

Análisis y diseño de pavimentos

1. Datos generales

Código UPM	Créditos	Carácter	Área temática	Idioma
43000138	4,5	Optativa	Transporte y Territorio	Español
Nombre en inglés:	Pavement Analysis and Design			
Materia	Especialización en Transporte y Territorio			
Departamento	Ingeniería Civil: Transporte y Territorio			
Web asignatura	http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales			
Período impartición	Segundo semestre			

2. Profesorado

Nombre y apellidos	Tribunal	Grupo	Horario tutorías	Lugar	Correo electrónico
Miguel Ángel del Val Melús	Pte.	A	X: 11:00 a 14:00; J: 10:00 a 13:00	3ª planta de la torre	miguel.delval@upm.es
Alberto Bardesi Orue-Echevarría	Secr.	A	J y V: 18:00 a 20:00	Planta 1ª	alberto.bardesi@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:

Tecnología de carreteras y aeropuertos

Otros resultados de aprendizaje necesarios:

Inglés, Materiales de construcción

4. Competencias asignadas y nivel de adquisición

Código	Competencia
CB7	Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
CE-A1	Capacitación científico-técnica y metodológica suficiente para el proyecto, análisis, planificación, explotación y mantenimiento de obras civiles con capacidad técnica equivalente a la de aplicar y valorar críticamente normativa de proyecto, y capacidad gestora adquirida mediante disciplinas transversales que se impartirían integradas en enseñanzas técnicas.
CE-A2	Conocimiento y capacidad para proyectar y dimensionar obras e instalaciones de ingeniería civil
CE-A4	Capacidad para la construcción y conservación de sistemas de ingeniería civil
CE-A6	Conocimiento del marco de regulación de los sistemas de ingeniería civil

Código	Competencia
CE-A7	Conocimiento y capacidad para idear soluciones innovadoras en sistemas de ingeniería civil
CE-A8	Capacidad para idear procedimientos innovadores y sostenibles de explotación y gestión de sistemas de ingeniería civil

5. Resultados de aprendizaje (RA) de la asignatura

Código	Resultado del aprendizaje (RA)	Competencias asociadas
RA1	Conocer los principios tecnológicos y los fundamentos científicos del análisis y diseño de pavimentos.	CE-A1, CE-A6
RA2	Ser capaz de identificar los problemas a resolver en materia de pavimentos, plantear y diseñar soluciones para resolverlos, y dimensionar y calcular los parámetros de diseño en cada uno de los casos.	CB7, CEA1, CE-A2, CE-A4, CE-A6, CE-A7, CE-A8
RA3	Realizar una presentación gráfica y matemática de los problemas y soluciones ligados al análisis y diseño de pavimentos.	CB7, CE-A1
RA4	Hacer una presentación oral de sus conocimientos aplicados, mediante la resolución de casos prácticos.	CB7, CE-A1

6. Indicadores de logro

Código	Básico	Descripción del indicador de logro	RA asociado
IL1	Sí	Es capaz de establecer los criterios para la selección del tipo de pavimento que se va a diseñar.	RA1
IL2	Sí	Formula con precisión los distintos factores básicos de diseño de los pavimentos.	RA1, RA2, RA4
IL3	Sí	Maneja con soltura modelos y programas de cálculo para el diseño y análisis de los pavimentos.	RA2, RA3, RA4
IL4	Sí	Elige y formula en cada caso el criterio de fallo más adecuado en el proceso de diseño del pavimento.	RA2
IL5	Sí	Sabe cómo analizar el comportamiento de pavimentos en servicio	RA2
IL6	Sí	Utiliza con soltura los métodos de diseño empírico de pavimentos más difundidos	RA2, RA3, RA4
IL7	Sí	Conoce los principios de la gestión de pavimentos, en particular del análisis de costes.	RA2, RA3, RA4

NOTA. Básico: Indicador de logro que debe superarse básicamente 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. Asistencia continuada a las clases teóricas y prácticas 20%

Descripción: El estudiante debe asumir como parte de sus obligaciones individuales la asistencia continuada tanto a las clases teóricas como a las clases prácticas.

Criterios de calificación: Este componente de la calificación será proporcional a las clases a las que se haya asistido. Sin embargo, se calificará con 0 si no se ha asistido (por la razón que sea, justificada o no) a cinco (5) horas de clase o más. Si no se ha asistido a diez (10) horas de clase o más no será posible superar la asignatura mediante “evaluación continua”.

Momento y lugar: La asistencia se controlará de manera directa en cada clase.

PE2. Participación activa tanto en las clases teóricas como en las prácticas 20%

Descripción: Las clases, incluso las teóricas, no deben ser concebidas por el alumno como una actividad en la que recibe pasivamente unos conocimientos, sino que debe ser su dinamizador mediante sus intervenciones planteando dudas o haciendo sus propias aportaciones.

Criterios de calificación: Los profesores valorarán subjetivamente la participación de cada alumno en función de la calidad y de la cantidad de sus intervenciones en el conjunto del curso.

Momento y lugar: Los profesores valorarán en las clases la participación de cada alumno.

PE3. Resolución de ejercicios y problemas 35 %

Descripción: Consiste en ejercicios y casos prácticos (un número indefinido a lo largo del semestre). Algunos serán llevados a cabo en clase (sin aviso previo), mientras que otros serán analizados y resueltos fuera de las horas de clase. Estos ejercicios podrán ser individuales o en grupo (en este último caso, dichos grupos serán establecidos por los profesores).

Criterios de calificación: Cada ejercicio o caso práctico se valorará de 0 a 10. La calificación de PE3 será la media aritmética de los ejercicios y casos propuestos, independientemente de su tipo. A estos efectos un ejercicio o caso no realizado se calificará con 0 (calificación que recibirá también el estudiante que, por las causas que fuesen, no hubiese participado en un caso a resolver en grupo). Se requiere que en no más de tres (3) ejercicios o casos la calificación sea inferior a 3,5; si no fuese así, la calificación global de PE3 sería 0.

Momento y lugar: Los ejercicios y casos prácticos serán propuestos de manera regular a lo largo del semestre y los estudiantes contará con el tiempo estrictamente suficiente para su resolución.

PE4. Examen final 25 %

Descripción: Consiste en una prueba constituida por dos partes: a) Prueba objetiva: Veinticinco (25) preguntas, cada una de ellas con tres (3) opciones de respuesta y un tiempo total disponible de 15 minutos; b) ejercicio práctico para el que se dispondrá de un tiempo de 45 minutos.

Criterios de calificación: La prueba se valorará con una calificación de 0 a 10. La prueba objetiva supondrá el 40 % de la calificación del examen, mientras que el ejercicio práctico supondrá el 60 % de la calificación del examen. La no realización de este examen o su obtención en él de un 0 supondrá en cualquier caso la no superación de la asignatura mediante “evaluación continua”.

Momento y lugar: Los determina la Comisión Académica del Máster.

Calificación final de la asignatura mediante evaluación continua

Se considerará superada la materia cuando la calificación obtenida de combinar PE1, PE2, PE3 y PE4, con sus correspondientes ponderaciones, sea igual o superior a 5,0.

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

7.2. Mediante “sólo prueba final”

Descripción: Consiste en una prueba constituida por tres partes: a) Prueba objetiva: Veinticinco (25) preguntas, cada una de ellas con tres (3) opciones de respuesta y un tiempo total disponible de 15 minutos; b) dos ejercicios prácticos para los que se dispondrá de un tiempo total de 90 minutos; c) desarrollo de cinco temas teórico-prácticos para los que en total se dispondrá de un tiempo de 90 minutos.

Criterios de calificación: El examen se valorará con una calificación global de 0 a 10. Se supera si la calificación es igual o superior a 5,0. La prueba objetiva supondrá el 20 % de la calificación del examen, mientras que tanto los ejercicios prácticos como los temas teórico-prácticos supondrán el 40 % de la calificación del examen.

Momento y lugar: Los determina la Comisión Académica del Máster.

Calificación final de la asignatura mediante “sólo prueba final”

Será directamente la calificación obtenida en el examen final ordinario o extraordinario. (En ningún caso se computarán resultados que se hubieran podido obtener en pruebas de evaluación anteriores). Para superar la asignatura será necesario obtener una calificación igual o mayor que 5,0.

8. Contenidos específicos (temario)

Capítulo, Tema, Apartados y Descriptores	Indicador de Logro asociado
Capítulo I: Principios del diseño de pavimentos	
Tema 1. Principios generales del diseño de pavimentos. Vida útil de los pavimentos.	IL1
Tema 2. Selección previa del tipo de pavimento: pavimentos flexibles frente a pavimentos de hormigón	IL1
Capítulo II: Estudio y caracterización de los factores básicos del diseño	
Tema 3. Estudios de tráfico. Espectros de carga. Caracterización de las cargas. Interacción rueda-pavimento.	IL2
Tema 4. El cimientó. Formación de explanadas (mediante suelos naturales y mediante estabilizaciones in situ). Caracterización y modelización del cimientó.	IL2
Tema 5. Comportamiento de los materiales y su caracterización. Materiales granulares, materiales tratados con cemento y materiales bituminosos. Comportamientos lineales y no lineales. Elasticidad y viscoelasticidad.	IL2
Tema 6. Factores climáticos y ambientales. El efecto de la variación de las temperaturas. El efecto de la helada.	IL2
Tema 7. Fiabilidad del diseño. Influencia del control de calidad en la ejecución.	IL2
Capítulo III: Modelos de comportamiento. Programas de cálculo	
Tema 8. Modelos matemáticos. Teoría de los sistemas elásticos multicapa. Teoría de la viscoelasticidad.	IL3
Tema 9. Programas computacionales para el diseño y análisis de pavimentos.	IL3
Capítulo IV: Modelos de fallo	
Tema 10. Fallo debido a la fatiga.	IL4
Tema 11. Fallo debido a deformaciones acumuladas.	IL4
Tema 12. Otros criterios de fallo.	IL4
Capítulo V: Análisis del comportamiento de los pavimentos y seguimiento de pavimentos en servicio	

Capítulo, Tema, Apartados y Descriptores	Indicador de Logro asociado
Tema 13. Planteamiento general.	IL5
Tema 14. Tramos de ensayo y pistas de ensayo.	IL5
Tema 15. Comportamiento de pavimentos a largo plazo.	IL5
Capítulo VI: Métodos empíricos de diseño	
Tema 16. Características generales, ventajas y desventajas de los métodos empíricos.	IL6
Tema 17. El método AASHTO	IL6
Tema 18. MEPDG (Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide).	IL6
Capítulo VII: Introducción a la gestión de pavimentos	
Tema 19. Principios de la gestión de pavimentos.	IL7
Tema 20. Evaluación de pavimentos existentes. Inspección de deterioros y auscultación deflectométrica.	IL7
Tema 21. Análisis económico de soluciones y optimización de costes.	IL7

9. Descripción de los métodos de enseñanza empleados

Clase de teoría:

El profesor expondrá los conceptos necesarios para la comprensión de los contenidos de la asignatura, acompañados de ejemplos significativos y de los razonamientos lógicos pertinentes para desarrollar la capacidad científica y técnica del estudiante. Se estimulará su intervención, invitándole a discutir sobre los contenidos de dichas explicaciones.

Clases prácticas:

Las clases prácticas sirven para la resolución de ejercicios o problemas que permitan complementar las clases teóricas para la correcta comprensión de la asignatura. En las clases prácticas se aplicaran los conocimientos adquiridos a situaciones reales, a fin de que el estudiante adquiera soltura en el planteamiento y resolución de problemas similares a los que se encontrará en la vida profesional. El estudiante trabajará sobre problemas similares a los resueltos por el profesor. En ocasiones se dejará a los estudiantes trabajar sobre un problema que seguidamente se discutirá de manera abierta.

Clases de laboratorio:

No hay prácticas de laboratorio

Trabajos autónomos:

Los estudiantes trabajarán sobre la materia expuesta en las clases teóricas; además, resolverán los ejercicios que se pongan en clase

Trabajos en grupo:

Está prevista la realización de varios casos prácticos a lo largo del semestre, cada uno de los cuales será analizado y resuelto en grupos fuera de las horas de clase. Los grupos serán establecidos por los profesores.

Tutorías

En las horas y lugares indicados, para facilitar al estudiante la resolución de sus dudas y para encauzar el trabajo autónomo.

10. Recursos didácticos

Bibliografía básica:

AASHTO (1986-1993): Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

CRONEY, D., CRONEY, P. (1998): Design and Performance of Road Pavements, 3ª edición, 508 pág., McGraw-Hill, New York.

EUROPEAN COMMISSION (1999): COST 333 Development of New Bituminous Pavement Design Method, 375 pág., Luxembourg.

HUANG, Y.H. (2012): Pavement Analysis and Design, 2ª edición, 775 pág., Pearson, Upper Saddle River, NJ (USA)

KRAEMER, C. et al. (2004): Ingeniería de Carreteras, volumen 2, 555 pág., McGraw-Hill, Madrid.

Bibliografía complementaria:

EUROPEAN COMMISSION (2008): NR2C New Road Construction Concepts, 248 pág., FEHRL (<http://www.fehrl.org/nr2c>).

HALLIN, J.P. et al. (2011): Guide for Pavement-Type Selection, NCHRP Report 703, 70 pág., Transportation Research Board, Washington, D.C.

PAPAGIANNAKIS, A.T., MASAD, E.A. (2008): Pavement Design and Materials, 542 pág., John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.

THOM, N. (2008): Principles of pavement engineering, 469 pág., Thomas Telford, Londres

TIMM, D.H. et al. (2010): Guidance for M-E Pavement Design Implementation, 91 pág., Harbert Engineering Center, Auburn (Alabama).

YANG, N.C. (1972): Design of functional pavements, 467 pág., McGraw-Hill, New York.

YODER, E.J., WITCZAK, M.W. (1975): Principles of Pavement Design, 2ª edición, John Wiley & Sons, New York y Toronto.

Recursos Web:

Moodle de la asignatura

Otras webs: <http://www.trb.org/Publications/PubsNCHRPPublications.aspx>

Equipamiento específico:

Biblioteca del Laboratorio del Laboratorio de Caminos de la Escuela

Tabla 11. Cronograma

Semana (ver Nota 1)	Clases magistrales	Clases de ejercicios, problemas, prácticas, etc.	Trabajo de grupo	Trabajo individual	Actividades de evaluación	Otras actividades	Horas
1	Tema 1, Tema 2 3 h			Estudio Temas 1 y 2 4 h			7 h
2	Tema 3 2 h	Ej. Tema 3 1 h	Ej. Temas 1 y 2 2 h	Estudio Tema 3 6 h			11 h
3	Tema 4 2 h	Ej. Tema 4 1 h	Ej. Temas 3 y 4 2 h	Estudio Tema 4 3,5 h			8,5 h
4	Tema 5 2 h	Ej. Tema 5 1 h	Ej. Temas 3, 4 y 5 2 h	Estudio Temas 5 4 h			9 h
5	Tema 6, Tema 7 2 h	Ej. Temas 6 y 7 1 h	Ej. Temas 6 y 7 2 h	Estudio Temas 6 y 7 3,5 h			8,5 h
6	Tema 8 1,5 h	Ej. Tema 8 1,5 h	Ej. Temas 8 y 9 2 h	Estudio Temas 8 3,5 h			8,5 h
7	Tema 9, Tema 10 1 h	Ej. Tema 9 2 h	Ej. Temas 8 y 9 2 h	Estudio Tema 9 y 10 4 h			9 h
8	Tema 11, Tema 12 1 h	Ej. Temas 8 y 9 2 h	Ej. Temas 10 y 11 2 h	Estudio Tema 11 y 12 4 h			9 h
9	Tema 13, Tema 14 1 h	Ej. Temas 8 y 10 2 h		Estudio Tema 13 y 14 4 h			7 h
10	Tema 15, Tema 16 2 h	Ej. Tema 16 1 h	Ej. Temas 15 y 16 2 h	Estudio Temas 15 y 16 4 h			9 h
11	Tema 17 3 h		Ej. Temas 17 2 h	Estudio Tema 17 4 h			9 h



Semana (ver Nota 1)	Clases magistrales	Clases de ejercicios, problemas, prácticas, etc.	Trabajo de grupo	Trabajo individual	Actividades de evaluación	Otras actividades	Horas
12	Tema 17 1 h	Ej. Tema 17 2 h	Ej. Temas 17 2 h	Estudio Tema 17 3,5 h			8,5 h
13	Tema 18, Tema 19 2 h	Ej. Tema 17 1 h	Ej. Temas 17 2 h	Estudio Tema 18 19 4 h			9 h
14	Tema 20, Tema 21 1 h	Ej. Temas 20 y 21 2 h	Ej. Temas 20 y 21 2 h	Estudio Tema 19 y 20 3,5 h			8,5 h
Horas	24,5 HORAS	17,5 HORAS	24 HORAS	55,5 HORAS			121,5 HORAS

NOTA 1. Las fechas concretas de las semanas se indican en el cuadro donde se presenta el calendario académico.

