

## ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Complementos obligatorios	Ingeniería de Estructuras	3 <sup>º</sup>	2 <sup>º</sup>	6	Obligatoria

PROFESOR(ES)	DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rafael Gallego Sevilla (coord., <a href="mailto:gallego@ugr.es">gallego@ugr.es</a>)</li> <li>Guillermo Rus Carlborg (<a href="mailto:grus@ugr.es">grus@ugr.es</a>)</li> <li>Alejandro E. Martínez Castro (<a href="mailto:amcastro@ugr.es">amcastro@ugr.es</a>)</li> <li>Esther Puertas García (<a href="mailto:epuertas@ugr.es">epuertas@ugr.es</a>)</li> </ul>	Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. 4 <sup>ª</sup> planta, ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos. Campus de Fuentenueva. c.e.: <a href="mailto:gallego@ugr.es">gallego@ugr.es</a>
	<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>
	(consultar página <a href="http://meih.ugr.es">http://meih.ugr.es</a> )

GRADO EN EL QUE SE IMPARTE	OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR
Grado en Ingeniería Civil, en sus tres especialidades: Construcciones Civiles; Hidrología; y Transportes y Servicios Urbanos.	

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)
Prerrequisitos: Tener cursada y superada la asignatura de carácter básico <b>Mecánica para Ingenieros y Teoría de Estructuras</b>
Recomendaciones: Tener cursadas y superadas las asignaturas de carácter básico: <b>Matemáticas I, Matemáticas II, Matemáticas III e Ingeniería Grafica I</b>

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)
Cálculo matricial de estructuras. Inestabilidad. Cálculo plástico.



## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

### Generales y básicas

- **CG1:** Capacitación científico-técnica para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas y conocimiento de las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación.
- **CG2:** Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico y legal que se plantean en la construcción de una obra pública, y capacidad para emplear métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia en la construcción dentro del respeto por el medio ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de la obra pública.
- **CG3:** Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.
- **CG4:** Capacidad para proyectar, inspeccionar y dirigir obras, en su ámbito.
- **CB1:** Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- **CB3:** Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- **CB4:** Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

### Específicas

- **COP3:** 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.
- **COP4:** Capacidad para analizar y comprender cómo las características de las estructuras influyen en su comportamiento. Capacidad para aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento resistente de las estructuras para dimensionarlas siguiendo las normativas existentes y utilizando métodos de cálculo analíticos y numéricos.
- **CCC3:** Conocimiento sobre el proyecto, cálculo, construcción y mantenimiento de las obras de edificación en cuanto a la estructura, los acabados, las instalaciones y los equipos propios.
- **CCCS:** Capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas.

### Transversales

- **CT1:** Capacidad de análisis y síntesis
- **CT2:** Capacidad de organización y planificación
- **CT3:** Comunicación oral y/o escrita
- **CT4:** Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
- **CT5:** Capacidad de gestión de la información
- **CT6:** Resolución de problemas
- **CT7:** Trabajo en equipo
- **CT8:** Razonamiento crítico
- **CT9:** Aprendizaje autónomo

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

El alumno debe aprender a:

- elegir el modelo estructural de cálculo adecuado según la tipología estructural
- calcular matrices de rigidez elementales bajo diversas condiciones de unión y planos de carga, en distintos sistemas de coordenadas
- calcular matrices de rigidez globales a partir de las elementales, teniendo en cuenta diferentes condiciones de apoyo y unión en nudos



- obtener cargas en nudos equivalentes para diferentes hipótesis de cargas en barras y acciones asimilables.
- Resolver estructuras completas mediante el Método Directo de la Rigidez, calculando tanto desplazamientos en nudos, como fuerzas en barras y a partir de ellos, diagramas de esfuerzos.
- Evaluar elementos aislados a compresión mediante teoría de 2<sup>º</sup> orden aplicando la T<sup>ª</sup> de Euler, así como evaluar el efecto de excentricidades, imperfecciones, grandes desplazamientos y plasticidad
- Calcular matrices elementales de segundo orden, tanto exactas como utilizando la matriz geométrica
- Calcular la carga global de pandeo de una estructura.
- Calcular momentos plásticos de secciones simples
- Obtener mecanismos de colapso alternativos para estructuras completas, según las condiciones de unión y carga.
- Obtener la carga de colapso plástico de una estructura aplicando los Teoremas de máximo y mínimo.
- Obtener la carga de colapso plástico y/o el diseño óptimo de una estructura aplicando técnicas de programación lineal.

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

<b>BLOQUE I: CÁLCULO MATRICIAL DE ESTRUCTURAS (14 h Teo + 16 h Pr)</b>		
<b>TEMA 1</b>	<b>Conceptos básicos</b>	<b>2 h Teo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Métodos matriciales. Relaciones básicas.</li> <li>• Discretización. Elementos y nudos.</li> <li>• Métodos de Compatibilidad y Equilibrio.</li> <li>• Conceptos de matriz de Rigidez y Flexibilidad.</li> </ul>		
<b>TEMA 2</b>	<b>Coordenadas y matrices elementales</b>	<b>2 h Teo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de coordenadas.</li> <li>• Obtención de las matrices de rigidez elementales.</li> <li>• Elemento articulado.</li> <li>• Elemento viga.</li> <li>• Elemento viga con deformación a cortante.</li> <li>• Elemento de emparrillado.</li> <li>• Elemento viga tridimensional.</li> <li>• Transformación de coordenadas.</li> </ul>		
<b>TEMA 3</b>	<b>El método directo de la rigidez, MDR</b>	<b>4 h Teo + 4 h Pr.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El elemento y la estructura.</li> <li>• Formación de la matriz de rigidez.</li> <li>• Propiedades de la matriz de rigidez.</li> <li>• Aplicación de las condiciones de contorno.</li> <li>• Postproceso: determinación de esfuerzos y reacciones.</li> </ul>		
<b>TEMA 4</b>	<b>Problemas particulares de carga y apoyo</b>	<b>2 h Teo + 4 h Pr.</b>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Cargas aplicadas en barras.</li> <li>• Asiento de apoyos.</li> <li>• Efectos térmicos y defectos de montaje.</li> <li>• Apoyos no concordantes y apoyos elásticos.</li> <li>• Prácticas (3 horas).</li> </ul>	
<b>TEMA 5</b>	<b>Técnicas complementarias de análisis</b>	<b>2 h Teo + 6 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Condensación de grados de libertad.</li> <li>• Libertades en barras.</li> <li>• Subestructuras o macroelementos.</li> <li>• Ligaduras de movimientos.</li> <li>• Nudos flexibles.</li> <li>• Prácticas (1 hora).</li> </ul>	
<b>TEMA 6</b>	<b>Implementación computacional del método</b>	<b>2 h Teo + 2 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Estructura de un programa de ordenador.</li> <li>• Datos de entrada.</li> <li>• Cálculo de las matrices elementales.</li> <li>• Montaje y resolución del sistema de ecuaciones de la estructura.</li> <li>• Análisis de resultados. Cálculo de esfuerzos y reacciones.</li> </ul>	
<b>BLOQUE II: INESTABILIDAD (8 h Teo + 8 h Pr.)</b>		
<b>TEMA 8</b>	<b>Inestabilidad de barras comprimidas</b>	<b>4 h Teo + 4 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Ecuación de equilibrio de la viga-columna. Columna de Euler.</li> <li>• Influencia de las condiciones de apoyo. Longitud de pandeo.</li> <li>• Compresión excéntrica y elementos con imperfecciones.</li> <li>• Grandes desplazamientos en barras esbeltas.</li> <li>• Limitaciones de la teoría clásica. Cálculo práctico.</li> </ul>	
<b>TEMA 9</b>	<b>Inestabilidad global de estructuras</b>	<b>4 h Teo + 4 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Matriz de rigidez de la viga-columna.</li> <li>• Matriz de rigidez geométrica.</li> <li>• Carga crítica de estabilidad global de una estructura.</li> <li>• Análisis no lineal geométrico.</li> </ul>	
<b>BLOQUE III: CÁLCULO PLÁSTICO (11 h Teo + 9 h Pr.)</b>		
<b>TEMA 10</b>	<b>Nociones sobre plasticidad en medios continuos</b>	<b>4 h Teo</b>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción</li> <li>• Caso unidimensional.- Carga monótonica.- Descarga.- Inversión del signo - Relaciones básicas.- Relaciones tensión deformación.- Endurecimiento</li> </ul>	
<b>TEMA 11</b>	<b>Plasticidad en barras</b>	<b>2 h Teo + 2 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principios.</li> <li>• Generalizaciones.</li> <li>• Criterios para mecanismo de colapso válido.</li> <li>• Cálculo plástico de barras continuas.</li> </ul>	
<b>TEMA 12</b>	<b>Principio de los trabajos virtuales</b>	<b>2 h Teo + 2 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enunciado.</li> <li>• Uso del PTV para determinación de leyes de momentos y deformadas.</li> </ul>	
<b>TEMA 12</b>	<b>Plasticidad en estructuras de barras</b>	<b>2 h Teo + 4 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinación de mecanismos.</li> <li>• Mecanismos de colapso.</li> </ul>	
<b>TEMA 13</b>	<b>Dimensionamiento óptimo</b>	<b>1 h Teo + 1 h Pr.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplificaciones.</li> <li>• Formulación general.</li> <li>• Teoremas.</li> </ul>	

#### BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de la asignatura proporcionados por los profesores.
- Samartín Quiroga, A. y González de Cangas, J.R., Cálculo Matricial de estructuras, Colegio ICCP, 2001.
- Celigüeta, J.T., Curso de Análisis Estructural, Eunsa, 1998.
- Martí Montrull, P., Análisis de estructuras: métodos clásicos y matriciales, HE Editores, 2003
- Monleón Cremadas, S., Análisis de vigas, arcos, placas y láminas, UPV, 1999.
- Ortíz, J. y Hernando, J.I., Estructuras de edificación: análisis lineal y no lineal, Ariel, 2002.
- Benito Hernández, C., Nociones de cálculo plástico, Litoprint, 1975.

#### ENLACES RECOMENDADOS

<http://msel.ugr.es/~AE>

#### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

La Evaluación será continua, salvo si el alumno solicita, *Evaluación Única Final*. En ese caso, ésta consistirá en un examen teórico práctico del programa de la asignatura en la fecha indicada por el Centro.



Por su parte, la *evaluación continua* se realizará del siguiente modo:

1.- Examen/Pruebas teórico-prácticas (85%): Será condición necesaria aprobar este apartado de forma independiente.

La evaluación por curso consta de tres exámenes parciales, correspondientes a cada uno de los bloques en los que se divide la asignatura.

- A.- Cálculo Matricial
- B.- Inestabilidad
- C.- Plasticidad (se podrá realizar junto al final según sea el calendario escolar)

Cada uno de estos exámenes tendrá dos partes, teoría y problemas, o varios problemas, y durarán de 110-120 minutos en total. Si hay teoría esta pondera con 3/10, y el problema 7/10.

Para aprobar por curso será necesario.

- 1.- Aprobar el examen de Cálculo Matricial (nota mayor o igual a 5/10)
- 2.- Aprobar (nota mayor o igual de 5/10) otro de los dos parciales.
- 3.- Obtener en el parcial restante una calificación mayor o igual a 3/10.
- 4.- Obtener una media entre los tres parciales igual o superior a 5/10.

Para poder presentarse a los exámenes parciales de Inestabilidad y Plasticidad es necesario, por tanto, aprobar el parcial de Cálculo Matricial. En la media, la ponderación de los tres parciales será 0,40; 0,30; 0,30, respectivamente

Si se pregunta teoría en algún examen, será necesario obtener en esa parte al menos un 3/10. En caso contrario, el examen está suspenso con una nota igual a MINIMO(MEDIA:4,5).

El alumno/a que cumpla el requisito 1, pero no alguno de los otros 3 podrá presentarse en el final únicamente a la(s) parte(s) que tenga suspenso(s).

El alumno/a que haya aprobado por parciales puede presentarse en el final para subir nota, a una parte de la asignatura, pero habrá de ser aquella en las que tenga peor calificación (no se le bajará la nota si le sale peor que la obtenida en el parcial).

2.- Tres trabajos prácticos individuales y/o en grupo (15%), uno por cada parcial, o bien actividades en clase supervisadas. La presentación de estos trabajos será obligatoria para poder presentarse a los exámenes. Estos trabajos se evaluarán para los alumnos que estén cercanos a aprobar (Nota > 4,5) o para la obtención de matrícula.

