



Universidad de Alicante

# Investigación y Propuestas Innovadoras de Redes UA para la Mejora Docente

**Coordinadores**

**José Daniel Álvarez Teruel**  
**María Teresa Tortosa Ybáñez**  
**Neus Pellín Buades**

© **Del texto: los autores**

© **De esta edición:**

**Universidad de Alicante**  
**Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad**  
**Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)**

**ISBN: 978-84-617-3914-1**

**Revisión y maquetación: Neus Pellín Buades**

# **Mejoras en el proceso enseñanza-aprendizaje de Estructuras Metálicas y de Hormigón Armado en Ingeniería Civil**

J. M. Ortega Álvarez; F. de B. Varona Moya; M. P. López García; R. M. Castón Calatayud; J. Díaz Rodríguez; S. Esteve Verdú; J. M. López López; T. Real Herráiz

*Departamento de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Alicante*

## **RESUMEN (ABSTRACT)**

Con la puesta en marcha del Espacio Europeo de Educación Superior se han producido importantes cambios en las asignaturas que se impartían en las titulaciones anteriores. Con el fin de adaptar a este nuevo contexto las metodologías y contenidos de las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” del Grado en Ingeniería Civil, durante el curso 2012-13 se constituyó la red “Tecnología de Estructuras en el EEES: Estructuras Metálicas y de Hormigón Armado en Ingeniería Civil”. Mediante la nueva red creada en este curso 2013-14 se pretende continuar el proceso de mejora iniciado el curso anterior, y que incluye una evaluación de los resultados obtenidos con la metodología de enseñanza empleada hasta el momento y planteamiento de propuestas de mejora. En general, las metodologías empleadas continúan siendo adecuadas, aunque pueden y deben ser mejoradas. El principal problema encontrado en este curso ha sido el considerable incremento en el número de alumnos en ambas asignaturas en el curso 2013-14, manteniendo el número de grupos de teoría, tutorías grupales y prácticas de ordenador que en el curso anterior. No obstante, este hecho ha supuesto un reto en busca de mejoras para futuros cursos.

**Palabras clave:** Estructuras Metálicas, Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado, Ingeniería Civil, Innovación docente, Evaluación continua.

## 1. INTRODUCCIÓN

La adaptación de la mayoría de titulaciones que se impartían en la universidad española al Espacio Europeo de Educación Superior, de acuerdo a la Declaración de Bolonia, se inició en el curso 2010-2011. En el caso de la antigua titulación de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, con esta adaptación se ha transformado en Grado en Ingeniería Civil. Durante el curso 2010-2011 se implantó el primer curso del grado, y durante los cursos siguientes se han ido implantando progresivamente los sucesivos cursos de la titulación. Concretamente en el curso 2012-2013, se llevó a cabo la implantación del tercer curso (quinto y sexto semestre) del Grado en Ingeniería Civil, al que pertenecen las asignaturas objeto de este trabajo.

Por lo que respecta a la antigua titulación de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, es importante indicar que se ha venido impartiendo desde el año 1971 en la Escuela de Alicante, adscrita inicialmente a la Universidad Politécnica de Valencia, para después pasar a formar parte de la Universidad de Alicante, dentro de la Escuela Politécnica Superior. Los profesionales que provenían de esta antigua titulación han gozado, y gozan, de gran prestigio en el sector profesional, especialmente en el ámbito de la construcción. Por lo tanto, el objetivo prioritario de todos los implicados en el proceso de docencia de esta titulación ha de ser, como mínimo mantener, y si es posible mejorar, la calidad de los alumnos egresados de la nueva titulación de Ingeniería Civil.

En vista de ello, durante el curso 2012-13 se constituyó la red “Tecnología de Estructuras en el EEES: Estructuras Metálicas y de Hormigón Armado en Ingeniería Civil”, con el fin de presentar las metodologías empleadas en las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” del Grado en Ingeniería Civil, tanto en lo referente a las actividades presenciales, para obtener el máximo rendimiento del trabajo de los alumnos y del profesor, como respecto a la evaluación continua de las asignaturas, los materiales preparados y los resultados obtenidos. Fruto de aquella red (formada por gran parte de los miembros de la red objeto de esta memoria) también se encontraron una serie de dificultades y se establecieron unas propuestas de mejora, a partir de las cuales se ha desarrollado esta nueva red.

1.1 “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” en el currículum de la titulación.

Las asignaturas que han sido objeto de trabajo de la presente red son de carácter obligatorio dentro del Grado en Ingeniería Civil. La asignatura “Estructuras Metálicas” sustituye a la homónima que se impartía en la titulación de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, concretamente en el segundo cuatrimestre del tercer curso, con una duración presencial de 45 horas. En ese mismo curso pero en el primer cuatrimestre se impartía la asignatura “Hormigón Armado y Pretensado”, con una duración presencial de 60 horas, y que ha sido sustituida en el Grado en Ingeniería Civil por la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”. A lo largo de los casi 40 años en los que se ha impartido la titulación de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, la responsabilidad de la docencia de las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Hormigón Armado y Pretensado” ha recaído en varios equipos de profesores. Durante muchos de los cursos académicos, la metodología seguida ha sido la tradicional de clase magistral, sin distinción entre sesiones de teoría o problemas, y con un sistema de evaluación centrado fundamentalmente en la prueba de examen final, en convocatoria ordinaria o extraordinaria. Alguno de los equipos docentes ha tratado en la última década de establecer un sistema de evaluación continua, bien mediante la convocatoria de pruebas parciales o bien mediante la recogida de trabajos de carácter semi-proyectual elaborados por grupos de estudiantes. Estos intentos de evaluación no fueron suficientemente satisfactorios. En primer lugar, el reducido peso en la calificación que se asignó a dichos trabajos no era quizá acorde con el volumen de trabajo que debían realizar los alumnos, quienes no se sentían especialmente motivados. Además, las consultas relativas a la realización se concentraban en muchas ocasiones en la víspera de la fecha de entrega. Se dio la circunstancia adicional de que en el curso académico 2007-2008 se eliminó la incompatibilidad de las asignaturas de “Estructuras Metálicas” y “Hormigón Armado y Pretensado” con la asignatura “Resistencia de Materiales y Cálculo de Estructuras”, del segundo curso. Las consecuencias de esta medida fueron, por un lado la deficiente preparación de parte del alumnado que cursaba ambas asignaturas en lo relativo a la determinación de leyes de esfuerzos en estructuras y los fundamentos básicos de la Resistencia de Materiales; por otro lado, otra consecuencia fue el paulatino incremento del número de estudiantes matriculados, que llegó a superar la cifra de 400.

Los profesores que han intervenido en la docencia de “Estructuras Metálicas” y “Hormigón Armado y Pretensado” a lo largo de estos últimos cursos también trataron de incorporar a la docencia unas horas delimitadas de prácticas con ordenador. Sin embargo, el creciente número de estudiantes matriculados y la reducida flexibilidad que permitía la redacción del anterior plan de estudios no permitieron dotar de financiación docente a estas iniciativas de forma sostenible.

Estos antecedentes pretenden poner de manifiesto las dificultades que se han encontrado a lo largo de estos 40 años y a las cuales, el contexto actual del Espacio Europeo de Educación Superior y el nuevo plan de estudios de Grado en Ingeniería Civil pueden dar solución, al adaptar las asignaturas objeto de esta red en esta transición. Con esta adaptación, se pretende que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea mucho más productivo para los alumnos y que el sistema de evaluación pase a ser un instrumento para dar una respuesta lo más temprana posible a las deficiencias que se detecten en el aprendizaje de los alumnos.

Tal como se ha comentado con anterioridad, durante el curso 2012-13 se constituyó la red “Tecnología de Estructuras en el EEES: Estructuras Metálicas y de Hormigón Armado en Ingeniería Civil”, con el fin de elaborar posibles metodologías para las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” del Grado en Ingeniería Civil, que permitiesen alcanzar los objetivos anteriores. De acuerdo con los resultados obtenidos, estas nuevas metodologías aplicadas en estas asignaturas supusieron una mejora notable del proceso de enseñanza-aprendizaje respecto a las que se empleaban con anterioridad.

## 1.2 Revisión de la literatura.

La declaración de Bolonia es el marco en el que se deben encontrar todos los grados en las universidades europeas. Cada una de las titulaciones cuenta con su libro blanco, editado por la ANECA que ha de servir de base para el diseño del programa de cada una de las asignaturas, y las metodologías para llegar a las competencias que el futuro profesional necesitará para el adecuado desarrollo de su actividad profesional.

Una revisión de la bibliografía más específica deja claro que la adaptación de los estudios tradicionales al EEES se ha hecho sin dar directrices, de modo que cada centro, en sus comisiones ha tenido que decidir el modelo utilizado (Bermejo, 2009). Rodríguez Vellando (2009) también hace una revisión muy interesante de cómo se plantea resolver

la adaptación de los estudios previos de Ingeniería Civil en nuestro país haciendo una comparativa con Europa. Existe todo un número de la revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ingeniería y territorio, número 87, 2009) dedicada a la enseñanza de la ingeniería con varios artículos de autores reconocidos en el ámbito de la Ingeniería Civil.

Con respecto a las metodologías a emplear, algunos trabajos previos han confirmado la bondad de las metodologías interactivas. Estas metodologías se basan en que el alumno realice parte del trabajo, mientras el profesor guía y dirige el aprendizaje realizado. Existe bibliografía abundante sobre la importancia de la interacción en el aula, como los libros publicados por Morell (2004, 2007). Existen trabajos que recogen la aplicación de estas metodologías a la enseñanza de la ingeniería (Sánchez, 2010) (Cabeza, 2012), así como la importancia del trabajo tutorial con los alumnos en ciertas actividades (Sánchez, 2011).

Además, fruto de los trabajos realizados en la red del curso anterior, los cuales pretende dar continuidad la presente red, se presentaron dos comunicaciones, una de ellas en las “III Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Ingeniería Estructural”, organizadas por la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (Varona, 2013), y otra en el congreso “Edulearn13”, organizado por la “International Association of Technology, Education and Development” (Ortega, 2013).

### 1.3 Propósito.

A la vista de todo lo explicado en los apartados anteriores, se puede indicar que el objetivo de la presente red ha sido realizar el seguimiento, evaluar y establecer propuestas de mejora en lo que respecta a las metodologías de enseñanza y evaluación de las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” de carácter obligatorio en el Grado en Ingeniería Civil. Este objetivo global se puede concretar en los siguientes objetivos parciales:

- Revisión de los contenidos a impartir en las asignaturas objeto de la red, en base a la experiencia previa.
- Evaluación de los resultados obtenidos con la metodología de enseñanza empleada hasta el momento y planteamiento de propuestas de mejora.
- Análisis de las prácticas con ordenador realizadas en las asignaturas tratadas en esta red y planteamiento de posibles propuestas de mejora.

- Análisis del sistema de evaluación utilizado en las asignaturas, y establecimiento de mejoras, siempre con el objetivo de que permitan dar un feed-back rápido y efectivo a los estudiantes, para que puedan corregir sus errores y se permita un avance en el conocimiento de forma adecuada.

En el siguiente apartado se expondrá la metodología empleada, de acuerdo con la distribución de actividades propuesta en la ficha de ambas asignaturas (recogidas en la memoria de grado), así como el sistema empleado para la evaluación de los estudiantes y las prácticas con ordenador realizadas en ambas asignaturas.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Organización docente**

Las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”, ambas de 6 créditos ECTS, se imparten en el tercer curso del Grado en Ingeniería Civil en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante. Cada crédito ECTS corresponde a 25 horas de trabajo del estudiante, de las cuales el cuarenta por ciento son presenciales y el resto son de trabajo y estudio personal o en grupo. Así pues, la docencia presencial es de 60 horas por estudiante, de las cuales en ambas asignaturas 30 h son en clase magistral de teoría, 15 h son en clase de tutorías grupales para resolución de problemas en grupos reducidos, 6 h corresponden a prácticas de laboratorio y las 9 h restantes son en aula de ordenador.

Las clases magistrales de teoría se apoyan en una colección de transparencias que ha sido elaborada por el equipo de profesores de ambas asignaturas desde el curso 2006-2007. También se ha recurrido puntualmente a la proyección de videos o recursos multimedia. Entre estos últimos, cabe destacar una simulación online del ensayo del péndulo Charpy (ubicada en la página web [www.steeluniversity.org](http://www.steeluniversity.org)) en la asignatura “Estructuras Metálicas”, así como diversos vídeos acerca de la historia del hormigón armado y sus principales ensayos de caracterización empleados en la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”.

Las sesiones de tutoría grupal se han impartido a grupos reducidos de estudiantes en aula de teoría convencional. Estas clases se han dedicado fundamentalmente a la resolución de supuestos prácticos, buscando ir siempre de los casos elementales de aplicación directa de la teoría a los problemas de desarrollo, más cercanos a la concepción proyectual de un diseño. Los profesores han elaborado



coleccion de ejercicios en las que se ha anotado la solución numérica (“resultado final”) de los mismos. En las sesiones presenciales se ha abordado la solución completa de algunos supuestos y se han dejado pendientes otros como trabajo personal del estudiante de cara a que éste plantee las dudas o dificultades que hayan surgido en la siguiente sesión de tutorías grupales.

Por lo que respecta a la prácticas con ordenador, en la asignatura “Estructuras Metálicas” los programas informáticos empleados han sido el Generador de Pórticos y el Nuevo Metal 3D de CYPE Ingenieros. A lo largo de estas sesiones, los estudiantes han creado el modelo de análisis de una edificación industrial convencional de pórticos interiores rígidos a dos aguas. Estas sesiones han servido para presentar la organización y disposición de elementos constructivos como las correas de cubierta, las vigas contraviento en cubierta, los arriostramientos de fachadas y los pilares de pórticos hastiales. También se ha realizado especial hincapié en la revisión de datos de entrada fundamentales, como son las longitudes de pandeo de las vigas y dinteles y el por qué de sus orientaciones. Durante las sesiones se ha trabajado con un ejemplo general con datos comunes para todos los estudiantes. El trabajo personal de los estudiantes ha consistido en la introducción y comprobación del modelo estructural individual para cada uno de ellos. Los datos del proyecto fueron planteados en función del DNI de cada alumno: el municipio de emplazamiento de la edificación; los datos geotécnicos de los 30 m bajo la cota de cimentación, de cara al cálculo de las acciones sísmicas; el grado de aspereza del entorno, de cara a la definición de las acciones eólicas; las dimensiones exteriores de la edificación; y la separación entre correas de cubierta. Asimismo, se pidió que los estudiantes contemplasen en sus diseños sistemas de arriostramiento en los que los ángulos de las barras de cruces de San Andrés fuesen lo más próximo posible a  $45^\circ$ . El trabajo correspondiente a la creación del modelo tridimensional de cálculo, el ajuste de sus longitudes de pandeo y su peritación ha sido desarrollado a través de tres memorias que han entregado a lo largo del cuatrimestre. En la última de ellas se pidió que realizasen la comprobación con cálculos manuales de uno de los soportes interiores de la estructura para las combinaciones más desfavorables. En la última de las sesiones se mostró un modelo de cálculo más complejo con cerchas en lugar de dinteles mediante perfiles laminados, sistemas de arriostramiento en K y ejemplos de apeo de cerchas en jácenas en celosía para eliminación de soportes interiores. Debido a la limitación de tiempo, en las prácticas con ordenador de la asignatura “Estructuras Metálicas” no ha

sido posible cubrir la comprobación de uniones estructurales mediante software informático, aunque sí que han sido cubiertas en las clases de teoría y de tutoría grupal.

En lo referente a las prácticas con ordenador de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”, cada una de las tres sesiones se planteó de forma independiente al resto. El objetivo de la primera práctica fue introducir a los alumnos al manejo del programa CYPECAD de CYPE Ingenieros, para lo cual se planteó la modelización de una estructura de hormigón armado, incluyendo su posterior cálculo y comprobación. La estructura modelizada correspondió a una vivienda unifamiliar. Durante la práctica, utilizando un ejemplo general, en primer lugar se definieron los materiales, el tipo de terreno y la normativa a considerar, para a continuación proceder a introducir y calcular la estructura, indicando cada una de las herramientas necesarias para ello. El trabajo personal de los estudiantes en esta práctica consistió en la introducción y comprobación de una estructura individual para cada uno de ellos. Los diferentes datos necesarios dependían del DNI del alumno.

La segunda y tercera práctica con ordenador de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” se centraron en la creación de hojas de cálculo o rutinas de programación para cálculos estructurales, algo habitual en las oficinas de ingeniería y de arquitectura. En la segunda práctica se desarrolló una aplicación para la creación del diagrama de interacción compresión-flexión de una sección rectangular de hormigón armado. Esta aplicación fue utilizada posteriormente para comprobar/dimensionar el armado del pilar de un pórtico bi-empotrado como trabajo personal de los alumnos. Por otra parte, en la tercera práctica con ordenador se desarrolló otra aplicación en formato de hoja de cálculo, en este caso para llevar a cabo el dimensionamiento de un muro de contención de hormigón armado para un relleno de tierras. Concretamente se estudió el caso concreto de un muro con espesor variable pero con la cara del trasdós vertical. Como trabajo personal de los estudiantes después de la práctica, se les pidió contrastar los resultados obtenidos utilizando la hoja de cálculo con los obtenidos realizando el dimensionamiento del muro de forma manual.

Finalmente, tal como se ha indicado con anterioridad, las dos asignaturas objeto de esta investigación cuentan cada una de ellas con 6 h correspondientes a prácticas de laboratorio. En el curso 2012-2013, al que se refiere esta memoria, no se han impartido estas prácticas de laboratorio, y esas clases se han dedicado fundamentalmente a la resolución de supuestos prácticos en aula de teoría convencional, como complemento a

las tutorías grupales. Esto se ha debido a que en la actualidad no se cuenta en la Universidad de Alicante con un laboratorio adecuado para realización de ensayos en elementos estructurales de acero y de hormigón armado. No obstante, recientemente se ha finalizado la construcción de un nuevo laboratorio para realizar estas prácticas, entre otras actividades. Por lo que es de esperar que en próximos cursos ya se puedan impartir prácticas de laboratorio en las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”.

## 2.2. Contenidos y unidades temáticas

El contenido y competencias que desarrollan las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” presuponen que los estudiantes hayan cursado con el mayor grado de aprovechamiento posible las asignaturas de cursos anteriores que avanzan las materias de la mecánica general, la resistencia de materiales, el cálculo de estructuras y los tipos y propiedades de los materiales de construcción. La “Mecánica para Ingenieros” se imparte en primer curso y el “Cálculo de Estructuras” y los “Materiales de Construcción” se imparten en el segundo curso. En el tercer curso de la carrera los alumnos cursan, además de las “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”, la asignatura de “Geotecnia y Cimientos”. Posteriormente, en el cuarto curso, aquellos alumnos que opten por la rama de Construcciones Civiles se matricularán en la asignatura “Edificación y Construcción Industrializada”.

El temario de la asignatura “Estructuras Metálicas” está dividido en 8 grandes temas o unidades temáticas. Estos temas y sus contenidos se indican a continuación:

- TEMA 1: “Fundamentos de las Estructuras Metálicas”  
Introducción histórica. Tecnología de la fabricación de acero estructural. Productos de acero estructural. Propiedades del acero. Introducción a la fiabilidad estructural y métodos de Nivel I. Normativa y reglamentación española y europea en vigor. Bases de cálculo.
- TEMA 2: “Tratamiento de las acciones sobre la estructura”  
Las acciones y su combinación de acuerdo con la normativa vigente.  
Introducción al diseño sismorresistente.
- TEMA 3: “Diseño de elementos de acero estructural”

Seguridad estructural. Análisis estructural. Clasificación de las secciones. Reducción de secciones por abolladura local.

- TEMA 4: “Estados Límite Últimos (I)”  
Cálculo de piezas sometidas a esfuerzo axial. Inestabilidad por compresión. Cálculo de piezas sometidas a flexión. Inestabilidad por flexión y por cortante. Interacción de esfuerzos en comprobaciones de sección y de barra. Cargas concentradas. Diseño de rigidizadores.
- TEMA 5: “Estados Límite Últimos (II)”  
Estudio de la torsión en perfiles laminados y armados en doble T. Piezas compuestas en celosía y empresilladas.
- TEMA 6: “Estados Límite de Servicio”  
Estado Límite de Deformaciones. Concepto de flecha activa. Estado Límite de Vibraciones. Aceleración máxima admisible en forjados de estructura metálica y de estructura mixta.
- TEMA 7: “Uniones y apoyos”  
Cálculo de uniones atornilladas. Disposición de tornillos. Cálculo de uniones soldadas. Disposición de cordones de soldadura. Aparatos de apoyo. Placas de anclaje.
- TEMA 8: “Complementos de proyecto”  
Construcción de estructuras metálicas. Ordenación de los elementos resistentes principales de una estructura metálica. Sistemas de arriostramiento.

Por otra parte, el temario de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” también se divide en 8 grandes temas o unidades temáticas. Seguidamente, se exponen estas unidades temáticas y sus contenidos:

- TEMA 1: “Introducción a la Tecnología del Hormigón Armado”  
Introducción histórica. Componentes del hormigón. Dosificación y puesta en obra. Tipos de hormigones estructurales. Normativa y reglamentación española y europea en vigor. Designación del hormigón y de los aceros corrugados soldables. Bases de cálculo. Tratamiento de las acciones sobre la estructura. ELU de Equilibrio.
- TEMA 2: “Fundamentos del cálculo de hormigón armado”

Durabilidad de las estructuras de hormigón. Seguridad estructural. Análisis estructural. Características de los materiales para el proyecto y cálculo. Fundamentos del agotamiento por solicitaciones normales.

- TEMA 3: “Estados Límite Últimos (I)”  
Cálculo de secciones a flexión simple y compuesta. Vigas en T. Estado Límite de Inestabilidad. Disposiciones constructivas relativas a las armaduras longitudinales.
- TEMA 4: “Estados Límite Últimos (II)”  
Fundamentos del agotamiento por solicitaciones tangenciales. Cortante, torsión y punzonamiento. Disposiciones constructivas relativas a las armaduras transversales.
- TEMA 5: “Estados Límite de Servicio”  
Estado Límite de Fisuración. Estado Límite de Deformaciones: concepto de deformación instantánea y diferida. Estado Límite de Vibraciones.
- TEMA 6: “Dimensionamiento de regiones D”  
Introducción al método de bielas y tirantes. Dimensionamiento frente a cargas concentradas sobre macizos. Dimensionamiento de ménsulas cortas. Dimensionamiento de vigas de gran canto.
- TEMA 7: “Armado de elementos de cimentación y de contención”  
Dimensionamiento de armado de elementos de cimentación. Dimensionamiento de armado de elementos de contención.
- TEMA 8: “Introducción al Hormigón Pretensado”  
Fundamentos. Características de las armaduras activas. Cálculo de elementos isostáticos.

Finalmente, indicar que a la hora de desarrollar el temario, el equipo docente de ambas asignaturas ha tratado de coordinarse adecuadamente con los compañeros que impartieron las asignaturas de cursos anteriores, especialmente en lo relativo al cálculo de las leyes de esfuerzos en estructuras y otros aspectos de la resistencia de materiales. Además, como en las primeras semanas del cuatrimestre apenas se desarrollan contenidos teóricos que permitan su aplicación práctica, las sesiones de tutoría grupal del inicio del cuatrimestre se dedicaron a repaso de conceptos previos, como por ejemplo las leyes de esfuerzos en estructuras planas, resolución de celosías isostáticas, repaso de la teoría elemental de pandeo de Euler, etc.

### 2.3. Sistemas de evaluación

La Universidad de Alicante tiene establecido que las pruebas de examen final en convocatorias ordinarias y extraordinarias no podrán suponer más del 50% en peso de la calificación final, debiendo corresponder el resto de ésta a la evaluación continua realizada durante el período lectivo del curso. El sistema de evaluación propuesto en la ficha oficial de ambas asignaturas es el que se recoge en la Tabla 1.

Tabla 1. Sistema de evaluación de las asignaturas

<b>Tipo de prueba de evaluación</b>	<b>Ponderación</b>
Memoria de prácticas con ordenador	15%
Primera prueba de conocimientos	17,5%
Segunda prueba de conocimientos	17,5%
Examen final en convocatoria oficial	50%

La asistencia a las prácticas con ordenador es obligatoria y es condición necesaria para poder ponderar la calificación de los informes en la nota final de ambas asignaturas. Aquellos informes que no son entregados en los plazos establecidos pierden el 40% de su calificación. La calidad de la presentación de los informes (edición o encuadernación, limpieza y claridad y calidad de la documentación gráfica) supone el 25% de la calificación de cada informe.

Las pruebas parciales de las dos asignaturas se realizan a mitad del cuatrimestre y en la última semana. No eliminan materia, ni de la primera a la segunda ni tampoco de cara al examen final. Durante la realización de las pruebas, los estudiantes cuentan con el recurso de la normativa (el CTE en “Estructuras Metálicas” y la Instrucción EHE en “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”) y con una colección de materiales sancionados por el equipo docente. Las cuestiones planteadas en cada prueba parcial son de tipo teórico-práctico y están desacopladas unas de otras, de forma que un error en la resolución de un ejercicio no influye en el desarrollo de las siguientes. La duración de cada una de estas pruebas es de 90 minutos. El problema obvio de esta forma de plantear la evaluación es que se trata de una prueba muy “dirigida”, en la que no se aprecia correctamente si el alumno ha adquirido la competencia de asimilar y poner en práctica procedimientos sistemáticos y ordenados de resolución de supuestos de dimensionamiento o de comprobación, en los que un resultado concreto a mitad del proceso puede condicionar las sucesivas líneas de actuación.

En la prueba de examen final en ambas asignaturas también se contempla el planteamiento de cuestiones teórico-prácticas pero, a diferencia de las pruebas parciales, los ejercicios son de los llamados de “desarrollo”. De esta forma, se subsana el defecto que se ha puesto de manifiesto en el tipo de cuestiones desacopladas que se formulan en las pruebas parciales. La prueba final consta de dos partes o problemas, con una duración total de 3 horas, aproximadamente.

#### 2.4. Materiales preparados dentro de la red

La red ha servido para preparar o ampliar los siguientes materiales que se han utilizado para la docencia de las asignaturas objeto de la misma:

- Diapositivas actualizadas al temario de teoría propuesto en ambas asignaturas.
- Ampliación de las colecciones de ejercicios y supuestos prácticos a resolver en las tutorías grupales y como trabajo personal de los alumnos, preparados en la red del curso anterior. Con el fin de facilitar este trabajo de los estudiantes, en las diversas colecciones elaboradas se ha anotado la solución numérica (“resultado final”) de los ejercicios y en el caso de los más complejos se ha incluido también una resolución abreviada con los principales pasos a realizar y los resultados de cada uno de ellos.
- Mejora y ampliación de los guiones de las prácticas de ordenador realizadas en las dos asignaturas tratadas en esta memoria, elaborados en la red del curso anterior.
- Ampliación de la colección de materiales de apoyo para la resolución de los ejercicios planteados en ambas asignaturas. En la caso de la asignatura “Estructuras Metálicas” los materiales más destacados que incluía esta colección eran el prontuario europeo de perfiles laminados habituales, las tablas de los coeficientes de pandeo en función de la esbeltez en las cinco curvas de imperfección y un prontuario de vigas hiperestáticas de un solo vano, de dos vanos y de tres vanos. Para la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”, la colección también contaba con el anterior prontuario, además de con una tabla con las características físicas y capacidades mecánicas de las armaduras pasivas. Durante la realización de

las diferentes pruebas de evaluación de ambas asignaturas, les estaba permitido a los estudiantes utilizar esta colección de materiales de apoyo.

### 3. RESULTADOS

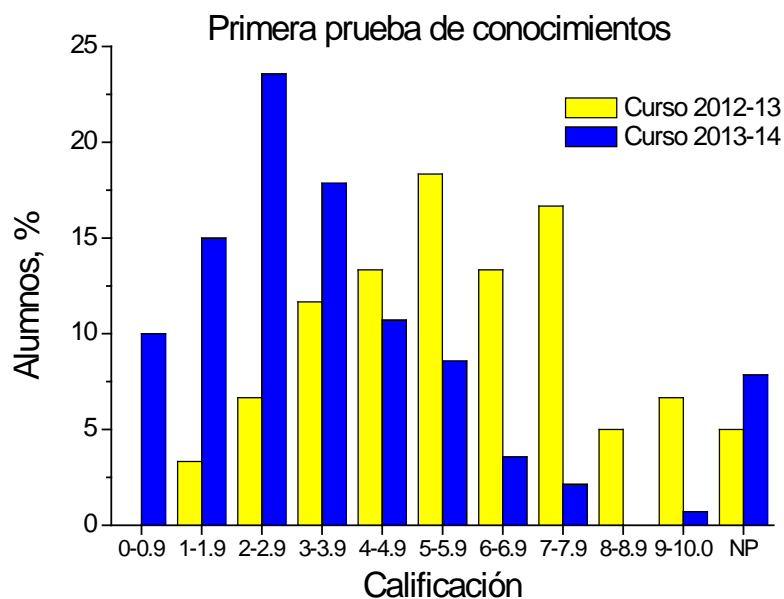
#### 3.1. Resultados académicos de la asignatura “Estructuras Metálicas”

En la Tabla 2 se indican los porcentajes de los alumnos aprobados, suspensos y no presentados correspondientes a las dos pruebas periódicas de conocimientos y a la calificación final de la asignatura “Estructuras Metálicas” en los cursos 2012-13 y 2013-14. Por otra parte, en la Figura 1 y en la Figura 2 se muestra la distribución de las calificaciones obtenidas en la primera y en la segunda prueba periódica respectivamente, mientras que en la Figura 3 se representa la distribución correspondiente a las calificaciones finales de la asignatura en los dos cursos analizados.

Tabla 2. Porcentajes de alumnos aprobados y suspensos en las pruebas tipo examen de la asignatura “Estructuras Metálicas” en los cursos 2012-13 y 2013-14

	1ª prueba		2ª prueba		Calificación final	
	2012-13	2013-14	2012-13	2013-14	2012-13	2013-14
Aprobados	60%	15%	59%	36,4%	65,6%	57,3%
Suspensos	35%	77,1%	34,4%	49,3%	19,6%	16,6%
No presentados	5%	7,9%	6,6%	14,3%	14,8%	26,1%

Figura 1. Distribución de las calificaciones obtenidas en la 1ª prueba de conocimientos de la asignatura “Estructuras Metálicas” en los cursos 2012-13 y 2013-14.





En términos generales, el porcentaje de alumnos aprobados es mayor en el curso 2012-13 que en el curso 2013-14. El número de alumnos matriculados en el curso 2012-13 fue de 61, mientras que en el curso 2013-14 fue de 140, por lo que esta disminución del porcentaje de alumnos aprobados podría estar relacionado con el incremento en el número de alumnos.

Figura 2. Distribución de las calificaciones obtenidas en la 2ª prueba de conocimientos de la asignatura “Estructuras Metálicas” en los cursos 2012-13 y 2013-14.

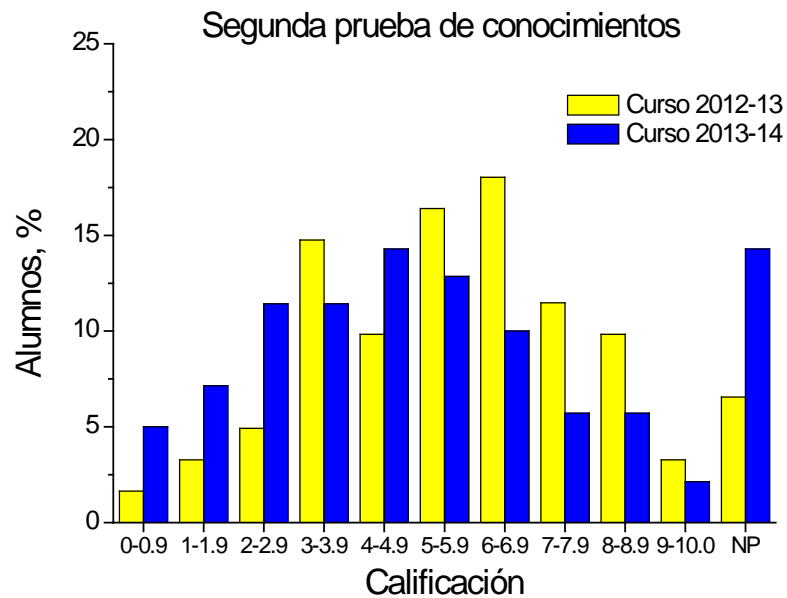
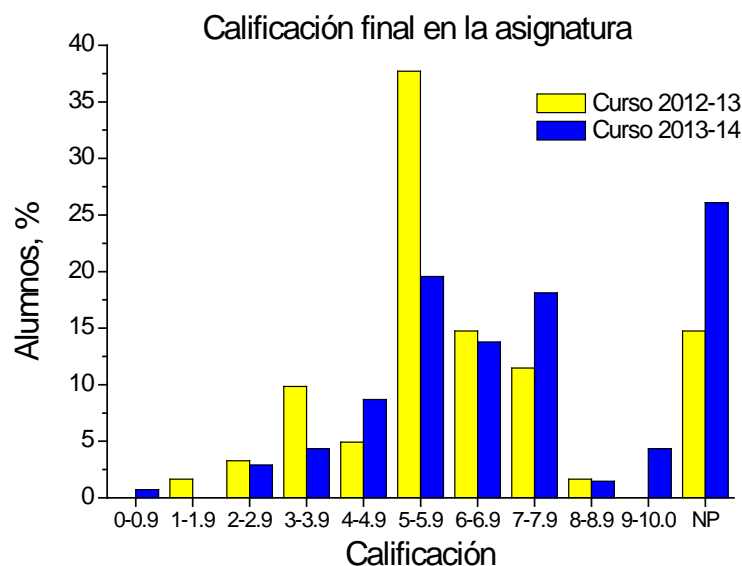


Figura 3. Distribución de las calificaciones finales de la asignatura “Estructuras Metálicas” en los cursos 2012-13 y 2013-14.



Por otra parte, en lo referente a la calificación final de la asignatura, el porcentaje de estudiantes aprobados aumenta en ambos cursos. Este incremento se puede ligar ponderación en la calificación final de la parte correspondiente a las prácticas de ordenador, y que son superadas por la práctica totalidad de los estudiantes, lo cual contribuye a que haya un mayor número de aprobados.

### 3.2. Resultados académicos de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”

En la Tabla 3 se indican los porcentajes de los alumnos aprobados, suspensos y no presentados correspondientes a las dos pruebas periódicas de conocimientos y a la calificación final de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”. El número de alumnos matriculados en el curso 2012-13 en esta asignatura fue de 74, mientras que en el curso 2013-14 fue de 140. Al igual que ocurría en “Estructuras Metálicas”, el porcentaje de alumnos aprobados es mayor en la calificación final que en las dos pruebas de conocimientos. Nuevamente, este incremento se ha relacionado con la ponderación en la calificación final de la parte correspondiente a las prácticas de ordenador, las cuales son aprobadas por la gran mayoría de estudiantes.

En la Figura 4 y en la Figura 5 se muestra la distribución de las calificaciones obtenidas en la primera y en la segunda prueba periódica respectivamente, mientras que

en la Figura 6 se representa la distribución correspondiente a las calificaciones finales de la asignatura.

Tabla 3. Porcentajes de alumnos aprobados y suspensos en las pruebas tipo examen de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” en los cursos 2012-13 y 2013-14

	1ª prueba		2ª prueba		Calificación final	
	2012-13	2013-14	2012-13	2013-14	2012-13	2013-14
Aprobados	51,4%	25%	60,8%	36,4%	73%	57,9%
Suspensos	40,5%	63,6%	25,7%	42,9%	9,5%	16,4%
No presentados	8,1%	11,4%	13,5%	20,7%	17,5%	25,7%

En el caso de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”, del mismo modo que se había observado en la asignatura “Estructuras Metálicas”, el incremento de alumnos matriculados en el curso 2013-14 ha afectado también al porcentaje de aprobados en la asignatura, que ha disminuido respecto al curso 2012-13.

Figura 4. Distribución de las calificaciones obtenidas en la 1ª prueba de conocimientos de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” en los cursos 2012-13 y 2013-14.

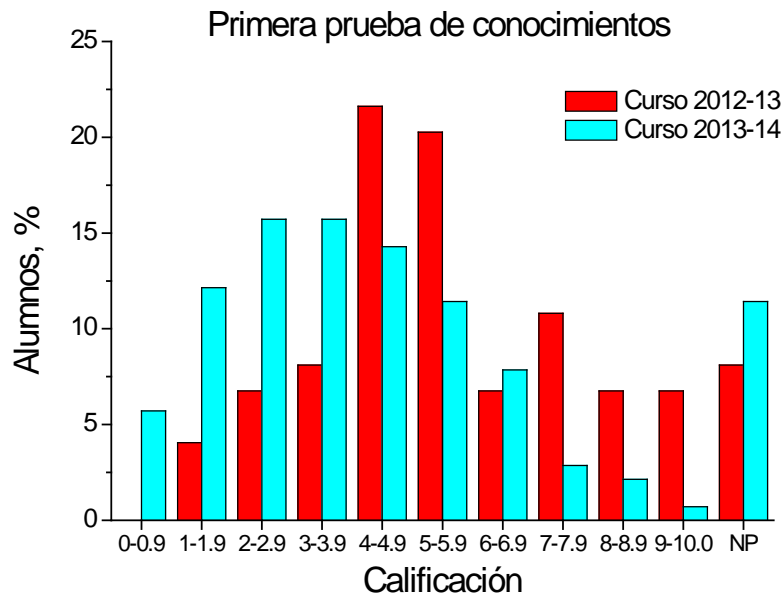


Figura 5. Distribución de las calificaciones obtenidas en la 2ª prueba de conocimientos de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” en los cursos 2012-13 y 2013-14.

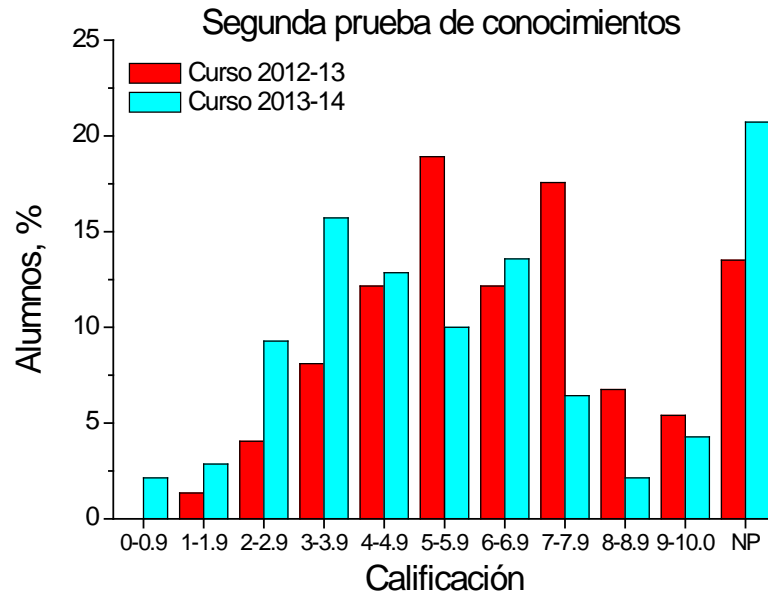
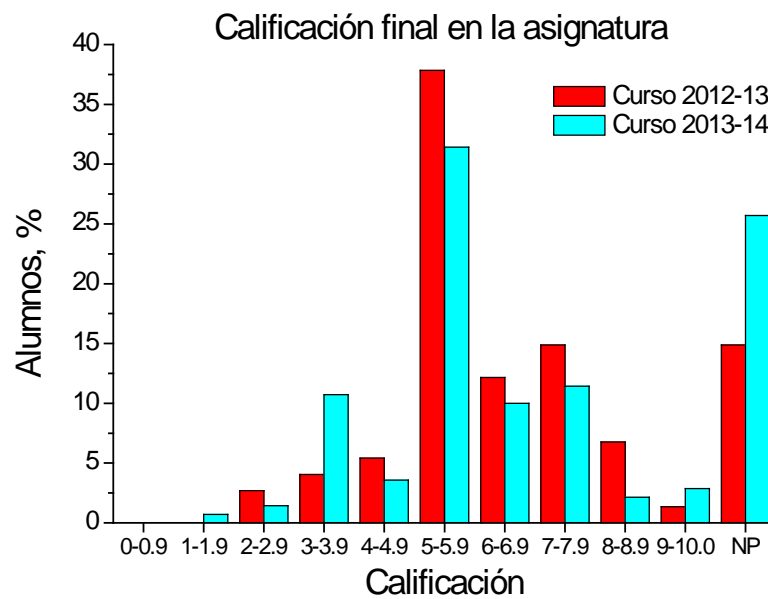


Figura 6. Distribución de las calificaciones finales de la asignatura “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” en los cursos 2012-13 y 2013-14.



#### **4. CONCLUSIONES**

En vista de todo lo expuesto anteriormente, podemos obtener las siguientes conclusiones:

- La metodología empleada en el primer curso en el que se imparten las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado” en el Grado en Ingeniería Civil parecen ser adecuadas, aunque puede y debe ser mejorada.
- El porcentaje de estudiantes presentados al examen y el porcentaje de alumnos aprobados sigue siendo mayor en comparación con las mismas asignaturas de la antigua titulación.
- El incremento en el número de alumnos, manteniendo el mismo número de grupos de teoría, tutoría grupal y prácticas de ordenador, ha traído consigo una disminución del porcentaje de alumnos aprobados en ambas asignaturas objeto de esta red.
- La docencia práctica en aula de informática continúa siendo satisfactoria en términos generales, aportando competencias y valor añadido al aprendizaje de los alumnos.

#### **5. DIFICULTADES ENCONTRADAS**

La carencia de tiempo ha sido la principal dificultad encontrada en ambas asignaturas, al igual que ocurría en el curso anterior, a pesar de los trabajos de mejora realizados con este propósito. Por lo tanto, se deberá continuar trabajando en el ajuste de los contenidos para adaptarlos mejor al tiempo disponible. Del mismo modo, la coordinación entre los profesores, aunque muy buena, todavía puede ser mejorada.

A parte de ello, la principal dificultad encontrada ha sido el considerable incremento en el número de alumnos en ambas asignaturas en el curso 2013-14, manteniendo el número de grupos de teoría, tutorías grupales y prácticas de ordenador que en el curso anterior (más del doble de alumnos). Este hecho ha dificultado el desarrollo de las clases y la atención por parte de los profesores al alumnado.

## 6. PROPUESTAS DE MEJORA

Se deberá trabajar en la búsqueda de mejoras en la evaluación continua, sobre todo con el fin de adaptarla a grupos con un mayor número de alumnos, lo que mejorará el rendimiento global de forma muy importante.

## 7. PREVISIÓN DE CONTINUIDAD

Los aspectos previamente señalados se podrían tratar en un nuevo proyecto de Redes, con el fin de seguir analizando y proponiendo mejoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje y sistema de evaluación en las asignaturas “Estructuras Metálicas” y “Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado”.

Según se ha indicado a lo largo de esta memoria, es de gran interés estudiar la forma de adaptar la metodología desarrollada por el equipo de profesores de estas asignaturas para el caso de grupos con un mayor número de alumnos. Finalmente, como continuidad al trabajo realizado en esta red, también sería interesante diseñar unas prácticas de laboratorio para las asignaturas estudiadas, de cara a un futuro próximo en el cual estarán disponibles los medios e instalaciones adecuados para impartirlas.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bermejo, J.C. (2009). Words, only words. El proceso de Bolonia, o como cuadrar el caos. *Ingeniería y Territorio*, 87, 14-19.
- Cabeza, M., Diaz, B., Freire, L. Sánchez, I. (2012). Aplicaciones de la metodología del aprendizaje basado en problemas a la ingeniería de materiales. *Investigaciones sobre docencia Universitaria y Nuevas Metodologías*. Educación Editoria, Ourense, España.
- Rodríguez-Vellando, P. (2009). La enseñanza de la Ingeniería Civil en Europa y su adaptación a Bolonia. El caso español. *Ingeniería y Territorio*, 87, 32-37.
- Morell, T. (2004). *La interacción en la clase magistral*. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Morell, T. (2007). La difusión oral del conocimiento: las clases magistrales y las ponencias en congresos. *Las lenguas profesionales y académica*. Ed Ariel.
- Sánchez, I. (2010). New methodologies for the teaching of materials science for geologic engineers. *Edulearn 10*, Barcelona, España.

- Sanchez, I., Zornoza, E., Garcés, P. Climent, M.A. (2011). The importance of reduced groups in the adaptation of the engineering studies to the EHEA. The case of chemistry for civil engineering. *Edulearn 11*, Barcelona, España.
- Varona, F.B., Ortega, J.M. (2013). Adaptación e innovación en la docencia de Estructuras Metálicas en el contexto del Grado en Ingeniería Civil. *III Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Ingeniería Estructural*, Valencia, España.
- Ortega, J.M., Varona, F.B., López, J.M. (2013). A proposal of computer practical classes related to reinforced concrete structures for Civil Engineering and Architecture degrees. *Edulearn 13*, Barcelona, España.