Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA

M1445 - Cálculo Avanzado de Estructuras

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

Curso Académico 2019-2020

1. DATOS IDENTIFICATIVOS

Título/s	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos			Tipología y 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				
Código y denominación	M1445 - Cálculo Avanzado de Estructuras				
Créditos ECTS	3	Cuatrimestre		Cuatrimestral (2)	
Web					
Idioma de impartición	Español	English friendly	No	Forma de impartición	Presencial

Departamento	DPTO. INGENIERIA ESTRUCTURAL Y MECANICA
Profesor responsable	JOSE RAMON GONZALEZ DE CANGAS
E-mail	ramon.gonzalez@unican.es
Número despacho	E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Planta: + 2. DESPACHO (2040)
Otros profesores	GUILLERMO CAPELLAN MIGUEL RAFAEL DIEZ ALMAGRO

2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

Cálculo de estructuras
Ampliación de análisis de estructuras

3. COMPETENCIAS GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS DEL PLAN DE ESTUDIOS TRABAJADAS
Competencias Genéricas
Tener un conocimiento suficiente de las ciencias que son aplicadas por la ingeniería civil.
Tener un conocimiento básico de todos los diversos elementos que forman la ingeniería civil.
Conocer en mayor profundidad parte de las tecnologías, herramientas y técnicas en el campo de la ingeniería civil, que pueden constituir una especialidad o una línea concreta de profundización.
Ser capaz de aplicar los fundamentos de la ingeniería civil a casos no conocidos por él.
Ser capaz de identificar, medir, enunciar, analizar, diagnosticar y describir científica y técnicamente un problema propio del ámbito de la ingeniería civil.
Ser capaz de diseñar soluciones de ingeniería a problemas propios del campo de la ingeniería civil.
Ser capaz de modelar el funcionamiento de los sistemas afectados por la ingeniería civil.
Ser capaz de analizar integralmente problemas de ingeniería civil.
Ser capaz de analizar, organizar y planificar la gestión de un problema o instalación o servicio de ingeniería, aplicando las correspondientes herramientas en su caso.
Ser capaz de elaborar y redactar informes técnicos (de evaluación, diagnóstico, planificación, diseño y gestión) y proyectos de ingeniería civil (planos, presupuestos, cálculos, pliegos,¿).
Ser capaz de organizar su propio trabajo, así como los medios materiales y humanos necesarios, para alcanzar los objetivos planteados.
Ser capaz de asumir con responsabilidad y ética su papel de ingeniero civil en un contexto profesional.
Ser capaz de trabajar adecuadamente en equipos multidisciplinares, incluso liderándolos.
Ser capaz de entender y evaluar el impacto de sus soluciones, resultados y decisiones en un contexto social, económico, ambiental y global.
Ser capaz de comunicar y defender eficazmente sus ideas, incluso ante expertos.
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.

3.1 RESULTADOS DE APRENDIZAJE
- 1. Comprensión del comportamiento estructural y de la respuesta a dicho comportamiento de los modelos y métodos de cálculo que lo idealizan, para los diferentes tipos de acciones. Comprensión de las magnitudes que intervienen en la respuesta estructural. 2. Comprensión de 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. 3. Comprensión de los diferentes métodos de cálculo estático y dinámico de estructuras, de sus aplicaciones y limitaciones, y su adaptación a los programas comerciales de computador existentes en la actualidad. 4. Comprensión de las particularidades que caracterizan y diferencian el comportamiento de una estructura bajo acciones dinámicas en comparación con su comportamiento bajo acciones estáticas. 5. Comprensión de las características de las acciones sísmicas como caso particular de las acciones dinámicas. 6. Capacidad para el análisis estático y dinámico de tipos estructurales sencillos y comprensión de su comportamiento resistente. 7. Capacidad para el análisis crítico de los resultados de un cálculo estructural estático o dinámico. 8. Conocimiento de 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. 9. Capacidad para la iniciación en el uso de programas comerciales de computador de cálculo general de estructuras, estático o dinámico, y conocimiento de la teoría que los sustenta.

4. OBJETIVOS

Los principales objetivos de la asignatura estan encaminados, por una parte, a que el alumno aprenda los conceptos de acciones y sistemas estructurales, estáticos y dinámicos, y distinga las particularidades que los caracterizan y diferencian. Mediante modelos elementales de un grado de libertad, establecerá la ecuación, estática o dinámica, que rige el problema estructural y aprenderá a resolverla para diferentes tipos de solicitaciones. De la resolución de la ecuación estática deducirá y comprenderá el concepto de rigidez, y de 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. Por otra parte, consolidará el conocimiento de las técnicas de cálculo matricial de estructuras (métodos de flexibilidad y rigidez) para la resolución de problemas estructurales generales. Mediante la técnica de cálculo matricial en rigidez, aprenderá 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. Finalmente, aprenderá 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, deberá conocer 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, 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)	14
- Prácticas en Aula (PA)	6
- Prácticas de Laboratorio (PL)	10
- Horas Clínicas (CL)	
Subtotal horas de clase	30
ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO (B)	
- Tutorías (TU)	8
- Evaluación (EV)	8
Subtotal actividades de seguimiento	16
Total actividades presenciales (A+B)	46
ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	
Trabajo en grupo (TG)	
Trabajo autónomo (TA)	29
Tutorías No Presenciales (TU-NP)	
Evaluación No Presencial (EV-NP)	
Total actividades no presenciales	29
HORAS TOTALES	75

6. ORGANIZACIÓN DOCENTE

	CONTENIDOS	TE	PA	PL	CL	TU	EV	TG	TA	TU-NP	EV-NP	Semana
1	1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL LINEAL Y NO LINEAL 1.1. Conceptos de linealidad y no linealidad en el cálculo de estructuras. Condiciones de linealidad. Cálculo lineal y no lineal bajo acciones estáticas. 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.	2,00	1,00	2,00	0,00	1,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1-2-3
2	2. TEOREMAS ENERGÉTICOS 2.1. Teoremas energéticos en cálculo de estructuras. Principios fundamentales y teoremas derivados. Aplicaciones prácticas en el cálculo convencional de estructuras. 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. 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.	3,00	1,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,00	6,00	0,00	0,00	4-5-6
3	3. MÉTODOS MATRICIALES DE EQUILIBRIO Y FLEXIBILIDAD 3.1.Matrices de equilibrio en sistemas estructurales estáticamente determinados. 3.2. Matrices de flexibilidad en sistemas estructurales estáticamente indeterminados. 3.3. Aplicaciones prácticas al cálculo convencional de estructuras. 3.4. Cálculo indirecto de la matriz de rigidez de una estructura a partir de la matriz de flexibilidad. Aplicaciones prácticas.	3,00	1,00	2,00	0,00	1,00	1,00	0,00	6,00	0,00	0,00	7-8-9
4	4. MÉTODO MATRICIAL DE RIGIDEZ 4.1. Cálculo directo de la matriz de rigidez de una estructura. Vectores de cargas. Aplicación práctica a la resolución de problemas estructurales generales 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 4.3. Vibraciones forzadas. Transformación a coordenadas modales. Respuesta dinámica en el dominio del tiempo. Método de superposición modal. 4.4. Aplicaciones prácticas.	3,00	1,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,00	6,00	0,00	0,00	9 a 12

5	5. TIPOS DE ACCIONES EN LA NORMATIVA. PROGRAMAS DE COMPUTADOR 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. 5.2. Acciones extraordinarias de carácter sísmico: Aspectos fundamentales de las acciones sísmicas. Concepto de espectro de respuesta y su consideración en la normativa. 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. 5.4. Características y utilización práctica de los programas comerciales de computador en el cálculo estático y dinámico de estructuras.	3,00	2,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,00	6,00	0,00	0,00	12 a 15
TOTAL DE HORAS		14,00	6,00	10,00	0,00	8,00	8,00	0,00	29,00	0,00	0,00	
Esta organización tiene carácter orientativo.												

TE	Horas de teoría
PA	Horas de prácticas en aula
PL	Horas de prácticas de laboratorio
CL	Horas 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.	%
Examen parcial	Examen escrito	No	Sí	40,00

Calif. mínima	4,00
Duración	2 horas
Fecha realización	Al concluir el bloque 2
Condiciones recuperación	En el examen final
Observaciones	Los exámenes parciales constarán de dos ejercicios prácticos o teórico-prácticos. El examen parcial tendrá el carácter de eliminatorio para aquéllos alumnos que lo superen.

Examen final	Examen escrito	Sí	Sí	60,00

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 final constará de 4-5 ejercicios prácticos o teórico-prácticos, correspondientes 2-3 a la segunda parte de la asignatura, comunes para todos los alumnos, y los otros dos de recuperación para aquellos alumnos que no hayan aprobado el examen parcial.

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).

Criterios de evaluación para estudiantes a tiempo parcial

Los estudiantes matriculados a tiempo parcial podrán examinarse de toda la asignatura en el examen final, cumpliendo los requisitos exigidos al resto de alumnos en dicho examen.

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, 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

9. SOFTWARE

PROGRAMA / APLICACIÓN	CENTRO	PLANTA	SALA	HORARIO
Power Frame	E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Sala de Informática		

10. COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS

- ☐ Comprensión escrita
- ☐ Comprensión oral
- ☐ Expresión escrita
- ☐ Expresión oral
- ☐ Asignatura íntegramente desarrollada en inglés

Observaciones