



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

**53000944 - Respuesta Dinamica De Suelos**

### PLAN DE ESTUDIOS

05AR - Master Universitario En Ingenieria Sismica: Dinamica De Suelos Y Estructura

### 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..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 4  |
| 6. Cronograma.....                               | 10 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 12 |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 16 |
| 9. Otra información.....                         | 17 |

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 53000944 - Respuesta Dinamica de Suelos  |
| <b>No de créditos</b>                      | 3 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>                          | 05AR - Master Universitario en Ingenieria Sismica: Dinamica de Suelos y Estructura |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales                           |
| <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><br>*   |
|--|-----------------|---------------------------|---|
| Alberto Fraile De Lerma<br>(Coordinador/a) | esc.4; planta4  | alberto.fraile@upm.es     | L - 16:30 - 18:30<br>acordar fecha y<br>hora con el profesor<br>por correo<br>electrónico |

|                          |              |                      |  |
|--------------------------|--------------|----------------------|--|
| Lutz Karl Heinz Hermanns | Departamento | lutz.hermanns@upm.es | L - 16:30 - 18:30<br>acordar fecha y<br>hora con el profesor<br>por correo<br>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

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Sismica: Dinamica de Suelos y Estructura no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- mecanica del suelo

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE1 - Métodos matemáticos de la mecánica computacional.

CE10 - Búsquedas de información relevante sobre los problemas objeto de estudio y validación del estado del arte antes de dar una solución al problema

CE11 - Aplicaciones de los conocimientos a un amplio abanico de áreas: ingeniería civil, edificación, vehículos de transporte, etc

CE17 - La combinación efectiva de los conocimientos para resolver problemas multidisciplinares

CE18 - El diseño y programación de los elementos de software necesarios para implementar las soluciones propuestas

CE2 - Leyes de comportamiento de materiales.

CE20 - Capacidad para identificar aquellos problemas dentro del ámbito de la ingeniería sísmica que necesiten una investigación especial, bien porqué son nuevos o bien porqué son de difícil solución

CE21 - Capacidad para buscar la información necesaria para resolver los problemas y realizar análisis críticos de los mismos.

CE23 - Capacidad para utilizar sistemas de diseño y modelado por computador.

CE25 - Capacidad de análisis e interpretación de registros experimentales.

CE26 - Habilidad en la utilización de instrumentos informáticos como usuario avanzado

CE27 - .Capacidad para utilizar instrumentos informáticos para el análisis de la información y como soporte en la resolución de problemas

CE28 - Capacidad para desarrollar instrumentos avanzados para la realización de tareas relacionadas con el Máster.

CE6 - Medidas y cálculos

CE7 - Modelos matemáticos y simulaciones de los problemas estudiados

CE9 - Análisis cuantitativo y cualitativo del funcionamiento y mejora de la respuesta dinámica

CG1 - 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

CG11 - Trabajo en contextos internacionales

CG2 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios 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

CG3 - 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

CG4 - 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.

CG5 - Uso de la lengua inglesa

CG7 - Creatividad

CG8 - Organización y planificación

CG9 - Gestión de la información

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA45 - Capacidad de interpretación en los dominios del tiempo y la frecuencia

RA23 - Interpretar los resultados de las mediciones

RA40 - Caracterización dinámica de diferentes tipos de suelos, procedimientos de cálculo de la respuesta sísmica

RA58 - Manejo de las funciones de transferencia

RA18 - Manejo de las funciones de transferencia

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura se centra en el estudio de la propagación de ondas sísmicas en el terreno, partiendo del estudio de los problemas más sencillos (medios semiinfinitos continuos) hasta la propagación en medios estratificados.

Por último, se aborda las metodologías de estudio de los problemas de interacción terreno-estructura.

El contenido principal del curso es el siguiente:

1.- Recordatorio conceptos. Mecánica del suelo. Ensayos y fundamentos.

\* Índices de fase

\* Clasificación de los suelos

\* Estado de tensiones en suelos. Ppio. Terzaghi

\* Ensayos en laboratorio e in-situ

\* Filtración en el terreno

\* Consolidación unidimensional. Asientos

\* Resistencia al corte de los suelos

2.- Ondas en medios elásticos y viscoelásticos.

\* Ondas unidimensionales

\* Ondas planas armónicas

\* Ondas en medio elástico infinito y lineal. Ecuación de Navier. Ondas P y ondas S. Descomposición de ondas P y S

\* Ondas en medio elástico semi-infinito y lineal. Ondas de Rayleigh

\* Ondas en medio elástico semi-infinito y estratificado. Ondas de Love. Ondas dispersivas.

\* Reflexión y refracción de ondas unidimensionales

\* Concepto de impedancia

\* Reflexiones y refracciones de ondas tridimensionales. Ley de Snell

\* Ángulo de incidencia crítico

\* Propagación en medios visco elásticos. Cuerpo sólido de Kelvin- Voigt

\* Atenuación de ondas. Viscoelástico y geométrico

3.- Propiedades dinámicas de suelos. Ensayos in-situ y laboratorio.

\* Ensayos en campo

Bajas deformaciones (propagación ondas)

Altas deformaciones (SPT, CPT)

\* Ensayos en laboratorio

Bajas deformaciones (columna resonante, ultrasónicos)

Altas deformaciones (triaxial y caja corte cíclicos)

\* Ensayos a escala (mesa vibrante)

\* Descripción de distintos ensayos de campo

De reflexión en estrato horizontal o inclinado

De refracción en estrato simple o múltiples

De vibración estacionaria (ondas Rayleigh)

Análisis espectral de ondas superficiales

Cross-hole, Down hole, Up-hole

4.- Modelos Constitutivos

\* Modelo lineal equivalente

\* Curvas de reducción de módulo

\* Estimación del módulo a cortante máximo

\* Influencia de distintos factores (número de ciclos, plasticidad, presión de confinamiento)

\* Amortiguamiento

\* Modelos no lineales

\* Reglas de Masing

5.- Respuesta dinámica de medios estratificados



\* Conceptos previos: sistemas de 1 gdl; función de transferencia; Sistemas no amortiguados y viscosos; Series de Fourier; Transformada discreta de Fourier

\* Capa uniforme de suelo elástico (o amortiguado) sobre lecho rocoso rígido (o elástico)

\* Capas múltiples sobre base elástica

\* Deconvolución

\* Respuesta unidimensional no lineal

Modelo lineal equivalente

Aproximación lineal por métodos iterativos

Modelos no lineales no elásticos.

Reglas de Masing extendidas

Modelos por diferencias finitas

Algunas nociones sobre el método de elementos finitos

6.- Interacción terreno-estructura. Lineal y no-lineal

\* Respuestas de sistemas de 1 gdl

\* Sistemas de 1 gdl equivalentes

\* Método directo

\* Métodos multipaso

\* Interacción cinemática e inercial

7.-Licuefacción

\* Fundamentos. Mecanismo básico; flujo de licuefacción; movilidad cíclica

- \* Susceptibilidad. Criterios
- \* Iniciación de licuefacción
- \* Efectos de la licuefacción
- \* Precauciones en el diseño

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Mecánica del suelo. Ensayos y fundamentos
  - 1.1. Índices de fase y caracterización de suelos
  - 1.2. Filtración y consolidación
  - 1.3. Resistencia al corte
  - 1.4. Ensayos de laboratorio
  - 1.5. Ensayos in situ
2. Ondas en medios elásticos y viscoelásticos.
  - 2.1. Ondas unidireccionales en medio elástico
  - 2.2. Ondas tridimensionales en medios elásticos infinitos y semiinfinitos
  - 2.3. Ondas unidireccionales en medios no continuos
  - 2.4. Reflexión y refracción de ondas tridimensionales
  - 2.5. Ondas en medios viscoelásticos
3. Propiedades dinámicas. Ensayos in-situ y laboratorio
  - 3.1. Ensayos en campo
  - 3.2. Ensayos en laboratorio
  - 3.3. Modelos constitutivos
4. Respuesta dinámica de medios estratificados
  - 4.1. Respuesta de sistemas de 1 gdl
  - 4.2. Aplicación de la transformada de Fourier
  - 4.3. Funciones de transferencia medios unidimensionales

- 4.4. Respuesta en medios no elásticos
- 5. Interacción terreno-estructura, lineal y no lineal
  - 5.1. Modelo equivalente de 1 gdl
  - 5.2. Interacción inercial y cinemática
- 6. Licuefacción

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad en aula   | Actividad en laboratorio  | Tele-enseñanza  | Actividades de evaluación  |
|-----|---|---|---|--|
| 1   | <b>Tema 1</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 1</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 2   | <b>Tema 1</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 1</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 3   | <b>Tema 2</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 2</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 4   | <b>Tema 2</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 2</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 5   |   | <b>Ejercicio ondas unidimensionales</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | <b>Ejercicio ondas unidimensionales</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas |  |
| 6   | <b>Tema 3</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 3</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 7   | <b>Tema 3</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 3</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 8   | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            | <b>Prueba de evaluación continua 1</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 02:00 |
| 9   | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 10  | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas |   | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas                           |  |
| 11  |   |   |   |  |
| 12  | <b>Tema 5</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas                           |  |
| 13  | <b>Tema 5</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 5</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |
| 14  | <b>Tema 6</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   | <b>Tema 6</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                            |  |

|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
| 15 |  |  |  |   |
| 16 |  |  |  | <b>Prueba de evaluación continua 2</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 02:00                                  |
| 17 |  |  |  | <b>Examen final (solo si no se cumple evaluación continua)</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>No presencial<br>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.

\* 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  |
|------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 8    | Prueba de evaluación continua 1 | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | No Presencial | 02:00    | 50%             | 4 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG8<br>CG9<br>CE1<br>CE11<br>CE20<br>CE23<br>CE25<br>CE28<br>CE17<br>CG4<br>CE2<br>CE18<br>CE6<br>CE26<br>CE9<br>CE10<br>CE7<br>CE21<br>CE27 |
| 16   | Prueba de evaluación continua 2 | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | No Presencial | 02:00    | 50%             | 4 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG5<br>CG7<br>CG8<br>CG9<br>CG11<br>CE1<br>CE11<br>CE20<br>CE23<br>CE25<br>CE28<br>CE17<br>CG4<br>CE2<br>CE18                                |

|  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  | CE6<br>CE26<br>CE9<br>CE10<br>CE7<br>CE21<br>CE27 |
|--|--|--|--|--|--|--|---|

### 7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción   | Modalidad                           | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas  |
|-----|---|-------------------------------------|---------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 17  | Examen final (solo si no se cumple evaluación continua) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | No Presencial | 02:00    | 100%            | 5 / 10      | CG1<br>CG2<br>CG3<br>CG5<br>CG7<br>CG8<br>CG9<br>CG11<br>CE1<br>CE11<br>CE20<br>CE23<br>CE25<br>CE28<br>CE17<br>CG4<br>CE2<br>CE18<br>CE6<br>CE26<br>CE9<br>CE10<br>CE7<br>CE21<br>CE27 |

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Para aprobar la asignatura todos los alumnos deben presentarse en la EVALUACION GLOBAL en convocatoria ORDINARIA o EXTRAORDINARIA

Las **REGLAS y CRITERIOS** de evaluación son los siguientes:

### EVALUACION GLOBAL ORDINARIA

Consistirá en la realización de un examen con dos partes:

PARTE 1:

? Contenido: capítulos 1 a 3 de la asignatura

? Obligatoriedad de obtener un mínimo de 4 puntos para liberar esta parte.

? Peso en la calificación final 50%

PARTE 2:

? Contenido: capítulos 4 a 6 de la asignatura

? Obligatoriedad de obtener un mínimo de 4 puntos para liberar esta parte.

? Peso en la calificación final 50%

Los alumnos con nota superior a 4 puntos en cualquiera de las partes pueden liberar esa parte de la asignatura en la convocatoria EXTRAORDINARIA y tiene la opción de presentarse para subir nota\*.

Los alumnos con nota inferior a 4 puntos en cualquiera de las partes deberán presentarse a esa parte en la convocatoria EXTRAORDINARIA con una prueba similar.



**La NOTA FINAL al aplicar los pesos es la media y el aprobado requiere una calificación mínima de 5 puntos.**

? La liberación de alguna prueba con calificación inferior a 5 exige una mayor nota en la otra prueba para llegar al mínimo global de 5 puntos.

? En caso de tener las dos pruebas liberadas, pero con nota final inferior a 5 puntos requiere presentarse en la convocatoria EXTRAORDINARIA a subir nota\* en alguna o ambas pruebas (a elección del alumno).

### **EVALUACION GLOBAL EXTRAORDINARIA**

Consistirá en la realización de un examen con dos partes equivalentes a la convocatoria ORDINARIA y con los mismos criterios. Los alumnos se presentarán al examen de las partes no liberadas con anterioridad u opción de subir nota.

La diferencia fundamental es que el no superar alguno de los criterios indicados anteriormente supone el suspenso de la asignatura.

La liberación de partes de la asignatura concluye en la convocatoria EXTRAORDINARIA y no es válida para años posteriores.

\* Para poder presentarse subir nota en alguna de las convocatorias es precisa la notificación al responsable del curso en el/los periodos habilitado para ello.

La opción de subir nota en cualquiera de las convocatorias descritas implica que se renuncia a la calificación obtenida con anterioridad.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre                        | Tipo         | Observaciones   |
|-------------------------------|--------------|---|
| Kramer - libro de referencia  | Bibliografía | S. L. Kramer, Geotechnical earthquake engineering<br />   |
| Mecánica suelos - Muzas Labad | Bibliografía | Muzás Labad, F. ?Mecánica del suelo y cimentaciones?. UNED. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid. (2007)<br /> |
| Mecánica de suelos - Craig    | Bibliografía | CRAIG, R.F. "Soil Mechanics? (1983) <br />  |
| Dinámica suelos - Ishihara    | Bibliografía | Ishihara. Soil Behaviour in Earthquake Geotechniques. 1996<br />  |
| Dinámica suelos - Wolf        | Bibliografía | Wolf. Dynamic soil-structure interaction . 1985<br />   |
| Dinámica de suelos - Pecker   | Bibliografía | Pecker. Dynamique des soils. 1984<br />   |
| Mecánica suelos - Gulhati     | Bibliografía | GULHATI S. K. "Engineering Properties of Soils? (1978)<br />  |
| Dinamica de suelos - Díaz     | Bibliografía | Abraham Díaz Rodriguez - Editorial LIMUSA - 2010  |
| Waves and vibrations in soils | Bibliografía | Waves and Vibrations in Soils: Earthquakes, traffic, shocks, construction works                                       |
| Machine foundations           | Bibliografía | Handbook of machine foundtaions - Srinivasulu - 1976  |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura