



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

**43000657 - Instrumentacion**

### PLAN DE ESTUDIOS

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

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 4. Descripción de la asignatura y temario.....   | 4  |
| 5. Cronograma.....                               | 6  |
| 6. Actividades y criterios de evaluación.....    | 8  |
| 7. Recursos didácticos.....                      | 11 |
| 8. Otra información.....                         | 12 |

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 43000657 - Instrumentacion  |
| <b>No de créditos</b>                      | 1.5 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>                          | 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> |
|---|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| Victor Rey De Pedraza Ruiz<br>(Coordinador/a) |                 | v.rey@upm.es              | - -                          |
| Beatriz Sanz Merino                           |                 | beatriz.sanz@upm.es       | Sin horario.                 |
| Francisco Rafael Galvez<br>Diaz-Rubio         |                 | f.galvez@upm.es           | Sin horario.<br>A petición   |

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

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 3.1. 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

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

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

Sk1 - [Proviene de la competencia CB6]: Utiliza de forma lógica y crítica las bases del método científico como base para llevar a cabo desarrollos originales y/o aplicaciones de ideas en el contexto de la investigación en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk2 - [Proviene de la competencia CB7]: Utiliza los conocimientos técnicos adquiridos para la resolución de problemas nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con el diseño de estructuras, cimentaciones y materiales en ingeniería civil y edificación. TIPO: Habilidades o destrezas

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

## 3.2. Resultados del aprendizaje

RA14 - Resuelve problemas de proyecto, construcción, conservación y evaluación técnica de infraestructuras que se planteen en contextos globalizados e involucren aspectos de comportamiento no lineal de estructuras.

RA22 - familiarizarse con la metodología científica de las disciplinas en que se apoya la asignatura

RA24 - Conocer, comprender y analizar las ecuaciones de la elasticidad como relaciones básicas del comportamiento de los sólidos

RA28 - Conocer, aplicar y analizar las distribuciones de tensiones y deformaciones en problemas bidimensionales de elasticidad

RA20 - conocer los fundamentos físicos de los comportamientos macroscópicos

RA16 - Diseña, analiza e interpreta experimentos relevantes en ingeniería estructural, geotécnica y de materiales estructurales

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura Instrumentación es que los estudiantes del Master de Estructuras, Cimentaciones y Materiales adquieran un conocimiento básico de los diferentes sistemas de medida aplicables para obtener las propiedades de los materiales o para la monitorización de estructuras. Se pretende que los futuros ingenieros sean capaces de conocer el funcionamiento de un sistema de medida, diferenciar sus partes, decidir si es óptimo o no para una determinada aplicación, así como elegir los componentes más adecuados en cada caso. Se introducirán las características principales, las leyes y modelos de comportamiento de los diferentes tipos de sensores y transductores de mayor utilidad para las aplicaciones en las que se desempeñará el ingeniero civil, tanto para el análisis o monitorización del estado de una estructura como para la caracterización de materiales y componentes. Entre los sensores de mayor interés en la asignatura se trabajará con el manejo de termopares, termoresistencias y termistores para medida de temperaturas, viendo sus principales características y diferencias de utilización. Para el análisis y seguimiento del estado de cargas de estructuras y componente se estudiarán sensores de tipo resistivo aplicados a medida de deformaciones, tales como bandas extensométricas. Complementando lo anterior y con objeto de que el futuro ingeniero sea capaz de diseñar sus propios sistemas de medida y células de carga se estudiarán los montajes más habituales de bandas extensométricas, como el puente de Wheatstone, analizando su respuesta y permitiendo diseñar de manera coherente la distribución de los sensores. Por último, se presentarán los transductores de bandas más habituales, como son los extensómetros,

células de carga y sensores de presión, así como transductores inductivos y capacitivos.

## 4.2. Temario de la asignatura

### 1. Introducción a la instrumentación

- 1.1. Introducción. Componentes de un sistema de medida
- 1.2. Transductores y tipos
- 1.3. Respuesta de un transductor (linealidad, histéresis y deriva). Conversión A/D

### 2. Acondicionamiento de señal

- 2.1. Circuitos de corriente continua
- 2.2. Circuito potenciométrico simple. Thevenin, impedancias de entrada y salida.
- 2.3. Puentes de Wheatstone

### 3. Medida de temperaturas I. Sensores RTD

- 3.1. Tipos de termómetros
- 3.2. Termómetros resistivos Termoresistencias y termistores
- 3.3. Curvas de respuesta (NTC, PTC)
- 3.4. Autocalentamiento y constante de tiempo

### 4. Medida de temperaturas II. Termopares

- 4.1. Funcionamiento y leyes
- 4.2. Curvas de respuesta y calibración

### 5. Bandas extensométricas I. Principios y acondicionamiento

- 5.1. Principio de funcionamiento, configuración y estructura
- 5.2. Acondicionamiento (1/4 puente, 1/2 puente, puente completo, montaje a tres hilos)

### 6. Bandas extensométricas II. Transductores

- 6.1. Extensómetros
- 6.2. Células de carga
- 6.3. Transductores de presión
- 6.4. Transductores inductivos y capacitivos

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad tipo 1  | Actividad tipo 2   | Tele-enseñanza   | Actividades de evaluación  |
|-----|---|--|--|--|
| 1   | <p><b>Introducción a la instrumentación</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de transductores</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>                |  |  |  |
| 2   | <p><b>Acondicionamiento de señal. Circuitos</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios Puente Wheatstone</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>           |  | <p><b>Repaso de circuitos Corriente Continua</b><br/>Duración: 00:00<br/>AIV: Aula invertida</p> |  |
| 3   | <p><b>Medida de temperaturas I. RTD</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de termoresistencias y termistores</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>  |  |  |  |
| 4   | <p><b>Medida de temperaturas II. Termopares</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de termopares</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>               | <p><b>Práctica de laboratorio II. Medida de temperaturas. NTC y Termopares</b><br/>Duración: 01:30<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>   |  |  |
| 5   | <p><b>Bandas extensométricas I. Principios y funcionamiento</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de bandas I</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> |  |  |  |
| 6   | <p><b>Bandas extensométricas II. Acondicionamiento</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de bandas II</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>         | <p><b>Práctica de laboratorio I. Acondicionamiento de bandas extensométricas</b><br/>Duración: 01:30<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Evaluación prácticas de laboratorio</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas<br/>Evaluación Progresiva<br/>No presencial<br/>Duración: 00:00</p> |



|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 7  | <p><b>Transductores de bandas extensométricas</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Transductores inductivos y capacitivos</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> |  |  |  |
| 8  |  |  |  | <p><b>Examen final progresivo</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 02:00</p> <p><b>Examen ordinario</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación Global<br/>Presencial<br/>Duración: 02:00</p> |
| 9  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |
| 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.

## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción                         | Modalidad                                | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas  |
|------|-------------------------------------|--|---------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 6    | Evaluación prácticas de laboratorio | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | No Presencial | 00:00    | 20%             | 5 / 10      | C6<br>Sk2<br>Sk3<br>Sk7<br>K3<br>C9<br>C8<br>Sk6<br>Sk1<br>Sk4<br>Sk5<br>Sk8<br>Sk9<br>K2 |
| 8    | Examen final progresivo             | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | Presencial    | 02:00    | 80%             | 4 / 10      | C6<br>Sk2<br>Sk3<br>Sk7<br>K3<br>C9<br>C8<br>Sk6<br>Sk1<br>Sk4<br>Sk5<br>Sk8<br>Sk9<br>K2 |

#### 6.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción | Modalidad            | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas                    |
|-----|-------------|----------------------|------|----------|-----------------|-------------|---|
|     |             | EX: Técnica del tipo |      |          |                 |             | C6<br>Sk2<br>Sk3<br>Sk7<br>K3<br>C9<br>C8 |

|   |                  |                |            |       |      |        |  |
|---|------------------|----------------|------------|-------|------|--------|--|
| 8 | Examen ordinario | Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 100% | 5 / 10 | Sk6<br>Sk1<br>Sk4<br>Sk5<br>Sk8<br>Sk9<br>K2 |
|---|------------------|----------------|------------|-------|------|--------|--|

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción           | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas  |
|-----------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| Examen Extraordinario | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00    | 100%            | 5 / 10      | C6<br>Sk3<br>Sk2<br>Sk7<br>K3<br>C9<br>C8<br>Sk6<br>Sk1<br>Sk4<br>Sk5<br>Sk8<br>Sk9<br>K2 |

## 6.2. Criterios de evaluación

### Evaluación progresiva

La nota final (NF) consistirá en la nota del examen final de teoría y ejercicios (NE) más la nota de prácticas de laboratorio (NL) con un peso de 80/20 respectivamente. La asistencia a prácticas de laboratorio es condición necesaria para aprobar la asignatura. Ausencia injustificada en cualquiera de las prácticas implica suspender el laboratorio. La nota de laboratorio (NL) se calcula como la media aritmética de cada una de las prácticas de laboratorio realizadas. Para los alumnos que no hayan superado el laboratorio por incomparecencia o por haber obtenido una nota inferior a 4 en la calificación de esta parte, deberán realizar un examen específico.

Para aprobar la asignatura es necesario tener al menos un 5 tanto en la nota del examen ( $NE > 5$ ) como en la nota de las prácticas de laboratorio ( $NL > 5$ ). La nota final se calcularía:

$$NF = 0.8 \times NE + 0.2 \times NL$$

### Prueba final en convocatoria ordinaria

El examen final consistirá en examen único con un peso del 100%. La nota de laboratorio no computa en convocatoria ordinaria

### Prueba final en convocatoria extraordinaria

El examen extraordinario consistirá en examen único con un peso del 100%. La nota de laboratorio no computa en convocatoria extraordinaria

## 7. Recursos didácticos

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre                         | Tipo         | Observaciones   |
|--------------------------------|--------------|---|
| Presentaciones de clase        | Recursos web | Pdf de las clases de teoría descriptivas, que se puede descargar de la página de Moodle de la asignatura                                      |
| Enunciados de ejercicios       | Recursos web | Pdf con los enunciados de los ejercicios, que se puede descargar de la página de Moodle de la asignatura                                      |
| Apuntes del profesor           | Bibliografía | Apuntes del profesor, que se pueden descargar de la página de Moodle de la asignatura<br />   |
| Libro Instrumentación Aplicada | Bibliografía | Instrumentación aplicada a la Ingeniería. J. Fraile y P. García, Servicio de Publicaciones de la E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos, 1995 |
| Libro de ejercicios            | Bibliografía | Colección de problemas de instrumentación. Francisco Gálvez, ETSI Caminos Canales y Puertos, 2006   |

## 8. Otra información

---

### 8.1. Otra información sobre la asignatura

Si las circunstancias lo requieren por motivos extraordinarios sobrevenidos, la actividad docente podría pasar a ser no presencial.

Esta asignatura contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo sostenible de la ONU, a través de sus procesos de aprendizaje y con los resultados obtenidos: ODS9, ODS10, ODS11 y ODS12