleo de pequeñas aplicaciones informáticas transparentes o semitransparentes para el análisis de elementos estructurales, que permiten explorar y comparar resultados y obtener conclusiones.

Técnicas de aprendizaje cooperativo informal

La actividad principal, el proyecto de estructura, se ha planificado como un trabajo individual. Sin embargo se considera que la cooperación entre alumnos es muy deseable por el bagaje de aprendizaje que ello supone, tanto de competencias específicas como genéricas. Para incentivar el aprendizaje cooperativo se han utilizado diversas técnicas, entre las que cabe destacar dos debido a su uso reiterado y sistemático:

- *"Pregunta a otro compañero antes que al profesor".* Cualquier duda, cuestión o comentario debe ser planteado al menos a un compañero antes que al profesor, por cualquier procedimiento: durante las actividades presenciales, en el foro de la enseñanza virtual, fuera de clase o del foro, etc.
- *"Primero individual, luego en grupo".* Todas las pequeñas actividades presenciales que se realizan, a pesar de sus diferentes enfoques, siguen el mismo esquema de cooperación informal: cada alumno trabaja primero la actividad individualmente, lo que le permite introducirse en la cuestión y le suscita dudas y posibles respuestas. A continuación se crean grupos informales, habitualmente de 3 ó 4 alumnos, que deben debatir y consensuar una respuesta única a la actividad, que será la que entreguen.

4. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Rasgos distintivos de la evaluación continua planteada

- Evaluación formativa.
- Evaluación global y de componentes. Se ha empleado una rúbrica para la evaluación global del proyecto de estructura. También se evalúan componentes parciales, mediante los pequeños trabajos presenciales y no presenciales y mediante la propia rúbrica del proyecto.
- Evaluación de procesos y resultados. La adquisición de resultados, las competencias, es el fin principal. Pero también se evalúan los procesos, como estímulo para el trabajo continuo y sosegado del alumno, como recurso para el seguimiento del proyecto y como incentivo para la reflexión.

La evaluación del proyecto se efectúa mediante una rúbrica desarrollada para este fin (fig. 4). Esta rúbrica permite la clarificación al alumno de los objetivos perseguidos, como partes coordinadas de un todo. Con esta rúbrica el profesor evalúa el proyecto, en sus distintas fases. Además mediante la rúbrica se promueve la capacidad de análisis y evaluación del alumno, ya que deben aplicarla a su propio proyecto (autoevaluación) y al de un compañero (coevaluación).

Asignatura: Estructuras 2 **PROYECTO DE ESTRUCTURA DE ACERO**

Alumno/s:	***
Evaluador:	Antonio Delgado Trujillo
Identificación del proyecto:	casa Fisher

OBJETIVOS	ESCALA DE VALORACIÓN			
	excelente (1,0)	**bien (0,5)**	**insuficiente (0,0)**	puntos
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA (2,0 puntos)				2,00
plantas de distribución y alzados/secciones	Buena presentación, que facilita su comprensión.	Buena presentación, pero con algunas erratas o ausencias que dificultan su comprensión.	Ausencia de plantas y secciones o presentación deficiente.	1,00
geometría de la estructura	Diseño brillante, situación adecuada de pilares, vigas y pórticos, luces adecuadas, bien resueltos los puntos singulares (escaleras, vuelos).	Diseño correcto, buena disposición general de elementos, con algunas deficiencias poco importantes.	Diseño inadecuado, mala disposición de vigas y/o pilares, o luces inadecuadas.	1,00
forjados	Buena solución de forjados: tipología, dirección, puntos singulares.	Solución adecuada, con algunas deficiencias poco importantes.	Solución inadecuada.	1,00
sistema de estabilización horizontal	El sistema es coherente con el conjunto estructural y no interfiere la arquitectura, las acciones horizontales están bien conducidas al suelo.	El sistema es adecuado, con algunas deficiencias poco importantes.	Sistema mal elegido o inexistente. Hay problemas importantes para soportar las acciones horizontales.	1,00
elección de perfiles	Los perfiles son coherentes con la geometría de la estructura y con las solicitaciones, y no hay excesivos tipos de perfiles.	Los pefiles son adecuados, con algunas deficiencias poco importantes.	Los perfiles elegidos no son los adecuados para la estructura y solicitaciones.	1,00
predimensionado	Predimensionado sencillo y adecuado a la estructura, y no hay excesivas secciones diferentes.	Predimensionado adecuado, con algunas deficiencias poco importantes.	No se ha realizado predimiensionado, o es inadecuado.	1,00
ACCIONES (1,5 puntos)				1,50
MODELO (1,5 puntos)				1,50
geometría	Se corresponde con el diseño.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	Hay errores importantes.	1,00
material	Se ha elegido adecuadamente.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	Hay errores importantes.	1,00
perfiles y secciones	Se corresponden con el diseño.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	Hay errores importantes.	1,00
vínculos	Se corresponden con el diseño.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	Hay errores importantes.	1,00
acciones	Se corresponden con las determinadas.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	Hay errores importantes.	1,00
coeficientes de seguridad	Se han elegido adecuadamente.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	Hay errores importantes.	1,00
combinaciones	Se corresponden con las demás características.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	Hay errores importantes.	1,00
imperfecciones	Se han analizado e introducido en el modelo adecuadamente.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	No se han considerado las imperfecciones, o hay errores importantes.	1,00
análisis de la traslacionalidad	Se ha analizado e introducido en el modelo adecuadamente.	Hay algunas deficiencias poco importantes.	No se ha analizado la traslacionalidad, o hay errores importantes.	1,00
ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES (1,0 puntos)				0,75
COMPROBACIONES DE ELU (2,0 puntos)				2,00
COMPROBACIONES DE ELS (1,5 puntos)				1,13
flecha en vigas	Se ha comprobado su cumplimiento mediante el programa de cálculo. En una barra muy solicitada y en otra poco solicitada se ha contrastado mediante cálculo a mano o con alguna aplicación informática transparente.	Se ha comprobado su cumplimiento y se ha contrastado, con algunas deficiencias poco importantes.	No se ha comprobado su cumplimiento, o se ha realizado de forma inadecuada.	1,00
desplazamiento horizontal en pilares	Se ha comprobado su cumplimiento mediante el programa de cálculo. En una barra muy solicitada y en otra poco solicitada se ha contrastado mediante cálculo a mano o con alguna aplicación informática transparente.	Se ha comprobado su cumplimiento y se ha contrastado, con algunas deficiencias poco importantes.	No se ha comprobado su cumplimiento, o se ha realizado de forma inadecuada.	0,50
ASPECTOS FORMALES (0,5 puntos)				0,50
orden y claridad, maquetación e índice	Trabajo muy bien ordenado, claro, bien maquetado, sin erratas.	Trabajo claro y ordenado, con algunas erratas o puntos débiles.	Orden deficiente, poca claridad.	1,00
gráficos	Los gráficos son claros y ayudan a la comprensión del trabajo.	Los gráficos no tienen claridad suficiente, aunque no dificultan la comprensión del texto.	Los gráficos no ayudan a la comprensión del trabajo	1,00
PUNTOS FUERTES (aspectos más positivos) Diseño sencillo y uniforme. Trabajo ordenado, riguroso y completo. Buena estructura final.				**NOTA** **9,4**
PUNTOS DÉBILES (aspectos más negativos) Análisis de envolventes.				
OTROS COMENTARIOS Estupendo aprovechamiento del curso.				

Para aprobar el proyecto es necesario tener todos los apartados aprobados, y como máximo dos subapartados suspensos.

Figura 4: Extracto de la rúbrica empleada para la evaluación, autoevaluación y coevaluación del proyecto de estructura (ejemplo con las anotaciones correspondientes a la evaluación a un alumno)

Tareas evaluables y ponderación de calificaciones:

- 15% Pequeños trabajos en clase y fuera de clase, individuales y en grupo.
- 70% Proyecto de estructura, por fases revisables:
    - 20% Fase 1. Diseño.
    - 50% Fase 2. Proyecto completo: Diseño y análisis.
    - Fase 3. Revisión de la fase 2. Mejora de la nota de la fase 2.
- 15% Autoevaluación y coevaluación del proyecto de estructura, y exposición del proyecto.

Criterios de éxito:

- Obtener al menos 50% de puntuación en las tareas evaluables.
- Y obtener al menos un 5 (escala de 0 a 10) en la fase 2 ó en la fase 3 del proyecto.

La materia objeto de aprendizaje está relacionada con la seguridad de las estructuras y los edificios, y por tanto de las personas. En consecuencia, el aprendizaje de las competencias específicas correspondientes debe ligarse a la ausencia de errores importantes en los objetivos perseguidos. Una simple suma ponderada de las calificaciones de los objetivos no garantiza que la estructura sea suficientemente segura. Por ello se ha introducido una condición necesaria, muy exigente: Para alcanzar una calificación igual o superior a 5 en el proyecto es necesario superar todos los objetivos, con un máximo de 2 objetivos no superados (o sea, se deben alcanzar al menos 25 de los 27 objetivos de la rúbrica).

5. CONCLUSIONES

Principales puntos fuertes

- Aprendizaje basado en competencias, tanto genéricas como específicas. Tras cursar con éxito la asignatura, el alumno puede realizar el proyecto de una estructura de acero de dificultad baja o media, y tiene recursos para plantear un proyecto de dificultad grande.
- El alumno está mucho más implicado en su aprendizaje, en la toma de decisiones y en la elaboración de propuestas creativas.
- El proceso de enseñanza-aprendizaje es mucho más gratificante tanto para el profesor como para el alumno.

Principales puntos débiles

- Mucho más trabajo para el profesor.
- Más horas de dedicación del alumno.
- Difícil implantación generalizada en las asignaturas troncales y obligatorias del plan de estudios actual en la titulación de Arquitectura, pues supondría una sobrecarga de trabajo añadida, en una situación actual de elevado fracaso escolar y grandes dosis de trabajo y dedicación de los alumnos. Podría ser viable con un elevado grado de coordinación entre asignaturas, y con una depuración adecuada de las metodologías a aplicar.
- Difícil comparación con la docencia tradicional en la asignatura.

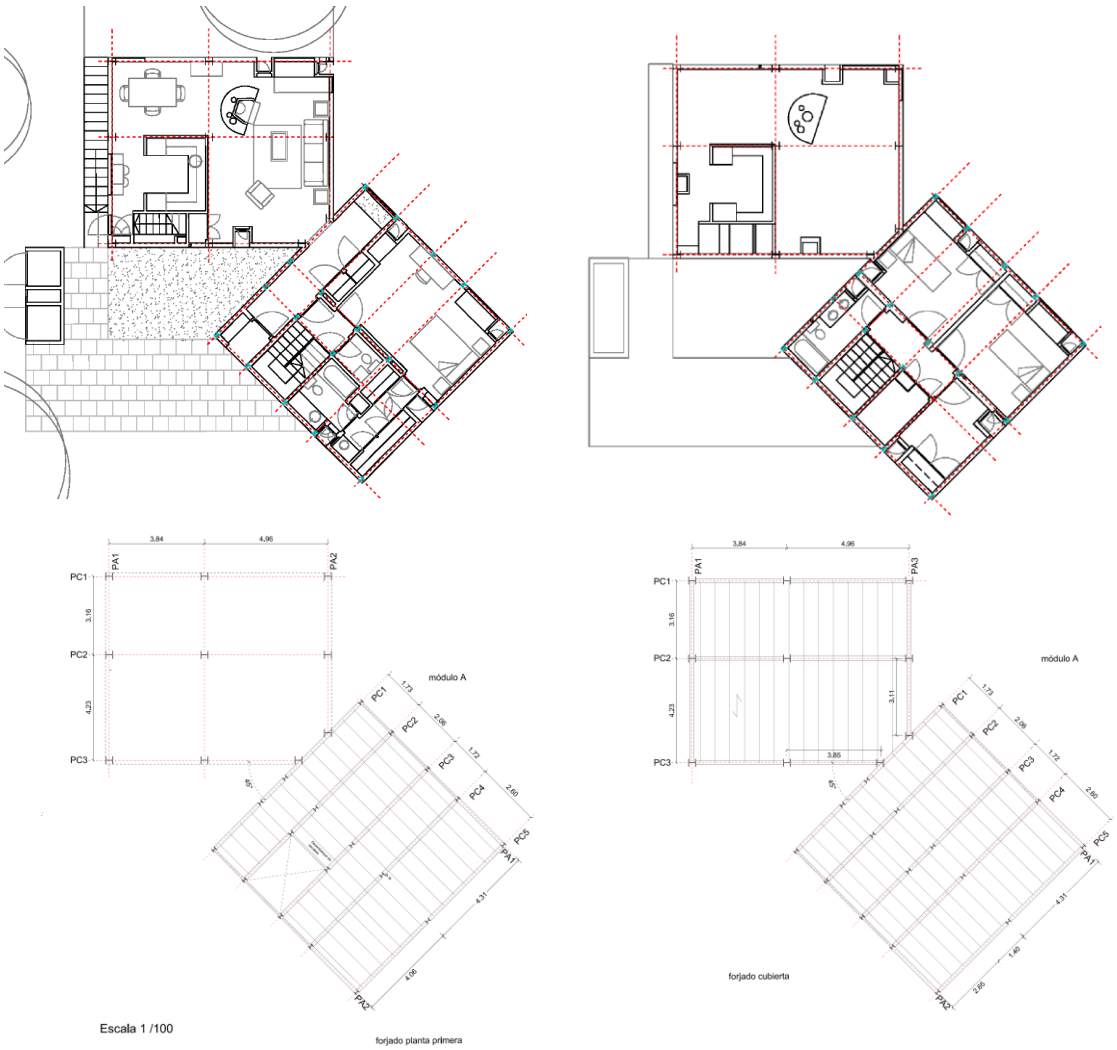

Figura 5: Ejemplo de uno de los proyectos de la casa Fisher:
situación de pórticos y vigas en plantas arquitectónicas, y plantas de estructura

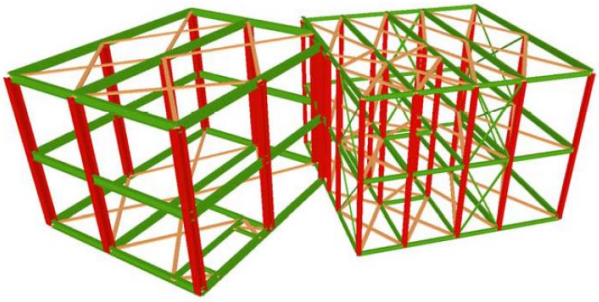

Figura 6: Ejemplo de uno de los proyectos de la casa Fisher:Modelo de la estructura, en Nuevo Metal 3D

Propuestas de mejora

La experiencia se está repitiendo en el curso 2009/10, en dos grupos de las asignaturas de Estructuras 1 y Estructuras 2. En cada uno de estos grupos hay unos 170 alumnos matriculados, y unos 140 alumnos que al inicio del curso han indicado su voluntad de seguir esta experiencia. Un número tan elevado de alumnos dificulta enormemente la aplicación de la innovación docente. Los fundamentos principales han sido los mismos, y se han introducido algunas modificaciones:

- Los proyectos se realizan por grupos en vez de individualmente. Se utilizan técnicas de aprendizaje cooperativo formal.
- Se emplean las metodologías ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) y ABPry (Aprendizaje Basado en Proyectos), con mayor rigor y sistematización en el grupo de Estructuras 1, y de forma más limitada y parcial en el grupo de Estructuras 2.
- Se mejora el empleo de técnicas de autoevaluación y coevaluación.
- Se experimenta con técnicas aplicables a grandes grupos.
- Se incentiva con mayor énfasis el aprendizaje autónomo.

Estas experiencias del curso 2009/10 están en marcha. Ya estamos analizando su desarrollo, que completaremos a la finalización. Prevemos centrarnos en las dificultades de aprendizaje, en el trabajo en grandes grupos, en la cantidad de trabajo de profesores y alumnos y cómo reducirlo, y en las relaciones del diseño estructural con la arquitectura.

REFERENCIAS

Bretel, L. (2009). Aprendizaje Basado en Problemas: Preparación de problemas. Taller Internacional RED-U sobre ABP. Universidad Autónoma de Madrid.

Eduteka (2008). Rubistar, herramienta para construir matrices de valoración. www.eduteka.org/Rubistar.php3

Gil, J. (2007). La evaluación de competencias laborales. *Educación XXI*, 10, 83-106.

González, F. (2008). El mapa conceptual y el diagrama V: recursos para la enseñanza superior en el siglo XXI. Madrid. Narcea.

Johnson, D.W., Johnson, R.T and Smith, K.A. (2006). Active Learning: Cooperation in the College Classroom. 3 edition. Interaction Book Company.

Poblete, M. y García, A. (coord) (2007). Desarrollo de competencias y créditos transferibles: Experiencia multidisciplinar en el contexto universitario. Bilbao. Universidad de Deusto.

Rué, J. (2009). El aprendizaje autónomo en la educación superior. Madrid. Narcea.

Valderrama, F., Icarán, E. y Castaño, E. (2008). Diseño y planificación de materias en el EEES: una experiencia de formación del profesorado de la Universidad Europea de Madrid. L1eida. *V Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación (CIDUI).*

Vázquez Espí, M. (1997). Sobre la enseñanza y la práctica de la teoría de estructuras. *Informes de la Construcción*, 49, 449, 37-50.