

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

ASIGNATURA:	Ingeniería Sísmica de Estructuras		
TITULACIÓN:	Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (Plan Estudios BOE nº54 de 4/3/02)		
DEPARTAMENTO:	Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica		
ÁREA DE CONOCIMIENTO:	Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras		
CARGA DOCENTE:	4.5 créditos	Teoría:	3 créditos
		Práctica:	1.5 créditos
CURSO:	5		
CUATRIMESTRE:	<input type="checkbox"/> Primer cuatrimestre		
	<input checked="" type="checkbox"/> Segundo cuatrimestre		
	<input type="checkbox"/> Anual		
TIPO:	<input type="checkbox"/> Troncal		
	<input type="checkbox"/> Obligatoria		
	<input checked="" type="checkbox"/> Optativa		
	<input type="checkbox"/> Libre configuración		
PRERREQUISITOS:	Conocimientos de mecánica y dinámica de estructuras		
PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:	Amadeo Benavent Climent		
PROFESOR/ES COLABORADOR/ES:			
PRESENTACIÓN:			

La asignatura esta organizada en tres bloques: Parte I: Elementos de Dinámica aplicados a la Ingeniería Sísmica; Parte II: Fundamentos de ingeniería sísmica; y Parte III: Proyecto de estructuras. En el primero se estudian conceptos específicos de la dinámica estructural empleados en la ingeniería sísmica de estructuras, no vistos en cursos anteriores o en otras asignaturas de la carrera. Se aborda el cálculo de sistemas no lineales. En el segundo bloque, aunque se tratan muy brevemente conceptos básicos de sismología, esta centrado en el estudio de las distintas formas de caracterizar el efecto de carga de un terremoto (acelerogramas, espectro elásticos de respuesta, espectros de input de energía), y los métodos de cálculo que tienen asociados para estimar la respuesta estructural. Se estudian también las leyes histeréticas que controlan el comportamiento no lineal de los elementos estructurales bajo cargas cíclicas y en el dominio no lineal. En la tercera parte se abordan distintas estrategias para proyectar estructuras en zonas sísmicas; desde las convencionales basadas en el proyecto por capacidad, hasta las avanzadas que emplean aislamiento base o sistemas de control pasivo. Se estudian normativas vigentes (la norma sísmica española NCSE-02, la norma sísmica de puentes NCSP-07), centrándose en el método general del análisis modal espectral y el análisis basado en el método del empuje incremental (*pushover analysis*). Se hace referencia también al cálculo de obras singulares de ingeniería civil.

### OBJETIVOS:

Se persigue transmitir al alumno un bagaje de conocimientos que le permitan proyectar y analizar estructuras de ingeniería civil situadas en zonas de peligrosidad sísmica como es el caso de Granada. Las acciones sísmicas presentan peculiaridades notables que las diferencian de las acciones gravitatorias: (1) son de carácter dinámico; (2) son acciones con una probabilidad de ocurrencia muy baja pero con una intensidad de carga tremendamente elevada, lo cual obliga en muchos casos a movilizar la capacidad de

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

deformación plástica de la estructura; y (3) su definición es compleja y no se puede hacer simplemente en términos de fuerzas ya que la respuesta de la estructura en caso de un sismo severo es fundamentalmente no lineal.

El carácter dinámico de las acciones sísmicas hace imprescindible contar con unos conocimientos previos básicos del alumno sobre dinámica de estructuras, y reforzarlos con elementos específicos que emplea la ingeniería sísmica. La necesidad de movilizar la capacidad de deformación plástica de la estructura hace más compleja la definición del efecto de carga del terremoto a efectos de cálculo sísmico, y obliga a estudiar el comportamiento de los materiales y de los elementos estructurales más allá del régimen elástico. El estudio de estos dos aspectos son también objetivos de la asignatura.

El carácter de carga accidental poco frecuente pero de gran intensidad que presentan las acciones sísmicas obliga a emplear en las estructuras sismorresistentes estrategias de proyecto notablemente distintas a las utilizadas cuando las que gobiernan son las cargas gravitatorias. Es también objetivo de la asignatura el concienciar al alumno de estas diferencias.

---

### SISTEMA DE EVALUACIÓN:

Examen escrito al final del cuatrimestre, complementado con trabajos.

---

### PROGRAMA RESUMIDO:

Parte I: Elementos de Dinámica aplicados a la Ingeniería Sísmica;  
Parte II: Fundamentos de ingeniería sísmica  
Parte III: Proyecto de estructuras.

---

### PROGRAMA DETALLADO: (*contenidos y distribución en créditos de la carga lectiva*)

#### **BLOQUE I: ELEMENTOS DE DINÁMICA DE ESTRUCTURAS**

##### **TEMA 1 Introducción 0.3c**

Recordatorio de conceptos básicos de dinámica de estructuras

##### **TEMA 2 Sistemas de 1 grado de libertad. Métodos paso a paso 0.3c**

Se estudia el método de Newmark-Beta de integración numérica de las ecuaciones del movimiento, haciendo hincapié en su aplicación a sistemas no lineales.

##### **TEMA 3 Sistema de varios grados de libertad. Métodos de superposición modal 0.3c**

Se repasa el concepto de coordenadas normales, del desacoplamiento de las ecuaciones del movimiento, y el cálculo de la respuesta por superposición de desplazamientos modales. Se generalizan los métodos paso a paso.

#### **BLOQUE II: FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA SÍSMICA**

##### **TEMA 4 Aspectos básicos de sismología 0.3c**

Sismicidad. Fallas y tectónica de placas. Mecanismo de generación de las ondas sísmicas. Principales parámetros de los terremotos. Peligrosidad sísmica. Vulnerabilidad sísmica. Riesgo sísmico

##### **TEMA 5 Definición de la acción sísmica con acelerogramas. Métodos basados en cálculos dinámicos directos. 0.3c**

---

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

Introducción. Acelerogramas históricos. Amplitud, contenido de frecuencias y duración. Acelerogramas artificiales. Respuesta sísmica obtenida mediante cálculos dinámicos directos.

### **TEMA 6 Definición de la acción sísmica mediante espectros elásticos de respuesta. Método de los espectros de respuesta. 0.4c**

Espectros elásticos de respuesta para un sismo determinado. Factores que influyen en los espectros elásticos de respuesta. Espectros elásticos de respuesta de proyecto. Espectros de la NCSE-02. Cálculo sísmico con el método de los espectros de respuesta. Respuesta de sistemas de un grado de libertad sobre suelo rígido. Respuesta de sistemas de varios grados de libertad sobre suelo rígido. Respuesta máxima para un modo de vibración dado. Respuesta máxima total combinando respuestas máximas modales. Introducción a la respuesta sísmica de sistemas elasto-plásticos.

### **TEMA 7 Definición de la acción sísmica en términos de input de energía. Metodología basada en el balance energético de Housner-Akiyama. 0.3c**

Introducción. Input total de energía en sistemas de un grado de libertad. Ecuación de equilibrio de fuerzas y ecuación del balance de energía. Características básicas del input de energía. Input total de energía en sistemas de varios grados de libertad. Espectros de input de energía de proyecto propuestos en la literatura. Fundamento de los métodos de proyecto.

### **TEMA 8 Comportamiento de los materiales y elementos estructurales 0.3c**

Los materiales hormigón y acero. Elementos estructurales de hormigón armado bajo cargas monótonas y cíclicas. Vigas y columnas. Tipos de fallo. Columnas cortas. Vigas planas. Muros de cortante. Nudos viga-columna. Elementos estructurales de acero bajo cargas monótonas y cíclicas. Vigas y pilares. Perfiles en H, circulares y rectangulares. Celosías. Barras diagonales con y sin resistencia a compresión. Nudos viga-columna.

## **BLOQUE III: PROYECTO DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES**

### **TEMA 9 Estrategias actuales y avanzadas en el proyecto sismorresistente de estructuras 0.4c**

Introducción. Acciones sísmicas vs. gravitatorias. Metas actuales y futuras. Principios de proyecto sismorresistente. Estrategia de las estructuras tipo columna débil-viga fuerte. Estrategias para incrementar la capacidad de disipación de cada planta. Control del fallo a cortante en elementos de hormigón armado. Instalación de elementos disipadores de energía. Las estructuras mixtas rígido-flexibles. Estrategias orientadas a mitigar la concentración del daño. Estructuras del tipo viga débil-columna fuerte. Estructuras con dispersión del daño. Estrategias que utilizan de forma positiva la concentración del daño. Estructuras con aislamiento de base. Estructuras con concentración de daño en la última planta. Estructuras con concentración de daño en la primera planta. Clasificación de las estructuras sismorresistentes. Estructuras convencionales. Estructuras avanzadas equipadas con sistemas de control de respuesta. Estructuras con aislamiento de base. Estructuras con disipadores de energía. Estructuras con sistemas de control activo y semiactivo.

---

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

### **TEMA 10 Aspectos importantes en el proyecto sismorresistente 0.4c**

Coeficiente cortante basal y distribución de cortantes entre plantas. Amortiguamiento. Ductilidad. Efectos de torsión. Momentos de vuelco y axiles adicionales en pilares. Efecto P-delta. Control del desplazamiento entre plantas. Criterios heurísticos de proyecto. Proyecto por capacidad.

### **TEMA 11 Cálculo sismorresistente según la Norma NCSE-02. 0.6**

Generalidades. Masas y acciones a considerar en el cálculo. Verificación de la seguridad. Métodos de cálculo. Análisis dinámico directo. Análisis modal espectral.

### **TEMA 12 Cálculo sismorresistente según la Norma NCSP-07. 0.6**

Requisitos de comportamiento. Caracterización sísmica. Métodos de cálculo. Análisis aplicando el método del empuje incremental. Comprobación de la capacidad resistente de secciones y elementos estructurales.

---

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

---

Dynamics of Structures. Clough y Penzien.

Anil K. Chopra. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering (2nd Edition).

---

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

---

Nathan M. Newmark, Emilio Rosenblueth, FUNDAMENTALS OF EARTHQUAKE ENGINEERING, Prentice-Hall Inc. 1971

Hiroshi Akiyama, EARTHQUAKE-RESISTANT LIMIT STATE DESIGN FOR BUILDINGS, University of Tokyo Press, 1985.

NORMA DE CONSTRUCCION SISMORESISTENTE NCSE-02, Ministerio de Fomento Español

NORMA DE CONSTRUCCION SISMORESISTENTE: PUENTES: NCSP-07, Ministerio de Fomento Español

EUROCODIGO E-8, Comisión de las Comunidades Europeas.

S. Timoshenko y D. H. Young, DINÁMICA SUPERIOR, Ediciones Urmo, 1971  
John Biggs, INTRODUCTION TO STRUCTURAL DYNAMICS, McGraw-Hill

E. Alarcón, C. Brebbia, A. Hacar, A. Samartín, CÁLCULO DINÁMICO EN LA INGENIERÍA CIVIL, Edix S.A. Madrid

D.G. Fertis, DYNAMICS AND VIBRATION OF STRUCTURES, John Wiley, New York

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

---

Ch. Norris, R. J. Hansen, M. J. Honell, J. M. Biggs, S. Namyet, J. K. Minami,  
STRUCTURAL DESIGN FOR DYNAMIC LOADS, McGraw-Hill, New York

G. B. Warburton, THE DYNAMICAL BEHAVIOUR OF STRUCTURES, Pergamon Press, Oxford

A. H. Barbat y J. M. Canet, ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES SÍSMICAS, Centro  
Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería, CIMNE, Barcelona 1994.

G. W. Housner, STRONG GROUND MOTIONS", Earthquake Engineering (Editor R. Wiegel)  
Prentice-Hall, USA, 1970

L. Mierovitch, INTRODUCTION TO DYNAMICS AND CONTROL, John Wiley and Sons Inc.,  
New York, 1985

A. H. Barbat, CÁLCULO SÍSMICO DE LAS ESTRUCTURAS, Editores Técnicos Asociados S.A.,  
Barcelona 1982.

M. Paz, STRUCTURAL DYNAMICS, Van Nostrand Reinhold, New York, 1980

R. R. Craig, STRUCTURAL DYNAMICS, John Wiley and Sons Inc., New York, 1981

Park R., y Pauley T., REINFORCED CONCRETE STRUCTURES, John Wiley and Sons Inc.,  
New York, 1975

Wakabayashi Minoru, DESIGN OF EARTHQUAKE RESISTANT BUILDINGS, McGraw-Hill, 1986

INTERNATIONAL HANDBOOK OF EARTHQUAKE ENGINEERING. CODES, PROGRAMS AND  
EXAMPLES. Mario Paz (Editor), Chapman and Hall, New York, 1994.

Neville Gerald (Editor), SIMPLIFIED DESIGN, REINFORCED CONCRETE BUILDINGS OF  
MODERATE SIZE AND HEIGHT, Portland Cement Association, Illinois, 1984.

José Calavera, PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN, Intemac, 1999,  
2 Tomos.

Jimenez Montoya, Meseguer, Morán. HORMIGON ARMADO, Ediciones Gustavo Gili.  
Normas: INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-98, Ministerio de Fomento.

---

OTROS RECURSOS: *(páginas web que ofrezcan información sobre la asignatura)*

---