



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ing. de Caminos  
Canales y P.

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**43000551 - Dynamic And Seismic Analysis Of Structures**

### PLAN DE ESTUDIOS

04AI - Doble Master Universitario En Iccp Y En Sistemas De Ingeniería Civil

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo 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.....	5
6. Cronograma.....	9
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	16

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	43000551 - Dynamic And Seismic Analysis Of Structures
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Cuarto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés/Castellano
<b>Titulación</b>	04AI - Doble Master Universitario en Iccp y en Sistemas de Ingeniería Civil
<b>Centro responsable de la titulación</b>	04 - E.T.S. De Ing. De Caminos Canales Y P.
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Ivan Muñoz Diaz		ivan.munoz@upm.es	X - 11:00 - 14:00 J - 11:00 - 14:00
Juan Carlos Mosquera Feijoo (Coordinador/a)	Lab Sist Intel	juancarlos.mosquera@upm.es	X - 10:30 - 14:00 J - 10:30 - 14:00 Previous appointment required

Antonio Jose Madrid Ramos	Lab estructuras	antoniojose.madrid@upm.es	V - 15:00 - 19:00 Previous appointment required
Luis Francisco Plaza Beltran	Structures Lab	luis.plaza.beltran@upm.es	V - 15:30 - 19:30

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

### 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Luis Cueto-felgueroso Landeira	luis.cueto@upm.es	ETSICCP, Dep Hidráulica, energía y medio ambiente
Sandro Andrés Martínez	sandro.andres@upm.es	ETSICCP, Depto Hidráulica, energía y medio ambiente

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

El plan de estudios Doble Master Universitario en Iccp y en Sistemas de Ingeniería Civil no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- MatLab skills

- Mathematical analysis. Differential and Integral Calculus. Vector and Tensor Algebra. Vector and Tensor Analysis. Ordinary differential equations. Partial differential equations. Mechanics. Strength of Materials. Structural analysis.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

MICCCB06 - 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

MICCCB07 - 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

MICCCB09 - 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

MICCCB10 - 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

MICCPCE22 - 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. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

MICCCGP01 - Capacitación científico-técnica y metodológica para el reciclaje continuo de conocimientos y el ejercicio de las funciones profesionales de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, planificación, dirección, gestión, construcción, mantenimiento, conservación y explotación en los campos de la ingeniería civil. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8

MICCCGP06 - Conocimiento para aplicar las capacidades técnicas y gestoras en actividades de I+D+i dentro del ámbito de la ingeniería civil. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

MICCCGP11 - Capacidad para el proyecto, ejecución e inspección de estructuras (puentes, edificaciones, etc.), de obras de cimentación y de obras subterráneas de uso civil (túneles, aparcamientos), y el diagnóstico sobre su integridad. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

MICCCGP12 - Capacidad para planificar, diseñar y gestionar infraestructuras, así como su mantenimiento, conservación y explotación. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

MICCCGP18 - Conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de métodos matemáticos, analíticos y numéricos de la ingeniería, mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de

estructuras, ingeniería del terreno, ingeniería marítima, obras y aprovechamientos hidráulicos y obras lineales. Incorpora las competencias CB6, CB7 y CB8.

MICCPCT01 - Capacidad de preparar y presentar comunicaciones orales, escritas y gráficas, estructurada y argumentadamente. Desarrolla la competencia CB9.

MICCPCT02 - Polivalencia y capacidad de aprendizaje autónomo. Desarrolla la competencia CB10.

MICCPCT03 - Capacidad de comunicación técnica oral y escrita en lengua inglesa. Desarrolla la competencia transversal 1ª de la normativa UPM.

MICCPCT04 - Capacidad de organizar y dirigir los esfuerzos de un equipo. Desarrolla la competencia transversal 5ª de la normativa UPM.

MICCPCT05 - Capacidad de ejercer las funciones profesionales de proyecto, cálculo, evaluación técnica, planificación y gestión técnica mediante el uso de normativa europea e internacional. Desarrolla la competencia transversal 7ª de la normativa UPM.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA114 - Capacidad para analizar y sintetizar los diversos contenidos de información de fuentes diversas

RA115 - Capacidad para aplicar e integrar sus conocimientos técnicos hacia la consecución de un fin

RA16 - Modeliza y dimensiona elementos estructurales aplicando la teoría clásica de la Elasticidad y su extensión a régimen dinámico y a plasticidad de secciones, aplicando métodos analíticos y numéricos.

RA20 - Aplica y evalúa modelos avanzados de ingeniería estructural y geotécnica en proyecto y ejecución de obras

RA120 - Capacidad de analizar los resultados y plantear futuros desarrollos de investigación

RA142 - Conoce la influencia de las diversas causas de no linealidad en el análisis dinámico de estructuras y los métodos de cálculo aplicables.

RA235 - Modela y dimensiona elementos continuos y estructurales sometidos a acciones dinámicas mediante métodos analíticos y numéricos.

RA1 - Formula y resuelve problemas matemáticos y numéricos avanzados de ingeniería civil, identificando sus diferentes componentes científicos y técnicos y seleccionando y acoplado con eficacia los métodos de resolución.

RA122 - The student acquires the fundamentals of static and dynamic experimental techniques in structural engineering, and understands the structural implications of taken measurements.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

#### Unit I. Structural dynamics. General concepts

Chapter 1. Mathematical and dynamic modelling. Discretization methods

Mathematical model. Matrix analysis of structures. Dynamic model. Space and time discretization. Discrete systems. Degrees of freedom. Continuous systems. Lumped-mass method. Generalized displacements method. The finite element method. Equations of motion. Objectives of the dynamic analysis.

#### Unit II. Time domain analysis of Single degree-of-freedom systems

Chapter 2. Free vibrations

Undamped vibrations. Damped vibrations. Logarithmic decrement. Vibrations with dry friction.

Chapter 3. Response to harmonic excitations and periodic excitations

Undamped vibrations. Damped vibrations. Amplification factor. Resonant response. Vibration-measuring instruments. Forces transmitted to the ground and vibration isolation. Damping measurement.

Exponential form of the solution. Complex frequency response function (CFRF).

Chapter 4. Responses to impulsive and arbitrary dynamic loading

Impulsive excitation. Maximum response analysis. Response to shortduration impulsive loadings. Response to an arbitrary dynamic loading. Convolution integrals. Numerical approach.

#### Unit III. Time domain analysis of multi-degree-of-freedom systems

Chapter 5. Multi-degree-of-freedom systems. Modelling and analysis. Vibration frequencies and mode shapes

Selection of dynamic degrees of freedom. Direct approach. Variational formulation. Stiffness and mass matrices.

Damping matrix. External loading.

Vibration frequencies and mode shapes. Characteristic load. Modal Orthogonality. Normalizing the mode shapes. Modal coordinate transformation methods. Tracking methods.

Chapter 6. Analysis of vibration frequencies and mode shapes

Undamped vibrations. Vibration frequencies and mode shapes. Interpretation of mode shapes. Characteristic load. Modal Orthogonality. Normalizing the mode shapes. Calculation of vibration frequencies and mode shapes. Modal coordinate transformation methods. Tracking methods.

Chapter 7. Response Analysis. Mode superposition method

Normal coordinates. Uncoupling the equations of motion. Dynamic response. Conditions of modal orthogonality with respect to the damping matrix. Construction of the damping matrix.

Chapter 8. Vibration alleviation. Tuned mass dampers

Vibration isolation. Fundamentals of TMD. Example of TMD design.

## **Unit IV. Frequency-domain analysis**

Chapter 9. Fundamentals of the dynamic analysis in the frequency domain

Fourier series representation of a periodic loading. Frequency Response Function. Fourier series and the Fourier integral. Fundamental equation of frequency domain analysis. Aliasing and other numerical difficulties with the Fourier transform.

Chapter 10. Frequency-domain method of response analysis

CFRF. Response analysis in the frequency domain when the vibration modes are known. Response analysis in the frequency domain with unknown modes. Complex frequency-response function matrix

## Unit V. Elements of earthquake engineering

### Chapter 11. Fundamentals of seismology

Sources of earthquakes. The seismic cycle. Plate tectonics. Seismic zones. Faults and earthquakes. Seismic waves. Earthquake records.

### Chapter 12. Seismic risk

Seismic risk and related concepts. Parameters related to earthquakes: intensity, magnitude, moment, displacement, velocity, acceleration. Scales. Relations. Seismic hazard assessment. Deterministic methods. Probabilistic methods. Zoned and not zoned methods. Expression of results.

### Chapter 13. Design earthquake. Response spectrum analysis

Design earthquake. Response spectra. Response spectrum analysis (RSA)

### Chapter 14. Seismic Codes

Spanish Earthquake-resistant Construction Code for buildings and Eurocode 8.

Samples and exercises

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Structural dynamics. General concepts
2. Single degree-of-freedom systems
3. Multi-degree-of-freedom systems
4. Frequency domain analysis
5. Elements of earthquake engineering

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Chapters 1 and 2</b> Duración: 03:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Chapter 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Chapters 2 and 3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
3	<b>Chapter 4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Exercises, problems, quizzes</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Problem-based learning, group work</b> Duración: 01:00 AS: Aprendizaje servicio	
4	<b>Chapter 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Chapter 5</b> Duración: 01:00 AS: Aprendizaje servicio	<b>Special assignment Chapters 1 to 4</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 04:00
5	<b>Chapter 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Chapter 6</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Topics 5-6</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
6	<b>Chapter 7</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Chapter 7</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Problem-based learning, group work</b> Duración: 01:00 AS: Aprendizaje servicio	
7	<b>Chapter 8</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Problem-solving class</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Special assignment Chapters 7 and 8</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
8	<b>Chapter 9</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Problem-based learning, group work</b> Duración: 01:00 AS: Aprendizaje servicio	
9	<b>Chapter 9</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Chapter 9</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	

10	<b>Chapter 10</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Chapter 10</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
11	<b>Chapter 11</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Problem-solving class</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
12	<b>Chapter 12</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Problem-solving class</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
13	<b>Chapter 13</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Problem-solving class</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
14	<b>Chapter 14</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Problem-solving class</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Special assignment Chapters 12 to 14</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
15	<b>Chapter 14</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Special assignment Chapters 12 to 14</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación	<b>Written ordinary Exam</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 03:00
16				
17				<b>End-of-year Exam</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 03:00

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.

## 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
4	Special assignment Chapters 1 to 4	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	04:00	15%	5 / 10	MICCPCT05 MICCPCE22 MICPCB10 MICPCB09 MICCPCT01 MICPCB07 MICPCB06 MICCPCT03
5	Topics 5-6	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	02:00	5%	5 / 10	MICPCGP01 MICPCGP12 MICPCGP11
7	Special assignment Chapters 7 and 8	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	10%	5 / 10	MICPCGP06
14	Special assignment Chapters 12 to 14	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	10%	5 / 10	MICPCGP06 MICCPCT02 MICCPCT05 MICPCB09 MICCPCT01 MICPCB07 MICPCB06 MICCPCT04
15	Written ordinary Exam	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	60%	5 / 10	MICPCGP06 MICPCB07 MICCPCT02 MICCPCE22 MICPCB06

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

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

17	End-of-year Exam	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	MICCPG01 MICCPCT02 MICCPCT05 MICCPCE22 MICPCB10 MICPCGP11 MICPCB09 MICCPCT01 MICPCGP06 MICPCB07 MICPCB06 MICPCGP12 MICCPCT04 MICCPCT03
----	------------------	-------------------------------------	------------	-------	------	--------	---

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
End-of-year exam	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	MICCPCT02 MICCPCE22 MICPCB10 MICPCB09 MICPCB06 MICCPCT03 MICPCGP01 MICPCGP12 MICPCGP11

## 7.2. Criterios de evaluación

### Evaluation through continuous assessment

EM1. Individual & teamwork interactive resolution of exercises and problems (weight: 40%). It builds on a competence-based learning model.

Description. Classroom work is assessed by means of either active participation or eventual evaluation through brief in-class quizzes consisting of short exercises to be solved individually by students.

The students are prompted to do assignments either individually or in small groups. Teamwork results must be presented in the classroom.

Scoring criteria. The maximum score of each item is ten points. Both individual&group work monitoring and short-exams weight 50% of EM1 score. The group work weights another 50% of EM1.

Place and timing: Assignments are set during class time, to be carried out through the flipped classroom technique.

EM2. End-of-year exam (weight: 60%)

Description. This three-hour exam comprises exercises, including either theoretical questions or problems related to any lesson of the module programme.

Scoring criteria. Each exercise counts ten points. The grade is assessed as the weighted average of the scores of the exercises. A minimum grade of four out of ten in this exam is required for passing the module.

Place and timing: Scheduled by the Head of Studies.

Final grade through continuous assessment

Passing grade is five out of ten points. The final grade will be the highest of the following:

- The weighted average of EM1 and EM2 scores, once the EM2 grade is at least four points out of ten; otherwise the student fails the subject.
- The score achieved in the end-of-year exam.

Students subjected to continuous assessment who have failed the subject after the end-of-year exam, may sit an

extraordinary final exam. Its grading criteria also take into account EM1 and EM2 scores achieved in the last semester, but not in earlier semesters.

### Evaluation through final exam only

Description. Its structure is similar to that describer earlier for the continuous assessment.

Scoring criteria. Each exercise counts ten points. The exam score is assessed as the weighted average of the scores of the exercises. Passing grade is five out of ten points.

Place and timing: Scheduled by the Head of Studies.

Final score of the subject through only final exam

The final grade in this subject is the one obtained in the end-of-year exam.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Basic references I	Bibliografía	Clough, R.W.; Penzien, J. (2010): Dynamics of structures Mac Graw-Hill International.  Preumont, A. (2013): Twelve Lectures on Structural Dynamics, Université Libre de Bruxelles.
Basic references II	Bibliografía	Chopra, A.K. (2012): Dynamics of structures. Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, 4th Ed.

Basic references III	Bibliografía	<p>Paultre, P. (2013). Dynamics of structures. John Wiley &amp; Sons.&lt;br /&gt;</p> <p>Humar, J. (2012). Dynamics of structures. CRC press.</p>
Basic references IV	Bibliografía	<p>Barbat, A. H.; Canet, J. M. (1994): Estructuras sometidas a acciones sísmicas. Cálculo por ordenador, CIMNE, Barcelona.</p>
Standards I	Bibliografía	<p>Ministerio de Fomento (2003): Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02: Parte General y de edificación.&lt;br /&gt;</p> <p>Ministerio de Fomento (2008): Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes NCSP-07.</p>
Standards II	Bibliografía	<p>CEN (2011): Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes UNE-EN 1998-1.&lt;br /&gt;</p> <p>Eurocode 8: Seismic Design of Buildings. Worked examples JRC European Commission, 2012.</p>
Earthquakes & Seismology	Bibliografía	<p>Bolt, B.A., Horn, W.L., MacDonald, G.A.,; Scott, R.F. (1975). Geological Hazards: Earthquakes-tsunamis-volcanoes-avalanches-landslides-floods. Springer.&lt;br /&gt;</p> <p>Quesada, C., &amp; Oliveira, J. T. (2019). The geology of Iberia: A geodynamic approach.</p>
Earthquakes & Seismology	Bibliografía	<p>Scholz, C. H. (2019). The mechanics of earthquakes and faulting. Cambridge university press.</p>
Computational resources	Recursos web	<p>MatLab code to accomplish with the expected learning competences.</p>

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Supplementary teaching materials and resources may also be available on Learning-based-system platforms (e.g., Moodle, Teams,...).