

# ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

Curso 2019-2020

(Fecha última actualización: 14/05/2019)

(Fecha de aprobación en Consejo de Departamento: 23/05/2019)

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Estructuras	Estructuras Sismorresistentes	5º	2º	6	Optativa
PROFESORES <sup>(1)</sup>			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Leandro Morillas Romero (coordinador).</li> <li>Fernando Gómez Martínez.</li> </ul>			Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. ETS Arquitectura. Campo del Príncipe 18071 Granada. Correos electrónicos: lmorillas@ugr.es fergomar@ugr.es T 958241546		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>		
			<a href="https://oficinavirtual.ugr.es/ordenacion/GestorInicial">https://oficinavirtual.ugr.es/ordenacion/GestorInicial</a>		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Arquitectura			Grado en Ing. Civil. Grado en Edificación.		
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES					
Se recomienda haber cursado todas las asignaturas de área en el grado de Arquitecto.					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					
Dinámica de estructuras. Aplicación al análisis de vibraciones en edificios provocadas por terremotos. Caracterización de la acción sísmica. Estructuras sismorresistentes convencionales y avanzadas. Proyecto y cálculo sísmico de estructuras convencionales aplicando la normativa vigente.					

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente  
 (∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))



UNIVERSIDAD DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40 Página: 1 / 8



AxvD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

Dinámica de Estructuras. Proyecto de estructuras sismorresistentes. Aplicaciones informáticas.

Mediante el desarrollo de esta asignatura se prevé que el alumno adquiera las siguientes competencias que requiere el título de Arquitecto:

### Competencias generales:

- Proyectar, calcular y dimensionar estructuras reales de hormigón y acero en zona sísmica.
- Razonamiento crítico y pensamiento autónomo
- Expresión gráfica y material

### Competencias específicas:

- Calcular elementos estructurales
- Calcular edificios de hormigón según la norma sísmica
- Calcular edificios de gran altura

**Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado.**

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

La asignatura se articula en los siguientes objetivos:

- Dimensionamiento de estructuras según el código sísmico.
- Cálculo de estructuras de edificios de gran altura.
- Cálculo y dimensionamiento de elementos ante vibraciones.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

PARTE I: DINÁMICA DE ESTRUCTURAS

Tema 1: Introducción



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](https://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40    Página: 2 / 8



AxD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- 1.1. Objetivo de la dinámica de estructuras y relación con el proyecto sismorresistente.
- 1.2. Tipos de cargas dinámicas.
- 1.3. Diferencias entre el problema dinámico y el problema estático
- 1.4. Métodos de discretización de estructuras
- 1.5. Ecuaciones de equilibrio dinámico. Principio de D'Alembert

#### Unidad 1: Comportamiento dinámico de sistemas de un grado de libertad

##### Tema 2: Vibraciones libres

- 2.1. Componentes básicas del sistema dinámico
- 2.2. Ecuación del movimiento del sistema dinámico básico
- 2.3. Influencia de las cargas gravitatorias
- 2.4. Influencia de los movimientos en la base
- 2.5. Análisis de las vibraciones libres sin amortiguamiento
- 2.6. Análisis de las vibraciones libres con amortiguamiento

##### Tema 3: Respuesta dinámica bajo cargas armónicas

- 3.1. Respuesta bajo cargas armónicas sin amortiguamiento
- 3.2. Respuesta bajo cargas armónicas con amortiguamiento viscoso
- 3.3. Respuesta resonante

##### Tema 4: Respuesta dinámica bajo cargas periódicas

- 4.1. Expresión de una carga periódica mediante las series de Fourier
- 4.2. Respuesta a una carga periódica expresada mediante series de Fourier

##### Tema 5: Respuesta dinámica bajo cargas impulsivas

- 5.1. Naturaleza de las cargas impulsivas
- 5.2. Respuesta a un impulso rectangular
- 5.3. Espectros de respuesta de desplazamiento para distintos tipos de cargas impulsivas
- 5.4. Análisis aproximado de la respuesta bajo cargas impulsivas

##### Tema 6: Respuesta dinámica bajo cargas generales. Métodos de superposición.

- 6.1. Análisis en el dominio del tiempo. Integral de Duhamel
- 6.2. Introducción al análisis en el dominio de la frecuencia. Transformadas de Fourier

#### Unidad 2: Comportamiento dinámico de sistemas de varios grados de libertad

##### Tema 7: Formulación de las ecuaciones del movimiento

- 7.1. Selección de los grados de libertad
- 7.2. Condición de equilibrio dinámico

##### Tema 8: Evaluación de las propiedades estructurales del sistema

- 8.1. Propiedades elásticas: matriz de rigidez
- 8.2. Propiedades másicas: matriz de masas
- 8.3. Propiedades de amortiguamiento: matriz de amortiguamiento
- 8.4. Cargas externas: vector de cargas externas

##### Tema 9: Vibraciones libres sin amortiguamiento

- 9.1. Frecuencias propias de vibración
- 9.2. Modos propios de vibración



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

**INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR**  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40    Página: 3 / 8



AxvD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

### 9.3. Propiedades de los modos de vibración. Ortogonalidad

Tema 10: Respuesta dinámica bajo cargas generales. Método de superposición modal

10.1. Coordenadas normales

10.2. Desacoplamiento de las ecuaciones del movimiento.

10.3. Cálculo de la respuesta por superposición de desplazamientos modales

### PARTE II: FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA SÍSMICA

Tema 11: Aspectos básicos de sismología

11.1. Sismicidad. Fallas y tectónica de placas.

11.2. Mecanismo de generación de las ondas sísmicas.

11.3. Principales parámetros de los terremotos.

11.4. Peligrosidad sísmica. Vulnerabilidad sísmica. Riesgo sísmico

Tema 12: Definición de la acción sísmica con acelerogramas. Cálculo dinámico directo

12.1. Introducción.

12.2. Acelerogramas históricos. Amplitud, contenido de frecuencias y duración.

12.3. Acelerogramas artificiales.

12.4. Respuesta sísmica obtenida mediante cálculos dinámicos directos.

Tema 13: Definición de la acción sísmica mediante espectros elásticos de respuesta.

Método de los espectros de respuesta o análisis modal espectral

13.1. Espectros elásticos de respuesta para un sismo determinado.

13.2. Factores que influyen en los espectros elásticos de respuesta.

13.3. Espectros elásticos de respuesta de proyecto. Espectros de la NCSE-02

13.4. Cálculo sísmico con el método de los espectros de respuesta

13.4.1. Respuesta de sistemas de un grado de libertad sobre suelo rígido

13.4.2. Respuesta de sistemas de varios grados de libertad sobre suelo rígido

13.4.2.1. Respuesta máxima para un modo de vibración dado

13.4.2.2. Respuesta máxima total combinando respuestas máximas modales

13.5. Introducción a la respuesta sísmica de sistemas elasto-plásticos.

Tema 14: Definición de la acción sísmica en términos de input de energía.

Metodología de proyecto sismorresistente basada en el balance energético

14.1. Introducción.

14.2. Input total de energía en sistemas de un grado de libertad.

16.1.1. Ecuación de equilibrio de fuerzas y ecuación del balance de energía.

16.1.2. Características básicas del input de energía.

14.3. Input total de energía en sistemas de varios grados de libertad.

14.4. Espectros de input de energía de proyecto propuestos en la literatura.

14.5. Fundamento de los métodos de proyecto sismorresistente basados en el balance energético de Housner-Akiyama.

Tema 15: Comportamiento de los materiales y elementos estructurales

15.1. Los materiales hormigón y acero.

15.2. Elementos estructurales de hormigón armado bajo cargas monótonas y cíclicas.

15.2.1. Vigas y columnas. Fallo a flexión y a cortante. Columnas cortas. Vigas planas.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR

[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40    Página: 4 / 8



AxvD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- 15.2.2. Muros de cortante.
- 15.2.3. Nudos viga-columna.
- 15.3. Elementos estructurales de acero bajo cargas monótonas y cíclicas.
  - 15.3.1. Vigas y pilares. Perfiles en H, circulares y rectangulares. Celosías.
  - 15.3.2. Barras diagonales con y sin resistencia a compresión.
  - 15.3.3. Nudos viga-columna

**PARTE III: PROYECTO DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES**

Tema 16: Estrategias actuales y avanzadas en el proyecto sismorresistente de estructuras

- 16.1. Introducción. Acciones sísmicas y acciones gravitatorias. Metas actuales y futuras.
- 16.2. Principios de proyecto sismorresistente.
  - 16.2.1. Estrategia de las estructuras tipo columna débil-viga fuerte.
  - 16.2.2. Estrategias que incrementan la capacidad de disipación de energía de cada planta.
    - 16.2.2.1. Control del fallo a cortante en elementos de hormigón armado.
    - 16.2.2.2. Instalación de elementos disipadores de energía.
    - 16.2.2.3. Las estructuras mixtas rígido-flexibles.
    - 16.2.2.4. Estrategias orientadas a mitigar la concentración del daño.
    - 16.2.2.5. Estructuras del tipo viga débil-columna fuerte.
    - 16.2.2.6. Estructuras con dispersión del daño.
  - 16.2.3. Estrategias que utilizan de forma positiva la concentración del daño.
    - 16.2.3.1. Estructuras con aislamiento de base.
    - 16.2.3.2. Estructuras con concentración de daño en la última planta.
    - 16.2.3.3. Estructuras con concentración de daño en la primera planta.
- 16.3. Clasificación de las estructuras sismorresistentes.
  - 16.3.1. Estructuras convencionales.
  - 16.3.2. Estructuras avanzadas equipadas con sistemas de control de respuesta.
    - 16.3.2.1. Estructuras con aislamiento de base.
    - 16.3.2.2. Estructuras equipadas con disipadores de energía.
    - 16.3.2.3. Estructuras equipadas con sistemas de control activo y semiactivo.

Tema 17: Aspectos importantes en el proyecto sismorresistente

- 17.1. Coeficiente cortante basal y distribución de cortantes entre plantas.
- 17.2. Amortiguamiento.
- 17.3. Ductilidad.
- 17.4. Efectos de torsión.
- 17.5. Momentos de vuelco y axiles adicionales en pilares.
- 17.6. Efecto P-delta.
- 17.7. Control del desplazamiento entre plantas
- 17.8. Criterios heurísticos de proyecto
  - 17.8.1. Simetría
  - 17.8.2. Redundancia estructural
  - 17.8.3. Limitación de fallos frágiles
  - 17.8.4. Distribución de masa y rigidez
  - 17.8.5. Compatibilidad de deformaciones
  - 17.8.6. Resonancia suelo-estructura
  - 17.8.7. Elementos no estructurales

Tema 18: Cálculo sismorresistente según la Norma española NCSE-02. Los Eurocódigos.



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

**INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR**  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40    Página: 5 / 8



AxvD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- 18.1. Generalidades
- 18.2. Masas y acciones a considerar en el cálculo
- 18.3. Verificación de la seguridad
- 18.4. Métodos de cálculo
  - 18.4.1. Análisis dinámico directo
  - 18.4.2. Análisis modal espectral
  - 18.4.3. Método simplificado para casos usuales de edificación

**TEMARIO PRÁCTICO:**

- 1.-Cálculo de la respuesta de una estructura sencilla de un grado de libertad a una carga armónica y a una carga periódica.
- 2.-Cálculo de la respuesta de una estructura sencilla de un grado de libertad a una carga impulsiva.
- 3.-Cálculo de la respuesta de una estructura sencilla de un grado de libertad a una carga general
- 4.-Cálculo de frecuencias y modos de vibración de una estructura de múltiples grados libertad
- 5.-Cálculo de la respuesta de un sistema de múltiples grados libertad bajo una carga general
- 6.-Cálculo sismorresistente de una estructura de nueva planta aplicando el método general del análisis modal espectral de la norma NCSE-02; cálculo por ordenador. comprobaciones de la norma (viga débil columna fuerte); cálculo por capacidad; consideraciones especiales en arranque columnas de planta baja.

**BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:**

- Apuntes del profesor.
- Código Técnico de la Edificación.
- Eurocódigo 8 parte 1.

**BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:**

- Pauley T., and Priestley M. J. N. SEISMIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES. John Wiley & Sons Inc., New York, 1992, 1 Tomo.
- Adrian S. Scarlat, APROXIMATE METHODS IN STRUCTURAL SEISMIC DESIGN, E&FN Spon, 1996. Tomo 1

**ENLACES RECOMENDADOS**

- Asociación española de Ingeniería Sísmica. Página de la asociación española donde se recogen las



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

**INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR**  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40    Página: 6 / 8



AxvD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

últimas novedades sobre ingeniería sísmica. <http://www.aeis-sismica.es/>

-Código técnico de la edificación. Página donde se encuentran todos los documentos relacionados con el código técnico de la edificación, así como del software básico necesario. <http://www.codigotecnico.org/web/>

-Construaprende. Página con mucha información sobre Ingeniería Civil y Arquitectura. Incluye numerosos tutoriales relacionados con los programas de cálculo de estructuras, así como un foro donde compartir opiniones.

-Ingeniería sísmica y la construcción civil. Página chilena sobre ingeniería sísmica con una gran cantidad de recomendaciones constructivas. <http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com.es/>

-Instituto Geológico y Minero de España. Página que contiene una gran cantidad de registros sísmicos. Muy útil a la hora de obtener un acelerograma de una determinada zona del territorio peninsular. <http://www.igme.es/internet/default.asp>

-Earthquake engineering and structural dynamics. Revista internacional que recoge los últimos avances en el campo de la ingeniería sísmica. Solamente se puede leer si se está conectado a la red de la UGR. <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291096-9845>

#### METODOLOGÍA DOCENTE

La metodología docente seguida se basa en las siguientes tareas:

##### **Clases magistrales teóricas:**

En ellas se explica la teoría de la asignatura. Si bien, aunque son consideradas como clases de tipo magistral, el profesor fomentará el diálogo, y el debate entre los alumnos.

##### **Clases prácticas:**

En estas clases se plantea una aplicación práctica de los contenidos teóricos. La metodología de la clase práctica consistirá en el desarrollo razonado de la práctica por parte del profesor, que se parará en los puntos que crea conveniente favoreciendo la reflexión por parte del alumno, así como el aporte de ideas por parte de éste. Al final de cada clase práctica se le planteará al alumno un ejercicio práctico para ser entregado a la siguiente semana.

#### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

Como máximo, a las dos semanas del inicio del curso el alumno deberá comunicar al profesor el método de evaluación escogido. No se aceptarán cambios una vez pasado dicho tiempo. En caso de que no se comunique se entenderá que el alumno opta por el sistema de Evaluación final.

**Evaluación continuada.** Consistirá en la realización de prácticas y un examen final. El valor de las prácticas es del 90% mientras que el examen es el 10%.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40    Página: 7 / 8



AxvD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

### Evaluación de las prácticas.

Las prácticas serán entregadas en el campus virtual (PRADO) en la fecha indicada en el planeamiento de la asignatura evaluadas por el profesor responsable de cada aula. Bajo ningún concepto se aceptará la entrega de prácticas fuera de plazo. La evaluación de estas prácticas dará al alumno entre 0 y 1 puntos (sobre 10) que se sumará a la nota que obtenga en el examen escrito final de la convocatoria ordinaria.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

**Evaluación final.** Consiste en la realización de un único examen final. Se obtendrá una calificación entre 0-10.

Importante. La evaluación continuada sólo se hará en la convocatoria ordinaria. La nota de las prácticas sólo se computa para dicha convocatoria, no teniéndose en cuenta en las convocatorias extraordinarias.

INFORMACIÓN ADICIONAL



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:22:40    Página: 8 / 8



AxD9v404NXwjhafy0R7In5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.