



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Arquitectura

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**33000480 - Fundamentos De Las Teorías De Estructuras Y Del Análisis Numérico**

### PLAN DE ESTUDIOS

03BA - Master Universitario En Estructuras De La Edificacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - 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.....	5
6. Cronograma.....	10
7. Actividades y criterios de evaluación.....	12
8. Recursos didácticos.....	16
9. Otra información.....	18

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	33000480 - Fundamentos de las Teorías de Estructuras y del Análisis Numérico
<b>No de créditos</b>	7 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	03BA - Master Universitario en Estructuras de la Edificación
<b>Centro responsable de la titulación</b>	03 - Escuela Técnica Superior De Arquitectura
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Laura Araceli Navas Sanchez		laura.navas.sanchez@upm.es	Sin horario.
Jaime Cervera Bravo (Coordinador/a)	DEFE.3-12	jaime.cervera@upm.es	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

El plan de estudios Master Universitario en Estructuras de la Edificación no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Álgebra y cálculo matricial

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB06 - 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

CB07 - 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

CB08 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB09 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CE01 - Comprensión de los procesos de proyecto y construcción de estructuras, de sus estrategias y técnicas, y de su relación con las teorías y herramientas de análisis aceptadas socialmente para validar la seguridad de acuerdo a los estándares normativos.

CE04 - Conocimiento y capacidad de identificación, selección, y empleo experto de los métodos de análisis apropiados para describir el comportamiento de las estructuras, con conocimiento profundo de las teorías subyacentes y de sus limitaciones, y capacidad para validar sus resultados mediante aproximaciones y a través de la comprensión de las deformadas.

CE05 - Conocimiento del panorama de herramientas informáticas especializadas en análisis estructural, y capacidad de modelizar con alguna de las más relevantes las configuraciones estructurales con el grado de detalle y de ajuste apropiados a las características del problema en cuestión, con capacidad de evaluar críticamente la base teórica que la sustenta y sus limitaciones.

CE07 - Conocimiento de las publicaciones, fuentes de información, y bases de datos relevantes de instituciones profesionales o académicas y capacidad de uso de estas para abordar problemas avanzados teóricos o prácticos en el proyecto y validación de estructuras.

CE08 - Conoce las propiedades estructurales de los materiales habitualmente empleados en edificación así como de nuevos materiales y combinaciones de ellos, y es capaz de especificar técnicamente sus condiciones de uso, así como para el diseño de los ensayos de control apropiados para su verificación.

CE10 - Es capaz de diseñar pruebas de carga in situ para la estimación de la capacidad portante de elementos estructurales existentes así como en refuerzos y reparaciones realizados con técnicas tradicionales y novedosas en las que se emplean nuevos materiales y nuevas disposiciones, siendo capaz de idear pruebas de carga para estructuras existentes y reforzadas no convencionales.

CG01 - Capacidad de comunicación con sus pares, con la comunidad académica y profesional o con la sociedad en general por vía oral, escrita, y visual, preparando y exponiendo información apropiada al interlocutor, tanto resumida como extensiva y de detalle, en comunicaciones, notas, informes, memorias, presentaciones, etc.

CG04 - Capacidad de trabajo autónomo: Que los estudiantes sean capaces de establecer prioridades, organizar el trabajo en el tiempo disponible, y trabajar bajo presión

CG05 - Habilidades informáticas básicas: Que el estudiante sea capaz de usar eficientemente los instrumentos TIC para comunicarse (voz, texto estructurado y no estructurado, imagen), así como desarrollar, presentar y publicar informes.

CG07 - Capacidad de investigación o innovación: Capacidad para identificar y formular hipótesis o ideas innovadoras en el campo del análisis, proyecto y ejecución de las estructuras de edificación, en sus ámbitos científico, técnico u organizativo, y someterlas a prueba de objetividad, de coherencia, y de sostenibilidad.

CG09 - Capacidad de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance tecnológico, social o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

CG11 - Capacidad para planificar y poner en práctica el proceso de proyecto de una estructura de edificación o de cualquiera de sus partes o elementos

CT01 - Comprende textos normativos y científico-técnicos relativos a la disciplina redactados en lengua inglesa para aplicarlos en la solución de proyectos.

CT02 - Colabora en o lidera, de manera eficaz, equipos de trabajo orientados a la solución de un proyecto.

CT04 - Organiza y programa el trabajo con el fin de obtener una mayor eficacia, asegurando el cumplimiento en plazo de los objetivos de este.

CT05 - Establece procesos de búsqueda, selección, discriminación y organización de la información necesaria para el proyecto y para su potencial reuso futuro.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA20 - Demostrar que es capaz de aplicar el análisis elástico matricial en problemas de estructuras de barras bi o tridimensionales -

RA19 - Demostrar que comprende el concepto de fiabilidad, mostrando el conocimiento y comprensión de las estrategias de tratamiento de la incertidumbre en el análisis y proyecto estructural.

RA21 - Demostrar que es capaz de aplicar el análisis límite en problemas bidimensionales de barras, y de bloques rígidos.

RA22 - Demostrar que se comprenden las bases del modelado y análisis de estructuras por discretización.

RA18 - Demostrar que se conoce, comprende y tiene capacidad de aplicación del marco teórico que sustenta el análisis estructural, y de las variables físicas y geométricas relevantes, correspondiente a las fases inicial (elástica) y final (plástica o de colapso) de los procesos de carga.

RA24 - Ser capaz de emplear las formulaciones teóricas y numéricas apropiadas a las cualidades estructurales.

RA17 - Demostrar que se tiene un conocimiento básico de los procesos históricos de desarrollo de las técnicas y aplicaciones científicas en el ámbito de la construcción y validación de las estructuras.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura busca integrar las bases teóricas del análisis estructural, tanto en el continuo como en elementos discretos -finitos- en un marco unificado que engloba las aproximaciones deterministas elástica y plástica, junto a la consideración de sus límites de fiabilidad, dada la aleatoriedad en las variables involucradas. Se incluye una breve reseña histórica que permita situar la evolución conceptual desde los inicios de la resistencia de materiales hasta los modernos métodos aplicados en el análisis numérico en ordenadores.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Bases del análisis elástico

1.1. Introducción: teorías y patrones para la representación de la realidad física

1.1.1. Parámetros fundamentales y criterios de validación: resistencia y rigidez

1.2. Hipótesis y Ecuaciones básicas:

1.2.1. Ecuaciones de EQUilibrio, COMpatibilidad y de relaciones de constitución de los MATeriales (las relaciones elásticas).

1.2.2. Teoremas del Trabajo. Dualidad.

1.3. Técnicas de solución. La formulación elástica aplicada al análisis o al proyecto.

1.4. Debilidades y desarrollos posibles por: incertidumbre en condiciones iniciales, no linealidad (material, geométrica)... Métodos iterativos.

1.5. EJERCICIO: Formulación y análisis o proyecto elástico de estructura sencilla

#### 2. Bases del análisis límite

2.1. Introducción: estados límite de colapso: independencia respecto de las condiciones iniciales

2.1.1. Parámetros fundamentales

2.2. Hipótesis y ecuaciones básicas

2.2.1. EQUilibrio, COMpatibilidad y de relaciones de constitución de los MATeriales (las superficies límite o de plastificación)

2.2.2. Flujo plástico en plasticidad asociada y no asociada. Formulación de la condición de colapso.

2.2.3. Teoremas del análisis límite en plasticidad asociada.

- 2.3. Técnicas de solución. La formulación plástica aplicada al análisis o al proyecto.
- 2.4. Debilidades y desarrollos posibles por: necesidad de ductilidad, invisibilidad de la inestabilidad elástica... Métodos paso a paso.
- 2.5. EJERCICIO: Formulación y análisis o proyecto en estado límite de la misma estructura sencilla
- 3. El cálculo matricial de estructuras de barras
  - 3.1. Discretización
    - 3.1.1. Parámetros locales en 3D para esfuerzo y deformación (axial, flexión, torsión,...): del punto a la rebanada.
    - 3.1.2. EQU, COM y MAT en la barra: ecuaciones diferenciales de la barra elástica. Descomposición: empotramiento perfecto y deformación por movimientos de extremo. Funciones del desplazamiento y parámetros nodales: de la rebanada a los nudos de extremo.
    - 3.1.3. Determinación de rigideces y esfuerzos de empotramiento: matrices de rigidez y cargas nodales equivalentes.
  - 3.2. Formulación matricial del comportamiento estructural
    - 3.2.1. Transformaciones de ejes, condensación de grados de libertad, ensamblaje de rigideces y cargas.
  - 3.3. Soluciones lineales e iterativas no lineales.
  - 3.4. EJERCICIO: Formulación y análisis elástico de pórtico complejo (sección variable, condensación para modelo de cortante en carga horizontal)
- 4. Análisis límite de estructuras de barras y bloques
  - 4.1. Modelado de las condiciones de límite de resistencia y superficies límite.
    - 4.1.1. Materiales y piezas con o sin resistencia en tracción. Criterios de seguridad.
  - 4.2. Modelado de las condiciones de equilibrio, compatibilidad y resistencia
    - 4.2.1. Estructuras de barras
    - 4.2.2. Estructuras de bloques
  - 4.3. Soluciones de colapso, formulaciones duales estática o cinemática
    - 4.3.1. Factores de carga para cargas globales, parciales, ...
  - 4.4. Plasticidad no asociada, en suelos o rozamiento
  - 4.5. EJERCICIO: Formulación y análisis límite de arco de fábrica sin resistencia a tracción.
- 5. Estabilidad elástica
  - 5.1. Estabilidad elástica en piezas y estructuras simples: aproximaciones alternativas al pandeo

- 5.1.1. Carga crítica de Euler, imperfecciones y ampliación de deformación, factor de pandeo, factor de reducción por pandeo, pandeo en flexotorsión, ...
- 5.2. Estabilidad elástica en estructuras
  - 5.2.1. Efectos de segundo orden: P-Delta; Rigidez geométrica: matriz de rigidez geométrica de barras.
  - 5.2.2. La estructura. Formulación matricial, autovalores, modos de pandeo, carga crítica y factor de carga crítica.
- 5.3. Formulaciones energéticas y estabilidad.
- 5.4. EJERCICIO: Estabilidad de pórtico
- 6. SEMINARIO 1: Figuras recíprocas y métodos gráficos de análisis.
  - 6.1. Figuras recíprocas en 2D y 3D
  - 6.2. El equilibrio en 2D y las figuras recíprocas de trayectorias y equilibrios de fuerzas. Sus Trazados en problemas isostáticos: Notación de Bow, el polígono funicular, el "cremona" y combinaciones.
  - 6.3. Otros trazados gráficos clásicos comparados con su versión "en figuras recíprocas".
  - 6.4. EJERCICIOS de aplicación
- 7. Eficiencia estructural, forma y optimización.
  - 7.1. Introducción: Teoría de proyecto: parámetros de forma y coste estructural: el caso de las estructuras adinteladas
    - 7.1.1. desde las formulaciones mecánicas a las geométricas
  - 7.2. Métricas para la evaluación de la eficiencia de las soluciones estructurales.
    - 7.2.1. Parámetros habituales: fortalezas y debilidades
  - 7.3. El volumen de tensiones
    - 7.3.1. Cómputo, componentes, y teoremas fundamentales. Corolarios. comparación con otras métricas
    - 7.3.2. volumen de tensiones y peso propio
    - 7.3.3. Parámetros estructurales de la forma. Eficiencia.
      - 7.3.3.1. Aplicación a estructuras de cubierta
- 8. SEMINARIO 2 Historia de la construcción y la ingeniería estructural
  - 8.1. La evolución en los problemas constructivos y los métodos experimentales y teóricos aplicados para su tratamiento
    - 8.1.1. La construcción clásica en madera y fábricas. Las reglas de proporción
    - 8.1.2. El desarrollo técnico y teórico que desemboca en la revolución industrial y política de fin de siglo

## XVIII.

8.1.3. Los materiales, procesos industriales y métodos experimentales, analíticos, y numéricos de los s. XIX y XX: las innovaciones derivadas del uso del hierro, acero, hormigón, y de la mecanización del análisis.

8.1.4. Perspectivas para el s. XXI.

## 9. MEF 1: Técnicas generales de discretización de la ecuaciones de campo y métodos numéricos

9.1. Ecuaciones de campo (EQU, COM, MAT) y de CoNtorno eStáticas y Cinemáticas (CNS, CNC) y su forma débil.

9.1.1. el comportamiento elástico en 3D, y en estados planos de tensión o deformación

9.1.2. las placas delgadas, ...

9.2. Estrategias y métodos de discretización

9.2.1. diferencias finitas, Elementos finitos, métodos sin malla

9.2.2. condiciones de contorno: cargas y sustentaciones. Otras restricciones

9.3. Técnicas en el Método de los Elementos Finitos (MEF)

9.3.1. Funciones de forma o interpolación, integración, integración numérica. Tratamiento de la no linealidad

9.3.2. Organización e interfaces de un programa de ordenador

9.3.3. Control de error y convergencia.

9.4. Herramientas numéricas

## 10. MEF 2: Aplicación del MEF para el análisis de estructuras con esfuerzos axiales: barras y membranas

10.1. Modelado

10.1.1. Ecuaciones de campo, parámetros nodales y funciones de forma.

10.1.2. Elementos isoparamétricos para estados planos. Rigidez y cargas nodales

10.2. Aplicación: variantes en modelos lineales y planos, y funciones lineales y cuadráticas.

10.2.1. Comparación entre soluciones.

10.3. Alisado y medidas del error. Refinamientos  $h$  y  $p$  (tamaño o grado polinómico en la malla). Extrapolación.

10.4. No linealidad geométrica

## 11. MEF 3 Aplicación del MEF para el análisis de estructuras con esfuerzos de flexión: placas, cáscaras...

11.1. Modelado: Teorías de flexión, ecuaciones de campo, parámetros nodales y funciones de forma:

11.1.1. Barras : Viga de Euler-Bernouilli-Navier, Viga de Timoshenko

11.1.2. Placas: Placa de Kirchoff, elementos para placa delgada, Placa de Reissner--Miedling, elementos para placa gruesa.

11.2. Problemas en las formulaciones en flexión

11.2.1. Continuidad, singularidad de funciones de forma, distorsión, bloqueo de cortante, ..

11.3. Modelado de cáscaras

11.4. Fuentes y control de error. Conclusiones

12. Bases de la fiabilidad estructural

12.1. Modelado de la condición de fallo: incertidumbre en las variables y sus relaciones.

12.1.1. fuentes de incertidumbre y variables aleatorias: formulación probabilista del fallo.

12.1.2. fallo y consecuencias. requisitos de fiabilidad

12.2. Distribuciones de variables aleatorias

12.2.1. distribuciones típicas y parámetros estadísticos, aplicación para resistencias, y acciones.

12.3. Determinación de la fiabilidad -o de la probabilidad de fallo-

12.3.1. métodos explícitos: integración y métodos en primer orden (FORM). Sensibilidad.

12.3.2. métodos implícitos (coeficientes parciales y su calibración).

12.4. Conclusiones para proyecto y análisis.

12.5. Ejemplo de aplicación: pórtico en rotura.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Teoría: Bases del análisis elástico</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
2	<p><b>Teoría: Bases del análisis límite</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Práctica 1: Pórtico simple elástico y en rotura</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p>
3	<p><b>Teoría: Cálculo matricial de estructuras de barras</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
4	<p><b>Teoría: Análisis límite de estructuras de barras y bloques</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Práctica 2: Análisis avanzado lineal+rotura</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p>
5	<p><b>Teoría: Estabilidad elástica</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Ejercicio Métodos Gráficos</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>SEMINARIO en línea: Métodos Gráficos (Previo a ejercicio presencial)</b> Duración: 02:30 OT: Otras actividades formativas</p>	
6	<p><b>Teoría: Eficiencia estructural, forma y optimización</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Práctica 3: Resistencia y estabilidad de pórtico</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p> <p><b>EXAMEN 1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p>

				Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 03:00
7	<b>Teoría: Técnicas de discretización (MEF)</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Teoría: MEF en problemas axiales</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
8	<b>Teoría: MEF en problemas de flexión.</b> <b>Control de error</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Ejercicio</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Práctica 4 Modelo MEF lineal</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00
9	<b>Teoría: Bases de la fiabilidad estructural</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>EXAMEN 2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 03:00
10				<b>Práctica 5 Modelo MEF no lineal</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00
11	<b>SEMINARIO: Historia de la Construcción</b> Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12				
13				
14				
15				
16				
17				

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.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 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
2	Práctica 1: Pórtico simple elástico y en rotura	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	14%	/ 10	CG04 CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01 CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG05 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09 CE08
4	Práctica 2: Análisis avanzado lineal+rotura	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	14%	/ 10	CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01 CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG05 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09

							CE08
6	Práctica 3: Resistencia y estabilidad de pórtico	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	14%	/ 10	CG04 CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01 CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG05 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09 CE08
6	EXAMEN 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	15%	3 / 10	
8	Práctica 4 Modelo MEF lineal	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	14%	/ 10	CG04 CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01 CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG05 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09 CE08

9	EXAMEN 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	15%	3 / 10	CG04 CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01 CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09 CE08
10	Práctica 5 Modelo MEF no lineal	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	14%	/ 10	CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01 CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG05 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	EXAMEN 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	15%	3 / 10	

9	EXAMEN 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	15%	3 / 10	CG04 CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01 CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09 CE08
---	----------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
						CG04 CB10 CG11 CB06 CB09 CB07 CB08 CT04 CE01

Examen de Julio	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CE04 CE05 CE10 CE07 CG01 CG05 CG07 CT01 CT02 CT05 CG09 CE08
-----------------	-------------------------------------	------------	-------	------	--------	--

## 7.2. Criterios de evaluación

De acuerdo a lo exigido en resultados (ver 5.2), rigor, precisión y expresividad en el lenguaje y en el uso de los modelos teóricos, numéricos o geométricos: 75%; calidad de la documentación aportada (en texto, gráficos y referencias): 25%.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Recursos en MOODLE	Recursos web	<a href="http://moodle.upm.es/tituñaciones/oficiales/course/view.php?=10064">http://moodle.upm.es/tituñaciones/oficiales/course/view.php?=10064</a>
Concebir y analizar estructuras	Bibliografía	<a href="http://oa.upm.es/3691/">http://oa.upm.es/3691/</a>
Sistemas de estructuras: Heino Engel	Bibliografía	libro

Addis W. Structural engineering. The nature of theory and design. 1990	Bibliografía	libro
Zienkiewicz O.C. The finite element method. London 1977	Bibliografía	Libro, Texto fundamental de carácter general, por uno de los fundadores de la técnica. Cubre todos los temas relevantes. Existe versión española
Wilson E.L. Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures	Bibliografía	Libro, Biblioteca Texto del creador de SAP2000 que describe el marco teórico de este programa
Oñate E. Cálculo de estructuras por el método de los elementos finitos. Análisis estático lineal	Bibliografía	Libro. Texto español editado por CIMNE.
Chapra S.C. Canale R.P. Numerical Methods for engineers 2010	Bibliografía	Libro. Referencias a todos los problemas fundamentales del cálculo numérico
SAP2000 Analysis Reference	Bibliografía	Documento de referencia para el uso de SAP2000
SAP2000 Verification manual	Bibliografía	Ejemplos resueltos con SAP2000 y su contraste a la solución teórica
Bathe K.J. Finite Element Procedures in Engineering Analysis 1982	Bibliografía	Libro. Excelente texto sobre el método, con ejemplos y ejercicios.
SAP2000	Otros	Software de análisis estructural de amplia difusión internacional
R + Rstudio	Otros	Lenguaje de programación de código abierto
Maxima	Otros	Herramienta de Análisis Simbólico asistido por ordenador, de código abierto.
Gnuplot	Otros	Programa para dibujo científico. Código abierto.
MATLAB	Otros	Herramienta de programación en matemáticas, licencia educacional en la UPM
Escritorio UPM	Recursos web	Escritorio virtual en servidores de la UPM con software especializado (SAP, Rhino, etc...) <a href="https://escritorio.upm.es/">https://escritorio.upm.es/</a>

Drive UPM	Recursos web	Carpeta personal permanente en servidores UPM, accesible a cualquier dispositivo web.  <a href="https://drive.upm.es">https://drive.upm.es</a>
-----------	--------------	--

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura considera parcialmente las cuestiones de sostenibilidad al tratar de esclarecer vías para la medida y la optimización de la eficiencia de las soluciones estructurales.

La asignatura tiene una página en MOODLE (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=10064> ) en la que se contienen las presentaciones de teoría y ejercicios de aplicación realizados en clase, así como material de apoyo adicional para la temática del curso.

En dicha página se publican las actividades prácticas a realizar para la evaluación continua. Los ejercicios y prácticas realizadas se suben a dicha página.

Asimismo, las informaciones relevantes o cuestiones de interés compartido se pueden distribuir a través del foro de esta.