

EXPERIENCIA DOCENTE EN PROTECCIONES COLECTIVAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CASOS PRÁCTICOS DESARROLLADOS PREVIAMENTE DE MANERA EXPERIMENTAL

Autor 1: M. Nieves GONZÁLEZ GARCÍA

Dr. UPM, Arquitecto Técnico
Universidad Politécnica de Madrid
Profesor Titular Universidad
mariadelasnieves.gonzalez@upm.es

Autor 2: Nuria LLAURADÓ PÉREZ

Arquitecto Técnico
Universidad Politécnica de Madrid
Profesor Titular Escuela Universitaria
nuria.laurado@upm.es

Autor 3: Ángel Castaño Cabañas

Arquitecto Técnico
Universidad Politécnica de Madrid
Profesor Titular Escuela Universitaria
angel.castano@upm.es

Autor 4: Alfonso COBO ESCAMILLA

Dr. Ingeniero Industrial, Arquitecto
Universidad Politécnica de Madrid
Catedrático Escuela Universitaria
alfonso.cobo@upm.es

RESUMEN

En el marco de un proyecto de Innovación Educativa se ha realizado una experiencia docente interdisciplinar del MdC. El caso resuelto está relacionado con el diseño y comprobación de sistemas provisionales de protección de borde. El análisis de estos sistemas es una materia que precisa un enfoque claramente interdisciplinar. Además de unas sesiones teóricas iniciales, la docencia se ha reforzado con la realización de ensayos en laboratorio. El caso se ha planteado a alumnos del Máster en Innovación Tecnológica en la Edificación. La resolución del caso se ha realizado de forma individual. Los trabajos más representativos se han discutido en público. Los alumnos han valorado positivamente la experiencia. La realización de ensayos en laboratorio ha sido considerada fundamental por parte de los alumnos para desarrollar correctamente el caso.

PALABRAS CLAVE: innovación educativa, estudio de casos, protecciones colectivas, barandillas

1. Introducción

La titulación de Ingeniería de Edificación se configura como una carrera universitaria heredera de las titulaciones de Aparejador y Arquitecto Técnico, figuras profesionales muy arraigadas en el contexto de la ejecución de obras de edificación en España y que tienen su origen en los antiguos maestros de obras [1], [2], [3].

El diseño y la comprobación de los elementos que forman las protecciones colectivas de las obras en construcción es una materia de especial importancia en la formación de los Ingenieros de Edificación en España, ya que es una competencia básica y una atribución profesional que otorga la normativa española a estos ingenieros titulados [4], [5].

Las experiencias basadas en una mayor participación de los alumnos, haciéndoles protagonistas de su propia formación, tienen especial relevancia en la acción formativa de los nuevos Ingenieros de Edificación, lo que supone la modificación de los hábitos tradicionales y adaptarlos a las nuevas necesidades, utilizando para ello unas metodologías de trabajo adecuadas para conseguir los objetivos formativos. Un aspecto fundamental en la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) es el cambio de modelos basados en la enseñanza a modelos

basados en el aprendizaje. Los procesos de convergencia universitaria europea han señalado como un factor fundamental el que los titulados adquieran la capacidad de aprendizaje continuo (aprender a aprender) [6], [7]. Para conseguir esto, los métodos docentes deben estar más centrados en el estudiante que en el profesor [8]. Uno de estos métodos de enseñanza es el Método del Caso (MdC). En este trabajo se presenta una experiencia fundamentada en el MdC, con un enfoque interdisciplinar en el que participan cuatro asignaturas.

2. El Método del caso

El MdC, también llamado análisis o estudio de casos, tuvo su origen como técnica de aprendizaje en la Universidad de Harvard (aproximadamente en 1914), con el fin de que los estudiantes de Derecho se enfrentaran a situaciones reales y tuvieran que tomar decisiones, valorar actuaciones, emitir juicios fundamentados, etc. Con el paso de los años el MdC se ha extendido a otros contextos y se ha convertido en una herramienta muy eficaz para que los estudiantes adquieran diversos aprendizajes y desarrollen diferentes habilidades gracia al protagonismo que tienen en la resolución de casos.

De este modo, el MdC es una técnica de aprendizaje activa, centrada en la investigación del estudiante sobre un problema real y específico que ayuda al alumno a adquirir la base para un estudio inductivo [9]. El punto de partida es la definición de un caso concreto para que el alumno sea capaz de comprender, conocer y analizar todo el contexto y las variables que intervienen en el caso. Se trata de un método de aprendizaje basado en el razonamiento de los estudiantes y en su capacidad de estructurar el problema y el trabajo para lograr una solución que no es la única correcta [9].

El MdC reúne la teoría y la práctica en un proceso reflexivo que se convierte en aprendizaje significativo, al tener que mostrar y analizar como se han resuelto los problemas, las decisiones que se han tomado y las técnica y recursos implicados en cada una de las posibles alternativas [10].

Los objetivos perseguidos mediante el empleo de la técnica del MdC son [11]:

- Formar futuros profesionales capaces de encontrar para cada problema la solución experta, personal y adaptada al contexto dado.
- Trabajar desde un enfoque profesional los problemas de un dominio determinado.
- Crear contextos de aprendizaje que faciliten la construcción del conocimiento y favorezcan el contraste y la reelaboración de las ideas y de los conocimientos.

La técnica del caso no solo centra su énfasis en el producto final, sino también en el proceso seguido por los estudiantes para encontrar la solución.

El MdC se basa en situaciones reales, en casos que los estudiantes se podrían encontrar fácilmente en su práctica profesional y que otros profesionales han tenido. Esto aumenta la motivación del estudiante hacía el tema en estudio, mejorando su autoestima y su seguridad personal [11].

La técnica requiere una mayor inversión de esfuerzo y dedicación, por parte del docente y del alumno, que otros métodos de enseñanza y aprendizaje más tradicionales. Sin embargo, los

resultados de aprendizaje son más significativos con el uso de los nuevos modelos metodológicos, ya que permiten ser al alumno el verdadero protagonista de su aprendizaje.

3. La interdisciplinariedad en la enseñanza de las técnicas

Se puede definir la interdisciplinariedad como un método de enseñanza en el que la cooperación de varias disciplinas provoca intercambios reales, existiendo reciprocidad. Se presenta cuando el problema está planteado en términos tales que no puede ser resuelto desde una sola disciplina.

La interdisciplinariedad es un concepto que se viene aplicando desde épocas relativamente recientes y que se ha aplicado internacionalmente en el desarrollo de programas educativos de diversas áreas y niveles. Desde comienzos de este siglo, los programas académicos contemplan la interdisciplinariedad como una cuestión absolutamente necesaria en la formación de los ingenieros dentro de una economía global [12]. Sin embargo, la estructura departamental existente en la mayoría de las universidades de los países industrializados donde el departamento es la unidad básica de funcionamiento [13] y organiza la docencia de las asignaturas que lo componen [14] se ha mostrado como muy eficiente para impartir los conocimientos de las distintas disciplinas, pero ha sido totalmente negativa para dotar de un carácter interdisciplinar a los estudios de las titulaciones técnicas relacionadas con la ingeniería [15].

A pesar de que la industria en general y el sector de la construcción en particular, y la práctica profesional en la que se desenvuelve el Ingeniero de Edificación se desarrollan en un contexto interdisciplinar, la estructura departamental de las universidades parece que se resiste a este enfoque [16], [17], [18].

En la interdisciplinariedad se involucran métodos y conocimientos de distintas disciplinas y se aplican a un problema determinado, el cual no es objeto de una única disciplina, sino que puede ser abordado desde distintos puntos de vista. El enfoque interdisciplinar permite obtener una nueva visión del problema: más amplia, completa y unificada lo que supone la obtención de una solución más integral y adecuada al objeto de estudio. Mediante esta vía no se ignoran las identidades propias de cada disciplina, sino que se entiende que cada una de ellas puede realizar contribuciones importantes y diferentes entre sí para la resolución del problema o caso en estudio.

Uno de los principales inconvenientes para el trabajo interdisciplinario estriba en aceptar y respetar las diferencias entre las disciplinas involucradas. Es fundamental que se establezca un lenguaje común que permita la comunicación entre las disciplinas.

4. Diseño y comprobación de protecciones colectivas en obras

Una de las medidas más habituales para prevenir el riesgo de caída en altura durante la ejecución de una estructura de hormigón es la disposición de protecciones colectivas que o bien impiden la caída del trabajador o limitan los daños sobre éste en el caso de que caiga al vacío. Habitualmente, los técnicos encargados o involucrados en los temas de seguridad de obras se preocupan de la colocación de estos sistemas, sin embargo en muy raras ocasiones se realizan comprobaciones acerca de su capacidad estructural para el caso de que, debido a un accidente, estos sistemas deban de entrar en carga.

Esta aparente despreocupación acerca del comportamiento estructural de estos sistemas contrasta enormemente con la importancia y gravedad de este tema. En efecto, si uno de estos

sistemas falla, podría provocar la muerte de un trabajador, como de hecho ocurre en demasiadas ocasiones.

En la titulación Ingeniero de Edificación de la UPM no se ha abordado el estudio del diseño y comprobación de protecciones colectivas, tampoco se estudiaban estos aspectos en las titulaciones de Aparejador o de Arquitecto Técnico. Más aún, no tenemos noticias de que esta materia se haya estudiado en ninguna titulación técnica en España. En las titulaciones de Ingeniero de Edificación se realiza un análisis descriptivo acerca de las protecciones colectivas existentes, se insiste en los procedimientos de montaje y retirada, se enumeran las normas que los regulan pero no se analiza el comportamiento o dimensionamiento de los sistemas. En algunos casos, el análisis numérico es complejísimo y solo puede realizarse mediante programas de elementos finitos avanzados. Por ejemplo, los sistemas que utilizan redes y retienen trabajadores que caen desde altura, deben analizarse como sistemas no lineales mecánica y geoméricamente y bajo carga de impacto. Sin embargo existen procedimientos simplificados que dan buenas aproximaciones y, en cualquier caso, siempre queda el recurso de la evaluación experimental ejecutada "in situ".

En otros casos, como las barandillas de seguridad colocadas en forjados horizontales, los sistemas pueden evaluarse analíticamente con suma facilidad.

5. Docencia de barandillas de seguridad: una enseñanza pluridisciplinar

El Grupo *Enseñanza del Hormigón Estructural (EHE)* es un Grupo de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid preocupado por encontrar fórmulas para racionalizar y mejorar la enseñanza del hormigón estructural a alumnos de Ingeniería de la Edificación. En este sentido se está desarrollando un Proyecto de Innovación Educativa de título *Diseño de casos prácticos en hormigón estructural* para facilitar y optimizar el proceso de enseñanza aprendizaje en distintas materias del ámbito del hormigón estructural.

El análisis del comportamiento de barandillas de seguridad de obras es una materia que constituye uno de los casos prácticos desarrollados en el Proyecto *Diseño de casos prácticos en hormigón estructural*.

Posiblemente una de las razones más importantes para que se de la situación señalada en el punto anterior, acerca del hecho de que no se estudie el comportamiento de las barandillas de seguridad en los planes de estudio de Ingeniero de Edificación, sea el extraordinario carácter interdisciplinar de la materia en cuestión. En el caso de sistemas formados por postes de acero y barandillas de madera se requieren conocimientos de Prevención y Seguridad, Resistencia de Materiales, Estructuras Metálicas y Estructuras de Madera. En la tabla 1 se indican los conocimientos necesarios junto con las disciplinas correspondientes al plan de estudios de Ingeniería de Edificación.

Materia	Asignatura	Semestre
Prevención y Seguridad	Prevención y Seguridad I	6
	Prevención y Seguridad II	7
Estructuras Metálicas	Proyectos Técnicos I	7
Estructuras de Madera	Proyectos Técnicos I	7
Resistencia de Materiales	Resistencia de Materiales	4

Tabla 1. Evaluación de barandillas de seguridad

Como puede comprobarse en la tabla 1, las materias objeto de esta etapa se imparten en tres asignaturas distintas y de distintos semestres.

6. Experiencia realizada

Conscientes del problema que supone la ausencia generalizada de técnicos informados y preocupados por el comportamiento resistente de protecciones colectivas, se ha desarrollado una experiencia docente encaminada al desarrollo de la docencia de barandillas de seguridad con 50 alumnos del Máster en Innovación Tecnológica en la Edificación (MITE). El MITE es un Máster Universitario de la UPM que se imparte en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid. Posee un Itinerario Profesional y un Itinerario Investigador. A todos los alumnos se les ha planteado la resolución de un caso práctico relativo al comportamiento de sistemas de protección de borde formados por barandillas de seguridad y postes de acero.

Se ha trabajado sobre un caso real. Al alumno se le ha proporcionado suficiente material gráfico y escrito como para tener una definición completa del sistema a evaluar. A continuación se han impartido sesiones teóricas con una duración total de 6 horas para dotar al alumno de los conocimientos que no se han adquirido a lo largo de la carrera y son necesarios para resolver el caso. Además se ha realizado una experiencia en laboratorio montando un sistema idéntico a que se iba a evaluar y se ha ensayado, de manera que el alumno podía comparar al final de su trabajo los resultados analíticos con los resultados experimentales. El uso de ensayos de laboratorio para mejorar la capacidad de los estudiantes para comprender determinados procesos tecnológicos o científicos se ha mostrado como una medida muy eficaz en experiencias anteriores [19], [20], [21].

A continuación el alumno ha dispuesto de una semana para su resolución. Al término de la semana los trabajos se han entregado. En clase se ha realizado la discusión de una muestra representativa de los trabajos entregados, en concreto seis trabajos.

A continuación se destacan los resultados más significativos que se obtuvieron de una encuesta pasada al conjunto de los alumnos al finalizar el caso, en orden a valorar la experiencia para su aplicación o modificación en convocatorias posteriores.

- Los alumnos opinan que las principales capacidades alcanzadas son el autoaprendizaje (80%) y la iniciativa (72%).
- Se reconoce que al principio no se dispone de los conocimientos necesarios (90%) y que se han adquirido con el desarrollo del caso (96%).
- La mayoría opinó que el tiempo dedicado a las explicaciones teóricas fue escaso (86%) y el concedido para la resolución del caso también (98%).

- La mayoría valoró la experiencia como positiva (34%) o muy positiva (48%) frente a los métodos tradicionales y opinó que el desarrollo del caso les había permitido integrar los conocimientos que al respecto se habían adquirido durante la carrera (68%).
- Los ensayos realizados previamente en laboratorio se consideran fundamentales para el desarrollo del caso (90%).

Durante el desarrollo de la experiencia el profesorado apreció que el desarrollo del caso práctico exige un mayor esfuerzo a los alumnos, posiblemente debido a la falta de costumbre y a estar habituados a procedimientos de enseñanza más estructurados, donde el alumno no posee apenas posibilidad de decisión.

La tutorización del caso se ha realizado por los cuatro profesores, atendiendo cada uno de ellos las cuestiones relativas a la materia donde es especialista.

Se ha podido comprobar que los conocimientos aportados por las asignaturas ya cursadas no se han sabido aplicar correctamente cuando hay que utilizarlos en un escenario aparentemente distinto al existente en la asignatura donde se cursaron. Esto puede ser consecuencia de la visión, por parte de los alumnos y de los profesores, de las asignaturas como compartimentos estancos. En este sentido, uno de los aspectos más interesantes, que a nuestro juicio se ha generado con el desarrollo de este caso, ha sido la integración de conocimientos efectuada por el alumno. Se ha dejado de entender las distintas asignaturas como dominios cerrados, situación totalmente alejada del desarrollo profesional de un Ingeniero de Edificación, que debe resolver de forma cotidiana problemas de carácter interdisciplinar.

Para los profesores, ha sido muy positivo el trabajo en grupo en tareas docentes. Todos los profesores involucrados pertenecemos además al mismo Grupo de Investigación, pero hasta la realización de esta experiencia, no habíamos participado de forma conjunta en tareas docentes.

Para el correcto desarrollo de la docencia del caso, es absolutamente necesaria una perfecta coordinación del profesorado. Los alumnos no deben encontrar incoherencias en las respuestas, orientaciones o exigencias. Esto exige reuniones previas para realizar el diseño del caso, valorar las posibles soluciones y fijar el procedimiento de evaluación.

7. Conclusiones

En el marco de un proyecto de Innovación educativa se ha realizado una experiencia docente interdisciplinar del MdC.

El caso resuelto está relacionado con el diseño y comprobación de sistemas provisionales de protección de borde. El análisis de este tipo de sistemas no se aborda en ninguna titulación técnica.

El análisis de estos sistemas es una materia que precisa un enfoque claramente interdisciplinar.

Además de unas sesiones teóricas iniciales, la docencia se ha reforzado con la realización de ensayos en laboratorio sobre los sistemas a analizar.

El caso se ha planteado a alumnos del Máster Universitario Máster en Innovación Tecnológica en la Edificación.

La resolución del caso se ha realizado de forma individual. Los trabajos más representativos se han discutido en público.

Los alumnos han valorado positivamente la experiencia a pesar del mayor esfuerzo personal que ha sido necesario realizar respecto a los métodos docentes tradicionales.

La realización de ensayos en laboratorio ha sido considerada fundamental por parte de los alumnos para desarrollar correctamente el caso.

8. Referencias

- [1] GONZÁLEZ VELAYOS, E., *Aparejadores. breve historia de una larga profesión*, Consejo General de Aparejadores y arquitectos Técnicos de España, Madrid, 1979.
- [2] IZQUIERDO, P. *Evolución histórica de los estudios, competencias y atribuciones de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos*. Editorial Dykinson. Madrid, 1988.
- [3] MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE *La integración del sistema universitario español en el espacio europeo de educación superior*. Documento marco. Madrid, 2003.
- [4] Ley 39/1999, de 5 de Noviembre de Ordenación de la Edificación. Boletín Oficial del Estado nº 266 de 11 de noviembre de 1999.
- [5] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, Boletín Oficial del estado nº 74 de 28 de noviembre de 2006.
- [6] Comunique of the meeting of European Ministers in charge of Higher Education. Towards the European Higher Education Area. Praga, 19 de mayo de 2001
- [7] Joint declaration of the European Ministers of Education. The European Higher Education Area. Bolonia, 19 de junio de 1999.
- [8] Conferencia de los Rectores de las Universidades Españolas. La declaración de Bolonia y su repercusión en la estructura de las titulaciones en España. 8 de julio de 2002
- [9] BOEHRER, J., LINSKY, M., "Teaching with cases. Learning to question", *The changing face of college teaching*, New Directions for Teaching and Learning nº42, Ed. Jossey-Bass, San Francisco, 1990.
- [10] DE MIGUEL, M., "Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias". Alianza Editorial, Madrid, 2006.
- [11] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. *Método de casos*. 2006. Disponible en <http://www.recursosees.uji.es/fichas/fm3.pdf>.
- [12] PATIL A. and CODNER G., "Accreditation of engineering education: Review, observations and proposal for global accreditation", *European Journal of Engineering Education*, Vol. 32, No. 6, 2007, pp. 639-651.
- [13] BOLTON CK. and BOYER RK., "Organizational development for academic departments", *The Journal of Higher Education*, Vol. 44, No. 5, 1973, pp. 352-369.
- [14] WOLVERTON M., GMELCH WH. and SORENSON D., "The department as double agent: The call for department change and renewal". *Innovative Higher Education*, Vol. 22, No. 3, 1998, pp. 203-215.
- [15] MC NAIR L., NEWSWANDER C., BODEN D. and BORREGO M., "Student and faculty interdisciplinary identities in self-managed teams", *Journal of Engineering Education*, Vol. 100, No. 2, 2011, pp. 374-396.
- [16] AMEY MJ. and BROWN DF., *Breaking out of the box: Interdisciplinary collaboration and faculty work*, Information Age Publishing, Charlotte NC, 2004.
- [17] COMMITTEE ON FACILITATING INTERDISCIPLINARY RESEARCH, *Facilitating interdisciplinary research*, National Academies Press, Washington DC, 2004.
- [18] SÁ CM., "Interdisciplinary strategies in US research universities", *Higher education*, Vol. 55, 2008, pp. 537-552.
- [19] BROPHY S., MAGANA A and STRACHAN A., "Lectures and simulation laboratories to

improve learners' conceptual understanding", *Advances in Engineering Education*, Vol. 3, 2013, pp. 1-27.

- [20] ROBERTS N., FEURZEIG W. and HUNTER B., *Computer Modelling and Simulation in Science Education*, Springer-Verlag, Berlín, 1999.
- [21] PALLANT A. and TINKER RF., "Reasoning with atomic-scale molecular dynamics models" *Journal of science education and technology*, Vol. 13, No. 1, 2004, pp. 51-56.