



Teaching Guide

Identifying Data					2023/24
Subject (*)	Structural Dynamics		Code	632514024	
Study programme	Mestrado Universitario en Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos				
Descriptors					
Cycle	Period	Year	Type	Credits	
Official Master's Degree	1st four-month period	First	Optional	4.5	
Language	SpanishGalicianEnglish				
Teaching method	Face-to-face				
Prerequisites					
Department	Construcións e Estruturas Arquitectónicas, Cívís e Aeronáuticas				
Coordinador	Romera Rodriguez, Luis Esteban	E-mail	l.romera@udc.es		
Lecturers	Fontan Perez, Arturo Norberto Romera Rodriguez, Luis Esteban	E-mail	arturo.fontan@udc.es l.romera@udc.es		
Web	https://campusvirtual.udc.gal/course/view.php?id=17209				
General description	<p>Dotar ao alumno dos coñecementos teóricos e prácticos necesarios para a análise dinámica estrutural.</p> <p>Desenvolver as cargas dinámicas máis habituais e os métodos de cálculo.</p> <p>Formar ao alumno no emprego e interpretación de programas de cálculo dinámico de estruturas.</p> <p>Introducir o deseño sísmico mediante o estudo de casos prácticos.</p> <p>Coñecemento e aplicación da normativa vixente.</p> <p>Iniciación á análise experimental modal.</p>				

Study programme competences / results

Code	Study programme competences / results
A1	Capacitación científico-técnica e metodolóxica para a asesoría, a análise, o deseño, o cálculo, o proxecto, a planificación, a dirección, a xestión, a construción, o mantemento, a conservación e a explotación nos campos relacionados coa Enxeñaría Civil: edificación, enerxía, estruturas, xeotecnía, hidráulica, hidroxía, enxeñaría cartográfica, enxeñaría marítima e costeira, enxeñaría sanitaria, materiais de construción, medio ambiente, ordenación do territorio, transportes e urbanismo, entre outros
A2	Capacidade para comprender os múltiples condicionamentos de carácter técnico, legal e da propiedade que se suscitan no proxecto dunha obra pública, e capacidade para establecer diferentes alternativas válidas, elixir a óptima e plasmala adecuadamente, prevendo os problemas da súa construción, e empregando os métodos e tecnoloxías máis adecuadas, tanto tradicionais como innovadoras, coa finalidade de conseguir a maior eficacia dentro do respecto polo medio ambiente e a protección da seguridade e saúde dos traballadores e usuarios da obra pública
A3	Coñecemento, comprensión e capacidade para aplicar a lexislación necesaria durante o desenvolvemento da profesión de Enxeñeiro de Camiños, Canais e Portos
A4	Coñecemento da historia da Enxeñaría Civil e capacitación para analizar e valorar as obras públicas en particular e a construción en xeral
A5	Coñecemento da profesión de Enxeñeiro de Camiños, Canais e Portos e das actividades que se poden realizar no eido da Enxeñaría Civil
A6	Aplicación das capacidades técnicas e xestoras en actividades de I+D+i dentro do eido da Enxeñaría Civil
A8	Utilización dos ordenadores para a resolución de problemas complexos de enxeñaría. Utilización de métodos e modelos sofisticados de cálculo por ordenador así como utilización de técnicas de sistemas expertos e de intelixencia artificial no contexto das súas aplicacións na resolución de problemas do ámbito estrito da Enxeñaría Civil
A9	Capacidade para resolver numericamente os problemas matemáticos máis frecuentes na enxeñaría, desde a formulación do problema ata o desenvolvemento da formulación e a súa implementación nun programa de ordenador. En particular, capacidade para formular, programar e aplicar modelos numéricos avanzados de cálculo, así como capacidade para a interpretación dos resultados obtidos no contexto da enxeñaría civil, a mecánica computacional e/ou a enxeñaría matemática, entre outros



A11	Capacidade para documentarse, obter información e aplicar os coñecementos de materiais de construción en sistemas estruturais. Coñecementos da relación entre a estrutura dos materiais e as propiedades mecánicas que dela se derivan, incluíndo a caracterización microestrutural. Coñecemento, comprensión e capacidade para aplicar os métodos, procedementos e equipos que permiten a caracterización mecánica dos materiais, tanto experimentais como analíticos. Coñecementos teóricos e prácticos avanzados das propiedades dos materiais de construción máis utilizados en enxeñaría civil. Capacidade para a aplicación de novos materiais a problemas construtivos.
A17	Capacidade para analizar e comprender como as características das estruturas inflúen no seu comportamento, así como coñecer as tipoloxías máis usuais na Enxeñaría Civil. Capacidade para utilizar métodos tradicionais e numéricos de cálculo e deseño de todo tipo de estruturas de diferentes materiais, sometidas a esforzos diversos e en situacións de comportamentos mecánicos variados. Coñecemento das diferentes tipoloxías de pontes metálicas, de formigón e mixtas, o seu comportamento estrutural, os métodos de cálculo e os procedementos construtivos empregados
A18	Coñecemento teórico e práctico para a análise non lineal e dinámico estrutural, con especial fincapé na análise sísmica, mediante a aplicación dos métodos e programas de deseño e cálculo dinámico de estruturas por ordenador, a partir do coñecemento e comprensión das cargas dinámicas máis habituais e a súa aplicación ás tipoloxías estruturais da Enxeñaría Civil.
A19	Capacidade para definir a formulación do problema de deseño óptimo de estruturas, mediante a aplicación dos métodos de optimización lineal e non lineal máis habituais en diversas tipoloxías estruturais, incluíndo conceptos de análise de sensibilidade
A20	Coñecemento dos esquemas estruturais máis empregados en Enxeñaría Civil, e capacidade para analizar os antecedentes históricos e a súa evolución ao longo do tempo. Comprensión das interaccións entre as tipoloxías estruturais, os materiais de construción existentes en cada etapa histórica e os medios de cálculo utilizados.
A21	Coñecemento dos fundamentos do comportamento das estruturas de formigón armado e pretensado que permiten ter a capacidade para concibir, proxectar, construír e manter este tipo de estruturas. Coñecemento da tipoloxía de elementos prefabricados, as características principais do seu cálculo e a súa aplicación nos procesos de fabricación.
A52	Coñecemento e comprensión dos diferentes estilos artísticos, en relación co contexto histórico, económico e social da súa época desenvolvendo a capacidade para apreciar e incluír condicionantes estéticos na obra civil.
B1	Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun xeito que terá que ser en gran medida autodirixido ou autónomo.
B2	Posuír e comprender coñecementos que aporten unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación
B3	Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en contornas novas ou pouco coñecidas dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo.
B4	Que os estudantes sexan capaces de integrar coñecementos e enfrontarse á complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas á aplicación dos seus coñecementos e xuízos
B5	Que os estudantes saiban comunicar as súas conclusións e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan a públicos especializados e non especializados dun xeito claro e sen ambigüidades.
B6	Resolver problemas de forma efectiva
B7	Aplicar un pensamento crítico, lóxico e creativo
B8	Traballar de xeito autónomo con iniciativa
B9	Traballar de forma colaborativa
B11	Comunicarse de xeito efectivo nun ambiente de traballo
B12	Expresarse correctamente, tanto de forma oral coma escrita, nas linguas oficiais da comunidade autónoma
B16	Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse
B18	Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade
B19	
C1	Reciclaxe continua de coñecementos nunha perspectiva xeral no eido global de actuación da Enxeñaría Civil
C2	Comprender a importancia da innovación na profesión
C5	Comprensión da necesidade de actuar de forma enriquecedora sobre o medio ambiente contribuíndo ao desenvolvemento sostible
C9	Capacidade para organizar e planificar
C12	Capacidade de análise, síntese e estruturación da información e das ideas



C13	Claridade na formulación de hipóteses
C14	Capacidade de abstracción
C15	Capacidade de traballo persoal, organizado e planificado
C16	Capacidade de autoaprendizaxe mediante a inquietude por buscar e adquirir novos coñecementos, potenciando o uso das novas tecnoloxías da información
C17	Capacidade para enfrontarse a novas situacións
C20	Capacidade para aplicar coñecementos básicos na aprendizaxe de coñecementos tecnolóxicos e na súa posta en práctica
C21	Capacidade de realizar probas, ensaios e experimentos, analizando, sintetizando e interpretando os resultados

Learning outcomes			
Learning outcomes	Study programme competences / results		
Capacidade para analizar e comprender o comportamento dinámico das estruturas.	AC1	BC1	CC1
	AC2	BC2	CC2
	AC3	BC3	CC5
	AC8	BC4	CC9
	AC9	BC6	CC13
	AC11	BC7	CC15
	AC17	BC8	CC21
	AC18	BC9	
	AC20	BC16	
	AC21	BC18	
Capacidade de realizar modelos numéricos para obter as respostas estruturais fronte a accións dinámicas.	AC1	BC1	CC1
	AC2	BC2	CC2
	AC3	BC3	CC5
	AC4	BC4	CC9
	AC5	BC5	CC12
	AC6	BC6	CC13
	AC8	BC7	CC15
	AC9	BC8	CC21
	AC11	BC9	
	AC17	BC11	
	AC18	BC12	
	AC20	BC16	
	AC21	BC18	
Capacidade para aplicar a normativa sismorresistente vixente na lexislación española e europea no deseño de estruturas.	AC1	BC5	CC14
	AC2	BC6	CC16
	AC3	BC7	CC17
	AC5	BC8	CC20
	AC18	BC16	
	AC19	BC18	
	AC52	BC19	

Contents	
Topic	Sub-topic
Introducción e conceptos fundamentais	Accións dinámicas. Resposta estática e dinámica. Sistemas continuos e discretos. Forzas elásticas, de inercia e de amortiguamento. Concepto de grado de liberdade dinámico. Obtención e solución das ecuacións diferenciais do movemento. Vibracións libres, forzadas, amortiguadas e non amortiguadas.



Sistemas de 1 grado de liberdade (S1GDL): Resposta en vibración libre	Vibración libre non amortiguada. Frecuencia e período natural. Tipos de amortiguamento. Amortiguamento viscoso. Medida e valores. Amortiguamento estrutural. Enerxía en vibración libre. Amortiguamento por fricción.
S1GDL: Resposta fronte a cargas dinámicas	Excitación armónica: Estacionario e transitorio. Resonancia. Forzas transmitidas á base. Excitación da base e illamento de vibracións. Medidas experimentais de frecuencias e amortiguación. Series de Fourier. Acelerómetros. Cargas incrementais, pulsos e cargas xerais. Espectros de resposta. Accións sísmicas. NCSE-02. EC-8. Efectos sísmicos nas estruturas. Regras de deseño.
S1GDL: métodos numéricos de obtención da resposta	Métodos de integración temporal paso a paso. Sistemas lineais: métodos de interpolación da excitación, método de diferenzas centrais, método de Newmark. Estabilidade e error da solución. Sistemas non lineais: método de diferenzas centrais e método de Newmark.
Análise dinámica co programa SAP2000	Características. Módulos de análise dinámica: análise armónico, no tempo e espectral. Modelización das cargas dinámicas e tipos de cargas consideradas. Modelización da masa: masas distribuídas e concentradas.
Sistemas de N GDL (SNGDL): Estruturas con masa e elasticidad distribuídas	Ecuacións de equilibrio. Vibracións libres: frecuencias e modos naturais de vibración. Casos de viga biapoiada e viga empotrada-libre. Ortogonalidade modal. Método de Rayleigh. Viga biapoiada con carga móbil a velocidade constante. Vibración de placas delgadas.
SNGDL: Formulación, ecuacións do movemento, frecuencias naturais e modos de vibración.	Ecuacións do movemento. Matrices de rixidez elástica, de masas e de amortiguamento. Condensación estática. Métodos numéricos de solución. Autovalores, frecuencias naturais e modos de vibración, matrices modal, espectral e de masas. Teorema de expansión modal. Métodos de obtención dos modos de vibración.
SNGDL: O amortiguamento nas estruturas	Medidas experimentais. Matrices de amortiguación clásicas: Amortiguación de Rayleigh, Caughey, e superposición de matrices de amortiguación modal. Matriz de amortiguación non clásica.
SNGDL: Análise modal temporal e espectral	Análise modal. Ecuacións modais. Resposta por superposición modal. Contribucións modais. Convergencia da solución. Método de corrección estática. Análise modal experimental.
SNGDL: Análise dinámica mediante o MEF	Aplicación do MEF en problemas dinámicos. Discretización espacial e temporal. Ecuacións de equilibrio. Matrices de masas concentradas e consistentes. Formulación en problemas non lineais. Programa SAP2000. Exemplos de aplicación.
SNGDL: Resposta sísmica temporal e espectral	Análise modal sísmica. Factores de participación de masas. Resposta temporal e espectral. Regras de combinación modal. Resposta non lineal. Ductilidade e dano. Espectros inelásticos de deseño. Normas NCSE-02, EAE e EC8. Exemplos de aplicación: edificación, presas, pasarelas e pontes. Deseño antisísmico: vulnerabilidade e deseños antisísmicos en edificios históricos. Sistemas de control pasivos e activos. Exemplos de deseño antisísmico de estruturas.
SNGDL: Normativas, análise experimental e FRF's.	Normas NCSE-02, NCSP-07, EC-8. Análise modal experimental. Funcións de resposta en frecuencias. Aplicación en edificación, pontes e pasarelas.

Planning

Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student's personal work hours	Total hours
-----------------------	------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-------------



Guest lecture / keynote speech	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A11 A17 A18 A20 A21 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B18 C1 C2 C5 C15	14	21	35
Problem solving	A8 A9 B8 B9 B11 B12 B19 B16 C9 C13 C21	13	19.5	32.5
Laboratory practice	A6 A8 A9 B6 B7 B8 B9 B19 B16 B18 C5 C9	11.5	11.5	23
Supervised projects	A1 A2 A3 A8 A9 A11 A17 A18 A19 A20 A21 A52 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B16 B18 C1 C2 C5 C9 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C20 C21	4	16	20
Personalized attention		2	0	2

(*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	As clases maxistras consistirán na exposición do contido teórico, involucrando ao alumno en debate e discusión sobre o contido exposto.
Problem solving	Sesións de solución analítica de problemas plantexados previamente polo profesor.
Laboratory practice	A medida que se van desenvolvendo os temas teóricos realizaranse prácticas de ordenador no laboratorio de estruturas da Escola. Cada una das prácticas consistirán na modelización mediante elementos finitos dunha estrutura definida polo profesor, onde se aplicarán os coñecementos teóricos adquiridos previamente. Tamén se realizarán prácticas de análise modal experimental.
Supervised projects	O alumno deberá realizar dous traballos ao longo do cuadrimestre. En ditos traballos deberá demostrar as capacidades adquiridas durante as clases teóricas e prácticas. Os traballos consistirán na resolución analítica e mediante ordenador das estruturas definidas polo profesor e a súa posterior presentación. Deberá aplicarse tamén noutra práctica a normativa sismoresistente vixente na lexislación española para verificar os estados límite fronte a accións sísmicas.

Personalized attention	
Methodologies	Description
Problem solving Laboratory practice Guest lecture / keynote speech Supervised projects	Traballos titorizados: O profesor asesorará ao alumno durante o transcurso do traballo, indicándolle os erros que está cometendo e como solucionarlos. Periodicamente o alumno pasará polo despacho del profesor para comentar a evolución do seu traballo. Prácticas de laboratorio: O profesor atenderá na clase todas as dúbidas que lle xurdan ao alumno de forma individualizada. Sesión maxistral: Os alumnos deberán preguntar en titoría individual aqueles aspectos desenvolto nas sesións maxistras que non foron suficientemente comprendidos e interiorizados.



Assessment

Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification
Supervised projects	A1 A2 A3 A8 A9 A11 A17 A18 A19 A20 A21 A52 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B16 B18 C1 C2 C5 C9 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C20 C21	O profesor valorará o desenvolvemento dos traballos a medida que se vai completando e o interese do alumno, así como o esforzo realizado, xunto coa valoración dos traballos finalmente entregados e a calidade da súa presentación.	100
Others			

Assessment comments

A realización fraudulenta das probas ou actividades de avaliación, unha vez comprobada, implicará directamente a cualificación de suspenso na convocatoria en que se cometa: o/a estudante será cualificado con ?suspenso? (nota numérica 0) na convocatoria correspondente do curso académico, tanto se a comisión da falta se produce na primeira oportunidade como na segunda. Para isto, procederase a modificar a súa cualificación na acta de primeira oportunidade, se fose necesario.

Sources of information

Basic	<p>Códigos y normas: -NCSR-02: Norma de Construcción Sismorresistente. Parte general y de edificación. Ministerio de Fomento. -NCSP-07: Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes. Ministerio de Fomento. -EUROCODIGO 8: Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes. Reglas generales. Acciones sísmicas y requisitos generales de las estructuras. Parte 1.1. AENOR. Libros: -Dynamic of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering. Chopra, Anil K. Prentice Hall, 1995. - Mechanical vibrations. Rao, Singiresu S.; 1995 - Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures. A Physical Approach with Emphasis on Earthquake Engineering. Edward L. Wilson, Professor Emeritus of Structural Engineering. University of California at Berkeley. 2002. - Sap2000. Integrated Software for Structural Analysis and Design. Analysis Reference Manual. CSI, Berkeley, USA 2002.- Structural Dynamics. An Introduction to Computer Methods. Craig, Roy R. John Wiley, 1981. - Structural Dynamics. Theory and Computations. Paz, Mario. Chapman, 1997. - The Finite Element Method. Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Hughes, Thomas J.R.; Prentice Hall, 1987. - Engineering Vibration. Inman J.; Prentice Hall, 2001 - Structural Dynamics for Structural Engineers. Gary C. Hart, Kevin Wong. John Wiley, 2000. - Vibrations of solids and structures under moving loads. Fryba L. Thomas Telford Ltd; 1999 - Arquitectura sísmica: Prevención y rehabilitación. A. Bahamón et al. Barcelona, Loft Publications. 2000. - El riesgo sísmico en el diseño de edificios. Barbat A.H. Cuadernos Técnicos 3; 1998 - Estructuras sometidas a acciones sísmicas. Cálculo por ordenador. Alex H. Barbat y Juan Miguel Canet. CIMNE. 1994. - Estructuras sometidas a acciones dinámicas. Ed. E. Car, F. López y S. Oller. CIMNE. 2000 - ITEA; Programa europeo de formación en cálculo y diseño de la estructura de acero. Tomo 21: Diseño sísmico. - Modal Testing: Theory, Practice and application. D.J. Ewins. Research Studies Pr. 2000 - Annotated Slide Collection. Earthquake Engineering Research Institute. EERI, 1997 Direcciones web: - www.geo.ign.es Instituto Geográfico Nacional. - www.ecgs.lu European Center for Geodynamics and Seismology - http://www.emsc-csem.org European-Mediterranean Sismological Center - http://www.orfeus-eu.org/ Observatories and Research Facilities for European Seismology- www.eeri.org Earthquake Engineering Research Institute (USA) - http://nisee.berkeley.edu National Inf. Service for Earthquake Eng. (USA) - http://nsmp.wr.usgs.gov/ US Geological Survey. Nat. Strong-motion project - http://www.bosai.go.jp/e/ NIIED National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention - www.earthquakeprotection.com EPS (Earthquake Protection Systems) - http://www.alga.it/en - http://www.maurer-soehne.es/</p>
Complementary	



Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

Structures III/632514003

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Subjects that continue the syllabus

Seismic and Aeroelastic Analysis of Structures /632514026

Advanced Structural Analysis/632514028

Other comments

La asignatura combina los conceptos de mecánica del sólido rígido y del análisis de estructuras para comprender el funcionamiento dinámico de las estructuras, por lo que se recomiendan conocimientos de mecánica y estructuras, junto con conocimientos de resolución de ecuaciones diferenciales y álgebra.

(*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.