



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ing. de Caminos
Canales y P.

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

43000466 - Calculo Avanzado De Estructuras

PLAN DE ESTUDIOS

04AG - Master Universitario En Ingenieria De Caminos, Canales Y Puertos

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	43000466 - Calculo Avanzado de Estructuras
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	04AG - Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
Centro responsable de la titulación	04 - E.T.S. De Ing. De Caminos Canales Y P.
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Antonio Carnerero Ruiz	Desp. Planta 9	antonio.carnerero@upm.es	Sin horario.
Jose Maria Arrieta Torrealba (Coordinador/a)	Desp. Sótano 1	josemaria.arrieta@upm.es	Sin horario.
David Izquierdo Lopez	Desp. Planta 9	david.izquierdo@upm.es	Sin horario.
Maria Mercedes Madrid Ramos	Desp. Planta 9	mariamercedes.madrid@upm.es	Sin horario.

Miguel Fernandez Ruiz	Lab. Estruct.	miguel.fernandezruiz@upm.es	Sin horario.
Sabino Nicola Tarque Ruiz	Lab. Estruct.	nicola.tarque@upm.es	Sin horario. Sin horario

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Elasticidad Aplicada

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Mecánica, Resistencia de materiales, Cálculo lineal de estructuras.

- Análisis matemático, Cálculo diferencial e integral, Álgebra vectorial y tensorial, Análisis vectorial y tensorial, Ecuaciones diferenciales ordinarias, Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE22 - 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.

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.

CE38 - Capacidad para integrar y aplicar los conocimientos técnicos en asesoría, análisis, diseño y modelización físico-matemática en ingeniería estructural.

CE39 - Capacidad predictiva para optimización de soluciones en ingeniería estructural.

CGP01 - Capacitación 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. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8

CGP06 - Conocimiento para aplicar las capacidades técnicas y gestoras en actividades de I+D+i dentro del ámbito de la ingeniería civil. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

CGP11 - 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. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

CGP12 - Capacidad para planificar, diseñar y gestionar infraestructuras, así como su mantenimiento, conservación y explotación. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

CGP18 - 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. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

CT2 - Polivalencia y capacidad de aprendizaje autónomo. Desarrolla la competencia transversal 5ª del Real Decreto.

CT8 - Capacidad de diseñar, analizar e interpretar experimentos relevantes en ingeniería civil.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA128 - Modela y dimensiona elementos continuos y estructurales sometidos a acciones estáticas mediante el método numérico de los Elementos Finitos.

RA129 - Modela y dimensiona elementos continuos y estructurales sometidos a acciones dinámicas mediante métodos analíticos y numéricos.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura que se propone, Cálculo Avanzado de Estructuras, supone una continuidad con las anteriores asignaturas estructurales y en ella se prosigue profundizando en el análisis lineal de estructuras y se estudia, en primer lugar, el método de los Elementos Finitos aplicado a estructuras, tanto de barras como continuas, incidiendo en el significado estructural de los diferentes elementos que intervienen en el proceso: variables, matrices, ecuaciones, etc. Se incide especialmente en la modelización de las estructuras, analizando posibles problemas asociados a la discretización y comentando las ventajas e inconvenientes de los diversos tipos de elementos, y en la interpretación de los resultados del cálculo, discriminando qué se puede pedir y qué no a los resultados del mismo. Aplicaciones típicas son los estudios de efectos locales, los elementos con geometría compleja, los elementos masivos, e incluso la modelización de la estructura completa.

5.2. Temario de la asignatura

1. Cálculo de Estructuras por Elementos Finitos

1.1. Introducción. Generalidades. Ámbito de aplicación.

1.2. Planteamiento del M.E.F. Planteamiento Variacional. Desarrollo del Método.

1.3. Método de las funciones de forma Interpolación de Lagrange. Elemento de Referencia. Elemento Genérico. Reformulación del Problema.

1.4. Funciones de forma en elementos continuos. Elementos Bidimensionales. Elementos Unidimensionales. Elementos Tridimensionales.

1.5. Integración numérica. Métodos de integración. Orden de integración.

1.6. Convergencia Condiciones Básicas y Adicionales. Aproximación a la Solución. Compatibilidad y Equilibrio. Cálculo de Tensiones. Modelización y Errores.

1.7. Tipos de elementos. Elementos continuos 1D. Elementos continuos 2D. Elementos continuos 3D. Barra Articulada. Vigas. Placas. Láminas.

1.8. Otras técnicas del M.E.F. Condensación Estática. Funciones de Forma Adicionales. Integración Selectiva. Campo de Deformaciones Impuesto.

2. Cálculo Dinámico de Estructuras.

2.1. Introducción al Cálculo Dinámico. Concepto. Objetivos. Causas de aparición de fenómenos dinámicos. Problemas típicos de Cálculo Dinámico. Clasificación del Cálculo Dinámico..

- 2.2. Acciones Dinámicas. Acciones Impulsivas. Acciones Periódicas. Acciones Sísmicas. Viento.
- 2.3. El problema dinámico. Planteamiento general. Modelos continuos: la viga. Modelos discretos: sistema de 1 gdl.
- 2.4. Estructuras asimilables a sistemas de 1 gdl. Estructuras simples. Estructuras complejas: estructuras con elementos rígidos, estructuras con elementos flexibles.
- 2.5. Sistema de 1 gdl: respuesta a cargas sencillas. Respuesta a cargas impulsivas: FCD. Respuesta a acciones armónicas: FCD y resonancia.
- 2.6. Sistema de 1 gdl: respuesta a cargas genéricas. Introducción. Método de la Integral de Duhamel o de Convolución. Método de la Función Salto Unidad. Espectro de Respuesta. Métodos de Integración Paso a Paso. Paso de un eje por un tablero.
- 2.7. Sistemas de múltiples gdl. Planteamiento del problema. Matrices de masas. Oscilación libre sin amortiguamiento. Desacoplamiento del sistema sin amortiguamiento. Desacoplamiento del sistema con amortiguamiento. Condiciones iniciales. Otras cuestiones.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Apartado 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Apartado 1.1 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
2	Apartado 1.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Apartado 1.2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
3	Apartado 1.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Apartado 1.3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	Apartado 1.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Apartado 1.4 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	Apartado 1.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Apartado 1.5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	Apartado 1.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Apartado 1.6 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

7	<p>Apartado 1.7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 1.7 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
8	<p>Apartado 1.8 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 1.8 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
9				<p>Primer Examen Parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>
10	<p>Apartado 2.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 2.1 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p>Apartado 2.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 2.2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p>Apartado 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 2.3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p>Apartado 2.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 2.4 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p>Apartado 2.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 2.5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

15	<p>Apartado 2.6 y 2.7 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Apartado 2.6 y 2.7 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
16				
17				<p>Segundo Examen Parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p> <p>Examen Final Ordinario EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> <p>Ejercicios desarrollados por el alumno TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> <p>Examen Final Ordinario EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Primer Examen Parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	30%	0 / 10	CE22 CE23 CE38 CE39 CT2 CT8 CGP11 CGP12 CGP18 CGP01 CGP06
17	Segundo Examen Parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	30%	0 / 10	CE22 CE23 CE38 CE39 CT2 CT8 CGP11 CGP12 CGP18 CGP01 CGP06
17	Examen Final Ordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	60%	0 / 10	CE22 CE23 CE38 CE39 CT2 CT8 CGP11 CGP12 CGP18 CGP01 CGP06

17	Ejercicios desarrollados por el alumno	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	40%	0 / 10	
----	--	---	------------	-------	-----	--------	--

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final Ordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CE22 CE23 CE38 CE39 CT2 CT8 CGP11 CGP12 CGP18 CGP01 CGP06

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Final Extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CE22 CE23 CE38 CE39 CT2 CT8 CGP12 CGP18 CGP01 CGP06

7.2. Criterios de evaluación

Mediante "evaluación continua"

PE1. Trabajo de clase 10%

Descripción. Se valorará el trabajo de clase, mediante el control estadístico de asistencia, y la participación activa del alumno durante las clases.

Criterios de calificación. Se valorará, (sobre 10 puntos) un 50% la asistencia y un 50% la participación en las actividades de clase. Para obtener calificación será preciso haber asistido a un mínimo del 50% de las clases.

Momento y lugar: Durante las clases, que serán presenciales, salvo que las Autoridades Sanitarias lo prohíban, en cuyo caso serán telemáticas.

PE2. Resolución individual de ejercicios y problemas 30%

Descripción. Consiste en la resolución individual de ejercicios de las materias tratadas en clase, que será realizada por el alumno de forma autónoma, con el apoyo de los profesores de la asignatura. Los ejercicios se entregarán de acuerdo con un calendario programado para su evaluación.

Criterios de calificación. Los ejercicios entregados serán valorados cada uno sobre 10 puntos. La calificación obtenida será la media aritmética de las notas de los ejercicios.

Momento y lugar: Durante el curso.

PE3. Exámenes parciales 60%

Descripción. Consiste en la resolución individual de ejercicios de carácter teórico o práctico de la materia tratada en clase hasta ese momento. Habrá dos exámenes parciales durante el curso. La duración de cada examen será de aproximadamente 1 hora.

Criterios de calificación. Cada uno de los dos exámenes se valorará sobre 10 puntos. La calificación será la media

ponderada de las calificaciones de los ejercicios propuestos en el mismo. En el propio examen se indicará el coeficiente de ponderación de cada uno de los ejercicios.

Aprobarán la asignatura, sin necesidad de acudir al examen final, los alumnos cuya calificación ponderada de PE1 (10%), PE2 (30%) y PE3 (60%) sea igual o superior a 5. En ningún caso la calificación será inferior a la media de los parciales.

Momento y lugar: Los exámenes serán presenciales, salvo que las Autoridades Sanitarias lo prohíban, en cuyo caso, serán mediante videoconferencia, en la fecha y horario determinado por Jefatura de Estudios.

PE4. Examen final 60%

Descripción. Consiste en un único examen cuya duración será de aproximadamente 2 horas. Este examen estará formado por ejercicios de carácter práctico o teórico relativos a la totalidad de la materia impartida.

Criterios de calificación. Cada uno de los ejercicios se valorará sobre 10 puntos. La nota del examen será la media ponderada de las calificaciones de los ejercicios propuestos en el examen. En el propio examen se indicará el coeficiente de ponderación de cada uno de los ejercicios.

Aprobarán la asignatura los alumnos cuya calificación ponderada de PE1 (10%), PE2 (30%) y PE4 (60%) sea igual o superior a 5. En ningún caso la calificación será inferior a la obtenida en el examen final.

Momento y lugar: El examen será presencial, salvo que las Autoridades Sanitarias lo prohíban, en cuyo caso, será mediante videoconferencia, en la fecha y horario determinado por Jefatura de Estudios.

Los alumnos de evaluación continua que no aprueben la asignatura tras el examen final deben acudir a la convocatoria extraordinaria. La calificación en dicha convocatoria se obtendrá utilizando los mismos criterios indicados anteriormente, para lo cual se mantienen las notas de las pruebas PE1 obtenidas en ese curso (no son válidas las obtenidas en cursos anteriores).

Mediante "sólo prueba final"

Descripción. Consiste en un único examen, que coincidirá con el PE4 descrito para la evaluación continua.

Criterios de calificación. Coinciden con los descritos en el PE4 para evaluación continua.

Momento y lugar: El examen será presencial, salvo que las Autoridades Sanitarias lo prohíban, en cuyo caso, será mediante videoconferencia, en la fecha y horario determinado por Jefatura de Estudios.

Calificación final de la asignatura mediante "sólo prueba final"

La calificación final de la asignatura será directamente la obtenida en el examen final. Para superar la asignatura se debe obtener una calificación final igual o superior a cinco, tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Clough, R.W. y Penzien, J. Dynamics of structures Mac Graw-Hill International, 2010	Bibliografía	
Oñate, E. Cálculo de Estructuras por el Método de los Elementos Finitos. Análisis Estático Lineal Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, 1992	Bibliografía	
Zienkiewicz, O.C. El Método de los Elementos Finitos: Formulación básica y problemas lineales McGraw-Hill, 1993	Bibliografía	
Zienkiewicz, O.C. y Taylor, R.L. El método de los elementos finitos. Mecánica de sólidos. CIMNE, 2010	Bibliografía	

Bathe, K.J. Finite Element Procedures in Engineering Analysis Prentice Hall, Inc., 1982	Bibliografía	
Bouchholdt,H. Structural Dynamics for Engineers Thomas Telford,1997	Bibliografía	
Brebbia, C. y Connor, J.J. Método de los Elementos Finitos en la Ingeniería Civil Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P. de Madrid	Bibliografía	
Hinton, E. y Owen, D.R.J. Introduction to Finite Element Computations Pineridge Press, 1980	Bibliografía	
Irvine, H.M. Structural Dynamics for the practicing engineer Routledge,1986	Bibliografía	
Vázquez M. y López E. El Método de los Elementos Finitos aplicado al Análisis Estructural Ed. Noela, Madrid, 2001	Bibliografía	
Zienkiewicz, O.C. El Método de los Elementos Finitos Ed. Reverté, Barcelona, 1982	Bibliografía	
En la plataforma Moodle aparecerán periódicamente documentos para completar la información.	Recursos web	
Biblioteca del departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	Equipamiento	