



## **Desarrollo de Competencias en Ingeniería Hidráulica para las titulaciones de Grado en Ingeniería Civil y Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en la Universidad Politécnica de Cartagena**

Luis G. Castillo, José M. Carrillo, Juan T. García

Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)

{X} Experiencias de innovación apoyadas en el uso de TIC. Nuevos escenarios tecnológicos para la enseñanza y el aprendizaje.

{X } Nuevos modelos de enseñanza y metodologías innovadoras. Experiencias de aprendizaje flexible. Acción tutorial.

{X} Español      {} Inglés

### **Resumen.**

El cambio de paradigma educativo consecuencia de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, acompañado con la asignación de créditos ECTS (European Credit Transfer System), dentro de los Planes de Estudio del Grado de Ingeniería Civil y del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, ha implicado una revisión en la distribución de la carga de trabajo de las asignaturas del Área de Ingeniería hidráulica de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). Esto ha permitido establecer una metodología docente con un equilibrio entre el volumen de trabajo teórico-práctico y el aplicado (laboratorio, cálculo numérico en aula informática y visitas a campo). Los cambios introducidos permiten al alumno alcanzar las competencias asociadas a los objetivos de la titulación. Los resultados de dichas revisiones se pueden ver de forma detallada en las Guías Docentes redactadas para cada asignatura.

**Palabras Claves:** crédito ECTS, competencias, ingeniería hidráulica, metodología integrada

### **Abstract.**

The change of the educational paradigm due to the adaptation to the European Higher Education Area, together with the use of ECTS (European Credit Transfer System) credits in the Curricula of the Degree and Master of Civil Engineering, have generated a review of the subjects of the Hydraulic Engineering Area of the Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). The distribution of the workload allow us to establish a teaching methodology that balances the volume of theoretical and applied practical work (laboratory, computer classroom and field). These changes allow students to achieve the competencies associated with the objectives of the degree and the master. The results of these reviews appear in detail in the Teacher Guides of each subject.

**Keywords:** competencias, ECTS credits, hydraulic engineering, integrated methodology

## 1. Introducción.

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) busca mejorar la competitividad internacional de las universidades Europeas. La adaptación al EEES supone un cambio de paradigma educativo que no está tanto en la incorporación de actividades académicamente dirigidas y de nuevas herramientas de transmisión de información, sino en el cambio de enfoque que significa la formación orientada explícitamente al desarrollo de competencias. De esta forma, los nuevos métodos docentes deben contribuir a desarrollar dichas competencias, siendo el alumno el principal protagonista del nuevo escenario de educación y, por tanto, debe tomar un papel activo y participativo en el proceso de su propia formación.

Esta actitud favorable hacia el aprendizaje, de manera participativa y con espíritu de superación ante las dificultades del mismo, permite al estudiante adquirir una predisposición para el autoaprendizaje y el trabajo continuo y organizado que desembocará en la adquisición por su parte de una mayor competitividad.

El profesorado debe asimismo tener un cambio de actitud. Hasta ahora era el protagonista y el proceso se basaba en la comunicación unidireccional de la información, constituyendo el fin principal la transmisión de los contenidos. Sin embargo, el nuevo modelo educativo se basa en el desarrollo de conocimientos, habilidades y destrezas.

De este modo, el profesor y los alumnos de una asignatura deben formar un equipo de trabajo en el que se desarrollen una serie de competencias asignadas a las asignaturas.

## 2. El Sistema de Créditos Europeos (ECTS).

El objetivo fundamental del Documento-Marco sobre la "Integración del Sistema Universitario Español en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior", publicado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte con fecha febrero de 2003, es integrar los estudios de Ingeniería en España en el Espacio Europeo de Educación Superior, asumiendo las líneas marcadas por la declaración de Bolonia. Como punto de partida se considera una estructura de los estudios dividida en dos niveles, que se podría concretar en lo siguiente:

- **El primer nivel (el grado):** Título Oficial en Ingeniería Civil, tras una formación de tipo generalista de 4 años (240 créditos europeos). Este título daría acceso al mercado de trabajo con las atribuciones profesionales clásicas de la Ingeniería Civil.
- **El segundo nivel (el Postgrado):** Para poder acceder se requerirá haber superado el primer nivel. Conducirá a la obtención de los títulos de Máster después de una formación más específica de 2 años (120 créditos europeos) y de Doctor (después de la obtención de la Suficiencia Investigadora, realización, aprobación y defensa de la respectiva Tesis Doctoral).

El sistema de créditos europeos ECTS nace y se desarrolla con los programas de movilidad de estudiantes para dar una respuesta a la necesidad de encontrar un sistema de equivalencias y de reconocimiento de los estudios cursados en otros

países. La generalización de esta unidad de medida académica para todos los estudiantes es un objetivo fundamental para la creación del espacio europeo de educación superior, de forma que el trabajo desarrollado por un estudiante en cualquiera de las universidades de los estados miembros sea fácilmente reconocible en cuanto a nivel, calidad y relevancia.

El crédito europeo debe quedar definido como la unidad de valoración de la actividad académica en la que se integran las enseñanzas teóricas y prácticas, así como otras actividades académicas dirigidas y el volumen de trabajo que el estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos educativos.

El sistema ECTS establece en 60 créditos el volumen de trabajo total de un estudiante a tiempo completo durante un curso académico. A título orientativo, considerando una actividad académica aproximada de 40 semanas/año y una carga de trabajo en torno a 40 horas/semana, se establece para el crédito europeo un volumen de trabajo entre 25 y 30 horas (1500-1800 horas de trabajo del estudiante/año). En todo caso, las horas lectivas (teoría y prácticas) no podrán superar el 50% de los créditos.

Las programaciones de cada una de las materias que conformen el plan de estudios de una titulación oficial deberán acogerse a esta unidad de medida integrando en la asignación de los créditos que a cada una le correspondan las clases docentes teóricas y prácticas, la preparación y realización de exámenes, las horas de estudio que precisen, y los trabajos que los alumnos deban realizar para alcanzar los objetivos formativos de dichas materias. Asimismo, el reconocimiento de la labor docente de los profesores deberá incluir no sólo las horas dedicadas a impartir su docencia, sino también las dedicadas a organizar, orientar y supervisar el trabajo de los alumnos.

### **3. Competencias**

Las titulaciones de Graduado/a en Ingeniería Civil y Máster en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos generarán titulados con las competencias adecuadas y plenamente disponibles para su posterior especialización profesional e investigadora.

En el Libro blanco del Título de Grado en Ingeniería Civil (ANECA, 2004), se analiza entre otras cuestiones, la situación de los estudios correspondientes o afines en Europa y se establecen los perfiles profesionales y las competencias asociadas a los objetivos del título. Finalmente se adopta la asignación de créditos (ECTS) junto con los criterios e indicadores del proceso de evaluación que son relevantes para garantizar la calidad del título. El Libro blanco recoge el análisis realizado por la red European Civil Engineering Education and Training (EUCEET), sobre la situación de los estudios relacionados con la Ingeniería Civil en Europa (González and Wagenaar, 2003).

El Informe final del proyecto EUCEET aporta el listado de competencias generales seleccionadas y que se comentan más adelante.

Las competencias se entienden como un conjunto de capacidades tales como conocimientos, actitudes, habilidades y destrezas. Los objetivos fijados en el Memoria para la solicitud de verificación de los títulos de Graduado/a en Ingeniería Civil y Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Cartagena, establecen el desarrollo de capacidades relacionadas con cada asignatura de los títulos. Su consecución requiere la articulación de capacidades de carácter específico y general a través de las metodologías docentes empleadas, de las actividades formativas programadas y de los procedimientos de evaluación establecidos. Las competencias generales que se consideran pertinentes para ser alcanzadas por los egresados desarrollan y complementan los objetivos generales establecidos. Estas competencias se dividen en instrumentales, interpersonales y sistémicas.

A continuación se fijaron una serie de competencias específicas, incluidas en la Orden CIN/307/2009 (BOE 2009a y 2009b), por corresponder las titulaciones a profesiones reguladas. De este modo, a través de la Orden, quedan conectadas las atribuciones profesionales, los objetivos de la titulación y las competencias específicas.

Las competencias, generales y específicas, son evaluables a través de informes, trabajos, proyectos y otros documentos cuya elaboración por parte del alumno implica el logro de las competencias y capacidades que las componen, incluidas las clásicas de tipo instrumental, las de carácter personal, como son entre otras, el trabajo en equipo, el compromiso ético y la adaptación a nuevas situaciones y las de tipo sistémico, como la creatividad e innovación, el liderazgo y la motivación por la calidad, entre otras.

Como ejemplo de lo descrito se incluye el estudio de las competencias previstas en una de las asignaturas del Área de Ingeniería Hidráulica - Grado en Ingeniería Civil, concretamente Obras Hidráulicas (Tabla 1).

La distribución de la carga de trabajo del alumno se recoge en la Tabla 2. Los 7.5 créditos ECTS asignados a la asignatura se corresponden con 225 horas de carga de trabajo total para el alumno. Dichas horas se dividen en 75 horas de Actividades Convencionales Presenciales (33.33%), en 37 horas de Actividades Convencionales No Presenciales (16.44%) y en 113 horas de Actividades No Presenciales (50.22%).

Los resultados esperados de la fase de aprendizaje de esta asignatura se concretan en los siguientes puntos:

- Conocer y ser capaz de aplicar los conceptos básicos y la terminología propia de los elementos hidráulicos y estructurales que conforman los diferentes tipos de presas, las conducciones en presión y en lámina libre.
- Comprender y utilizar los métodos de diseño y cálculo fundamentales.
- Conocer y aplicar los diferentes índices de evaluación económica de proyectos.
- Usar herramientas informáticas y software específico aplicado al análisis, cálculo y dimensionamiento.

#### 4.1. Competencias específicas de la asignatura

Conocimiento y capacidad para proyectar y dimensionar presa de gravedad, conducciones en presión y en lámina libre.

#### 4.2. Competencias genéricas / transversales

##### COMPETENCIAS INSTRUMENTALES

- G01 Capacidad de análisis y síntesis
- G02 Capacidad de organización y planificación
- G03 Comunicación oral y escrita en lengua nativa
- G04 Conocimiento de una lengua extranjera
- G05 Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
- G06 Capacidad de gestión de la información
- G07 Resolución de problemas
- G08 Toma de decisiones
- G09 Razonamiento crítico

##### COMPETENCIAS PERSONALES

- G10 Trabajo en equipo
- G11 Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar
- G12 Trabajo en un contexto internacional
- G13 Habilidades en las relaciones interpersonales
- G14 Reconocimiento de la diversidad y la multiculturalidad
- G15 Compromiso ético
- G16 Aprendizaje autónomo
- G17 Adaptación a nuevas situaciones
- G18 Tratamiento de conflictos y negociación
- G19 Sensibilidad hacia temas medioambientales

##### COMPETENCIAS SISTÉMICAS

- G20 Creatividad e innovación
- G21 Liderazgo
- G22 Iniciativa y espíritu emprendedor
- G23 Motivación por la calidad

Tabla 1. Competencias específicas y genéricas / transversales del Grado en Ingeniería Civil, asignatura "Obras Hidráulicas" (EICM, 2013).

Semana	Temas o actividades (visita, examen parcial, etc.)	ACTIVIDADES PRESENCIALES										ACTIVIDADES NO PRESENCIALES				TOTAL HORAS				
		Convencionales					No convencionales					PRESENCIALES								
		Clases teoría	Clases problemas	Laboratorio	Aula informática	Prácticas instrumentos	TOTAL CONVENCIONALES	Trabajo cooperativo	Tutorías	Seminarios	Visitas	Evaluación formativa	Evaluación	Exposición de trabajos	TOTAL NO CONVENCIONALES		Estudio	Trabajos / informes individuales	Trabajos / informes en grupo	Prácticas instrumentos
1	El agua como recurso. Análisis funcional de las obras de regulación	4	1				5								5				5	10
2	Análisis funcional de las obras de regulación	4	1				5								5				5	10
3	Análisis funcional de las obras de transporte.	4	1				5								5				5	10
4	La concepción de la presa. Estudios previos de reconocimiento	3	2				5								5				5	10
5	Tipología de presas de fábrica. Cálculo de presas de fábrica	2	3				5	1		1	2			4	5	5	3		13	22
6	Tipología de presas de fábrica. Cálculo de presas de fábrica	2	2	1			5				2			2	5				5	12
7	Construcción de presas de fábrica. Evaluación de proyectos de obras hidráulicas:	3	1	1			5	1						1	5	4	2		11	17
8	Evaluación de proyectos de obras hidráulicas: Análisis económico de la inversión.	2	2	1			5				2			2	5				5	12
9	Dimensionamiento óptimo de proyectos. Conducciones en presión (tuberías):	2	2	1			5	1		4				5	5				5	15
10	Cálculo técnico-económico. Proyecto y construcción de redes de tuberías.	3	2				5				2			2	5	5	3		13	20
11	Proyecto y construcción redes tuberías.	3	2				5	1			2			3	5				5	13
12	Conducciones en lámina libre (canales): Características generales.	2	1	1	1		5			1				1	5	5	3		13	19
13	Revisión principales formulaciones: Flujo uniforme, flujo gradualmente variado	2	1	1	1		5	1			2			3	5				5	13
14	Flujo bajo compuertas. Proyecto y construcción de canales	2	2	1			5			7				7	5	5	3		13	25
15	Proyecto y construcción de canales	2	2	1			5	1			2			3	5				5	13
Periodo de exámenes											4			4						4
Otros																				
<b>TOTAL HORAS</b>		<b>40</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>75</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>10</b>		<b>37</b>	<b>75</b>	<b>24</b>	<b>14</b>		<b>113</b>	<b>225</b>

Tabla 2. Distribución de carga de trabajo para la asignatura "Obras hidráulicas" (EICM, 2013).

#### 4. Desarrollo de las competencias en el Área de Ingeniería Hidráulica.

El Área de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) se planteó como objetivo docente transferir conocimientos, así como proporcionar al alumno el desarrollo completo y equilibrado en una serie de competencias, para de este modo responder a las necesidades principales de la sociedad del siglo XXI.

Para alcanzar dichas competencias se planteó un sistema de innovación educativa, basado en una metodología docente integradora que vinculaba los conceptos de las clases teórico-prácticas, con los trabajos de experimentación que el alumno llevaba a cabo en el laboratorio de hidráulica, y con los resultados de los trabajos de modelación numérica-laboratorio informático que debía desarrollar. Todo ello debía ser complementado asimismo con visitas técnicas a campo. Frente a la situación actual, este nuevo enfoque suponía incrementar la carga docente dedicada a la parte experimental en laboratorio y a la parte de cálculo numérico mediante programas de análisis computacional. Esto quedaba conformado dentro de los créditos ECTS de las titulaciones del Grado en Ingeniería Civil y Máster en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos, presentando diferencias importantes con respecto a las metodologías aplicadas con anterioridad que carecían del carácter integrador.

Con este fin la docencia del Área de Ingeniería Hidráulica se ha elaborado siguiendo el nuevo paradigma. La asimilación de conceptos del alumno se realiza de modo escalonado a través de 18 asignaturas (105 créditos ECTS). En las Figuras 1 y 2 se indica la asignación de los créditos en las diferentes asignaturas del Grado (58.5 ECTS) y Máster (46.5 ECTS), así como también, la distribución en las diferentes Actividades Presenciales (Convencionales y No convencionales) y Actividades No Presenciales.

Se puede observar que en general en casi todas las asignaturas, así como en su PROMEDIO, las Actividades Presenciales (Convencionales y No Convencionales) constituyen un valor ligeramente inferior al 50% de los créditos ECTS.

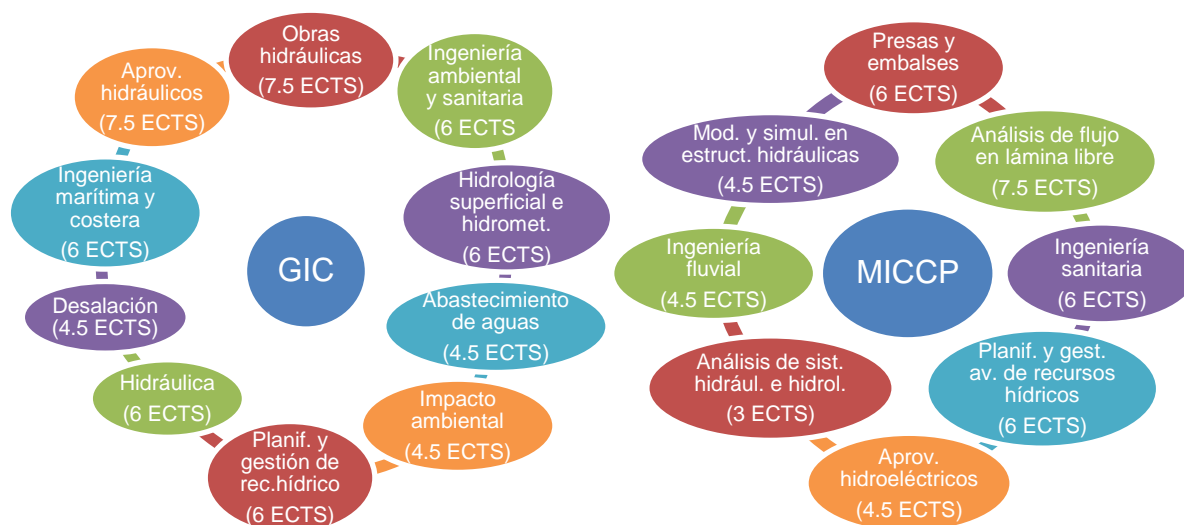


Figura 1. Asignaturas del área de Ingeniería Hidráulica en Grado en Ingeniería Civil y Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (EICM, 2009 y 2001).

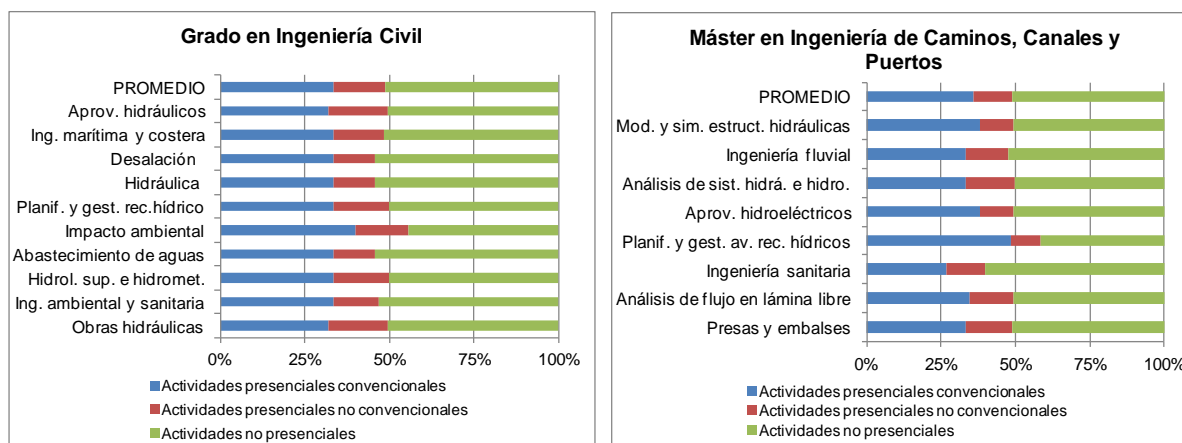


Figura 2. Distribución de créditos ECTS en las asignaturas del Área de Hidráulica.

Durante la fase de estudios universitarios, así como tras su finalización, se potencian las prácticas en empresas y en administraciones vinculadas al mundo de la ingeniería hidráulica, con las que el Área viene colaborando desde hace algunos años. Así, los alumnos de los últimos cursos son introducidos dentro de los departamentos técnicos de las diversas empresas gestoras del ciclo integral del agua. Los alumnos desempeñan labores de redacción de proyectos, informes técnicos y/o colaboran en proyectos de I+D vinculados a las entidades.

Con el fin de fomentar este último punto, en 2007 se constituyó el Grupo de I+D+i Hidr@m en Ingeniería Hidráulica, Marítima y Medio Ambiental de la UPCT, con vocación de compartir la experiencia de más de 25 años en el campo de la ingeniería. Ejemplos de proyectos en los que los estudiantes de últimos cursos han intervenido activamente durante el 2013 son: el trabajo enmarcado dentro de la modalidad artículo 83 de la Ley Orgánica de Universidades (LOU) "Definición de un banco de calibración de contadores de gran diámetro a partir de contador de referencia electromagnético" (Figura 3a), el proyecto nacional de I+D "Modelización Caracterización de las acciones de los chorros turbulentos en los estribos y/o cimentación debido al vertido por coronación en las presas de fábrica" (Figura 3b), y el proyecto de ámbito internacional "Modelación matemática de depósito y tránsito de sedimentos en el embalse del Proyecto Paute-Cardenillo (Ecuador)" (Figura 3c).

La adquisición de competencias dirigidas al campo de investigación se completa mediante los programas de doctorado en una de las diversas líneas de investigación existentes en el Área de Ingeniería Hidráulica, las cuales responden a las necesidades a nivel regional, nacional e internacional. En esta fase se potencia la transferencia del conocimiento mediante la presentación de los trabajos llevados a cabo en congresos de índole nacional e internacional y en diferentes revistas indexadas del Journal Citation Report (JCR).

En todo el proceso se establece una formación continua para que los alumnos puedan alcanzar las competencias necesarias y de este modo satisfacer las necesidades de la sociedad en el ámbito de la ingeniería hidráulica.

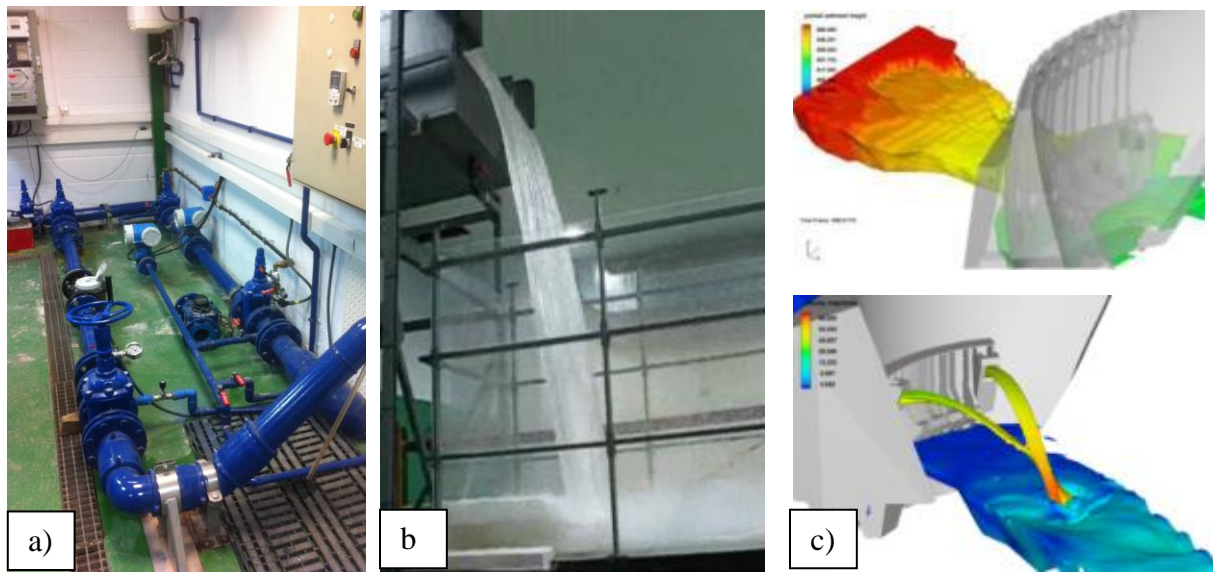


Figura 3. Proyectos de I+D en que los alumnos han participado activamente: a) Calibración de banco de contadores (Hidr@m, 2012); b) Caracterización de chorros turbulentos (Hidr@m, 2011); c) Estudio de sedimentación y socavación en la Presa Paute-Cardenillo en Ecuador (Hidr@m, 2013).

Para desarrollar los procesos formativos se emplean las siguientes herramientas resumidas en la Figura 4:

- Aulas de docencia dotadas de retroproyectors, cañones de vídeo, audio, pizarras clásicas y electrónicas. Se realizan sesiones de teoría con la participación activa de los estudiantes, así como ejercicios individuales y en grupo.
- Aula Virtual de la UPCT. En cada asignatura del Área, los alumnos disponen del temario, foros de dudas y de opinión, enlaces de interés, videos relacionados con las sesiones de aula, cuestionarios de desarrollo y tipo test, tareas entregables, que los profesores emplean para facilitar el aprendizaje del alumno.



Figura 4. Herramientas empleadas en el Área de Ingeniería Hidráulica de la UPCT.



- Laboratorio de Hidráulica de la UPCT (Figura 5a), adherido a la Red Nacional de Laboratorios de Hidráulica de España (RLHE). Dispone de diversos equipos didácticos y de investigación como canales de flujo en lámina libre y conducciones en presión, un equipo para medición de golpe de ariete, un dispositivo para el estudio de chorros turbulentos y una infraestructura para el estudio de captaciones de fondo.
- Paquetes informáticos tanto de dominio público como comercial, empleados en docencia e investigación (Figura 5b). Permiten a los alumnos realizar la contrastación de los resultados experimentales obtenidos en laboratorio, las simulaciones numéricas y las formulaciones tradicionales. Posteriormente, pueden extrapolar los resultados a dimensiones de casos reales teniendo en cuenta los diferentes factores de escala.



Figura 5. Sesiones de docencia no tradicional: a) Análisis de aliviadero de vertido libre en el laboratorio de Hidráulica, b) Análisis estructural de presa de gravedad en aula informática.

La docencia se complementa con visitas de campo a obras en ejecución y en explotación, así como charlas y conferencias de expertos en los diferentes campos (Figura 6).



Figura 6. Sesiones de docencia no tradicional: a) Charla de Emuasa sobre recientes desarrollos en Ingeniería sanitaria, b) Visita a una estación de tratamiento de aguas.

## 5. Resultados y conclusiones.

La adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior ha permitido establecer una metodología docente con un equilibrio entre el volumen de trabajo teórico-práctico y el aplicado. Los resultados permiten al alumno alcanzar las competencias

asociadas a los objetivos formativos de las profesiones reguladas del Grado en Ingeniería Civil y Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

### **Bibliografía y Referencias.**

ANECA (2004). Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. *Libro blanco. Título de Grado en Ingeniería Civil*. Madrid: España.

BOE (2009a). Boletín Oficial del Estado. *Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas*. Ministerio de Ciencia e Innovación, 2009. Madrid: España.

BOE (2009b). Boletín Oficial del Estado. *Orden CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*, 2009. Madrid: España.

Castillo E., L.G. (2003). *Algunas reflexiones sobre la nueva titulación de Ingeniería Civil*. IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Colegio y Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.

EICM (2009). Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas. *Memoria para la solicitud de verificación del título de Graduado/a en Ingeniería Civil por la Universidad Politécnica de Cartagena*. Universidad Politécnica de Cartagena.

EICM (2011). Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas. *Memoria para la solicitud de verificación del título de Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Cartagena*. Universidad Politécnica de Cartagena.

EICM (2013). Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas. *Guía docente de la asignatura: Obras Hidráulicas*. Universidad Politécnica de Cartagena.

González, J. and Wagenaar, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe. Final Report. Pilot Project - Phase I*. University of Deusto and University of Groningen.

Hidr@m (2011). *Modelización Caracterización de las acciones de los chorros turbulentos en los estribos y/o cimentación debido al vertido por coronación en las presas de fábrica*. Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN). Referencia: BIA2011-28756-C03-02. Fecha Ejecución: 2011-2014.

Hidr@m (2012). *Banco de calibración para grandes contadores mediante comparativa con caudalímetros electromagnéticos de referencia*. Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia (EMUASA). Fecha ejecución: 2012-2013.

Hidr@m (2013). *Modelación matemática de depósito y tránsito de sedimentos en el embalse del Proyecto Paute-Cardenillo (Ecuador)*. Consorcio Pöyry - Caminosca. Fecha Ejecución: 2012-2013.