

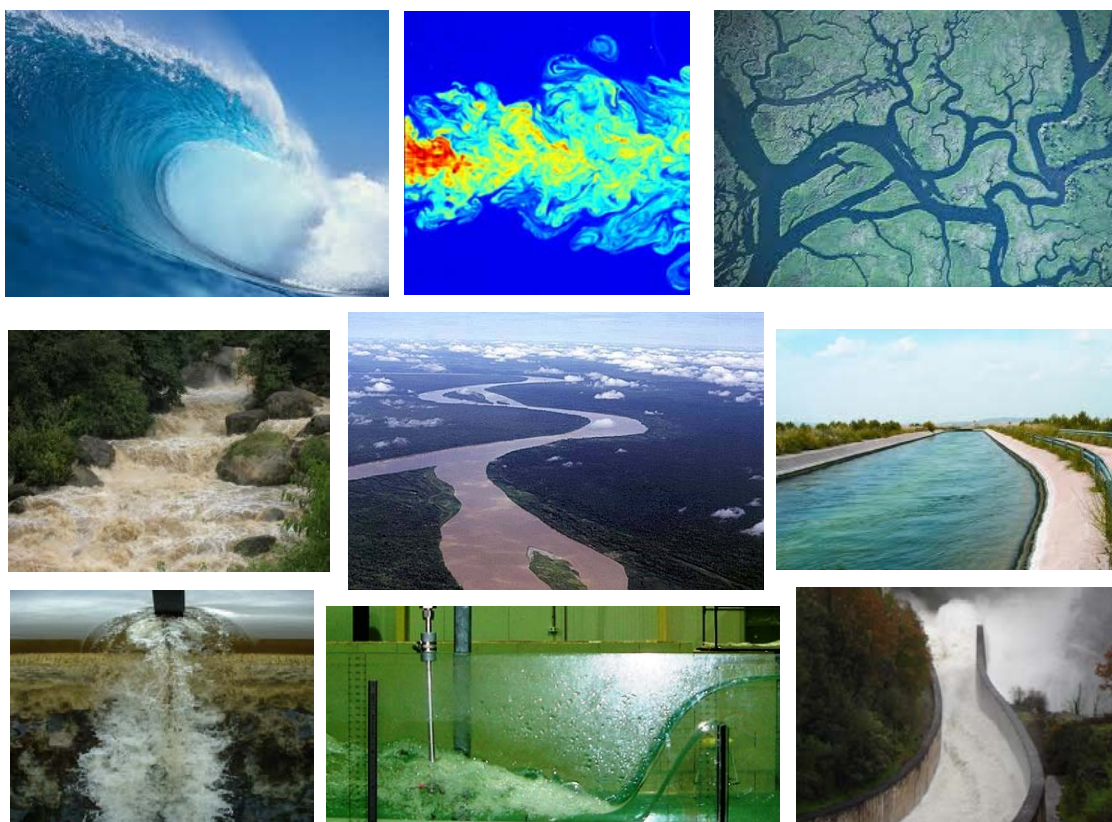


*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas*

UPCT



Guía docente de la asignatura: ANÁLISIS DE FLUJO EN LÁMINA LIBRE



Titulación: Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

CSV:	Km5e3KyHDB0hDkWSVpYcYhM7k	Fecha:	29/01/2019 23:07:56	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/Km5e3KyHDB0hDkWSVpYcYhM7k		Página:	

1. Datos de la asignatura

Nombre	Análisis de Flujo en Lámina Libre				
Materia*	Modelización y Fundamentos Aplicados en Ingeniería				
Módulo*	Módulo I: Ampliación de Formación Científica				
Código	213101002				
Titulación	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos				
Plan de estudios	2010				
Centro	Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	Cuatrimstral	Cuatrimestre	1º	Curso	1º
Idioma	Castellano				
ECTS	7,5	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)	225

* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Luis Gerardo Castillo Elsitdié		
Departamento	Ingeniería Civil		
Área de conocimiento	Ingeniería Hidráulica		
Ubicación del despacho	Anexo de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas. Primera planta - Despacho A.1.11		
Teléfono	968327012	Fax	
Correo electrónico	Luis.castillo@upct.es		
URL / WEB	www.upct.es/hidrom www.upct.es/~ingcivil		
Horario de atención / Tutorías	Miércoles: 12:00-14:00 h. Jueves: 12:00-14:00 h. Viernes 12:00-14:00 h		
Ubicación durante las tutorías	Unidad Pre departamental de Ingeniería Civil Despacho A.1.11		

Perfil docente e investigador	Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Profesor titular de Universidad
Experiencia docente	Desde 1982 Principales asignaturas impartidas: <i>Resistencia de Materiales</i> : 3º Caminos. <i>Hidromecánica y Laboratorio de Hidráulica</i> : 5º Caminos. <i>Obras Hidráulicas</i> : 4º Caminos y 3º Civil. <i>Aprovechamientos Hidráulicos</i> : 5º Caminos y 4º Civil. <i>Modelos en Hidráulica e Hidrología</i> : 4º Caminos y 3º Civil <i>Obras Hidráulicas Avanzadas. Estudios de Caso</i> : Doctorado <i>Caracterización Hidrológica e Hidráulica</i> : Doctorado Flujos hiperconcentrados : Doctorado Flujo no permanente. Rotura de presas : Doctorado Sistemas de captación en cauces efímeros : Doctorado
Líneas de Investigación	Investigador Responsable del Grupo de I+D+i en <i>Ingeniería Hidráulica, Marítima y Medio Ambiental (Hidr@m)</i>
Experiencia profesional	Más de veinte y cinco años como Ingeniero y Director de Proyecto en diferentes empresas del sector (INARSA, SENER, TYPASA, TECNICAS REUNIDAS) Múltiples contratos con empresas para actividades de asesoramiento y asistencia técnica
Otros temas de interés	Responsable del Laboratorio Hidráulica de la UPCT

Profesor	Antonio Vigueras Rodríguez		
Departamento	Ingeniería Civil		
Área de conocimiento	Ingeniería Hidráulica		
Ubicación del despacho	Unidad Pre departamental de Ingeniería Civil Despacho A.1.09		
Teléfono	968 32 7071	Fax	968 32 5653
Correo electrónico	avigueras.rodriguez@upct.es		
URL / WEB	www.upct.es/hidrom www.upct.es/~ingcivil		
Horario de atención / Tutorías	Publicado en el Aula Virtual		
Ubicación durante las tutorías	Unidad Pre departamental de Ingeniería Civil Despacho A.1.09		

Perfil docente e investigador	Doctor Ingeniero Industrial. Profesor Contratado Doctor.
Experiencia docente	Desde 2006. Asignaturas relacionadas con Mecánica de Fluidos, Energía Eólica e Ingeniería Hidráulica
Líneas de Investigación	Grupo de I+D+i en Ingeniería Hidráulica, Marítima y Medio Ambiental (Hidr@m)
Experiencia profesional	Múltiples contratos con empresas en proyectos de I+D+i
Otros temas de interés	

Profesor	José María Carrillo Sánchez		
Departamento	Ingeniería Civil		
Área de conocimiento	Ingeniería Hidráulica		
Ubicación del despacho	Anexo de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas. Primera planta - Despacho A.1.07		
Teléfono	868 071 289	Fax	968 338 805
Correo electrónico	jose.carrillo@upct.es		
URL / WEB	www.upct.es/~ingcivil www.upct.es/hidrom		
Horario de atención / Tutorías	Cita previa, por e-mail o Aula Virtual		
Ubicación durante las tutorías	Despacho A.1.07		

Titulación	Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vinculación con la UPCT	Profesor Ayudante Doctor
Año de ingreso en la UPCT	2011
Nº de quinquenios (si procede)	
Líneas de investigación (si procede)	Análisis numérico y experimental en Ingeniería Hidráulica: acciones hidrodinámicas por sobrevertidos de presas, resaltos hidráulicos, socavación a pie de presa, transporte de sedimentos, sistemas de captación con rejillas de fondo, lavado de embalses, etc.
Nº de sexenios (si procede)	
Experiencia profesional (si procede)	Múltiples contratos con empresas en proyectos de I+D+i
Otros temas de interés	

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

La finalidad de la asignatura de Análisis de Flujo en Lámina Libre es que el alumno conozca y aplique la formulación de los distintos tipos de flujo en lámina libre, que sea capaz de analizar sistemas complejos, integrar las soluciones generales del flujo en canales con las diferentes estructuras de control y especiales (transiciones, aforo, disipación de energía, rápidas y de drenaje transversal), mediante herramientas y/o programas informáticos.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La asignatura permitirá al alumno recibir los conocimientos esenciales de las ecuaciones fundamentales de flujo: Navier-Stokes, problema de clausura de la turbulencia, promediado de Reynolds, prescripción de condiciones de contorno, correlaciones semiempíricas del tensor de corte turbulento, capa límite laminar y turbulenta.

Flujo en canales: ecuaciones fundamentales, flujo uniforme, energía específica, flujo gradualmente variado (curvas de remanso), flujo rápidamente variado (estructuras de control, aforo y especiales), flujo espacialmente variado, flujo no permanente (operación de compuertas, rotura de presas).

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

La asignatura aporta conocimientos necesarios para todas las asignaturas restantes del área de Ingeniería Hidráulica, como por ejemplo Presas y Embalses, o las materias optativas.

3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Se recomienda revisar cálculo vectorial e hidráulica fundamental.

3.6. Medidas especiales previstas

El alumno que, por sus circunstancias, pueda necesitar de medidas especiales debe comunicarlo al profesor al principio del cuatrimestre.

4. Competencias y resultados del aprendizaje

4.1. Competencias básicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

Capacidad para planificar, realizar estudios y diseñar captaciones de aguas superficiales o subterráneas (Presas, conducciones, bombeos).

Conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de métodos matemáticos, analíticos y numéricos de la ingeniería, mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, ingeniería del terreno, ingeniería marítima, obras y aprovechamientos hidráulicos y obras lineales.

4.3. Competencias específicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la ingeniería civil.

4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

Aplicar a la práctica los conocimientos adquiridos (Nivel 2).

4.5. Resultados** del aprendizaje de la asignatura

1. Deducir y entender las formulaciones generales del flujo en lámina libre y reducción de dichas formulaciones y su aplicación a diferentes condiciones particulares.
2. Plantear y resolver problemas matemáticos que puedan plantearse en el ámbito de la ingeniería hidráulica.
3. Conocer y aplicar las formulaciones de los distintos tipos de flujo en lámina libre, así como analizar sistemas complejos mediante herramientas y/o programas informáticos.
4. Integrar en las soluciones generales los flujos en canales con las estructuras de control y aforo, así como en diferentes estructuras especiales (transiciones, cuencos de disipación de energía, rápidas y drenaje transversal).
5. Originalidad en el desarrollo y aplicación de ideas.
6. Aplicar a problemas o estudios reales los conocimientos desarrollados.

**** Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

- Análisis de las ecuaciones fundamentales de mecánica de fluidos.
- Ecuaciones de capa límite.
- Flujo en canales abiertos.
- Estructuras de control, aforo y especiales.
- Análisis de flujo no permanente.

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

Unidad didáctica I. Análisis de las ecuaciones fundamentales de mecánica de fluidos.

Descripción Euleriana y Lagrangiana: El campo de velocidades. Aceleración de una partícula. Relaciones de masa y volumen de flujo. Divergencia y Rotacional.

El Flujo de "Agua Seca": Hidrostática. Ecuaciones del movimiento. Teorema de Bernoulli. Circulación. Líneas de vórtice.

El Flujo de "Agua Mojada": Viscosidad. El Número de Reynolds. El flujo de Couette. Relaciones diferenciales para una partícula de fluido: Ecuación diferencial de la conservación de masa. Flujo compresible y permanente. Flujo incompresible. La ecuación diferencial del momentum lineal. Flujo inviscoso (ecuación de Euler). Fluido Newtoniano (Ecuaciones de Navier-Stokes). Promediados de Reynolds. Ecuaciones diferenciales del momentum angular y de la energía. Condiciones de contorno. La función de corriente. Vorticidad e irrotacionalidad. Flujo sin fricción e irrotacional.

Unidad didáctica II. Ecuaciones de capa límite.

Correlaciones semiempíricas del corte turbulento. El concepto del promediado de Reynolds. Ley logarítmica de solapamiento. Estimación de la integral del momentum. Análisis de Von Kármán en placa plana. Espesor del desplazamiento. Derivación de las ecuaciones de capa límite.

Unidad didáctica III. Flujo en canales abiertos.

Ecuaciones fundamentales. Distribución de velocidades. Flujo uniforme. Fórmulas de resistencia. Energía específica. Flujo gradualmente variado. Curvas de remanso. Secciones compuestas. Solución numérica y aplicación con programas informáticos.

Unidad didáctica IV. Estructuras de control, aforo y especiales.

Tipos de estructuras de control. Tipos de estructuras de aforo (pared delgada, pared gruesa, compuertas). Estructuras especiales (transiciones, cuencos de disipación de energía, rápidas, estructuras de drenaje transversal). Flujo espacialmente variado (gasto creciente y decreciente).

Unidad didáctica V. Análisis de flujo no permanente.

Deducción y solución de las Ecuaciones de Saint-Venant: Curvas Características.

Significado de las Característica. Dominio de dependencia y zona influencia. Primer método numérico de solución (Staggered Grid). Segundo método numérico de solución (El Método de las Características). Criterio de estabilidad. Condiciones de contorno. Flujo supercrítico. Análisis de operación de compuertas. Análisis de ondas de rotura de presas.

5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

- Medidas de velocidades instantáneas en un canal con equipo Doppler y de diferentes calados característicos con limnímetros. Determinación de velocidades medias y fluctuantes y de perfiles de velocidades dentro de un resalto hidráulico y aguas abajo.

- Determinación de los coeficientes de descarga para diferentes situaciones de flujo libre y sumergido en compuertas. Cálculo de fuerzas sobre la compuerta. Medición de las principales características de un resalto hidráulico formado al pie la compuerta.
- Determinación de los coeficientes de descarga para diferentes situaciones de flujo en vertederos.
- Determinación de los coeficientes de descarga para diferentes situaciones de flujo en un vertedero de perfil hidrodinámico. Medición de las principales características de un resalto hidráulico formado al pie del vertedero.
- Análisis de presiones en distintos modelos.
- Comprobación del funcionamiento de un caudalímetro mediante aforos.

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

I. ANALYSIS OF FUNDAMENTAL EQUATIONS OF FLUID MECHANICS

Eulerian and Lagrangian descriptions. Differential relations for fluid particle. Navier-Stokes equations. Reynolds' time-averaging. Differential equations of angular momentum and energy. Boundary conditions. The stream function. Vorticity and irrotationality.

II. BOUNDARY - LAYER FLOWS EQUATIONS

Semiempirical turbulent shear correlations. Reynolds' time-averaging concept. The logarithmic-overlap law. Momentum integral estimation. Kármán's analysis of the flat plane. Displacement thickness. Derivation of boundary-layer flows.

III. OPEN CHANNELS FLOW

Fundamental equations. Velocities distribution. Uniform flow and friction equations. Gradually varied flow. Numerical simulations and informatics applications.

IV. CONTROL AND MEASUREMENT DEVICES AND SPECIAL STRUCTURES

Control structures types. Discharge measuring devices (thin-plate weir, broad-crested weir and gates). Especial structures (transitions, energy dissipation devices, steep channels, cross drainage, culverts, bridges and drop structures). Spatially varied flow.

V. UNSTEADY FLOW ANALYSIS

Saint-Venant equations: Characteristics curves. The meaning of characteristics form. The domain of dependence and zone of influence. Solution methods: The Staggered Grid method and the method of characteristics. The stability criteria. Boundary conditions. Super-critical flow. Gates operation analysis. Dam-break analysis.

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

UNIDAD DIDÁCTICA	SECCIÓN	LECCIONES		
		TEORÍA	PRÁCTICA (Problemas + Informática + Laboratorio)	TOTAL
I. Análisis de las ecuaciones fundamentales de la mecánica de fluidos	1. Descripción Euleriana y Lagrangiana. Relaciones diferenciales para una partícula de fluido	5	2	7
	2. Ecuaciones de Navier-Stokes. Promediado de Reynolds	5	2	7
	3. Ecuaciones diferenciales del momentum angular y de la energía	2		2
	4. La función de corriente	2	1	3
	5. Vorticidad e irrotacionalidad	2	1	3
		16	6	22
II. Ecuaciones de Capa límite	6. Correlaciones semiempíricas del corte turbulento	1	1	2
	7. Ley logarítmica de solapamiento. Estimación de la integral del momentum	1	1	2
	8. Análisis de Von Kármán en placa plana	1	2	3
	9. Derivación de las ecuaciones de capa límite	2	1	3
		5	5	10
III. Flujo en canales abiertos	10. Ecuaciones fundamentales. Distribución de velocidades. Flujo uniforme y ecuaciones de resistencia	2	2	4
	11. Flujo gradualmente variado. Simulación numérica y aplicaciones con programas informáticas	3	3	6
		5	5	10
IV. Estructuras de control, aforo y especiales	12. Tipos de estructuras de control	3	3	6
	13. Tipos de estructuras de aforo (vertedero pared delgada, vertedero pared gruesa y compuertas)	3	3	6
	14. Estructuras especiales (transiciones, dispositivos de disipación de energía, rápidas, drenaje transversal, puentes, estructuras de caída)	3	3	6
		9	9	18
V. Análisis de flujo no permanente	15. Ecuaciones de Saint-Venant: Curvas característica	2	1	3
	16. El dominio de dependencia y zona de influencia	1	1	2
	17. Métodos de solución: método de la malla escalonada y método de las características	2	1	3
	18. Criterio de estabilidad. Condiciones de contorno. Flujo supercrítico	1	1	2
	19. Análisis de operación de compuertas.	3	2	5
	Análisis de rotura de presas			
		9	6	15
	TOTAL HORAS:	44	31	75

6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva empleando el de método la lección. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes. Planteamiento de dudas.	45
		<u>No presencial</u> :	37.5
Clase de problemas. Resolución problemas tipo y casos prácticos	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará el en planteamiento y los métodos de resolución. Se dispondrá de algún tiempo para que el estudiante intente resolverlo, con posibilidad de participación activa a través de estudiantes voluntarios. Se propondrán problemas y/o casos prácticos similares.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas	21
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor. Se entregan en clase, en el despacho o a través del aula virtual según se establezca.	37.5
Actividades de Evaluación, Evaluación formativa y Trabajos	Prueba tipo test tras completar algunos bloques de contenidos y presentación de principales conclusiones de trabajos. Se dispone así de un seguimiento del grado de asimilación de los contenidos. No se emplea para la evaluación del alumno pero sí para reforzar contenidos en caso necesario.	<u>Presencial</u> : Realización del test. Corrección del test de otro estudiante. Planteamiento de dudas. Presentación oral apoyado con medios informáticos.	12
		<u>No presencial</u> : Desarrollo de diferentes trabajos individuales y/o en grupo en biblioteca, aula de informática y en casa.	39
Visita técnica	Visita a obras o instalaciones cuya actividad esté relacionada con los contenidos de la asignatura.	<u>Presencial</u> : Asistencia a la visita	12
Tutorías grupales	Resolución de dudas sobre teoría y ejercicios	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías	6
Pruebas	Realización de exámenes oficiales	<u>Presencial</u> : Realización y entrega del examen	3
			225

6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1) (opcional)

Resultados del aprendizaje (4.5)							
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7
Clase de teoría	X	X		X	X	X	X
Clase de problemas. Resolución problemas y casos prácticos	X		X		X	X	X
Actividades de Evaluación, Evaluación formativa y Trabajos	X		X				X
Laboratorio y Aula informática Visita técnica			X		X	X	X

7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita teórica	x		Preguntas tipo test de conceptos y definiciones. Evalúan conocimientos teóricos y adaptación a nuevas situaciones.	36	1, 3, 6
Prueba escrita práctica	X		Dos ejercicios similares a los resueltos y propuestos. Evalúan, principalmente, habilidades.	36	1, 2, 4, 5, 6
Ejercicios propuestos	X	X	Resolución en casa y entrega de ejercicios propuestos (pueden ser individuales o en grupo).	10	2, 3, 4, 5, 6
Informe de prácticas	X	X	Resolución en casa y entrega del informe de prácticas de laboratorio.	18	2, 3, 4, 6
Evaluación formativa		X	Realización de pruebas tipo test en clase y corrección de la prueba de un compañero. Evalúan la evolución del aprendizaje.	-	1, 2

La asistencia a prácticas es obligatoria para superar la asignatura.

Las evaluaciones del informe de prácticas y de los ejercicios propuestos se conservan sólo hasta los exámenes extraordinarios del curso en el que se realizan.

Para superar la asignatura, además de obtener un mínimo de 5 en la puntuación global, habrá de alcanzarse también un mínimo de 5 en la media de las dos primeras actividades de evaluación.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

- Si el número de alumnos en clase es reducido (menos de 20), se podrá realizar un seguimiento personalizado del aprendizaje.
- Las pruebas tipo test que se realizan en clase, así como la presentación de problemas propuestos, permiten detectar posibles lagunas formativas y consolidar los conceptos más importantes de la asignatura.
- Las tutorías grupales provocan el planteamiento de cuestiones en clase que permiten comprobar el nivel que se va adquiriendo a lo largo del curso.

8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica*

- [1] **Castillo Elsitdié, Luís G. (2011).** Apuntes de análisis de flujo en lámina libre. Reprografía de la UPCT. España.
- [2] **Feynman R., Leighton R. y Sands M. (1998).** Física. Volumen II. Addison Wesley Longman. México.
- [3] **Sotelo Avila, G. (1977).** Hidráulica general. Ed. Limusa. México.
- [4] **Naudasher, Eduard (2000).** Hidráulica de canales. Ed. Limusa. México.
- [5] **Streeter, V. y Wylie, B. (1979).** Mecánica de los fluidos. McGraw-Hill. México.
- [7] **White, Frank M. (1986).** Fluid mechanics. Ed. McGraw-Hill.

8.2. Bibliografía complementaria*

- [6] **Ven Te Chow (1982).** Hidráulica de los canales abiertos. Ed. Diana. México.
- [7] **Abbot, M.B.. and Basco, D.R. (1989).** Computational fluid dynamics. Ed. John Wile & Sons. New York.
- [8] **Castillo Elsitdié, Luis G. (2002).** Apuntes de obras y aprovechamientos hidráulicos. Repografía de la UPCT. España.
- [9] **French, R.H. (1988).** Hidráulica de canales abiertos. Ed. McGraw-Hill. México.
- [10] **Henderson, F.M. (1966).** Open channel flow. Ed. The Macmillan company. New York.
- [11] **Hinze, J. O. (1975).** Turbulence. Ed. McGra-Hill. USA.
- [12] **Landau, L.D. and Lifshitz, E.M. (1987).** Fluid mechanics. Ed. Pergamon Press.
- [13] **Ranga Raju, K.G. (1988).** Flow through open channels. Ed. Tata McGral-Hill. New Delhi.
- [14] **Subramanya, K. (1989).** Flow in open channels. Ed. Tata McGraw-Hill. New Delhi.
- [15] **Vreugdenhil, C.B. (1994).** Numerical methods for shallow-water flow. Ed. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

8.3. Recursos en red y otros recursos

- Grupo de I+D+i en Ingeniería Hidráulica, Marítima y Medio Ambiental Hidr@m: www.upct.es/hidrom
- Red de Laboratorios de Hidráulica de España RLHE: www.rlhe.es/
- Asociación Internacional de Ingeniería Hidráulica e Investigación IAHR: <http://www.iahr.net/site/index.html>