



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**45000230 - Mecanica Computacional**

### PLAN DE ESTUDIOS

04GD - Doble Grado En Ingenieria Civil Y Territorial Y En Ade

### 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.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	45000230 - Mecanica Computacional
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	04GD - Doble Grado en Ingenieria Civil y Territorial y en ADE
<b>Centro responsable de la titulación</b>	04 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos
<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>
Pedro Navas Almodovar		pedro.navas@upm.es	Sin horario.
Felipe Gabaldon Castillo (Coordinador/a)	LMC	felipe.gabaldon@upm.es	L - 11:30 - 13:30 L - 15:30 - 17:30 X - 11:30 - 13:30
Juan Jose Arribas Montejo	LMC	juanjose.arribas@upm.es	M - 10:30 - 13:30 M - 16:30 - 19:30

Juan Carlos Garcia Orden	LMC	juancarlos.garcia@upm.es	L - 15:30 - 17:30 M - 15:30 - 17:30 X - 11:30 - 13:30
--------------------------	-----	--------------------------	---

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

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Tarque Ruiz, Sabino Nicola	nicola.tarque@upm.es	Gabaldon Castillo, Felipe

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Calculo I
- Mecanica
- Algebra Lineal Y Geometria Analitica
- Informatica
- Calculo Ii

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

- Resistencia de Materiales

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

04GC. CM13.2 - Capacidad de aplicación de entornos de programación a la resolución computacional de problemas de ingeniería civil.

04GC. CM14.4 - Capacidad de modelización y predicción analítica del comportamiento mecánico de sistemas de sólidos rígidos y sólidos hookeanos.

04GC. CM14.5 - Capacidad de modelización y predicción computacional del comportamiento mecánico de sistemas de sólidos rígidos y sólidos hookeanos.

04GC. CM45 - Comprensión y asunción de los principios de incertidumbre, riesgo y oportunidad en la aplicación de los métodos y modelos de la ingeniería civil (Desarrolla parcialmente la competencia transversal 3ª del R.D. 1393/2007).

04GC. CT9 - Capacidad de diseñar, analizar e interpretar experimentos relevantes en ingeniería civil

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA4 - Utiliza eficazmente los servicios de información y comunicación de Internet y las plataformas telemáticas UPM de apoyo a la docencia.

RA6 - AModeliza y predice analíticamente el comportamiento mecánico de sistemas de sólidos rígidos y sólidos hookeanos

RA5 - Argumenta la resolución de problemas mediante la lógica científica y la metodología de la Física.

RA16 - Resolver los problemas utilizando diferentes herramientas informáticas

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura es una introducción a los modelos computacionales de cálculo para ciertos sistemas mecánicos estudiados en semestres anteriores. En ella se formulan y resuelven por ordenador modelos de sólidos rígidos, modelos de oscilaciones con 1 y  $n$  grados de libertad y modelos de sólidos deformables en equilibrio estático.

Las clases prácticas para la resolución por ordenador de ejercicios, y la discusión de los resultados obtenidos, constituyen una componente esencial de la asignatura. Se alternarán los ejercicios resueltos por el profesor y discutidos en clase con otros que deberán resolver autónomamente los estudiantes con las ayudas o indicaciones del profesor. Los estudiantes dispondrán de todos los programas de ordenador que se utilizarán durante el curso, de documentación sobre el uso de los mismos y de los enunciados de los ejercicios a resolver, así como de las soluciones de algunos de ellos.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Laboratorio de mecánica computacional para sistemas de sólidos rígidos

##### 1.1. Introducción

1.1.1. Sistemas de algebra (máxima) y cálculo computacional (octave)

1.1.2. Programas de visualización interactiva (geomview)

1.1.3. Interfaz de usuario (texmacs)

##### 1.2. Cinemática del sólido rígido con movimientos finitos

1.2.1. Rotación finita del sólido rígido

1.2.2. Composición de rotaciones finitas

1.2.3. Relación entre la matriz de rotación y la velocidad angular

1.2.4. Parametrización de las rotaciones

##### 1.3. Composición de movimientos

1.3.1. Movimiento relativo

1.3.2. Composición del movimiento de dos sistemas

1.3.3. Composición del movimiento de  $n$  sistemas

- 1.4. Ecuaciones diferenciales del movimiento y su integración numérica
  - 1.4.1. Energía cinética y potencial del sólido rígido
  - 1.4.2. Función Lagrangiana: ecuaciones de Lagrange
  - 1.4.3. Condiciones iniciales
  - 1.4.4. Métodos numéricos para la integración de las ecuaciones de Lagrange
  - 1.4.5. Visualización interactiva del movimiento
- 1.5. Aplicaciones en ingeniería civil
- 2. Laboratorio de mecánica computacional para oscilaciones lineales de sistemas mecánicos
  - 2.1. Introducción a Octave
    - 2.1.1. Manejo de la interfaz gráfica. Operaciones elementales, definición de variables.
    - 2.1.2. Vectores y matrices: definición, acceso, seccionado con el operador `:`. Operaciones elemento a elemento con el operador `.` Operadores de álgebra lineal.
    - 2.1.3. Bucles. Condiciones. Gráficos. Funciones
  - 2.2. Sistemas lineales con 1 gdl
    - 2.2.1. Oscilaciones libres con y sin amortiguamiento
    - 2.2.2. Oscilaciones forzadas con y sin amortiguamiento. Resonancia.
    - 2.2.3. Movimiento con excitación en la base
  - 2.3. Métodos computacionales de integración en el dominio del tiempo.
    - 2.3.1. Integración directa.
    - 2.3.2. Integración analítica aproximando la excitación a trozos.
    - 2.3.3. Función elemental de respuesta a un impulso unidad. Integral de convolución
    - 2.3.4. Cálculo de aceleración y energía
  - 2.4. Sistemas lineales con n gdl
    - 2.4.1. Oscilaciones libres y forzadas sin amortiguamiento. Integración directa.
    - 2.4.2. Análisis modal. Cálculo de autovalores y autovectores. Integración con número limitado de modos.
    - 2.4.3. Amortiguamiento proporcional y modal
    - 2.4.4. Oscilaciones libres y forzadas con amortiguamiento.
    - 2.4.5. Movimiento con excitación en la base.
    - 2.4.6. Cálculo de aceleración y energía

#### 2.4.7. Aplicaciones en ingeniería civil

### 3. Laboratorio de mecánica computacional para sistemas de sólidos hookeanos

#### 3.1. Conceptos básicos de elasticidad

##### 3.1.1. Tensiones

##### 3.1.2. Cinemática del sólido deformable

##### 3.1.3. Ecuaciones constitutivas del sólido elástico

##### 3.1.4. Elasticidad Plana

##### 3.1.5. Formulación fuerte del problema elástico

#### 3.2. Formulaciones variacionales

##### 3.2.1. Energía de deformación

##### 3.2.2. El principio de los trabajos virtuales

#### 3.3. Introducción al Método de los Elementos Finitos

##### 3.3.1. Discretización de los campos de desplazamientos, deformaciones y tensiones

##### 3.3.2. Expresión discreta del principio de los trabajos virtuales

##### 3.3.3. Matriz de rigidez y vector de fuerzas nodales

##### 3.3.4. El triángulo de deformación constante

##### 3.3.5. El cuadrilátero de cuatro nodos

##### 3.3.6. Integración numérica e implementación computacional

#### 3.4. Aplicaciones en ingeniería civil



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1.1</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Prácticas del tema 1.1</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
2	<b>Temas 1.2 y 1.3</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Prácticas de los temas 1.2 y 1.3</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
3	<b>Temas 1.4 y 1.5</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio de clase (tema 1.1 a tema 1.3)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:05
4	<b>Prácticas de los temas 1.4 y 1.5</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Prácticas del tema 1.6</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
5	<b>Tema 2.1</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Prueba intermedia (tema 1.1 a tema 1.5)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:05
6	<b>Tema 2.2</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Prácticas del tema 2.2</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
7	<b>Tema 2.3</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Prácticas del tema 2.3</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Ejercicio de clase</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:05
8	<b>Tema 2.4</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Prácticas del tema 2.4</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
9				<b>Prueba intermedia (temas 2.1 a tema 2.4)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:05
10	<b>Tema 3.1</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Tema 3.2</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 3.3</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

12	<b>Tema 3.3</b> Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Prácticas del tema 3.3</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
13			<b>Prácticas del tema 3.3</b> Duración: 02:10 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
14			<b>Prácticas del tema 3.4</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Prueba intermedia (tema 3.1 al tema 3.3)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:10
15			<b>Prácticas del tema 3.4</b> Duración: 02:10 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
16			<b>Prácticas del tema 3.4</b> Duración: 01:05 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Ejercicio de clase (tema 3.4)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:05  <b>Consiste en un único examen formado por cuatro ejercicios: uno de dinámica del sólido, uno de oscilaciones lineales y dos del método de elementos finitos.</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:30
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
3	Ejercicio de clase (tema 1.1 a tema 1.3)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:05	10%	/ 10	04GC. CM13.2 04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45 04GC. CT9
5	Prueba intermedia (tema 1.1 a tema 1.5)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:05	23.33%	3 / 10	04GC. CM13.2 04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45 04GC. CT9
7	Ejercicio de clase	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:05	10%	/ 10	04GC. CM13.2 04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45 04GC. CT9
9	Prueba intermedia (temas 2.1 a tema 2.4)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:05	23.33%	3 / 10	04GC. CM13.2 04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45 04GC. CT9
14	Prueba intermedia (tema 3.1 al tema 3.3)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:10	23.34%	3 / 10	04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45
16	Ejercicio de clase (tema 3.4)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:05	10%	3 / 10	04GC. CM13.2 04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45 04GC. CT9

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

16	Consiste en un único examen formado por cuatro ejercicios: uno de dinámica del sólido, uno de oscilaciones lineales y dos del método de elementos finitos.	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	04:30	100%	3 / 10	04GC. CM13.2 04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45 04GC. CT9
----	--	--------------------------------	------------	-------	------	--------	---

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Consiste en un único examen formado por cuatro ejercicios: uno de dinámica del sólido, uno de oscilaciones lineales y dos del método de elementos finitos.	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	04:30	100%	/ 10	04GC. CM13.2 04GC. CM14.4 04GC. CM14.5 04GC. CM45 04GC. CT9

## 7.2. Criterios de evaluación

### EVALUACIÓN CONTINUA

Sin necesidad de realizar el examen final, aprobarán la asignatura los alumnos cuya media ponderada de los ejercicios de clase y de las pruebas intermedias sea igual o superior a 5 y que no hayan obtenido una calificación inferior a las notas mínimas especificadas para las distintas actividades de evaluación.

La calificación final del examen será obtenida con la media de los dos ejercicios de dinámica del sólido y de oscilaciones lineales y la media ponderada del ejercicio teórico-práctico de elementos finitos (70%) con el ejercicio de elementos finitos resuelto por ordenador (30%). Es requisito indispensable para aprobar la asignatura obtener una nota mínima de 3 en cada uno de ellos. A estos efectos, para los alumnos que no hayan realizado los cuatro ejercicios del examen final (PE3) por tener una nota mayor o igual que 3 en las correspondientes pruebas del curso, se sustituirá la calificación del ejercicio no realizado por la que obtuvieron en la correspondiente prueba del curso, siempre que ésta sea mayor o igual que 3.

Para superar la asignatura se debe obtener una calificación final igual o superior a 5. Para los alumnos de evaluación continua, la calificación final de la asignatura no será inferior a la que resultase de aplicar los criterios de la evaluación mediante ?sólo prueba final? que se indican a continuación.

## **SÓLO PRUEBA FINAL**

Cada ejercicio se valorará de 0 a 10, debiendo estar calificado cada ejercicio con una nota mínima igual a 3. La calificación final de la asignatura será directamente la obtenida con la media de los dos ejercicios de dinámica del sólido y de oscilaciones lineales y la media ponderada del ejercicio teórico-práctico de elementos finitos (70%) con el ejercicio de elementos finitos resuelto por ordenador (30%). Para aprobar la asignatura la calificación debe ser mayor o igual a 5, habiendo sacado una nota mínima de 3 en cada uno de los cuatro ejercicios.

## **EXAMEN FINAL EXTRAORDINARIO**

Todos los alumnos deberán realizar los cuatro ejercicios de que consta este examen, independientemente de las calificaciones que hayan obtenido en la evaluación continua y/o en el examen final ordinario. La calificación final del examen será obtenida con la media de los dos ejercicios de dinámica del sólido y de oscilaciones lineales y la media ponderada del ejercicio teórico-práctico de elementos finitos (70%) con el ejercicio de elementos finitos resuelto por ordenador (30%). Para superar la asignatura se debe obtener una calificación final igual o superior a 5, sin que se exijan notas mínimas en cualquiera de los ejercicios.

## **8. Recursos didácticos**

---

### **8.1. Recursos didácticos de la asignatura**

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Observaciones</b>
Página web de la asignatura alojada en Moodle UPM	Recursos web	Todo el material docente y los recursos didácticos de la asignatura están disponibles en esta página web.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Para el seguimiento de esta asignatura es necesario que el alumno disponga de ordenador portátil (propio o tomado en préstamo de la biblioteca de la escuela).