

## INTRODUCCION

La implantación de los nuevos Planes de Estudio dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior precisa una reformulación de la docencia universitaria en la que se incorporen nuevas metodologías centradas, fundamentalmente, en la participación activa del alumno.

Desde hace varios años, los profesores de la asignatura Estructuras II de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura han ido proporcionando, progresivamente, un mayor protagonismo a las enseñanzas prácticas. Esto se ha ido materializando en un programa de prácticas que permite a los alumnos comprobar la utilidad de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas al afrontar el cálculo de una estructura real, desde la propia definición de la misma hasta la obtención de esfuerzos, deformadas y el dimensionado de secciones.

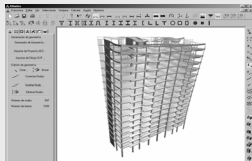
En este trabajo se presenta la evolución de este programa de prácticas en los últimos años en 4 de los 6 grupos de Estructuras II (480 alumnos), así como los resultados obtenidos este último curso. De esta experiencia deriva la propuesta para el curso próximo.

## LA ASIGNATURA ESTRUCTURAS II EN LA ETSA

La asignatura de Estructuras II, ubicada en el 3<sup>er</sup> curso del plan de estudios vigente en la ETSA, debe proporcionar los conocimientos y aptitudes necesarios para abordar el cálculo de estructuras de edificación en todas sus facetas: definición de requisitos, selección de tipologías y materiales, modelización de elementos y vínculos, evaluación de acciones simples y combinaciones, selección del modelo de cálculo, establecimiento de hipótesis, determinación de criterios de seguridad, predimensionado de elementos, selección de alternativas, definición del modelo final, cálculo y evaluación de los resultados obtenidos.

Por eso, en esta asignatura, la metodología tradicional de enseñanza consistente en clases teóricas complementadas con clases de problemas, no es suficiente. Las prácticas deben ser y son un elemento imprescindible en la formación del estudiante de Arquitectura en el campo del análisis y diseño estructural. Estas prácticas deben formularse sobre modelos o estructuras reales, en las que se vean implicados todos los problemas estructurales objeto de las materias del curso.

## EL PROGRAMA DE PRÁCTICAS



Inicialmente esta asignatura estaba ubicada en 4<sup>o</sup> curso, por lo que los alumnos tenían unos conocimientos de construcción mayores que los que tienen actualmente. La práctica<sup>[1]</sup> consistía en el cálculo de la estructura tridimensional de un edificio real de varias plantas, en las que el alumno debía resolver aspectos estructurales y constructivos. El trabajo se desarrollaba en equipos de unos 5 alumnos, asignando una parte del edificio a cada uno de ellos. Sin embargo, el incremento de alumnos matriculados obligó a ir aumentando progresivamente el número de alumnos por equipo y, dada la envergadura del trabajo, no se conseguían los resultados obtenidos en un principio, ya que el alumno perdía la visión del conjunto.

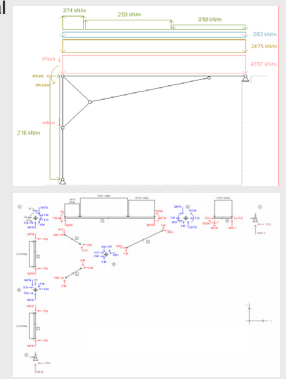
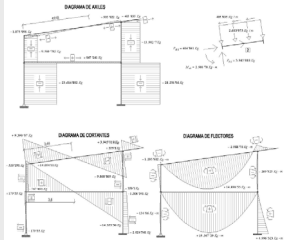
En el año 2005-2006, ya en 3<sup>er</sup> curso, se decidió reajustar el programa de prácticas teniendo en cuenta los conocimientos de construcción de los alumnos en un curso inferior. Actualmente se plantean dos prácticas cuatrimestrales, que se corresponden directamente con los contenidos teóricos impartidos en cada periodo, proporcionando al alumno la oportunidad de comprobar la eficacia, el interés y la utilidad de sus aprendizajes, al enfrentarse al proceso de definición, cálculo y diseño de la estructura de un edificio real.

En la práctica 1 (criterios de diseño de estructuras isostáticas) se proponen varios ejemplos de estructuras isostáticas, asignando una diferente a cada alumno. La práctica consiste en definir el modelo geométrico de la estructura, seleccionar los materiales estructurales y constructivos, evaluar las cargas y establecer las combinaciones correspondientes a los estados límite último y de servicio según la normativa vigente. Se procede entonces al cálculo de la misma, obteniendo las reacciones, las leyes de esfuerzos y las deformadas de todas las barras de la estructura. Se comprueba el predimensionado adoptado así como el estado de deformaciones de los elementos resistentes.

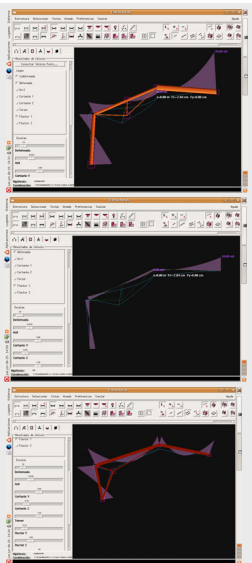
Además, el alumno debe investigar si existe alguna estructura alternativa a la dada que cumpla mejor que ésta los requisitos establecidos proporcionando, en su caso, un diseño alternativo modificando secciones, condiciones de vínculo en extremos de barra o tipos de apoyo.

En la Práctica 2 (criterios de diseño de estructuras hiperestáticas) se proponen varios ejemplos de estructuras hiperestáticas obtenidas por modificación de las isostáticas de la práctica 1. El objetivo es comparar los resultados obtenidos con los de las estructuras isostáticas homólogas y extraer conclusiones sobre el comportamiento de ambas en cuanto a resistencia, deformabilidad y economía.

Para la realización de ambas prácticas los alumnos disponen de recursos en Internet (normativa, catálogos on-line de fabricantes de materiales de construcción, PoliformaT)



## ANÁLISIS DE RESULTADOS: PROPUESTAS PARA EL CURSO PRÓXIMO



Los resultados alcanzados pueden calificarse de satisfactorios. Un número muy elevado de alumnos ha obtenido calificaciones de notable y sobresaliente en las prácticas, reconociendo asimismo que les ha ayudado a entender los contenidos teóricos y a relacionarlos con el proyecto y cálculo de las estructuras reales. A final de curso, en algunos grupos se dedicaron unas clases a mostrar a los alumnos el cálculo por ordenador de algunas de las alternativas propuestas para cada estructura, comparando los resultados de las isostáticas e hiperestáticas. En otros grupos estas sesiones se efectuaron a modo de seminario únicamente con un reducido número de alumnos interesados.

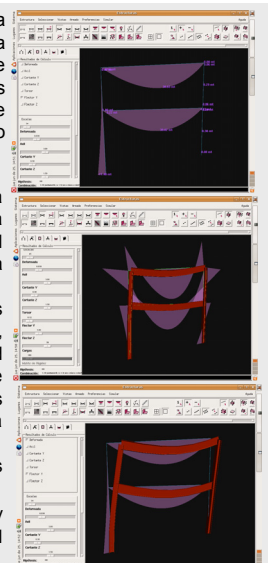
De estas experiencias se derivan las propuestas del programa de prácticas para el curso próximo:

Inicialmente se planteará la estructura hiperestática y será el alumno el encargado de proponer la estructura isostática derivada de ella. Para ello deberá buscar una solución satisfactoria. El acierto que se haya tenido en la selección de ésta influirá posteriormente en los resultados obtenidos al calcular la estructura hiperestática en el segundo cuatrimestre (ya que las dimensiones de la isostática se toman como predimensionado para la hiperestática).

La intuición de la eficiencia de un sistema estructural es el resultado de la asimilación de los conocimientos teóricos y de la experiencia adquirida en el proceso de diseño y observación de la estructura. Para conseguirlo, es de gran ayuda contrastar diferentes alternativas estructurales sobre un mismo edificio y evaluar la idoneidad de los modelos adoptados, apoyándose en una visualización gráfica de los resultados. Por ello los cálculos se efectuarán manualmente y se comprobarán posteriormente con el ordenador. De este modo el análisis de los resultados obtenidos a partir de la visualización de las deformadas y de las leyes de esfuerzos ayudará a entender el comportamiento de la estructura en cada caso.

Con este planteamiento docente, la información que reciba el alumno se asimilará antes, mejor y más profundamente que con los recursos empleados hasta ahora.

A final del curso se realizará una presentación de las prácticas en clase. De este modo se podrá discutir y comparar la solución adoptada por cada alumno, con el fin de deducir las diferencias en la respuesta estructural de cada una de ellas.



## CONCLUSIONES

La utilización de recursos didácticos que integren la formación teórica y práctica apoyándose en interpretaciones e imágenes gráficas y cálculo por ordenador potencia y estimula la motivación de los estudiantes de Arquitectura. Por otra parte la puesta en común y discusión de las diferentes alternativas enriquece las soluciones estructurales planteadas y facilita el desarrollo de habilidades participativas y comunicativas.

Con este planteamiento docente se fomenta el aprendizaje activo del alumno al tiempo que mejora su rendimiento y se agiliza su adquisición de conocimientos y destrezas.

## REFERENCIAS

- [1] E. Abdilla; L. Basset; D. Gallardo; F. Picó, "L'Enseignement des structures avec l'appui d'un logiciel de haute performance graphique", TICE 2002, Lyon, Francia.
- [2] Trabajos de alumnos: E. Moreno y C. Boix
- [3] Imágenes del Software de cálculo de estructuras SLab-3D; © E. Abdilla (responsable de la asignatura).