



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 Ingeniería Sismica: Dinamica de Suelos y Estructura

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - 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.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

## 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 Tecnica Superior de Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Alberto Fraile De Lerma (Coordinador/a)	esc.4; planta4	alberto.fraile@upm.es	L - 16:30 - 18:30 acordar fecha y hora con el profesor por correo electrónico

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

temario 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

Propagación 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
- 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
- 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
- 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

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

Acción 7.

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

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

\* 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 continua

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

							CE2 CE26 CE9 CE10 CE7 CE21 CE27
--	--	--	--	--	--	--	---

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

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 CG2 CG3 CG5 CG7 CG8 CG9 CG11 CE1 CE11 CE20 CE23 CE25 CE28 CE17 CE18 CE6 CG4 CE2 CE26 CE9 CE10 CE7 CE21 CE27

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Se propondrán ejercicios a resolver por los alumnos. Se realizarán presentaciones de ejercicios resueltos y entregas de los códigos de Matlab si hubiesen empleado esa herramienta y los ejercicios resueltos. Las presentaciones permitirán una nota de evaluación continua que permitirá subir la nota respecto del examen final. Adicionalmente se realizará un examen final

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Kramer - libro de referencia	Bibliografía	S. L. Kramer, Geotechnical earthquake engineering 
Mecánica suelos - Muzas Labad	Bibliografía	Muzás Labad, F. ?Mecánica del suelo y cimentaciones?. UNED. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid. (2007) 
Mecánica de suelos - Craig	Bibliografía	CRAIG, R.F. "Soil Mechanics? (1983)  
Dinámica suelos - Ishihara	Bibliografía	Ishihara. Soil Behaviour in Earthquake Geotechniques. 1996 
Dinámica suelos - Wolf	Bibliografía	Wolf. Dynamic soil-structure interaction . 1985 
Dinámica de suelos - Pecker	Bibliografía	Pecker. Dynamique des soils. 1984 
Mecánica suelos - Gulhati	Bibliografía	GULHATI S. K. "Engineering Properties of Soils? (1978) 
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

El Máster se va a impartir en su totalidad de forma online, aunque los alumnos que lo deseen podrán participar en las actividades que se desarrollarán en el aula o en laboratorio de forma presencial. La participación presencial estará condicionada a las restricciones (limitaciones de aforo, distancias mínimas etc.) que en cada momento pudiesen establecer las autoridades competentes por motivos sanitarios. Cuando debido a estas restricciones el alumno no pueda participar de forma presencial, lo hará on-line. Las actividades de evaluación serán en todos los casos y para todos los alumnos en formato no presencial.

En la enseñanza on-line esta previsto emplear la plataforma MICROFT TEAMS, ZOOM o similar.

Esta asignatura, y el Máster en su conjunto, está alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 así como con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres.