



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

55000406 - Estructuras

PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingenieria En Tecnologias Industriales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Segundo 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.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	55000406 - Estructuras
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Octavo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Alberto Fraile De Lerma (Coordinador/a)	Esc.4 - planta4	alberto.fraile@upm.es	Sin horario. Cualquier día de la semana. Solicitar por correo electrónico

* 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

- Ampliación De Resistencia De Materiales
- Resistencia De Materiales

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE23C - Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones industriales.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG10 - Capacidad para generar nuevas ideas (Creatividad).

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos industriales, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares.

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería industrial en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

CG7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales.

CG8 - Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés-castellano).

CG9 - Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA186 - Análisis exhaustivo de resultados y seguimiento de limitaciones de los métodos numéricos.

RA181 - Conocer las distintas tipologías estructurales, las hipótesis y las magnitudes de cada una.

RA182 - Manejar las relaciones básicas (equilibrio compatibilidad y ley de comportamiento) para poder realizar tanteos.

RA187 - Utilizar correctamente (con espíritu crítico) un programa de ordenador.

RA188 - Control de calidad del trabajo: comprobación de las unidades de las distintas variables, del orden de magnitud de los resultados utilizando 3 o 4 dígitos

RA183 - Criterio para aplicar hipótesis y definir el modelo de la estructura en un programa de ordenador.

RA184 - Conocer los elementos básicos (gdl, elemento. matriz de rigidez) del método numérico (cálculo matricial – elementos finitos) que se utiliza y las diferencias entre ambos

RA185 - Usar las relaciones básicas para comprobar los resultados numéricos (equilibrio...)

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Objetivos

- Que los alumnos conozca las posibilidades y limitaciones que tienen los métodos numéricos para resolver (de manera aproximada) problemas mecánicos en estructuras y piezas sometidas a solicitaciones termomecánicas.
- Que aprendan las bases teóricas del MEF y en particular su aplicación a problemas térmicos, mecánicos y termomecánicos lineales y estáticos
- Que aprendan a manejar un problema comercial que les permita asentar los conocimientos adquiridos
- Que adquieran capacidad crítica para cuestionar la validez de una simulación

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción

1.1. Aspectos generales, Magnitudes, relaciones e hipótesis básicas en problemas termomecánicos. Condiciones de contorno. Simetrías y antisimetrías

1.2. Métodos de cálculo. Ejemplos de soluciones numéricas. Programas comerciales. Limitaciones de los modelos lineales y de los métodos numéricos

2. El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor

2.1. Formulación fuerte. Conservación de energía y Ley de Fourier. Condiciones de contorno esenciales y naturales. Problemas de transferencia de calor

2.2. Formulación débil. Minimización de energía . El método de elementos finitos en problemas de Calor. Funciones de forma. Vector de fuerzas y matriz de rigidez

2.3. Ejemplos Elementos Finitos y aplicaciones

3. El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras

3.1. Formulación fuerte. Ecuación de campo de la barra . Repaso de elasticidad. Condiciones de contorno esenciales y naturales- Problemas de vigas

3.2. Formulación débil. Minimización de energía . El método de elementos finitos en problemas de Elasticidad. Funciones de forma. Matrices de rigidez y vector de cargas.

- 3.3. Cálculo matricial. Ensamblaje, condiciones de contorno y cálculo de desplazamientos. Esfuerzos, tensiones y reacciones
- 3.4. Ejemplos de Elementos Finitos y aplicaciones
- 4. El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales
 - 4.1. Introducción . Tipologías y Clasificación. Grados de libertad y esfuerzos
 - 4.2. Cálculo de placas . Consideraciones generales. Comportamiento como laja o placa. Soluciones a algunos problemas
 - 4.3. Formulación mediante elementos finitos . Ejemplos de Elementos Finitos y aplicaciones
 - 4.4. Cálculo de estructuras de Láminas . Consideraciones generales. Láminas cilíndricas. Comportamiento como membrana o lámina. Soluciones a algunos problemas de láminas cilíndricas
 - 4.5. Formulación mediante elementos finitos . Ejemplos de Elementos Finitos y aplicaciones

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Introducción Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Introducción Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
3	El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica manejo software de cálculo. Aplicación problemas Transferencia Calor Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica. Aplicación problemas Transferencia Calor ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 00:30
4	El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
5	El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		El método de elementos finitos para problemas de transferencia de calor Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
6	El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Prácticas manejo software de cálculo. Aplicación problemas Elasticidad barras Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica. Aplicación problemas Elasticidad barras ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 00:30

7	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>PEC1. Temas 1 y 2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua No presencial Duración: 01:30</p>
8	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Proyecto de modelado numérico TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 12:00</p>
9	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
10	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en barras Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
11	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Prácticas manejo software de cálculo. Aplicación problemas Elasticidad otras tipologías estructurales Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Práctica. Aplicación problemas Elasticidad otras tipologías estructurales ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 00:30</p>
12	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
13	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	

14	<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>El método de elementos finitos para problemas de elasticidad en otras tipologías estructurales Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios aplicado a los conceptos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
15				
16				
17				<p>PEC2. Temas 3 y 4 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p>Prácticas de aplicación de problemas ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 01:30</p> <p>Proyecto de modelado numérico TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 12:00</p> <p>EF. Todo el temario del curso EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:30</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.

* 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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Práctica. Aplicación problemas Transferencia Calor	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:30	3.33%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG8 CG9 CG10 CE23C CG1
6	Práctica. Aplicación problemas Elasticidad barras	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:30	3.33%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG8 CG9 CG10 CE23C CG1
7	PEC1. Temas 1 y 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	01:30	30%	4 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG8 CG9 CG10 CE23C CG1

8	Proyecto de modelado numérico	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	25%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG8 CG9 CG10 CE23C CG1
11	Práctica. Aplicación problemas Elasticidad otras tipologías estructurales	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:30	3.33%	5 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG8 CG9 CG10 CE23C CG1
17	PEC2. Temas 3 y 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	35%	4 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG8 CG9 CG10 CE23C CG1

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Prácticas de aplicación de problemas	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:30	10%	5 / 10	CG3 CG5 CG6 CG7 CG10 CE23C CG1
17	Proyecto de modelado numérico	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	12:00	25%	5 / 10	CG5 CG6 CG7 CG10 CE23C CG2 CG3 CG1

17	EF. Todo el temario del curso	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	65%	4 / 10	CG2 CG3 CG4 CG5 CG6 CG7 CG8 CG9 CG10 CE23C CG1
----	-------------------------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

EVALUACIÓN CONTINUA:

La evaluación continua se realiza mediante la media ponderada de las calificaciones de:

- **Prácticas.** Son 3 prácticas obligatorias distribuidas a lo largo del curso según el calendario docente. Se realizarán de manera telemática por grupos que se formarán y anunciarán en clase. En ellas se evolucionará en el manejo de software comercial que cada alumno debe tener instalado en su ordenador. Posteriormente se abrirá un cuestionario en Moodle que deberá ser resuelto por cada alumno de manera individual y con el que se evaluará la práctica. El peso de las prácticas en la calificación final es del 10% (repartido equitativamente entre las tres prácticas) Se debe tener una nota superior a 5 para que la práctica contabilice en la evaluación final, siendo nula la aportación en caso de tener una calificación inferior.
- **Proyecto.** Es obligatorio y consistirá en la realización de un trabajo de modelización numérica de una estructura que propondrá el alumno (o grupo de alumnos) y será aprobada por el equipo docente. El trabajo deberá seguir un guión propuesto que servirá para evaluarlo. El peso del trabajo es del 25% de la calificación final. Se debe tener una nota superior a 5 para que la práctica contabilice en la evaluación final, siendo nula la aportación en caso de tener una calificación inferior.
- **Pruebas de Evaluación Continuada.** Hay dos PEC en la programación del curso. La primera PEC1

examinará sobre el contenido de los dos primeros capítulos y tendrá un peso del 30% de la calificación final y la segunda PEC2 examinará sobre el contenido de los temas 3 y 4 y tendrá un peso del 35% de la calificación final. En ambos casos se exige una nota mínima de 4 puntos para aprobar la asignatura.

EVALUACIÓN EXAMEN FINAL:

Al ser las Prácticas y el Proyecto de carácter obligatorio, forman parte de la evaluación también en este caso, y con los pesos establecidos en la evaluación continua.

El **examen final** coincidirá en fecha con la PEC2 y consistirá en la realización de la misma PEC2 y seguidamente un ejercicio equivalente a la PEC1, siendo necesario cumplir con los requisitos indicados en la evaluación continua para cada parte.

A la segunda parte del examen final (PEC1) podrán acudir todos los alumnos que lo soliciten o que no hayan superado la calificación mínima exigida en primera opción.

Para la **convocatoria extraordinaria** se emplearán las mismas reglas, ponderaciones de calificación y el examen tendrá igualmente dos partes equivalentes a la PEC1 y PCE2.

Se consideran las partes liberatorias (solo en el curso corriente y no para cursos posteriores), de manera que quien en alguna convocatoria anterior cumpla con el requisito mínimo exigido, no es necesario que vuelva a presentarse.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Pizarra	Equipamiento	Explicaciones en pizarra para clases Magistrales
Equipos informáticos	Equipamiento	Utilización del ordenador y cañón de video para presentaciones en clases magistrales

Apuntes de enunciados y problemas	Otros	El profesor aporta documentación y guiones de las clases, así como enunciados de ejercicios y problemas.
Colecciones de problemas	Otros	Problemas resueltos que se ponen a disposición del alumno para complementar la parte práctica de la asignatura
Bibliografía	Bibliografía	Se proporcionan fuentes bibliográficas con las que el alumno pueda completar el contenido de la materia expuesta en clase
Software Comercial MEF	Otros	Software de cálculo de distribución gratuita que se empleará en el curso y sobre el que se instruirá en su manejo

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

En caso de que, antes o durante el desarrollo del curso, se adopte la decisión por parte de la Universidad de que la asignatura se imparta en modo no presencial, tanto las clases como las tutorías se realizarán de forma telemática de acuerdo a las normas de la Universidad y los procedimientos establecidos por el coordinador de la asignatura.

En el caso no presencial, la herramienta de impartición de clases y tutorías será Microsoft Teams empleando para el acceso y comunicaciones, exclusivamente, las cuentas habilitadas por la Universidad.

Independientemente de si el curso es presencial o no, el material empleado en el curso estará disponible a través de Moodle.

En caso de que, antes o durante el desarrollo del curso, se adopte la decisión por parte de la Universidad de que las pruebas de evaluación de la asignatura se impartan en modo no presencial, éstas se realizarán de forma telemática empleando las herramientas y procedimientos definidos en la "GUÍA DE EVALUACIÓN NO PRESENCIAL PARA LAS CONDICIONES DE EXCEPCIONALIDAD OCASIONADAS POR EL COVID-19" o las

versiones actualizadas que de las mismas se publicasen.