

Durabilidad e Innovación en Materiales de Construcción

1. Datos generales

Código UPM	Créditos	Carácter	Especialidad	Idioma
43000395	4,5	Optativa	Estructuras, Geotecnia, Construcción y Materiales	Español
Nombre en inglés	Durability and Innovation of Construction and Building Materials			
Materia	Opción Estructuras, Geotecnia, Construcción y Materiales			
Departamento	Ingeniería Civil: Construcción			
Web asignatura	http://www.caminos.upm.es/Construcción2005/index.html			
Periodo impartición	Cuarto semestre			
Formación predoctoral	Asignatura válida como créditos formativos de admisión al Programa de Doctorado D6 <i>Doctorado em Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales</i> , según la línea de investigación de la tesis doctoral			

2. Profesorado

Nombre y apellidos	Tribunal	Grupo	Horario tutorías	Lugar	Correo electrónico
Gálvez Ruiz, Jaime Carlos	Pte.	Todos	L, M (16:30 a 18:30) X (10:30 a 12:30)	Torre, 6ª Planta	jaime.galvez@upm.es
Enfedaque Díaz, Alejandro			L (10:30 a 14:00); M (9:30 a 14:00)	Sótano 1, Lab. Materiales	alejandro.enfedaque@upm.es
Moragues Terrades, Amparo	Secr.		Lunes (12:00 a 14:00) X (12:00 a 14:00 y 17:00 a 19:00)	Sótano 1, Lab. Química	amoragues@caminos.upm.es
Reyes Pozo, Encarnación	Vocal		L (10:30 a 14:00); M (9:30 a 14:00)	Sótano 1, Lab. Materiales	encarnacion.reyes@upm.es

NOTA. El profesor que figura en primer lugar es el coordinador de la asignatura.

3. Conocimientos previos

Asignaturas que debe haber cursado previamente:

Materiales de Construcción I y II, Física y Química de Materiales

Otros resultados de aprendizaje necesarios:

4. Competencias asignadas y nivel de adquisición

Código	Competencia
CE23	Conocimiento de todo tipo de estructuras y sus materiales, y capacidad para diseñar, proyectar, ejecutar y mantener las estructuras y edificaciones de obra civil

Código	Competencia
CM 18.2	Capacidad de identificación de propiedades y selección de materiales de construcción en función del uso. Capacidad de aplicación de la normativa de control y calidad de los materiales de construcción, y comprensión de sus fundamentos.
CM19.1	Capacidad para aplicar los conocimientos de materiales de construcción en sistemas estructurales. Conocimiento de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan.
CM19.2	Comprensión de los mecanismos físico-químicos que determinan las fases del ciclo de vida de los materiales de construcción (fabricación, utilización, eliminación y reciclado), su durabilidad y su incidencia en el medio ambiente.
CT5	Polivalencia y capacidad de aprendizaje autónomo.
CT9	Capacidad de diseñar, analizar e interpretar experimentos relevantes en ingeniería civil.

5. Resultados de aprendizaje (RA) de la asignatura

Código	Resultado del aprendizaje (RA)	Competencias asociadas
RA1	Identifica las propiedades de los materiales de construcción en función del uso y condiciones ambientales y selecciona los apropiados.	CE23, CM18.2
RA2	Aplica la normativa de control y calidad de los materiales de construcción a partir de sus fundamentos.	CM18.2
RA3	Establece las necesidades de materiales de construcción y de sistemas estructurales en distintas condiciones ambientales. Identifica las características microestructurales que determinan las propiedades mecánicas y de durabilidad de los materiales de construcción.	CE23, CM 19.1
RA4	Explica los mecanismos físico-químicos que determinan las fases del ciclo de vida de los materiales de construcción (fabricación, utilización, eliminación y reciclado), su durabilidad y su incidencia en el medio ambiente.	CM19.2
RA5	Aplica técnicas de elaboración y caracterización de materiales de construcción.	CT9

6. Indicadores de logro

Código	Básico	Descripción del indicador de logro	RA asociado
IL1	Sí	Conoce los comportamientos químicos, físicos, mecánicos y resistentes de los materiales de construcción.	RA1, RA2
IL2	Sí	Cuantifica correctamente las propiedades mecánico-resistentes y de durabilidad de los materiales de construcción, así como también los procesos químicos, físicos y mecánicos, que tienen lugar en ellos.	RA1, RA2, RA5
IL3	No	Relaciona el comportamiento de los materiales con el comportamiento estructural	RA3
IL4	Sí	Resuelve correctamente problemas sencillos de dosificación de los materiales innovadores estudiados.	RA1, RA2, RA3
IL5	No	Conoce los mecanismos físico-químicos que determinan la evolución de las características mecánico-resistentes y de durabilidad de los materiales con el tiempo debido a cargas y al medio ambiente al que se encuentren expuestos.	RA4

NOTA. Básico: Indicador de logro que debe superarse de forma individual para aprobar la asignatura.

7. Pruebas de evaluación y sus criterios de calificación

Código, nombre de la prueba de evaluación y breve descripción de las actividades evaluables, de sus criterios de calificación y del momento y lugar en que se realizarán	Peso
--	------

7. 1. Mediante "evaluación continua"

PE1. Ejercicios teóricos de clase y actividades cooperativas	40%
---	------------

Descripción. Los ejercicios teóricos de clase consisten en una serie de cuestiones teóricas, que podrán plantearse en el horario de las clases teóricas para su resolución durante los últimos 15 minutos de una clase ordinaria. Cada ejercicio consiste en responder individualmente a una o varias cuestiones cortas planteadas sobre el contenido de esa clase particular o de las clases anteriores.

En las prácticas de aula y con una frecuencia aproximadamente quincenal se reservarán los 15-20 últimos minutos para la resolución de ejercicios prácticos cortos en grupos informales de tres alumnos. Cada grupo entregará su resultado al profesor.

Dentro de esta misma prueba se contará también la calificación del informe y la exposición oral del trabajo de grupo propuesto al principio de curso para su realización en grupos de tres o cuatro alumnos.

Criterios de calificación. El profesor valorará cada ejercicio de 0 a 10, igual para todos los componentes del equipo en los ejercicios cooperativos. La calificación de esta prueba de evaluación será la media aritmética de todos los ejercicios realizados durante el curso. Esta prueba supondrá, en su conjunto, un 40% de la nota final del alumno.

Momento y lugar: actividades planteadas dentro de las horas de clase. Para orientar en la realización del trabajo semestral de grupo se organizará un taller de trabajo en horario extraescolar que se programará con suficiente antelación.

PE2. Realización individual asistida de prácticas de laboratorio	10%
---	------------

Descripción. Cada alumno realizará dos prácticas de laboratorio, cada una de las cuales consiste en la realización de un ensayo diseñado por el profesor, que implique obtener resultados numéricos a partir de ensayos experimentales. El alumno con los datos de la práctica elaborará un informe que constará de una introducción breve con los antecedentes y objetivos, descripción del método experimental, resultados, discusión y conclusiones.

Criterios de calificación. Cada informe se valorará de 0 a 10. La calificación de esta prueba de evaluación será la media aritmética de las dos prácticas realizadas durante el curso.

Momento y lugar: las prácticas se realizarán a lo largo del curso, en grupos pequeños, fuera del horario ordinario de las clases.

PE3. Examen ordinario	50%
------------------------------	------------

Descripción. El examen ordinario consiste en un único examen, cuya duración será de unas tres horas. Este examen está formado por varias preguntas de carácter teórico y práctico, relativas a cualquier parte del contenido de la asignatura. Los alumnos que no superen la asignatura tras el examen ordinario deberán acudir al examen extraordinario, cuyo formato es similar al del ordinario.

Criterios de calificación. Cada ejercicio se valorará de 0 a 10. La calificación del examen será la media aritmética de los ejercicios que lo componen.

Momento y lugar: los determina la Jefatura de Estudios.

Código, nombre de la prueba de evaluación y breve descripción de las actividades evaluables, de sus criterios de calificación y del momento y lugar en que se realizarán Peso

Calificación final de la asignatura mediante evaluación continua.

Será la media de la calificación de cada prueba de evaluación ponderada por su correspondiente peso.

Para superar la asignatura se debe obtener una calificación final igual o superior a 5 sobre 10. No obstante, la calificación final de los alumnos de evaluación continua no será inferior a la que hubiesen obtenido de aplicar los criterios de "sólo prueba final" que se indican a continuación.

7. 2. Mediante "sólo prueba final"

Descripción. Consiste en un único examen, que será igual al examen final completo que realizan los alumnos de evaluación continua.

Criterios de calificación. Cada ejercicio se valorará de 0 a 10. La calificación del examen será la media aritmética de los ejercicios que lo componen.

Momento y lugar. los determina la Jefatura de Estudios.

Calificación final de la asignatura mediante "sólo prueba final".

La calificación final será directamente la obtenida en el examen final.

8. Contenidos específicos (temario)

Capítulo, Tema, Apartados y Descriptores	Indicador de Logro asociado
Tema 1. Introducción	IL1
1.1 El cemento y las reacciones de hidratación: composición del cemento y proceso de fabricación. Compuestos mayoritarios, compuestos minoritarios. Procesos de hidratación. Características de los productos hidratados.	
1.2. Conectividad, permeabilidad y percolación. Porosidad conectada. Formas de medir la interconexión de los poros. Permeabilidad al agua. Permeabilidad al aire.	
1.3 Relación agua/cemento y curado. Influencia de la relación agua/cemento en las propiedades del material endurecido. Concepto de curado y tipos de curado.	
1.4 Porosidad y procesos de transporte: tipos de poros e importancia de los mismos en las propiedades del material. Influencias de los distintos parámetros en la misma. Principales mecanismos de ingreso de agresivos.	
Tema 2. Procesos de degradación del hormigón. Ataque químico (I)	IL1
2.1 Formación de sales expansivas. Procesos expansivos de origen interno en el hormigón.	
2.2 Origen de los procesos expansivos Acción de los sulfatos en el hormigón.	
2.3 Formación de ettringita primaria, ettringita secundaria y ettringita diferida.	
Tema 3. Procesos de degradación del hormigón. Ataque químico (II)	IL1
3.1 Formación de sales expansivas por reacción árido-álcali.	
3.2 Origen de la reacción árido-álcali.	
3.3 Tipos de reacciones árido-álcali.	
3.4 Tipos de daños originados e incidencia de esta patología en España.	
Tema 4. Procesos de degradación del hormigón. Procesos de lixiviación. Ataque químico (III)	IL2
4.1 Prevención frente ataques ácidos.	
4.2 Acción del agua sobre el hormigón.	
4.3 Aguas duras y aguas blandas.	
4.4 Acción de aguas agresivas de origen, industrial con contenidos de ácidos orgánicos o minerales.	
4.5 Cementos resistentes al ataque ácido.	

Capítulo, Tema, Apartados y Descriptores	Indicador de Logro asociado
<p>Tema 5. Procesos de degradación del hormigón. Sustitución iónica en compuestos de hidratación. Ataque químico (IV)</p> <p>5.1. Reacciones de sustitución en los compuestos hidratados del hormigón.</p> <p>5.2. El intercambio de magnesio por calcio.</p> <p>5.3. Origen de la contaminación por magnesio.</p> <p>5.4. Efectos sobre el material</p>	IL2
<p>Tema 6. Procesos de degradación del hormigón. Principales procesos físicos.</p> <p>6.1 Erosión y cavitación.</p> <p>6.2 Ciclos de hielo-deshielo.</p> <p>6.3 Degradación por acción del fuego.</p> <p>6.4 Influencia de la microestructura porosa.</p>	IL2
<p>Tema 7. Mecanismos de transporte.</p> <p>7.1. Principales mecanismos de transporte en el hormigón: situaciones en que se produce cada uno e importancia relativa de los mismos.</p> <p>7.2 Ensayos destinados a medir la capacidad de transporte del material: difusión, migración, resistividad.</p>	IL2
<p>Tema 8. Pérdida de capacidad protectora del hormigón frente a la armadura.</p> <p>8.1 Penetración de cloruros: despasivación del acero por ataque de cloruros.</p> <p>8.2 Cinética de avance de la picadura.</p> <p>8.3 Pérdida de alcalinidad: despasivación del acero por reducción del pH de la fase acuosa embebida en hormigón.</p> <p>8.4 Acción del ácido carbónico. Cinética de carbonatación.</p>	IL3
<p>Tema 9. Corrosión de materiales metálicos.</p> <p>9.1 Tipos de corrosión. Corrosión electroquímica.</p> <p>9.2 Causas de formación de la pila electroquímica.</p> <p>9.3 Termodinámica de la corrosión: diagramas de Pourbaix</p> <p>9.4 Funcionamiento de la pila de corrosión.</p> <p>9.5 Procesos de polarización y diagramas de Evans.</p>	IL3
<p>Tema 10. Corrosión de las armaduras embebidas en hormigón.</p> <p>10.1. Corrosión de aceros de construcción.</p> <p>10.2. Corrosión bajo tensión.</p> <p>10.3. Prevención y protección frente a corrosión.</p> <p>10.4. Ejemplos de aplicación.</p>	IL3
<p>Tema 11. Protección frente a la corrosión de las armaduras.</p> <p>11.1 Protección por recubrimientos: tipos de recubrimiento y acción de los mismos.</p> <p>11.2 Protección electroquímica: protección anódica, protección catódica. Inhibidores de corrosión.</p>	IL3
<p>Tema 12. Procesos de fisuración en el hormigón.</p> <p>12.1. Concepto de fisuración.</p> <p>12.2. Causas de la fisuración.</p> <p>12.3. Caracterización del comportamiento en rotura del hormigón.</p> <p>12.4. Modelos de cálculo.</p> <p>12.5. Ejemplos de aplicación.</p>	IL3
<p>Tema 13. Fisuración por procesos expansivos y mecánicos en el hormigón.</p> <p>13.1 Fisuración del hormigón por corrosión de la armadura.</p> <p>13.2 Fisuración por expansión árido/álcali.</p> <p>13.3 Fisuración por ciclos hielo/deshielo.</p>	IL3
<p>Tema 14. Deterioro de materiales cerámicos.</p> <p>14.1. Patología de ladrillos y otros productos de tierra cocida.</p> <p>14.2 Patología de las obras de fábrica de ladrillo y tejados</p>	IL3
<p>Tema 15. Tolerancia al daño de materiales de construcción.</p>	IL3

Capítulo, Tema, Apartados y Descriptores	Indicador de Logro asociado
15.1. Concepto de tolerancia la daño de materiales. 15.2. Caracterización de la tolerancia la daño. 15.3. Herramientas de cálculo de tolerancia la daño. 15.4. Ejemplos de aplicación.	
Tema 16. Auscultación y monitorización de materiales.	IL4
16.1 Introducción a las técnicas de auscultación y monitorización. 16.2 Evaluación del material y su deterioro: técnicas no destructivas (ultrasonidos, georrádar, impacto-eco, análisis térmico, etc.), tomografía, técnicas semidestructivas (gatos planos, boroscopia, pruebas de carga, etc.) y técnicas destructivas (extracción de testigos, ensayos mecánicos, etc.). 16.3 Ejemplos de aplicación.	
Tema 17. Materiales compuestos para la construcción.	IL4
17.1. Introducción a los materiales compuestos para la construcción (fibras, partículas, matrices). 17.2. Propiedades y características de los materiales compuestos. 17.3. Materiales compuestos para el refuerzo y la reparación. 17.4. Ejemplos de aplicaciones.	
Tema 18. Introducción a los hormigones especiales.	IL4
18.1 Introducción a los hormigones especiales. 18.2 Hormigones de altas prestaciones. 18.3 Hormigón autocompactante. 18.4 Hormigones reforzados con fibras.	
Tema 19. Sostenibilidad de materiales de construcción.	IL4
19.1 Concepto de sostenibilidad. 19.2 La sostenibilidad de los materiales de construcción. 19.3 Huella de carbono. 19.4 Normativa de aplicación. 19.5 Declaración ambiental de producto. 19.6 Modelos de evaluación de contribución a la sostenibilidad. 19.7 Ejemplos de aplicación	
Tema 20. Nuevas perspectivas de materiales.	IL5
20.1. Utilización de nano adiciones 20.2. Materiales funcionales.	
Tema 21. Innovación en materiales de construcción.	IL5
21.1 El futuro de los materiales de construcción. 21.2 Materiales con diseño a la carta. 21.3 Los materiales multifunción. 21.4 La contribución al desarrollo sostenible y la mejora económica.	

9. Descripción de los métodos de enseñanza empleados

Clase de teoría:

Las clases de teoría aportan los conocimientos teóricos básicos con un enfoque eminentemente práctico y apoyadas por medios audiovisuales. En ellas se dedicará una parte, a una evaluación continua del alumno. De esta forma cada dos semanas aproximadamente se reserva una parte del tiempo al final de la clase al planteamiento y resolución de cuestiones planteadas a partir de la materia presentada.

Clases prácticas:

Las clases prácticas para la resolución de ejercicios o problemas complementan a las teóricas para la correcta comprensión de esta asignatura. Estas prácticas de aula plantean ejercicios de tipo práctico que, además de ilustrar y complementar la teoría, están en su mayoría relacionados casos reales de ingeniería civil. Cada tres semanas aproximadamente, se plantearán problemas como actividades grupales para ser resueltas en pequeños grupos informales (3 ó 4 miembros) formados durante el transcurso de la clase, en un tiempo aproximado de 15-20 min, siendo asistidos por el profesor cuando así lo requieran.

Prácticas de laboratorio o de campo:

Se plantearán dos prácticas de laboratorio. En estas prácticas el alumno observará, experimentará y comprobará los fenómenos relativos al comportamiento mecánico y durable de los materiales estudiados en la asignatura. En ellas el alumno establecerá contacto con las técnicas experimentales de caracterización de las propiedades mecánicas, resistentes y de durabilidad de los materiales.

Trabajos autónomos:

El alumno estudiará la materia expuesta en las clases teóricas y se esforzará por resolver los ejercicios propuestos.

Taller de trabajo en grupo:

Se planteará un trabajo en grupo abierto y de cierta complejidad, para estudiar en profundidad algún tema relevante de la durabilidad y/o innovación de los materiales de construcción. Los alumnos deberán hacer este trabajo fuera de clase, y después tendrán que exponerlo en público frente a sus compañeros. Para la exposición pública de trabajos se organizarán sesiones de una hora en horario extraescolar en las que cuatro grupos expondrán sus estudios durante un cuarto de hora.

Para ayudar a su realización se organizará un taller de trabajo en grupo de una hora de duración, en horario extraescolar para organizar y trabajar las entregas de grupo, con el apoyo del profesor para orientarles en las dudas.

Tutorías

En las horas y lugares indicados, para controlar la evolución del trabajo personal del alumno y resolución de dudas.

Conferencias

Se propone organizar una conferencia impartida por un profesional de prestigio, en la que se presenten los aspectos aplicados de la durabilidad e innovación de los materiales de construcción en la actualidad, así como su relación con los diversos tipos de estructuras y obras.

Formación on line

En la plataforma Moodle la asignatura tiene un espacio donde los alumnos pueden acceder a diversa información y actividades de la asignatura destinada al autoestudio y autoevaluación.

10. Recursos didácticos

Bibliografía básica:

Elenco de documentos seleccionados por los profesores que se entregarán al inicio de la docencia de la asignatura.

Bibliografía complementaria:

Aguado A., Gálvez J.C., et al., *Sostenibilidad y construcción*, Monografía ACHE 2013
Askeland, Donald R., *Ciencia e ingeniería de los materiales*, Paraninfo, 2001.
Bertolini L., Elsener B., Pedferri P., Polder R., *Corrosion of steel in concrete*, Wiley, 2000.
Callister, William D., *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*, Limusa, 2009.
Fernández Cánovas M., *Hormigón*, 10ª Ed., Garceta, 2013.
Gibson R., *Principles of composite material mechanics*, Mc Graw Hill, 1994.
Richardson Mark. M., *Fundamentals of durable reinforced concrete*, Spon Press, 2002.
Taylor, H. F. W., *Cement Chemistry*, 2nd edit., Thomas Telford Publishing, 2003.
Tsai S., Miravete A., *Diseño y análisis de materiales compuestos*, Reverté, 1988.

Recursos Web:

En la plataforma Moodle aparecerán periódicamente documentos para completar la información.

Equipamiento específico:

Biblioteca de la escuela y de la asignatura de Materiales de construcción.

Tabla 11. Cronograma

Semana (ver Nota 1)	Clases magistrales	Prácticas de aula	Prácticas de laboratorio (ver Nota 2)	Trabajo individual	Actividades de evaluación	Otros actividades	Horas
1	Tema 1 3 h			Estudio del tema 1 3 h 15 min	Control de repasso 30 min		6 h 45 min
2	Temas 2 y 3 3 h			Estudio de los temas 2 y 3. 3 h 15 min	Trabajo cooperativo 15 min		6 h 30 min
3	Temas 4 y 5 3 h			Estudio de los temas 4 y 5. 3 h 15 min			6 h 15 min
4	Tema 6 2 h	Caso práctico del tema 6. 1 h		Estudio del tema 6 y sus ejercicios. 3 h 15 min	Trabajo cooperativo 15 min		6 h 30 min
5	Tema 7 3 h			Estudio del tema 7. 3 h 15 min			6 h 15 min
6	Tema 8 2 h	Caso práctico del tema 8 1 h		Estudio del tema 8 y ejercicios. 3 h 15 min	Trabajo cooperativo 15 min		6 h 30 min
7	Tema 9 2 h	Caso práctico del tema 9. 1 h		Estudio del tema 9 y ejercicios. 3 h 15 min			6 h 15 min
8	Temas 10 y 11 3 h			Estudio de los temas 10 y 11. 3 h 15 min	Trabajo cooperativo 15 min		6 h 30 min
9	Temas 12 y 13 2 h	Caso práctico de los temas 12 y 13 1 h		Estudio de los temas 12, 13 y ejercicios. 3 h 15 min			6 h 15 min
10	Temas 14 y 15			Estudio de los temas 14 y 15 .	Trabajo cooperativo		6 h 30 min

Semana (ver Nota 1)	Clases magistrales	Prácticas de aula	Prácticas de laboratorio (ver Nota 2)	Trabajo individual	Actividades de evaluación	Otros actividades	Horas
	3 h			3 h 15 min	15 min		
11	Temas 16 y 17	Caso práctico del tema 17		Estudio de los temas 16, 17 y ejercicios.			6 h 15 min
	2 h	1 h		3 h 15 min			
12	Tema 18			Estudio del tema 18.	Trabajo cooperativo		6 h 30 min
	3 h			3 h 15 min	15 min		
13	Temas 19			Estudio del tema 19.			6 h 15 min
	3 h			3 h 15 min			
14	Tema 20			Estudio del tema 20.	Trabajo cooperativo		6 h 30 min
	3 h			3 h 15 min	15 min		
15	Tema 21			Estudio del tema 21.			6 h 15 min
	3 h			3 h 15 min			
16	Ver Nota 3			Repaso general y realización informa trabajo			4 h 30 min
				4 h 30 min			
Fuera horario			2 prácticas de 1 h cada una		Exposición de trabajo en grupo	Taller trabajo en grupo	4 h
			2 h		1 h	1 h	
Hasta el examen				Preparación examen final	Examen final		17 h
				14 h	3 h		
Horas	40 h	5 h	2 h	67 h 15 min	6 h 15 min	1 h	121 h 30 min

- NOTA**
1. Las fechas concretas de las semanas se indican en el cuadro dónde se presenta el calendario académico.
 2. Las clases de laboratorio se realizarán en grupos pequeños Cada alumno recibirá 2 sesiones de 1 h cada una, fuera del horario ordinario de clases.
 3. Las clases terminan una semana antes del final del curso para compensar las horas dedicadas a clases de laboratorio, talleres de trabajo en grupo y exposición de trabajos..

