



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

**43000677 - Monitorización Estructural**

### PLAN DE ESTUDIOS

04AP - Master Universitario Ingeniería De Estructuras, Cimentaciones Y Materiales

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - 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.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	12

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	43000677 - Monitorizacion Estructural
<b>No de créditos</b>	1.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	04AP - Master Universitario Ingenieria de Estructuras, Cimentaciones y Materiales
<b>Centro responsable de la titulación</b>	04 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos
<b>Curso académico</b>	2024-25

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Carlos Zanuy Sanchez (Coordinador/a)	Lb. Estructuras	carlos.zanuy@upm.es	J - 11:00 - 14:00 V - 11:00 - 14:00
Ivan Muñoz Diaz	Lb. Estructuras	ivan.munoz@upm.es	X - 11:00 - 14:00 J - 11:00 - 14:00

Jose Manuel Soria Herrera	Planta 9	jm.soria@upm.es	M - 11:00 - 14:00 X - 11:00 - 14:00
Carlos Martin De La Concha Renedo	Lb. Estructuras	carlos.martindelaconcha@upm.es	M - 11:00 - 14:00 X - 11:00 - 14:00
Alberto Sanz Rubio	Lb. Estructuras	alberto.sanzr@upm.es	L - 18:00 - 20:00 X - 18:00 - 20:00
David Constantino Fernandez Montes	Lb. Estructuras	david.fernandez.montes@upm.es	M - 18:45 - 20:45 J - 18:45 - 20:45
Antonio Jose Madrid Ramos	Lb. Estructuras	antoniojose.madrid@upm.es	M - 10:30 - 13:30 V - 16:00 - 19:00
Tomas Luis Ripa Alonso	Lb. Estructuras	tomasluis.ripa@upm.es	M - 12:30 - 14:30 J - 10:30 - 12:30

\* 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 Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Dinámica de Estructuras

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

C12 - [ligada al Itinerario en Mantenimiento y rehabilitación de estructuras, y sus cimentaciones y materiales]: Capacidad para la investigación de alta especialización o predoctoral en mantenimiento y conservación de estructuras, sus cimentaciones y sus materiales TIPO: Competencias

C3 - [Proviene de las competencias CE3 y CE9]: Capacidad para la resolución de problemas ligados al diseño, construcción, conservación y evaluación técnica de infraestructuras que requieran la aplicación de las propiedades mecánicas y de fractura de los materiales estructurales TIPO: Competencias

C4 - [Proviene de las competencias CE1 y CE4]: Capacidad para el análisis del comportamiento mecánico y la durabilidad de estructuras de ingeniería civil y edificación, sus materiales y sus cimentaciones TIPO: Competencias

C5 - [Proviene de las competencias CG1 y CE5]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante métodos numéricos TIPO: Competencias

C6 - [Proviene de la competencia CG3]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos experimentales mediante técnicas de instrumentación y uso de sensores TIPO: Competencias

C7 - [Proviene de la competencia CG2]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante el uso de técnicas de programación informática TIPO: Competencias

C8 - [Proviene de las competencias CE1, CE5 y CE8]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante técnicas de análisis de fiabilidad y seguridad TIPO: Competencias

C9 - [Proviene de las competencias CE9-CE16]: Capacidad para la investigación predoctoral en diseño de estructuras y sus cimentaciones y materiales, simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales, Mantenimiento y conservación de estructuras, sus cimentaciones y sus materiales TIPO: Competencias

K1 - [Proviene parcialmente de la competencia CG1]: Aplica e integra conocimientos científicos avanzados de tipo mecánico, físico y matemático en contextos de investigación científica y tecnológica en el ámbito de las estructuras, las cimentaciones y los materiales TIPO: Conocimientos o contenidos

K2 - [Proviene de la competencia CG2]: Identifica los componentes determinantes para ejercer las funciones de diseño, construcción, conservación y evaluación técnica de estructuras, cimentaciones y materiales, mediante el uso de normativa y documentación científica nacional e internacional. TIPO: Conocimientos o contenidos

K3 - [Proviene de la competencia CG3]: Identifica y explica los aspectos determinantes para diseñar, analizar e interpretar experimentos relevantes, así como usar varios lenguajes de computación, programas de análisis y simulación, y modelos avanzados en ingeniería estructural, geotécnica y de materiales estructurales. TIPO: Conocimientos o contenidos

Sk3 - [Proviene de la competencia CB8]: Integra los conocimientos adquiridos para formular juicios e introducir innovaciones tecnológicas 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 TIPO: Habilidades o destrezas

Sk4 - [Proviene de la competencia CB10]: Demuestra que puede adquirir conocimientos complejos y continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto-dirigido o autónomo TIPO: Habilidades o destrezas

Sk5 - [Proviene de la competencia CG4]: Utiliza la lengua inglesa para expresar conocimiento técnico y científico, de forma oral y escrita. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk6 - [Proviene de la competencia CG5]: Aplica los servicios de comunicación y de obtención de información para su transformación en conocimiento aplicable al ejercicio de las competencias en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk7 - [Proviene de las competencias CB9 y CT1]: Prepara y presenta comunicaciones orales, escritas y gráficas, estructurada y argumentadamente, y es capaz de discutir las con otras personas. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk8 - [Proviene de la competencia CT2]: Planifica, organiza y dirige los esfuerzos de un equipo de personas TIPO: Habilidades o destrezas

Sk9 - [Proviene de la competencia CT3]: Aplica los estándares de deontología en la investigación avanzada TIPO: Habilidades o destrezas

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA43 - RA4 - Discute las implicaciones estructurales consecuencia de los datos medidos experimentales en una monitorización, y sabe cómo integrarlas en un sistema completo de SPM

RA40 - RA1 - Define correctamente los transductores, equipo de adquisición y accesorios necesarios en un proyecto de monitorización

RA41 - RA2 - Planifica correctamente las actividades necesarias para la monitorización de una estructura

RA42 - RA3 - Aplica las metodologías experimentales necesarias para estimar las propiedades dinámicas de una estructura

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura trata sobre los fundamentos y aplicación de las técnicas experimentales a la ingeniería estructural. El curso está dividido en tres partes: la primera versa sobre los sistemas de instrumentación, incluyendo el estudio de transductores, acondicionamiento y post-proceso; la segunda está dedicada a las pruebas de carga en puentes y edificios; la tercera trata sobre los métodos basados en el análisis modal experimental; y la cuarta tiene como objetivo la integración de las metodologías de monitorización con ejemplos prácticos de aplicaciones reales.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Sistemas de monitorización: generalidades, tipos y componentes.
2. Instrumentación: transductores, acondicionamiento de la señal y presentación de datos
3. Proyectos de monitorización: pruebas de carga, ensayos y monitorización a largo plazo
4. Sistemas de monitorización basados en los datos y basados en modelos
5. Equipamiento y métodos de procesado
6. Análisis modal experimental
7. Integración de modelos; gemelos digitales
8. Ejemplos prácticos

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1				
2				
3				
4				
5				
6	<b>Tema 1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica Instrumentación</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resolución de ejercicios y/o prácticas</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 03:00
8	<b>Tema 3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 5</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Resolución de ejercicios y/o prácticas</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 03:00
9	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica Equipamiento y Monitorización</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resolución de ejercicios y/o prácticas</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 03:00
10	<b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 8</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11				<b>Presentación del trabajo final</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 03:00

12				
13				
14				
15				
16				
17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00  <b>Examen final (evaluación final)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global No presencial Duración: 02:00

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
7	Resolución de ejercicios y/o prácticas	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	03:00	10%	/ 10	Sk4 C4 K2 Sk5 Sk6 Sk7 Sk9 K1 Sk3 C8 C12 C6 C7
8	Resolución de ejercicios y/o prácticas	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	03:00	10%	/ 10	Sk4 C3 C4 K2 C9 K3 Sk5 Sk6 Sk7 Sk9 K1 Sk3 C8 C12 C6 C7
9	Resolución de ejercicios y/o prácticas	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	03:00	10%	/ 10	Sk4 C3 C4 K2 C9 K3 Sk5 Sk6 Sk7 Sk9 Sk3

							C5 C8 C12 C6
11	Presentación del trabajo final	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	03:00	30%	/ 10	C3 C4 K2 C9 K3 Sk5 Sk6 Sk7 Sk9 K1 Sk4 Sk3 C5 C8 C12 C6 C7
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	Sk4 C3 C4 K2 C9 K3 Sk5 Sk6 Sk7 Sk8 Sk9 K1 Sk3 C5 C8 C12 C6 C7

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final (evaluación final)	EX: Técnica del tipo Examen	No Presencial	02:00	100%	5 / 10	Sk4 C3 C4 K2 C9 K3 Sk5 Sk6 Sk7 Sk8

		Escrito					Sk9 C7 K1 Sk3 C5 C8 C12 C6
--	--	---------	--	--	--	--	---

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	Sk4 C3 C4 K2 C9 K3 Sk5 Sk6 Sk7 Sk8 Sk9 C5 C7 K1 Sk3 C8 C12 C6

## 7.2. Criterios de evaluación

### Evaluación continua

#### **EM 1. Trabajo del alumno (60%)**

Resolución de ejercicios y casos prácticos, o informes de prácticas de laboratorio. Pueden incluir presentaciones orales. Se puntúan de 0 a 10. Se realizan en casa a partir de lo impartido en las aulas o el laboratorio.

#### **EM 2. Examen final (60%)**

Consiste en un examen escrito individual, correspondiente al temario impartido durante el curso. Se puntúa de 0 a 10. Es un examen presencial.

**Calificación:** es la media ponderada de EM1 y EM2, siguiendo los pesos indicados arriba. Para aprobar debe ser al menos de 5,0.

### Evaluación final

Consiste en el examen EM2.

**Calificación:** es la obtenida en el examen (100%). Para aprobar debe ser al menos de 5,0.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Plataforma Moodle	Recursos web	Presentaciones de las clases, ejercicios y tareas de los estudiantes, referencias y lecturas recomendadas.
Instrumentación aplicada a la ingeniería	Bibliografía	Fraile Mora J., García Gutiérrez P., Fraile Ardanuy J. (2012). Instrumentación aplicada a la ingeniería. Editorial Garceta, Madrid.
Modal Testing: theory, practice and Application	Bibliografía	Ewins D. J. (2000). Modal Testing: theory, practice and Application. Editorial Research Studies Press, Baldock, Hertfordshire, Reino Unido
Análisis experimental de estructuras	Bibliografía	Blanco, Díaz E., Oller Martínez, S. y Gil Espert, L. (2008). Análisis experimental de estructuras. Editorial: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, España.
Biblioteca de la Escuela	Equipamiento	Amplia selección de bibliografía especializada
Laboratorio de Estructuras	Equipamiento	Laboratorio de ensayos estructurales a media y gran escala de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Laboratorio de Métodos Experimentales en estructuras	Equipamiento	Laboratorio docente para análisis experimental de estructuras
Bridge monitoring, A practical guide	Bibliografía	Middlenton et al., Bridge monitoring, A practical guide, ICE, 2016
Health Monitoring of Bridges	Bibliografía	Helmut Wenzel, Health Monitoring of Bridges, 2009, Wiley

STRUCTURAL HEALTH MONITORING A MACHINE LEARNING PERSPECTIVE	Bibliografía	Farrar, Worden, STRUCTURAL HEALTH MONITORING A MACHINE LEARNING PERSPECTIVE, Willey, 2013
Bridge structural monitoring: the Lombardia regional guidelines	Bibliografía	Limongelli et al. Bridge structural monitoring: the Lombardia regional guidelines. Structure and infrastructure Engineering, 2022
Categories of SHM deployments: technologies and capabilities	Bibliografía	Webb, G.T., Vardanega, P.J., Middleton, C.R., 2014b. Categories of SHM deployments: technologies and capabilities. J. Bridge Eng. 04014118
Structural Health Monitoring Systems	Bibliografía	Andersen, J.E., Vesterinen, A., Structural Health Monitoring Systems. COWI Futuretec, 2006.