



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

53000945 - Calculo Avanzado de Estructuras

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.....	14
9. Otra información.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53000945 - Calculo Avanzado de Estructuras
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Primer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05AR - Master Universitario en Ingeniería Sismica: Dinamica de Suelos y Estructura
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales
Curso académico	2020-21

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Amadeo Benavent Climent (Coordinador/a)	Cátedra	amadeo.benavent@upm.es	L - 10:00 - 11:00 A acordar con profesor previa solicitud por correo electrónico

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

2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Ponce Parra, Hermes	hermes.ponce@upm.es	Benavent Climent, Amadeo

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

- Titulación académica previa, que cubra las bases de la teoría de la mecánica de los medios continuos.

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

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

CE2 - Leyes de comportamiento de materiales.

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.

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.

CE3 - Modelos abstractos de suelos y estructuras.

CE6 - Medidas y cálculos

CE7 - Modelos matemáticos y simulaciones de los problemas estudiados

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

CG8 - Organización y planificación

CG9 - Gestión de la información

4.2. Resultados del aprendizaje

RA68 - Métodos de cálculo lineales y no lineales

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

RA43 - Simulaciones en ordenador

RA46 - Tratamiento del riesgo y evaluación de la fiabilidad estructural

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

En esta asignatura se abordan métodos modernos de cálculo de estructuras, mostrando la unidad fundamental que existe entre dos tipos de cálculo que tradicionalmente se estudian por separado: el cálculo estático y el cálculo dinámico. El hilo conductor que establece la conexión entre ambos es el principio de los trabajos virtuales.

En los primeros temas se aborda el cálculo estático aplicando el método de la rigidez con el que el alumno debe estar ya familiarizado. A continuación se pasa al cálculo dinámico de estructuras de múltiples grados de libertad con propiedades másicas y elásticas tanto repartidas como concentradas, que constituye el núcleo central de la asignatura. El estudio de la dinámica de los sistemas de un grado de libertad se realiza en otra asignatura que el alumno cursa en paralelo. Aunque la asignatura se centra en sistemas lineales y elásticos, al final de la misma se introducen los métodos paso a paso para abordar el comportamiento no lineal.

En la asignatura se estudia la predicción de la respuesta dinámica frente a cargas dinámicas generales. Como caso particular y con mayor nivel de detalle se tratan las cargas de origen sísmico y los procedimientos para obtener los parámetros de respuesta necesarios para realizar el proyecto sísmico de una estructura en el marco del moderno paradigma del Proyecto Basado en Prestaciones. Finalmente se realiza una introducción a la Fiabilidad estructural.

5.2. Temario de la asignatura

1. 1.-Introducción. Funciones de interpolación. Principio de los Trabajos Virtuales
 - 1.1. Conceptos básicos. Sistemas de coordenadas. Dependencia e independencia de desplazamiento y/p fuerzas en un determinado sistema de coordenadas
 - 1.2. Proceso general de cálculo de una estructura. Distinción entre método de las fuerzas y método de los desplazamientos
 - 1.3. Ecuaciones de campo en piezas monodimensionales
 - 1.4. El Principio de los Trabajos Virtuales aplicado a piezas monodimensionales
 - 1.5. La idea de aproximación: funciones de interpolación
2. Expresiones analíticas de la matriz de rigidez y del vector de cargas
 - 2.1. Matriz de rigidez y vector de cargas de una barra
 - 2.2. Matriz de rigidez y vector de cargas de toda la estructura
3. Cálculo estático. Método de la rigidez
 - 3.1. Relación entre desplazamientos en sistema de coordenadas globales y en los sistemas de coordenadas locales de las barras. Matriz de conexiones
 - 3.2. Medidas de desplazamiento en diferentes sistemas de coordenadas locales
 - 3.3. Relación entre fuerzas en sistema de coordenadas globales y en los sistemas de coordenadas locales de las barras. Matriz de conexiones
 - 3.4. Transformaciones de sistemas de coordenadas globales y locales
 - 3.5. Construcción indirecta de la matriz de rigidez y del vector de cargas de la estructura
 - 3.6. Construcción directa de la matriz de rigidez y del vector de cargas de la estructura
 - 3.7. Cálculo de esfuerzos en barras
 - 3.8. Sistemas con propiedades elásticas concentradas representadas por muelles discretos o distribuidos
4. Dinámica de sistemas continuos. Ecuaciones de campo. Vibraciones libres. Respuesta a cargas generales
 - 4.1. Ecuaciones de campo en piezas monodimensionales de sistemas dinámicos
 - 4.2. Vibraciones libres sin amortiguamiento: caso general de propiedades no uniformes
 - 4.3. Vibraciones libres sin amortiguamiento: caso particular de propiedades uniformes
 - 4.4. Respuesta frente a cargas arbitrarias: método de superposición modal
5. Dinámica de sistemas discretos. Planteamiento del sistema de ecuaciones de equilibrio dinámico. Expresiones

analíticas de la matriz de masas y de la matriz de amortiguamiento consistentes

5.1. El Principio de los Trabajos Virtuales en sistemas dinámicos

5.2. Sistemas discretos con propiedades elásticas, másicas y de amortiguamiento repartidas

5.2.1. Expresión analítica de la matriz de masas y de la matriz de amortiguamiento de una barra y de toda la estructura

5.2.2. Construcción de la matriz de masas y de amortiguamiento de toda la estructura

5.2.3. Transformación de la matriz de masas y de amortiguamiento de una barra en diferentes sistemas de coordenadas locales

5.3. Sistemas discretos con propiedades másicas y de amortiguamiento concentradas

6. Dinámica de sistemas discretos con masas repartidas y concentradas en vibración libre sin amortiguamiento. Frecuencias y modos propios. Coordenadas normales.

6.1. Sistemas de masas repartidas

6.1.1. Vibraciones libres sin amortiguamiento. Frecuencias y modos propios

6.1.2. Propiedades de ortogonalidad

6.1.3. Coordenadas normales

6.2. Sistemas con masas concentradas

7. Dinámica de sistemas discretos con masas repartidas y concentradas sometidas a cargas dinámicas generales. Cálculo modal.

7.1. Consideraciones sobre la matriz de amortiguamiento

7.2. Método de superposición modal general. Obtención de la respuesta en cada instante

7.2.1. Cálculo de desplazamientos

7.2.2. Cálculo de esfuerzos en barras

7.3. Método de superposición modal particularizado a vectores de cargas separables. Obtención de la respuesta en cada instante del tiempo. Factor de participación modal.

8. Dinámica de sistemas discretos con masas concentradas sometidas a cargas dinámicas generales. Cálculo de esfuerzos.

8.1. Caso general de vector de cargas

8.2. Caso particular de vector de cargas separables

9. Dinámica de sistemas discretos con masas concentradas sometidas a cargas sísmicas. Cálculo modal espectral.

9.1. Concepto de vector de arrastre

9.2. Respuesta sísmica máxima de una estructura sometida a una componente del terremoto. Cálculo modal espectral

9.2.1. Respuesta máxima en cada modo de vibración

9.2.2. Respuesta máxima total. Reglas de combinación

9.2.3. Concepto de masa movilizada

10. Dinámica de sistemas discretos con masas repartidas sometidas a cargas sísmicas. Cálculo modal espectral. Cálculo de esfuerzos

10.1. Caracterización del efecto de carga del sismo

10.2. Respuesta sísmica en cada instante del tiempo

10.3. Respuesta sísmica máxima

11. Evaluación de la fiabilidad estructural. Métodos de cálculo. Proyecto basado en prestaciones

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 1 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
2	Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
3	Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
4	Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
5	Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
6	Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
7	Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
8	Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
9	Tema 6 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 6 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00

10	Tema 7 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 7 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
11	Tema 8 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 8 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
12	Tema 9 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 8 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
13	Tema 10 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 10 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
14	Tema 11 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 11 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Realización de ejercicios prácticos TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
15				
16				
17				Examen Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final No 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.

* 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
1	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CE18 CE6 CG4 CE2
2	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CE6 CG4 CE26
3	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CE6 CG4 CE10 CE7
4	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG2 CG1 CE6
5	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CE6 CE21 CE27
6	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG2 CG1 CG3
7	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG5 CG8 CG9
8	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG8 CG9 CG11

9	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG9 CG11
10	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CE3 CE23 CE28
11	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG8 CG9 CG11 CE18
12	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CE3 CE23 CE28
13	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG9 CG11 CE1
14	Realización de ejercicios prácticos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	%	5 / 10	CG11 CE1 CE28
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG2 CG1 CG3 CG5 CG8 CG9 CG11 CE1 CE3 CE23 CE28 CE18 CE6 CG4 CE2 CE26 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	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	No Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG2 CG1 CG3 CG5 CG8 CG9 CG11 CE1 CE3 CE23 CE28 CE18 CE6 CG4 CE2 CE26 CE10 CE7 CE21 CE27

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

EVALUACION CONTINUA.

Salvo que el alumno indique lo contrario mediante un correo electrónico enviado al profesor durante las dos primeras semanas de curso, se considerará que opta por la evaluación continua.

Tipos de pruebas y peso en la nota final:

75% Controles escritos (Examen final no presencial)

25% Ejercicios periódicos no presenciales

Cálculo de la nota final de la evaluación continua:

La nota final para los alumnos que opten a la evaluación continua será la mayor de las siguientes:

(a) la nota del examen final; y (b) la nota ponderada (de examen final y de ejercicios periódicos) según los pesos de la evaluación continua.

Para poder hacer la ponderación la nota del examen final debe ser igual o superior a 4 puntos sobre 10.

EVALUACION NO CONTÍNUA

La nota final para aquellos alumnos que no opten a la evaluación continuada será la obtenida en el examen final puntuado de 0 a 10, siendo necesario para aprobar una nota de 5 sobre 10.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Pizarra	Equipamiento	Explicaciones en pizarra para las clases magistrales
Ordenadores	Equipamiento	Empleo de programas de ordenador y prácticas informáticas
Problemas resueltos	Otros	El profesor proporciona problemas resueltos
Bibliografía	Bibliografía	Se proporcionan fuentes bibliográficas

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.

BIBLIOGRAFIA

E. Alarcón, R. Álvarez, M^a S. Gómez. CÁLCULO MATRICIAL DE ESTRUCTURAS. Ed. REVERTÉ, 1990

W. McGuire & R.H. Gallagher. MATRIX STRUCTURAL ANALYSIS. Ed. Wiley. 1979

R. W. Clough & J. Penzien. DYNAMICS OF STRUCTURES. Ed McGraw Hill. 1993

Klaus-Jürgen Bathe. FINITE ELEMENT PROCEDURES IN ENGINEERING ANALYSIS. Ed. Prentice Hall. 1982.

Walter C. Hurty y Moshe F. Rubinstein. DYNAMICS OF STRUCTURES. Prentice-Hall, Inc.

Metodología de proyecto sismorresistente de edificios basada en el balance energético. Akiyama H. Editorial Reverté.

Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones.. M. S. Gómez Lera, E. Alarcón. ICET Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Número 408. pp.1-114.