

## **Experiencias Docentes en Innovación Educativa como Mejora de una Enseñanza Tradicional de los Materiales de Construcción**

**Encarnación Reyes y Jaime C. Gálvez(\*)**

E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Dpto. de Ing. Civil: Construcción. Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren s/n, 28040, Madrid-España  
(e-mail: encarnacion.reyes@upm.es; jcgalvez@caminos.upm.es)

(\*) autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

*Recibido Jun. 09, 2010; Aceptado Jul. 23, 2010; Versión final recibida Jul. 29, 2010*

---

### **Resumen**

En este trabajo se presentan los resultados de una experiencia docente en la asignatura de Materiales de Construcción incorporando metodologías activas como lo sugiere el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Desde el curso 2006-07 se inició una mejora de la enseñanza tradicional, basada en la utilización del aprendizaje cooperativo, evaluación continua y las nuevas tecnologías. En los últimos tres cursos ha habido un aumento notable del número de aprobados, un 32% de aumento sobre alumnos matriculados, respecto a cursos anteriores. De los resultados obtenidos se puede concluir que el uso de técnicas docentes activas como complemento de la enseñanza tradicional mejora el aprendizaje de los alumnos y potencia su motivación. Sin embargo, requiere mayor dedicación del profesor y mayor dedicación del alumno en su aprendizaje.

*Palabras clave: materiales de construcción, aprendizaje cooperativo, nuevas tecnologías, metodología docente*

## **Teaching Experiences in Educational Innovation to Improve Traditional Teaching of Construction and Building Materials**

### **Abstract**

This paper presents the results of a teaching experience in the subject Construction and Building Materials after incorporating active methodologies as suggested by the European Higher Education Area (EHEA). From the academic year 2006-07 traditional teaching methods were improved, based on the use of cooperative learning, continuous assessment and new technologies. In the last three courses there has been a marked increase in the number of students passing the course, 32% increase over students enrolled in the subject, in comparison with previous academic years. Based on these results it can be concluded that the use of active teaching techniques to complement traditional teaching improves learning of students and enhance student's motivation. However, the use of these techniques requires greater dedication of teachers and greater involvement of students in their learning process.

*Keywords: construction and building materials, cooperative learning, new technologies, teaching methodology*

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza universitaria en España, se enfrenta ante importantes cambios para alcanzar la uniformidad en la educación superior europea que garantice la calidad de la formación, así como la movilidad de los profesionales (European Ministers of Education, 1999). Debido en gran medida a la adaptación a este nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (en adelante EEES), la enseñanza de la Ingeniería de Caminos en nuestro país ha experimentado en los últimos años importantes cambios, que por otro lado son imprescindibles a consecuencia de la necesidad de adaptarse a los nuevos requerimientos de la carrera profesional actual (Fólder, 1996). Consecuentemente las Escuelas de Ingenieros de Caminos se encuentran en pleno proceso de cambio, incluyendo actualmente también la Escuela de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), que es la única en España donde todavía en el presente curso 2009-1010 se continúa trabajando con un Plan de Estudios antiguo. Debido a ello, en estas fechas nuestra Escuela de Madrid se encuentra terminando de preparar un nuevo Plan de Estudios siguiendo las directrices de Bolonia, para empezar el curso académico que viene en primero.

El Plan de Estudios actualmente todavía vigente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM fue aprobado por Orden Ministerial de fecha 21 de Junio de 1983, modificando ligeramente el Plan anterior de 1964/75. Este Plan de Estudios tiene una duración prevista de seis cursos, los cuatro primeros comunes y los dos últimos de especialidad. Existen cuatro especialidades posibles: Cimientos y Estructuras, Transportes, Urbanismo y Ordenación del Territorio, e Hidráulica y Energética. Al contrario de lo que pudiera parecer a primera vista por la existencia de especialidades, este Plan de Estudios se puede considerar de tipo generalista. El resultado que se ha tenido hasta ahora con el mismo es un Ingeniero de Caminos con una sólida formación y una buena capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos. Como contrapartida el alumno tiene con esta estructura curricular un elevado número de horas de clase y prácticas y una gran carga de trabajo personal. La duración media de los estudios en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM es superior a 8 años (Gálvez, 2003; Jefatura de Estudios de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, 2006). Estos datos son bastante desalentadores, por lo que la motivación de los alumnos supone un reto constante.

En el camino que hay que seguir para la construcción del nuevo EEES hay varios aspectos de la enseñanza universitaria que deben cambiar de forma radical para poder adoptar del sistema europeo de créditos (en adelante ECTS), ya que es necesario realizar una reformulación conceptual de los modelos de formación y aprendizaje en términos de competencias y no de objetivos, como se venía haciendo hasta ahora (European Ministers of Education, 1999; European Ministers of Education 2001). Por lo tanto deben modificarse los planes, modelos, métodos y recursos que se utilicen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la educación superior. Las competencias se favorecen actuando tanto sobre las características que tienen como base la personalidad del alumno, como sobre las características más inmediatas de la propia competencia.

## LA INGENIERÍA DE CAMINOS

La Ingeniería de Caminos hoy día ha cobrado un nuevo carácter, que poco tiene que ver con el que tenía hace unas décadas. El ejercicio de la profesión demanda en la actualidad unas habilidades por parte de los ingenieros distintas de las que demandaba antes, por lo que no es razonable seguir utilizando las mismas técnicas formativas y los mismos objetivos (Alexander et al., 1996; Stevens, 2004; Aparicio y Ruiz-Terán, 2007). El sector de la construcción en la actualidad está tomando una importancia creciente en la economía de todos los países (Martínez et al., 2007). La complejidad de los proyectos de construcción, con edificios y construcciones de grandes dimensiones, el uso de nuevos métodos y materiales de construcción, junto con la necesidad de optimizar su comportamiento en servicio y durabilidad, demandan que se garanticen una serie de aspectos formativos. De esta forma, en los tiempos que corren se hace esencial tener capacidad de trabajar como parte integrante de un grupo, en que el que profesionales de distintas disciplinas se integren de forma eficiente. Otro aspecto clave es haber adquirido la competencia de gestionar el conocimiento, entendiéndose por ello tener la capacidad de comprender los nuevos conocimientos, la capacidad de saber manejar la información que proporcionan las nuevas tecnologías, así como compartir el conocimiento adquirido en el contexto del trabajo cooperativo (Salazar, 2003). Finalmente también

destacar la importancia que en la actualidad tiene hacer a los estudiantes conscientes de la trascendencia del cuidado del medio ambiente, ya que es la base sobre la que los futuros ingenieros podrán cimentar un desarrollo sostenible (Kelly, 2008). Esta es la razón por la que el estudio de la durabilidad de los materiales, así como de su impacto medioambiental y reciclaje son aspectos formativos fundamentales de los futuros ingenieros de caminos y temas esenciales a considerar en una nueva concepción de la enseñanza de los Materiales de Construcción, asignatura de la que los autores somos profesores.

Con el fin de conseguir las nuevas metas requeridas en la educación del futuro ingeniero de caminos y su adaptación a las tesis de Bolonia, las técnicas docentes universitarias deben evolucionar. Las Universidades deben transmitir de forma apropiada las habilidades demandadas por el mercado laboral de la ingeniería civil, como son, por ejemplo, la capacidad de comunicación oral y escrita, la capacidad de trabajar en equipo, así como la adquisición de un amplio entendimiento de la relación entre ingeniería y sociedad (Quinn y Albano, 2008). En el caso de nuestra Escuela de Caminos, en el que todavía se sigue con un Plan de Estudios antiguo, esta adaptación al EEES requerirá modificaciones y esfuerzos importantes, tanto institucionales como personales por parte de los profesores, en un proceso de cambio que se presenta bastante complicado. En este punto es importante destacar el papel fundamental de los profesores ya que son los agentes que pueden adquirir la capacidad de facilitar una nueva concepción del aprendizaje orientado a competencias y centrada en el estudiante, para enseñar a los estudiantes a aprender por ellos mismos. Es crucial que el profesor conozca las características de los distintos estilos de aprendizaje, así como de las distintas técnicas de enseñanza, para hacer un manejo adecuado de los mismos, y de esta forma potenciar el aprendizaje autónomo, a la par que el cooperativo, del alumno. Todo esto requiere, bajo nuestro punto de vista, una adecuada formación de los profesores, que será enriquecida por las experiencias, tanto propias como ajenas en la aplicación de los nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje.

Precisamente nuestra intención al escribir este artículo es contribuir con nuestra experiencia en la enseñanza de los Materiales de Construcción en la Escuela de Caminos de Madrid a la discusión de cómo integrar la enseñanza de las nuevas habilidades y capacidades técnicas requeridas para los futuros ingenieros civiles en el contexto de una educación universitaria de calidad. En este trabajo exponemos las experiencias docentes que hemos tenido durante los tres últimos cursos acabados, después de incorporar algunas innovaciones metodológicas y evaluadoras en la asignatura, planteadas dentro del Plan de Estudios actualmente vigente. El objeto de estas innovaciones es ir asimilando el espíritu de los nuevos créditos ECTS, con un modelo que nosotros nos hemos planteado progresivo, es decir cada curso vamos dando pequeños pasos para ir experimentando con las técnicas alternativas de enseñanza, corrigiendo aquellos aspectos más deficitarios y potenciando los fuertes. Estos cambios intentan impulsar la motivación de los alumnos en el aprendizaje de la asignatura, mejorando de esta forma su rendimiento y adquisición de conocimientos y de habilidades, a la par que dar a la asignatura un enfoque más tecnológico que consideramos esencial para la formación de los estudiantes de ingeniería (Salazar, 2003). Por supuesto, estas actuaciones en fases posteriores deberán evolucionar a su vez para adaptarse al marco del nuevo Plan de Estudios, una vez que sea conocido.

El elevado número de alumnos, durante el último curso terminado 2008-09 han sido 420, da mucha rigidez a la introducción de cambios. También pensamos que es necesario aplicarlos durante varios años, hasta ahora sólo tres completos, para de forma progresiva ir introduciendo mejoras haciendo retroalimentación a partir de la experiencia adquirida, para poder mejorar y cambiar la "leyenda" de la asignatura. Además las nuevas formas docentes y evaluadoras implican una indudable mayor dedicación del profesor, respecto de la que es necesaria para una enseñanza tradicional. Sin embargo, aunque todavía es relativamente corta la experiencia, durante los tres últimos cursos se ha observado un aumento notable del número de aprobados en la asignatura respecto de los previos (2005-06 y anteriores). Por otro lado la asistencia a clase también ha crecido respecto a cursos anteriores, situándose durante el curso 2008-09 en torno al 78%, cifra similar a los valores que se están teniendo el presente curso. Estos datos, junto con la opinión general de los profesores y los alumnos, extraída de las reuniones periódicas mantenidas entre los primeros, y a través de encuestas, reuniones mantenidas con los delegados y en las tutorías con los segundos, es que, a pesar de las dificultades de los comienzos, la experiencia está siendo muy positiva.

## ENSEÑANZA DEL CURSO LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los Materiales de Construcción en la actualidad es una asignatura troncal de 15 créditos (Jefatura de Estudios de la E.T.S. Ingenieros de Caminos, 2006), que se imparte en segundo curso, como asignatura anual. En la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) está vinculada al área de conocimiento de Ingeniería de la Construcción. Se trata de una de las primeras asignaturas del Plan de Estudios que cursa el alumno con directa aplicación en la Ingeniería de Caminos. Los materiales de construcción constituyen el elemento con el que el Ingeniero de Caminos proyecta y construye sus obras, así como el medio sobre el que emplaza las mismas. A lo largo de la historia el conocimiento de los materiales ha condicionado la forma y la tipología de las estructuras, así como sus dimensiones. En este sentido, la incorporación de nuevos materiales y el mejor conocimiento de los ya empleados, supone la posibilidad de adopción de nuevas formas y tipologías estructurales, a la par que un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

### *La asignatura de Materiales de Construcción*

La asignatura de Materiales de Construcción tiene un carácter científico-técnico que sirve de puente entre asignaturas más científicas de primer curso (Matemáticas, Química, Física, etc.) y las asignaturas más tecnológicas de cursos posteriores (Resistencia de Materiales, Teoría de Estructuras, Hormigón, Hormigón Pretensado, etc.) (Gálvez, 2003). De esta forma en esta asignatura los conocimientos adquiridos en el primer curso se aplican al estudio y comprensión de los materiales de construcción; y a su vez proporciona la base para la incorporación de los aspectos tecnológicos habituales en la práctica de la ingeniería: aplicación de normas y métodos de cálculo específicos. Es por ello un prerrequisito importante haber cursado con aprovechamiento las asignaturas de Química y Física de primer curso antes de estudiar esta asignatura, así como haberse iniciado en el hábito de estudio y razonamiento crítico para el planteamiento y resolución de problemas. La enseñanza de la asignatura en cursos anteriores al 2006-07 se basaba en métodos docentes y evaluadores puramente tradicionales, haciendo uso únicamente de clases magistrales con dos evaluaciones parciales cuatrimestrales durante el curso, así como el correspondiente examen final. A partir del curso 2006-07, y apoyados por tres Proyectos anuales de Innovación Educativa de la UPM se han introducido en la asignatura algunas iniciativas innovadoras en los métodos docentes y evaluadores. Dentro de estos cambios destacan como puntos básicos la utilización del aprendizaje cooperativo, una evaluación continua con tres evaluaciones parciales durante el curso, y nuevas tecnologías a través de, básicamente, la plataforma Moodle y medios audiovisuales.

Uno de los condicionantes básicos que hemos tenido en cuenta a la hora de plantear estos cambios en la asignatura de Materiales de Construcción es buscar mejorar la motivación de los alumnos, considerando la interacción entre las metas que los alumnos persiguen con su trabajo académico y los modos preferentes de afrontamiento del mismo para diseñar estrategias adecuadas. Para ello nos hemos ayudado de nuestra experiencia docente y de la realización de encuestas a los alumnos. La evidencia empírica recogida en los estudios consultados (Tapia, 2007) demuestra la efectividad de actuar de acuerdo con estas pautas si se desea mejorar la motivación y el afrontamiento del aprendizaje con estrategias adecuadas, por lo que esperamos continuar teniendo resultados positivos. Obviamente para mejorar es preciso reflexionar y revisar sistemáticamente los resultados, como se está haciendo en este artículo, así como lo que los profesores hacemos de hecho en clase, para poder evolucionar de forma adecuada.

### *Motivación de los alumnos*

Es un hecho conocido por todos los profesores que la motivación con que los alumnos afrontan las actividades académicas tanto dentro como fuera del aula es uno de los factores más determinantes del proceso de aprendizaje. El alumno motivado se pone antes a la tarea, se concentra más en lo que está haciendo, es más persistente y dedica más tiempo y esfuerzo en general que aquél que no lo está. Se entiende por lo tanto que será un aspecto muy importante promover el interés de los alumnos por la asignatura. Para lograr mejorar la motivación y las estrategias de aprendizaje se exige examinar y valorar nuestras pautas de actuación docente en relación con su efecto sobre la

motivación de los alumnos, realizando la adecuada retroalimentación de las mismas. Después de un año de estudios universitarios en la Escuela, el alumno de segundo curso ya se ha iniciado en el hábito de estudio, así como en las capacidades de síntesis y análisis, instrumentos que resultan fundamentales para progresar individualmente a partir de las enseñanzas recibidas. Sin embargo, generalmente, es necesario que estos hábitos sean todavía desarrollados y afianzados, aspecto importante a tener presente al plantear la docencia y los métodos de enseñanza de la asignatura. En este nivel el razonamiento crítico del alumno es aún muy limitado. Resulta por ello imprescindible fomentar los hábitos de trabajo, síntesis, análisis y una cierta capacidad crítica durante el desarrollo de la asignatura, teniendo presente que deben de realizarse con acciones que motiven al alumno para conseguir un adecuado aprovechamiento de la misma, con la consiguiente satisfacción tanto por parte del mismo como del profesor (Gálvez, 2003).

La motivación del alumno está directamente relacionada con sus intereses personales y profesionales. Han sido numerosas las investigaciones que han tratado de poner de manifiesto tanto el efecto de las distintas motivaciones de los alumnos sobre el aprendizaje, como los factores personales de los que depende una motivación adecuada (Covington, 2000; Ryan y Deci, 2000; Tapia, 2007; Sánchez 2007). Haciendo uso de los resultados que estos trabajos han puesto de manifiesto y de las distintas clasificaciones que se pueden hacer según el autor que se siga, nosotros resumimos los intereses del alumno de segundo curso en tres niveles distintos:

a) Aspiración únicamente de aprobar la asignatura. En el contexto de la Escuela de Caminos de Madrid este nivel es el más extendido, especialmente motivado por el hecho de que los dos primeros cursos de la carrera han sido tradicionalmente duros, con un elevado índice de fracaso universitario. Este nivel de motivación es independiente del contenido de la asignatura, sin embargo las acciones que puedan ser contempladas por el alumno como facilidades para aprobar la asignatura servirán de aliciente para su estudio. Como consecuencia directa el alumno dedicará más tiempo a la asignatura si la ve como asequible, adquiriendo un mejor conocimiento de sus contenidos. También es posible que de esta forma se den las condiciones adecuadas para que el alumno pueda pasar a niveles superiores de motivación que el de simplemente superar la asignatura. Esto es lo que de hecho, para nuestra satisfacción, se ha visto reflejado en la encuesta realizada a los alumnos cerca del final de curso en los tres últimos periodos académicos acabados, en la que la inmensa mayoría (valor medio del 84%) tenía una motivación correspondiente al segundo nivel que se expone a continuación, frente a un grupo bastante menor (valor medio del 10%) que se situaba en el primer nivel. Esto pensamos que es en gran parte fruto de la buena aceptación de los alumnos de la metodología seguida en la impartición de la asignatura.

b) Deseo de acumular conocimientos útiles para el ejercicio de la profesión, que el alumno todavía ve como futuro lejano pero que le ilusiona. Muchos investigadores han estudiado este aspecto (Covington, 2000; Ryan y Deci, 2000; Tapia, 2007) llegando a la conclusión de que al alumno universitario le interesa adquirir conocimientos cuya relevancia y utilidad para la consecución de objetivos posteriores a corto, medio, o incluso largo plazo, ve claramente. En el caso concreto de los Materiales de Construcción, por tratarse de la primera asignatura directamente relacionada con la profesión del Ingeniero de Caminos, el alumno se verá atraído por todo aquello que tenga una aplicación real y directa. Por supuesto no hay que olvidar que a priori el alumno desconoce la utilidad práctica de la asignatura, por lo que es una labor importante del profesor hacérselo saber a través de una metodología adecuada para motivar al alumno que se encuentra en este nivel de interés. De esta forma resultará muy conveniente relacionar, en la medida de lo posible, la teoría y los problemas con situaciones prácticas reales y profesionalmente atractivas.

c) Interés por profundizar en los conocimientos específicos de los Materiales de Construcción. Este último nivel de interés se da sólo en un reducido grupo de alumnos especialmente predisuestos. A pesar de ser el interés de muy pocos alumnos es preciso tenerlo en cuenta para no desalentarles y hacerles caer a niveles más bajos. Este grupo de alumnos constituye una potencial cantera de futuros investigadores en el área de la Ingeniería de la Construcción, por lo que debe apoyarse lo máximo posible. Esto se facilita si la asignatura tiene coherencia interna y el alumno puede de esta forma asimilar el esquema global del conocimiento presentado junto con, y esto no es menos importante, las lagunas que necesitan estudios y desarrollos posteriores (Gálvez, 2003). En la

encuesta realizada a los alumnos este grupo representa una media del 6%, lo cual supone una cifra nada despreciable, y a la cual también nos gusta pensar que han contribuido las técnicas metodológicas seguidas durante el curso.

Las metodologías docentes y evaluadoras deben de atender a los tres niveles de motivación de los alumnos para poder “enganchar” al alumno sea cuales sean sus intereses, procurando que éste, en la medida de lo posible, se sitúe en las cotas más altas. Otro aspecto importante a tener en cuenta al plantear herramientas complementarias de aprendizaje cuyo uso satisfaga a los alumnos es que actualmente los alumnos tienen un punto fuerte en el uso de la informática que es bueno considerar y apoyar para extraer el máximo partido de él. Estos alumnos generalmente han desarrollado una buena capacidad, que en muchos casos es además afición, para el trabajo con equipos y programas informáticos, y además están familiarizados con la búsqueda de información en la red y el aprovechamiento de los recursos que ésta permite. Por este motivo durante el curso 2007-08 se abrió un espacio de la asignatura en la plataforma Moodle, que se ha ido perfeccionando a lo largo de los cursos siguientes, donde los alumnos pueden acceder a diversa información de la asignatura que se ha ido introduciendo, para su autoestudio y autoevaluación. Conforme se ha ido colgando material, la utilización de la plataforma ha sido bastante amplia y ha resultado ser muy útil como herramienta de comunicación sobre todo entre los alumnos y el profesor, así como también entre los propios alumnos. En concreto, los cuestionarios de autoevaluación planteados han sido ampliamente utilizados para la preparación de los exámenes.

### *Objetivos*

En la formación de los futuros Ingenieros de Caminos actual son aspectos imprescindibles el conocimiento de los materiales, de su relación con la forma estructural, de sus propiedades, de sus aplicaciones y puesta en obra, así como de su durabilidad, impacto medio-ambiental y reciclado. Además todos estos aspectos formativos resultan fundamentales para asimilar correctamente otros muchos conocimientos de otras asignaturas. Teniendo en cuenta todo esto, así como los descriptores marcados por el Plan de Estudios, se han planteado los objetivos para la asignatura de Materiales de Construcción, distinguiendo entre aquellos que hacen referencia a las competencias a adquirir, y que a partir de las tesis de Bolonia constituyen la base para reformular los modelos de formación y aprendizaje haciéndose preciso tenerlos en cuenta en el planteamiento de la asignatura, de aquellos que se refieren puramente a los conocimientos a adquirir en el curso de la misma.

Con la intención de acercar la asignatura al espíritu del EEES, se han reformulado los objetivos en términos de competencias. De esta forma el estudio de la asignatura de Materiales de Construcción se plantea la necesidad de que el alumno consiga la adquisición de las competencias de tres tipos que se muestran detalladas en la Tabla 1: aquellas que son específicas para esta asignatura (objetivos competenciales específicos), aquellas que hacen referencia a la utilización de determinados elementos para adquirir los conocimientos (objetivos competenciales instrumentales), y aquellas que se refieren a la forma de adquirirlos (objetivos competenciales metodológicos). Los objetivos docentes que hacen referencia a los conocimientos a adquirir por el alumno en esta asignatura van orientados a dar a la misma un talante científico y técnico.

### **INNOVACIONES METODOLÓGICAS Y EVALUADORAS**

En el diseño de los cambios introducidos en la asignatura de Materiales de Construcción en los métodos de enseñanza-aprendizaje para mejorarla se han tenido en cuenta tanto los objetivos docentes, de los que evidentemente tiene una dependencia directa, como los nuevos requerimientos de la formación del ingeniero de camino, junto con el perfil y condicionantes del alumno medio que cursa la asignatura, presentados en el apartado dedicado a la motivación del alumno del presente artículo. Además es preciso subrayar que se ha procurado elaborar un proyecto realista, teniendo también presentes las condiciones y el contexto en el que se desarrolla la enseñanza, así como las limitaciones de los medios, tanto humanos como materiales, no solo en términos absolutos sino en términos relativos al número de alumnos. Con el fin de dar respuesta a lo expuesto en el apartado referente a la motivación de los alumnos, es preciso atender a los tres niveles de interés.

Tabla 1: Objetivos competenciales de Materiales de Construcción

ESPECÍFICOS	INSTRUMENTALES	METODOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Razonamiento crítico</li> <li>- Planteamiento y resolución de problemas</li> <li>- Verificación de hipótesis</li> <li>- Análisis crítico de resultados</li> <li>- Conocimiento y aplicación de normativa</li> <li>- Planteamientos de experimentos en laboratorio</li> <li>- Obtención de datos experimentales</li> <li>- Redacción e interpretación de documentación técnica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>- Capacidad de gestión de la información</li> <li>- Capacidad de organización y planificación</li> <li>- Comunicación oral y escrita en la lengua propia al ámbito de estudio</li> <li>- Resolución de problemas</li> <li>- Toma de decisiones</li> <li>- Búsqueda bibliográfica</li> <li>- Recopilación de información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptación a nuevas situaciones</li> <li>- Aprendizaje autónomo</li> <li>- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>- Motivación por la calidad</li> <li>- Sensibilidad hacia temas medioambientales</li> <li>- Mentalización a la toma de decisiones en obra</li> <li>- Conocimiento y aplicación de la normativa vigente y de obligado cumplimiento</li> </ul>

Por un lado está el nivel más básico, aquel que tienen los alumnos que aspiran simplemente aprobar. Este alumno tipo requiere medidas orientadas más bien a la evaluación. De partida, es preciso considerar que se trata de un alumno que no tiene especial interés por aprender, por lo que sólo se sumará a la marcha de la asignatura si debe trabajar la materia para aprobar. Debido a este condicionante, hemos introducido metodologías innovadoras haciendo uso del aprendizaje cooperativo para resolver problemas en clase, así como el planteamiento de un trabajo en grupo abierto y complejo a realizar a lo largo de todo un trimestre, de tal forma que estas actividades contribuyan en buena medida a aprobar la asignatura y a sacar buena nota. De esta forma, con una frecuencia al menos quincenal se plantean problemas y/o cuestiones para resolver en clase en grupos informales de tres alumnos en un tiempo aproximado de 15-20 minutos. Son problemas diseñados de acuerdo con los objetivos de la asignatura, y pensados para que su realización contribuya de forma clave a la superación de la asignatura. El aprendizaje cooperativo anima a los alumnos a aprender unos de otros, y ha demostrado ser más efectivo que el aprendizaje individual o competitivo (Johnson 1999; Aparicio y Ruiz-Terán 2007). Aparte se plantea un trabajo de grupo más extenso y abierto a realizar fuera de clase en equipos de tres o cuatro estudiantes, dejando que en este caso formen grupo cualquier alumno matriculado. La idea es que el alumno que se suma a la evaluación continua, además de aprobar un examen tenga que trabajar los Materiales de Construcción, siempre bajo la supervisión y dirección del profesor, y pueda formar parte de los trabajos de grupo independientemente de que el alumno asista o no a clase, en este último caso de forma parcial. Todos estos trabajos planteados son evaluados y forman parte de la nota de clase del alumno a sumar en cada parcial a la nota que obtenga el alumno en cada uno de los tres exámenes parciales. Su valor representa un 10% de la nota por cada parcial, por lo que para muchos alumnos representa una gran ayuda para aprobar. Nuestra experiencia, es que el número de alumnos en clase ha aumentado este año, al comprender que “unirse” a la marcha de la asignatura le ayudará a este trabajo personal para aprobar. Algunos además tienen la oportunidad de aumentar su interés por la asignatura.

El segundo nivel de motivación corresponde al deseo de acumular conocimientos que resulten útiles en el ejercicio de la profesión. Para dar respuesta a este deseo es necesario plantear la asignatura de forma que el alumno sea consciente de que los conocimientos que se le transmiten constituyen una valiosa ayuda, si no imprescindible, para desarrollar un trabajo profesional de calidad. Creemos que esto es posible en casi todos los temas a desarrollar en las clases de teoría si se organizan las

cosas de modo que los desarrollos más teóricos no se presenten aislados de la práctica. Respecto a los problemas propuestos pensamos que resulta de utilidad redactar los enunciados de modo que los pasos y cálculos a realizar sean similares a los que realizaría un profesional. También resulta interesante por un lado la organización de un par de conferencias, impartidas por profesionales de prestigio, sobre temas de actualidad relacionados con los materiales de construcción, tales como nuevos materiales y aplicaciones singulares, entre otros, así como la proyección de vídeos técnicos que ilustren las enseñanzas recibidas en el aula y el laboratorio.

Finalmente el nivel más alto de motivación es el más complicado de satisfacer. En este caso el alumno tiene interés por profundizar en los conocimientos específicos de los Materiales de Construcción, y su satisfacción requiere una respuesta más difícil y subjetiva. Para ello es preciso presentar la asignatura de modo que el alumno pueda captar su arquitectura global, y a la vez le deje intuir los puntos flojos y las posibles líneas de desarrollo y profundización. Sin embargo es complicado encontrar un equilibrio entre la presentación de los conocimientos firmemente asentados y la exposición de problemas abiertos a la investigación. En este sentido, creemos que puede ser útil resaltar el avance y las aportaciones de la materia explicada, y presentando sus limitaciones más como posibles mejoras que como simples defectos. A lo largo de estos cursos, desde el 2006-07, se ha hecho un gran esfuerzo por fomentar el uso de las tutorías, para controlar la evolución del trabajo personal del alumno, resolución de dudas y corrección de los problemas propuestos. Además son muy importantes en los trabajos en grupo. Antes de abordar una entrega, los alumnos deben reunirse en grupo, reflexionar sobre el tema, buscar información adicional y decidir qué van a hacer, porqué lo van a hacer y cómo lo van a hacer. Antes de realizarlo, comentan con el tutor sus ideas, las dudas y las posibles alternativas y éste ayuda en la toma de decisiones o alternativas. Para ello se organizan tutorías regladas con el profesor en horario extraescolar.

Por último merece la pena señalar que en la época en que estamos viviendo es esencial la incorporación de las nuevas tecnologías informáticas a la enseñanza universitaria, por la importancia que han cobrado las nuevas tecnologías en la actualidad. Esta es la razón por la que desde el curso 2007-08 se ha empezado a utilizar la plataforma Moodle para incorporar material docente de la asignatura y abrir la posibilidad de hacer tutorías a distancia, evitando pérdidas de tiempo en desplazamientos innecesarios. El uso de este medio facilita el acceso al profesor, y a distintas partes y fuentes de la asignatura, a través de la red, y se ha notado un fuerte impulso en este tiempo por parte de los alumnos usuarios hacia el autoestudio y autoevaluación de la materia. Esta actuación ha sido muy bien valorada por los alumnos, y en particular los cuestionarios de autoevaluación planteados han sido ampliamente utilizados para la preparación de los exámenes, por lo que para siguientes años pretendemos potenciarla y seguir trabajando en ella, incorporando nuevas actividades en la red (wikis, foros, encuestas, etc.).

## **RESULTADOS**

De cara a evolucionar en la asignatura de forma correcta, cada año se realiza un informe de autoevaluación, donde se recopila diversa información de los resultados alcanzados durante el curso, para comprobar que realmente ésta mejora, y para realizar una retroalimentación adecuada. Elementos básicos de los datos recogidos en este informe son las opiniones de los alumnos y de los profesores, y muy especialmente estadísticas de las notas obtenidas por los alumnos en la asignatura, ya que es finalmente el resultado más objetivo que se tiene.

Con el fin de recoger las opiniones de los alumnos respecto a la asignatura de Materiales de Construcción y sobre los cambios docentes introducidos en la misma, los profesores de la misma hemos preparado una encuesta ex profeso para ello, en la que se les ha solicitado que participen al final de los dos últimos periodos académicos completados. Además se ha recogido información de los alumnos a través de entrevistas realizadas en tutorías, así como a partir de la encuesta general que realiza la Escuela para todas las asignaturas. El porcentaje de estudiantes que ha participado en la encuesta de la asignatura ha sido de un 48% de media, mientras que en la encuesta realizada por la escuela ha sido sensiblemente inferior, en torno a un 18% de media. Después de aplicar estas mejoras metodológicas y evaluadoras desde el curso 2006-07, hemos podido comprobar que la mayoría de los alumnos ha alcanzado un nivel de motivación superior al correspondiente a



simplemente aprobar, como se puede observar en los datos de la Tabla 2, valores medios de los extraídos de las encuestas de la asignatura realizada a final de curso de los dos últimos periodos académicos, 2007-08 y 2008-09. Si se tiene en cuenta que la satisfacción de los estudiantes situados en el nivel más alto de interés es bastante complicada, pensamos que es un dato bastante satisfactorio el porcentaje medio del 6% encontrado en las encuestas.

Tabla 2: Distribución de la motivación de los alumnos al final de curso

MOTIVACIÓN DEL ALUMNO	PORCENTAJE
Simplemente aprobar	10
Adquirir conocimientos útiles para el futuro	84
Profundizar más en los conocimientos	6

En cuanto a las preguntas de la encuesta destinadas a estudiar la opinión de los alumnos en relación con la metodología seguida en la asignatura, y las innovaciones introducidas, en la Tabla 3 se recoge la media de los resultados obtenidos, a cada cuestión planteada sobre este aspecto. En el cuestionario se les pedía una valoración de 1 a 10. Los resultados son satisfactorios, aunque pensamos que todavía se pueden mejorar, que es lo que pretendemos hacer con algunas modificaciones que tenemos planteadas para cursos posteriores. Se puede decir que ha habido una buena actitud frente a las innovaciones por parte de los alumnos y un aumento del seguimiento de la asignatura de forma continuada, al ofrecerles una evaluación continua.

Tabla 3: Opinión de los alumnos respecto a la asignatura al final de curso

CUESTIONES REALIZADAS	NOTA
Los nuevos métodos de enseñanza (trabajo en grupo, resolución cooperativa de problemas, tutorías concertadas, etc.) ayudan al aprendizaje de la asignatura	7.7
Trabajar los problemas en grupo ayuda a comprenderlos y resolverlos	7.5
El profesor ha motivado al alumno para el aprendizaje de la asignatura	7.3
En general la asignatura ha respondido a sus expectativas	7.3

La opinión de los profesores se ha recogido a partir de reuniones mensuales que se han tenido a lo largo del curso para discutir sobre el progreso de la asignatura y para compartir las experiencias docentes. En resumen se puede decir que los profesores están satisfechos con las mejoras realizadas, a pesar de que indudablemente los cambios metodológicos introducidos les generan un volumen de trabajo bastante superior y muchas más horas de dedicación a la asignatura respecto a una enseñanza tradicional sin más. En cuanto a las cifras de resultados obtenidos en primer lugar destacar que la asistencia a clase ha ido aumentando hasta situarse actualmente en torno al 78%, cifra que crece al 82% cuando se habla del porcentaje de alumnos que ha participado en alguna de las actividades propuestas en la asignatura.

Respecto al número de aprobados se puede decir que ha experimentado un notable aumento durante estos tres últimos cursos completados. A efectos comparativos se han recogido los datos de los alumnos matriculados en la asignatura de Materiales de Construcción en los últimos 29 años previos a la introducción de cambios, desde el curso 1977-78 hasta el curso 2005-06 (datos existentes en el Rectorado). Esto se ha hecho para comprobar la influencia de la aplicación de las nuevas metodologías y formas evaluadoras en la superación con éxito de la asignatura y en el número de presentados, ya que son los datos que han quedado registrados en las actas. Con toda

esta información se ha hecho la media de aprobados en estos años, que resulta ser del 42% sobre los alumnos matriculados de la asignatura. En el último año anterior a la aplicación de los cambios introducidos en el desarrollo de este proyecto, curso 2005-06, el número de aprobados fue del 52%. Haciendo el mismo cálculo, sobre alumnos matriculados, el porcentaje de aprobados durante el curso 2006-07 subió al 75%, valor que si se refiere al número de presentados al menos a algún examen parcial se eleva al 79%. Durante el último curso finalizado 2008-09 el porcentaje de aprobados ha sido del 71% sobre matriculados, cifra que si se hace respecto a los alumnos presentados (al menos a algún examen parcial) asciende al 78%. Por lo que se puede decir que las cifras de aprobados se mantiene a unos niveles durante estos tres últimos cursos acabados en torno a un 74% de media, cifra que supone un incremento del 32% sobre la media de los 29 años académicos anteriores a la implantación de las mejoras metodológicas y evaluadoras en la asignatura. En la Fig. 1 se muestran el porcentaje de aprobados por curso sobre matriculados a lo largo de los últimos 32 cursos finalizados.

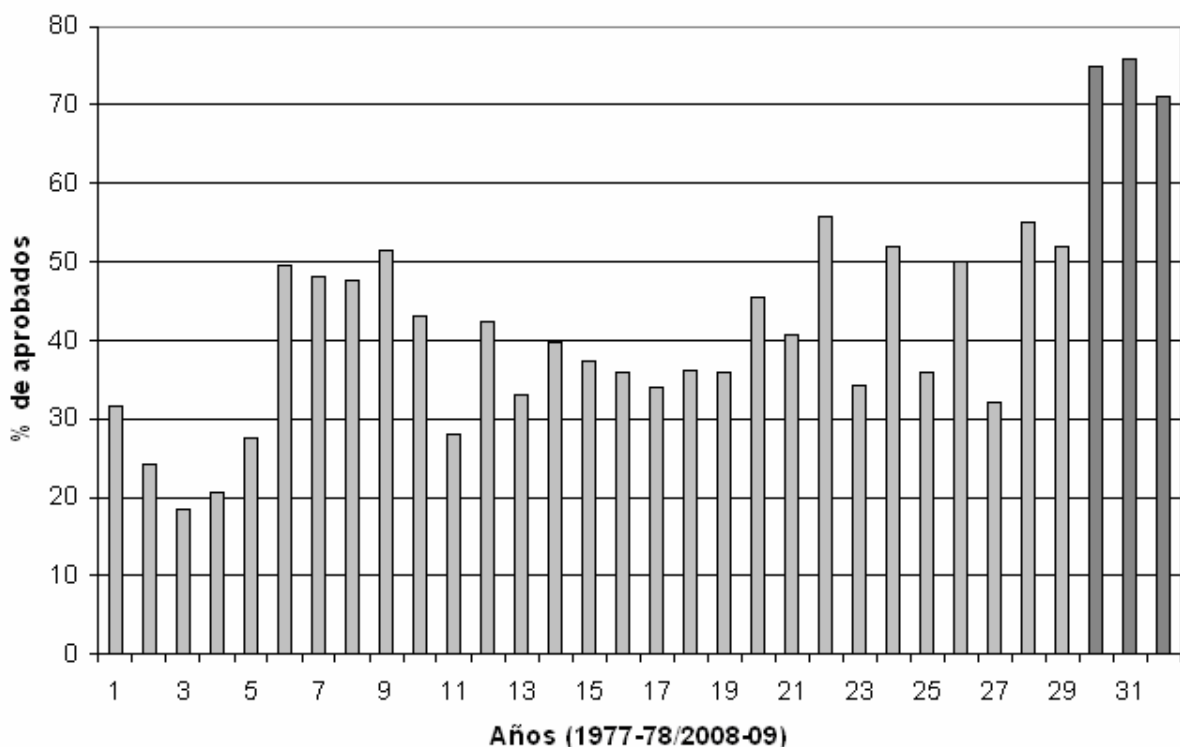


Fig. 1: Porcentaje de aprobados por curso sobre matriculados en los últimos 32 años académicos finalizados, desde el curso 1977-78

También es importante destacar que la mayoría de los aprobados, concretamente el 87% lo hicieron por curso, de tal forma que no tuvieron que realizar ningún examen final, y que además obtuvieron mejores notas, el 64% de los aprobados tuvieron una calificación superior a 6, lo cual también es muy positivo. Estas cifras nos dicen que por ahora los resultados están siendo muy esperanzadores, ya que el porcentaje de aprobados ha experimentado un notable aumento, y además en su mayoría ha sido por evaluación continua durante el curso sin tener que presentarse a exámenes finales.

## CONCLUSIONES

En este artículo se presentan las experiencias docentes vividas a partir del curso 2006-07 tras introducir en la asignatura de Materiales de Construcción algunas técnicas activas de enseñanza-aprendizaje como complemento de una enseñanza tradicional y como mejora de la formación de los futuros Ingenieros de Caminos. Además de intentar dar respuesta a las nuevas demandas del mercado laboral, los cambios introducidos en la asignatura van dirigidos a conseguir un acercamiento al espíritu del nuevo EEES.

A partir de los resultados obtenidos durante el tiempo de aplicación de innovaciones en la metodología y evaluación de los Materiales de Construcción, se puede decir que los nuevos métodos activos de enseñanza utilizados (aprendizaje cooperativo de problemas, trabajo en grupo, uso de nuevas tecnologías como la plataforma Moodle, evaluación continua y tutorías concertadas) ayudan al aprendizaje, y a las oportunidades que los alumnos tienen de aprender motivados. Resulta fundamental que el aprendizaje cooperativo, junto con el resto de nuevas técnicas de enseñanza introducidas en la asignatura de Materiales de Construcción, desarrollan la capacidad de trabajar en equipo, las habilidades de comunicación oral y escrita, las capacidades de síntesis y análisis, mejora la capacidad del aprendizaje a largo plazo, aumenta la motivación de los alumnos y mejora la formación en nuevas tecnologías, habilidades todas ellas que resultan esenciales en la formación del Ingeniero de Caminos actual.

La opinión general, tanto de los profesores, extraída en las reuniones mantenidas, como de los alumnos, a partir de las encuestas realizadas y de las tutorías mantenidas con ellos, es que, a pesar de las dificultades de los comienzos, la experiencia está siendo muy positiva. Sin embargo, como contrapartida estas innovaciones metodológicas requieren una indudable mayor dedicación del profesor en la tarea docente, lo cual se traduce en un fuerte incremento de tiempo dedicado, así como una mayor implicación del alumno en su aprendizaje.

## REFERENCIAS

- Alexander, P. A., Murphy, P. K., y Woods, B. S., *Of saqualls and fathoms: Navigating the seas of educational innovation*, Educ. Res., 25(3), 31–36, (1996).
- Aparicio, A.C., y Ruiz-Terán, A.M., *Tradition and Innovation in Teaching Structural Design in Civil Engineering*, J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract., 133 (4), 340-349, (2007).
- Convington, M.V., *Goal theory, motivation and school achievement: An integrative review*, Annual Review of Psychology, 51, 171-200, (2000).
- European Ministers of Education, *The Bologna Declaration of 19 June 1999*, Joint Declaration of the European Ministers of Education, Bologna, Italy, 19, [http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/bologna\\_declaration.pdf](http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/bologna_declaration.pdf), Acceso: (14 Enero, 2006). (1999).
- European Ministers of Education, *Towards the European Higher Education Area*. Joint Declaration of the European Ministers of Education. Praga. [http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/Prague\\_communicuTheta.pdf](http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/Prague_communicuTheta.pdf), Acceso: (14 Enero, 2006). (2001).
- Fólder, R. M., *The warm winds of change*, Chem.. Eng.. Educ., 30 (1), 34–35, (1996).
- Gálvez , J.C., *Proyecto Docente de Materiales de Construcción*, E.T.S. de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 119, (2003).
- Jefatura de Estudios de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, *Objetivos Docentes y Programas*, Universidad Politécnica de Madrid, 185, (2006).
- Jonhson, P.A., *Problem-based, cooperative learning in the Engineering Classroom*, J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract., 125 (1), 8-11, (1999).
- Kelly, W.E. (2008), *General Education for Civil Engineers: Sustainable Development*, J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract., 134 (1), 75-83, (2008).
- Martínez, G., Rubio, M.C., Moreno, B., y Ordóñez, J., *Final Project Teaching in Higher Education within Civil Engineering: New Perspective*, J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract., 133 (2), 94-98, (2007).
- Quinn, K.A., y Albano, L.D., *Problem-Based Learning in Structural Engineering Education*, J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract., 134 (4), 329-334, (2008).

Ryan, R.M., y Deci, E.L., *Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development and well being*, *American Psychologist*, 55 (1), 68-78, (2000).

Salazar, J. M., *Knowledge management. Origin and organizational implications*, ESINE Forum, Centre for Technical Business Studies, Madrid, (2003).

Stevens, R. J., *Why do educational innovations come and go? What do we know? What can we do?*, *Teach. Teach. Educ.*, 20(4), 389–396, (2004).

Sánchez, J. A., *Técnicas centradas en el trabajo en equipo*, Curso: Técnicas Alternativas para la Enseñanza Universitaria, Universidad Politécnica de Madrid, 22, (2007).

Tapia, J.A., *Motivar para aprender y mejorar el interés de los alumnos*, Curso: ¿Qué se debe hacer para motivar a los alumnos? Motivar para aprender y mejorar el interés de los alumnos, Universidad Politécnica de Madrid, 69, (2007).