

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA

586 - Cálculo Avanzado de Estructuras

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
Obligatoria. Curso 1

Curso Académico 2025-2026

1. DATOS IDENTIFICATIVOS					
Título/s	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos			Tipología v Curso	Obligatoria. Curso 1
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos				
Módulo / materia	CÁLCULO AVANZADO DE ESTRUCTURAS TECNOLOGÍA ESPECÍFICA EN ESTRUCTURAS, MATERIALES Y GEOTECNIA				
Código y denominación	586 - Cálculo Avanzado de Estructuras				
Créditos ECTS	4,5	Cuatrimestre	Cuatrimestral (1)		
Web					
Idioma de impartición	Español	English friendly	No	Forma de impartición	Presencial

Departamento	DPTO. INGENIERIA ESTRUCTURAL Y MECANICA				
Profesor responsable	JAVIER SANCHEZ HARO				
E-mail	javier.sanchezharo@unican.es				
Número despacho	E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Planta: + 2. DESPACHO (2040)				
Otros profesores	ALVARO GAUTE ALONSO				

2. CONOCIMIENTOS PREVIOS	
Cálculo diferencial e integral; Ecuaciones diferenciales; Álgebra matricial; Teoría de autovalores y autovectores; Dinámica; Cálculo de estructuras.	

3. COMPETENCIAS GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS DEL PLAN DE ESTUDIOS TRABAJADAS

Competencias Genéricas

Capacidad científico-técnica y metodológica para el reciclaje continuo de conocimientos y el ejercicio de las funciones profesionales de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, planificación, dirección, gestión, construcción, mantenimiento, conservación y explotación en los campos de la ingeniería civil.

Capacidad para el proyecto, ejecución e inspección de estructuras (puentes, edificaciones, etc.), de obras de cimentación y de obras subterráneas de uso civil (túneles, aparcamientos), y el diagnóstico sobre su integridad.

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.

Competencias Específicas

Conocimiento y capacidad para el análisis estructural mediante la aplicación de los métodos y programas de diseño y cálculo avanzado de estructuras, a partir del conocimiento y comprensión de las solicitaciones y su aplicación a las tipologías estructurales de la ingeniería civil. Capacidad para realizar evaluaciones de integridad estructural.

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

Competencias Básicas

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.

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.

Competencias Transversales

Capacidad de recurrir y aplicar el pensamiento lógico y crítico en su análisis de problemas y toma de decisiones.

Conocer y utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs).

Capacidad para desarrollar una motivación de orientada al logro y automotivación.

3.1 RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Comprender el comportamiento estructural y la respuesta a dicho comportamiento de los modelos y métodos de cálculo que lo idealizan, para los diferentes tipos de acciones. Comprender las magnitudes que intervienen en la respuesta estructural.
- Comprender la realidad de las cargas que pueden actuar sobre una estructura (estáticas, cinemáticas y dinámicas) y su correcta consideración en los modelos y programas de computador de cálculo general de estructuras.
- Comprender los diferentes métodos de cálculo estático y dinámico de estructuras, sus aplicaciones y limitaciones, y su adaptación a los programas de computador.
- Comprender las particularidades que caracterizan y diferencian el comportamiento de una estructura bajo acciones dinámicas en comparación con su comportamiento bajo acciones estáticas.
- Comprender las características de las acciones sísmicas como caso particular de las acciones dinámicas.
- Analizar estática y dinámicamente tipos estructurales sencillos, comprendiendo su comportamiento resistente.
- Analizar críticamente los resultados de un cálculo estructural estático o dinámico.
- Aplicar las normativas y códigos (españoles y Eurocódigos) donde se contemplan las diferentes acciones, estáticas, cinemáticas, dinámicas, en general, y sísmicas, en particular, que hay que considerar en el cálculo estructural para el análisis de los diferentes estados límites.
- Usar programas de computador aplicados al cálculo general de estructuras, estático o dinámico, conociendo la teoría que los sustenta.

4. OBJETIVOS

- Aprender los conceptos de acciones y sistemas estructurales, estáticos y dinámicos, y distinguir las particularidades que los caracterizan y diferencian.
- Mediante modelos elementales de un grado de libertad, establecer la ecuación, estática o dinámica, que rige el problema estructural y aprender a resolverla para diferentes tipos de sollicitaciones.
- De la resolución de la ecuación estática (barra, cable, viga a flexión, viga a torsión), deducir y comprender el concepto de rigidez; y de ecuación la dinámica, los conceptos de frecuencia y periodo propio de vibración, resonancia, amortiguamiento estructural y factor de amplificación dinámica, con sus implicaciones y correspondientes aplicaciones prácticas.
- Consolidar el conocimiento de las técnicas de cálculo matricial de estructuras (métodos de flexibilidad y rigidez) para la resolución de problemas estructurales generales, tanto de estructuras de edificación o industriales, en su sentido más general, como de puentes de diversa índole (tipologías de viga continua, pórtico, puentes arco, atirantados o colgantes).
- Mediante la técnica de cálculo matricial en rigidez, aprender a resolver problemas de cálculo dinámico de estructuras en el dominio del tiempo por el método de superposición modal, comprendiendo los conceptos de frecuencias y modos de vibración, y de matriz de amortiguamiento ortogonal.
- Asimismo, aprender el concepto de espectro de respuesta para su aplicación a la resolución de un problema de cálculo de estructuras bajo acciones sísmicas, mediante el método de análisis modal-espectral. En particular, los espectros de respuesta de la norma sismorresistente española y del Eurocódigo.
- Por último, en clases prácticas de laboratorio, y mediante la resolución de determinados ejemplos, el alumno se iniciará en la utilización de alguno de los programas de computador de cálculo general de estructuras (estático y dinámico) existentes en la actualidad.

5. MODALIDADES ORGANIZATIVAS Y MÉTODOS DOCENTES	
ACTIVIDADES	HORAS DE LA ASIGNATURA
ACTIVIDADES PRESENCIALES	
HORAS DE CLASE (A)	
- Teoría (TE)	21
- Prácticas en Aula (PA)	9
- Prácticas de Laboratorio Experimental(PLE)	7
- Prácticas de Laboratorio en Ordenador (PLO)	8
- Prácticas Clínicas (CL)	
Subtotal horas de clase	45
ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO (B)	
- Tutorías (TU)	12
- Evaluación (EV)	12
Subtotal actividades de seguimiento	24
Total actividades presenciales (A+B)	69
ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	
Trabajo en grupo (TG)	
Trabajo autónomo (TA)	43,5
Tutorías No Presenciales (TU-NP)	
Evaluación No Presencial (EV-NP)	
Total actividades no presenciales	43,5
HORAS TOTALES	112,5

6. ORGANIZACIÓN DOCENTE

CONTENIDOS		TE	PA	PLE	PLO	CL	TU	EV	TG	TA	TU- NP	EV- NP	Semana
1	<p>1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL LINEAL Y NO LINEAL</p> <p>1.1. Conceptos de linealidad y no linealidad en el cálculo de estructuras. Condiciones de linealidad. Cálculo lineal y no lineal bajo acciones estáticas.</p> <p>1.2. Concepto de acciones y sistemas estructurales estáticos y dinámicos, y sus características. Tipos de acciones: estáticas, cuasi-estáticas, cinemáticas y dinámicas. Tipos de vibraciones. Métodos de discretización.</p>	3,00	1,50	1,00	2,00	0,00	1,50	1,50	0,00	7,50	0,00	0,00	1-2
2	<p>2. TEOREMAS ENERGÉTICOS</p> <p>2.1. Teoremas energéticos en cálculo de estructuras . Principios fundamentales y teoremas derivados. Aplicaciones prácticas en el cálculo convencional de estructuras.</p> <p>2.2. Aplicación de los teoremas energéticos a la formulación indirecta de la ecuación dinámica en sistemas de 1 GDL como alternativa al método de equilibrio . Sistemas generalizados de 1 GDL. Elementos rígidos. Placas.</p> <p>2.3. Resolución de la ecuación dinámica: Vibraciones libres. Conceptos de frecuencia fundamental y periodo propio de vibración. Amortiguamiento estructural y decremento logarítmico. Vibraciones forzadas armónicas: Concepto de resonancia. Factor de amplificación dinámica. Vibraciones forzadas periódicas, impulsivas y arbitrarias. Integral de Duhamel.</p>	4,50	1,50	2,00	1,00	0,00	3,00	3,00	0,00	9,00	0,00	0,00	2-3-4
3	<p>3. MÉTODOS MATRICIALES DE EQUILIBRIO Y FLEXIBILIDAD</p> <p>3.1. Matrices de equilibrio en sistemas estructurales estáticamente determinados.</p> <p>3.2. Matrices de flexibilidad en sistemas estructurales estáticamente indeterminados.</p> <p>3.3. Aplicaciones prácticas al cálculo convencional de estructuras.</p> <p>3.4. Cálculo indirecto de la matriz de rigidez de una estructura a partir de la matriz de flexibilidad. Aplicaciones prácticas.</p>	4,50	1,50	1,00	2,00	0,00	1,50	1,50	0,00	9,00	0,00	0,00	4-5-6

<p>4</p> <p>4. MÉTODO MATRICIAL DE RIGIDEZ</p> <p>4.1. Cálculo directo de la matriz de rigidez de una estructura. Vectores de cargas. Aplicación práctica a la resolución de problemas estructurales generales</p> <p>4.2. Aplicación del método matricial de rigidez al cálculo de sistemas dinámicos de N GDL. Matrices de masas y de amortiguamiento ortogonales. Planteamiento general de la ecuación matricial dinámica. Vibraciones libres. Obtención de frecuencias y modos. Coordenadas modales. Matriz modal</p> <p>4.3. Vibraciones forzadas. Transformación a coordenadas modales. Respuesta dinámica en el dominio del tiempo. Método de superposición modal.</p> <p>4.4. Aplicaciones prácticas.</p>	4,50	1,50	1,00	2,00	0,00	3,00	3,00	0,00	9,00	0,00	0,00	7-8-9
<p>5</p> <p>5. TIPOS DE ACCIONES EN LA NORMATIVA. PROGRAMAS DE COMPUTADOR</p> <p>5.1. Definición de las acciones en el cálculo de estructuras. Tipos de acciones estáticas y cinemáticas en la normativa española y en los Eurocódigos, y sus combinaciones para la verificación de los estados límites.</p> <p>5.2. Acciones extraordinarias de carácter sísmico: Aspectos fundamentales de las acciones sísmicas. Concepto de espectro de respuesta y su consideración en la normativa.</p> <p>5.3. Obtención de la respuesta estructural bajo acciones sísmicas en sistemas de 1 GDL y de N GDL: Análisis modal espectral. Concepto de ductilidad. Aplicaciones prácticas y recomendaciones constructivas.</p> <p>5.4. Características y utilización práctica de los programas comerciales de computador en el cálculo estático y dinámico de estructuras.</p>	4,50	3,00	2,00	1,00	0,00	3,00	3,00	0,00	9,00	0,00	0,00	9 a 12
<p>TOTAL DE HORAS</p>	21,00	9,00	7,00	8,00	0,00	12,00	12,00	0,00	43,50	0,00	0,00	
<p>Esta organización tiene carácter orientativo.</p>												

TE	Horas de teoría
PA	Horas de prácticas en aula
PLE	Horas de prácticas de laboratorio experimental
PLO	Horas de prácticas de laboratorio en ordenador
CL	Horas de prácticas clínicas
TU	Horas de tutoría
EV	Horas de evaluación
TG	Horas de trabajo en grupo
TA	Horas de trabajo autónomo
TU-NP	Tutorías No Presenciales
EV-NP	Evaluación No Presencial

7. MÉTODOS DE LA EVALUACIÓN				
Descripción	Tipología	Eval. Final	Recuper.	%
Práctica de seguimiento	Otros	No	Sí	30,00
Calif. mínima	4,00			
Duración	2 horas			
Fecha realización	Al concluir el bloque 2			
Condiciones recuperación	En el examen ordinario o extraordinario			
Observaciones	La práctica de seguimiento constará de dos ejercicios prácticos o teórico-prácticos. Tendrá el carácter de eliminatoria para aquellos alumnos que la superen.			
Examen ordinario	Examen escrito	Sí	Sí	40,00
Calif. mínima	4,00			
Duración	4 horas			
Fecha realización	La establecida en el calendario de exámenes			
Condiciones recuperación	En el examen extraordinario, en el que las condiciones de evaluación serán las mismas que las del examen ordinario.			
Observaciones	El examen ordinario constará de 2-4 ejercicios prácticos o teórico-prácticos, correspondientes 1-2 a los bloques 3 a 5, comunes para todos los alumnos, y los otros 1-2 de recuperación para aquellos alumnos que no hayan superado la práctica de seguimiento.			
Prácticas individuales	Trabajo	No	No	20,00
Calif. mínima	0,00			
Duración				
Fecha realización	A lo largo del curso			
Condiciones recuperación				
Observaciones	Las prácticas individuales abordarán todos los bloques docentes y se irán realizando y entregando a lo largo del curso.			
Prácticas de laboratorio	Evaluación en laboratorio	No	No	10,00
Calif. mínima	0,00			
Duración				
Fecha realización	A lo largo del curso			
Condiciones recuperación				
Observaciones	Las prácticas de laboratorio se realizarán al concluir los bloques 2 y 5.			
TOTAL				100,00
Observaciones				

En relación con los acuerdos adoptados en la sesión ordinaria de la Junta de Escuela celebrada el día 10 de junio de 2010, se establece que, con respecto a las actividades de evaluación que tengan el carácter de recuperables, como criterio general y salvo que en esta guía se especifique una cosa diferente, un alumno sólo podrá presentarse a la recuperación de aquellas actividades que no haya superado, es decir, en las que no haya obtenido una calificación mínima de cinco sobre diez.

Como criterio general y salvo que en esta guía se especifique una cosa diferente, en el período de recuperación el procedimiento de evaluación de una actividad será el mismo que el de la actividad que la origina.

Nota: Según el real decreto RD 1125/2003 sobre el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional, los resultados obtenidos por el alumno en cada una de las materias del plan de estudios se calificarán en función de la siguiente escala numérica de 0 a 10, con expresión de un decimal, a la que podrá añadirse su correspondiente calificación cualitativa:

0,0-4,9: Suspenso (SS).

5,0-6,9: Aprobado (AP).

7,0-8,9: Notable (NT).

9,0-10: Sobresaliente (SB).

Únicamente por causas debidamente justificadas (ej. restricciones sanitarias) las pruebas de evaluación podrán organizarse a distancia, previa autorización de la Dirección del Centro.

Criterios de evaluación para estudiantes a tiempo parcial

Los estudiantes matriculados a tiempo parcial podrán examinarse de toda la asignatura en los exámenes ordinario o extraordinario, cumpliendo los requisitos exigidos al resto de alumnos en dichos exámenes.

8. BIBLIOGRAFÍA Y MATERIALES DIDÁCTICOS

BÁSICA

CÁLCULO MATRICIAL DE ESTRUCTURAS. Avelino Samartín Quiroga y José Ramón González de Cangas. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2001). ISBN-84-380-0179-3.

INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DINÁMICO DE ESTRUCTURAS. Juan Miquel Canet y Alex H. Barbat. CIMNE, Barcelona, 2015.

NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE NCSE 02

Complementaria				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				
MATRIX METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. R.K. Livesley. Ed. Pergamon Press (1975). ISBN-0-08-018888-5.				
THEORY OF VIBRATIONS WITH APPLICATIONS. William Thomson. Ed. George Allen and Unwin Ltd. (1981). ISBN 0-04-620012-6				
DYNAMICS OF STRUCTURES. Ray W. Clough & Joseph Penzien. Ed. Mc Graw Hill (1975). ISBN 0-07-011392-0				

9. SOFTWARE				
PROGRAMA / APLICACIÓN	CENTRO	PLANTA	SALA	HORARIO
Midas Civil	E.T.S. Ingenieros de Caminos			
MatLab	E.T.S. Ingenieros de Caminos			

10. COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Comprensión escrita | <input type="checkbox"/> Comprensión oral |
| <input type="checkbox"/> Expresión escrita | <input type="checkbox"/> Expresión oral |
| <input type="checkbox"/> Asignatura íntegramente desarrollada en inglés | |

Observaciones