



## Teaching Guide

Identifying Data				2024/25
<b>Subject (*)</b>	Seismic and Aeroelastic Analysis of Structures	<b>Code</b>	632514026	
<b>Study programme</b>	Mestrado Universitario en Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos			
Descriptors				
<b>Cycle</b>	<b>Period</b>	<b>Year</b>	<b>Type</b>	<b>Credits</b>
Official Master's Degree	2nd four-month period	First	Optional	4.5
<b>Language</b>	SpanishGalicianEnglish			
<b>Teaching method</b>	Face-to-face			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Department</b>	Construcións e Estruturas Arquitectónicas, Cívicas e Aeronáuticas			
<b>Coordinador</b>	Jurado Albarracin-Martinon, Jose Angel	<b>E-mail</b>	jose.angel.jurado@udc.es	
<b>Lecturers</b>	Fontan Perez, Arturo Norberto Jurado Albarracin-Martinon, Jose Angel Nieto Mouronte, Felix Romera Rodriguez, Luis Esteban	<b>E-mail</b>	arturo.fontan@udc.es jose.angel.jurado@udc.es felix.nieto@udc.es l.romera@udc.es	
<b>Web</b>	campusvirtual.udc.gal			
<b>General description</b>	<p>The aim of the course is to provide the theoretical and practical knowledge of the structural and aeroelastic analysis and apply it to the checking and design of structures.</p> <p>In the field of the seismic analysis the objectives are to introduce the student in the linear and nonlinear seismic analysis of structures through the study of practical cases; Know and apply existing seismic regulations (NCSR-02, NCSP-07 and EC-8); and to train in the use and interpretation of seismic calculation programs of structures (SAP2000 and ABAQUS) and in the design of seismic isolation and damping systems.</p> <p>With regard to structural aeroelasticity, the wind engineering is introduced to the students. Aerodynamic and aeroelasticity of civil structures in special of bridges are studied. Experimental and computational methods are used for these analyses.</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, xeotecnia, hidráulica, hidroloxía, 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.
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	Reciclaixe 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
C8	Facilidade para a integración en equipos multidisciplinares
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 comprobar e deseñar estruturas coa resistencia sísmica axeitada mediante a aplicación das normativas sísmicas correspondentes. No ámbito da aeroelasticidade, capacidade para determinar o comportamento estrutural fronte a fenómenos dinámicos xerados pola acción do vento.	AC1 AC2 AC3 AC4 AC5 AC6 AC11 AC17 AC18 AC52	BC1 BC2 BC3 BC4 BC6 BC7 BC8 BC9 BC16 BC19	CC9 CC13 CC15 CC21
Capacidade para realizar cálculos sísmicos e aeroelásticos mediante programas de ordenador, verificando os modelos desenvolvidos e os resultados obtidos.	AC1 AC2 AC3 AC6 AC8 AC9 AC11 AC17 AC18	BC1 BC2 BC3 BC4 BC5 BC6 BC7 BC8 BC9 BC18 BC19	CC1 CC2 CC5 CC9 CC13 CC15 CC21
Capacidade para deseñar sistemas de illamento e amortiguación de estruturas, así como elementos que melloren o comportamento aeroelástico de estruturas fronte ás cargas de vento.	AC1 AC2 AC3 AC5 AC6 AC8 AC9 AC11 AC17 AC18 AC19 AC20	BC1 BC2 BC3 BC4 BC5 BC6 BC7 BC8 BC9 BC19	CC1 CC2 CC5 CC9 CC13 CC15 CC21



Capacidade para investigar.	AC11	BC1 BC2 BC3 BC4 BC5 BC6 BC8 BC9 BC11 BC12	CC8 CC9 CC12 CC14 CC16 CC17 CC20
-----------------------------	------	--	--

Contents	
Topic	Sub-topic
S1. Seismic action and seismic response of structures	Nocións de sismoloxía. Ondas sísmicas. Resposta lineal de sistemas con 1 GDL. Espectros de resposta sísmica e espectros de deseño. Sistemas de NGDL. Análise modal. Resposta espectral e temporal. Introducción ás normas NCSR-02, EC-8.
S2. Ductility and nonlinear seismic response	Resposta non lineal de sistemas con NGDL. Ductilidade e dano. Espectros inelásticos de deseño. Análise temporal non lineal. Pushover. Normas NCSR-02, EC-8 e NCSP-07.
S3. Seismic analysis with SAP2000 and ABAQUS programs	Aplicación na análise sísmica lineal e non lineal de estruturas de edificación, pasarelas, pontes e presas.
S4. Anti-seismic structural design	Vulnerabilidade e deseño antisísmico en edificios históricos. Sistemas de control activo e pasivo. Sistemas de aillamento da base e sistemas de amortiguación. Aplicación en edificios e pontes.
S5. Soil-structure and fluid-structure interaction	Modelos simples de interacción e modelos mediante o MEF. Ecuacións acopladas do movemento. Aplicación en edificación, pontes e presas.
A1. Wind engineering.	Termodinámica e hidrodinámica da atmosfera. Perfil de vento en altura. Variables aleatorias relacionadas co vento. Modelos de turbulencia.
A2. Aerodynamics in structures.	Ecuacións básicas en aerodinámica. Forzas e coeficientes aerodinámicos. Exemplos de análises aerodinámicas en estruturas en enxeñaría civil.
A3. Aeroelastic phenomena in structures.	Flameo e bataneo de estruturas esbeltas en especial de pontes de gran van. Excitación por torbellinos, galope de cables. Diverxencia torsional.
A4. Aerodynamics and aeroelasticity experiments in wind tunnels.	Tipos de túneles de vento. PCTUVI software de control do túnel de vento. Ensaos aerodinámicos. Ensaos aeroelásticos.
A5. Computational fluid dynamics applied to the aeroelastic analysis of bridges.	Ecuacións do fluxo. Mallado de modelos de fluxo arredor de seccións de taboleiros. Modelos de análise. Coeficientes aerodinámicos. Excitación por torbellinos. Funcións de flameo.

Planning				
Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student?s personal work hours	Total hours
Problem solving	A1 A2 A3 A5 A6 A8 A9 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B19 B18 C9 C13 C15 C21	10	15	25



Laboratory practice	A1 A2 A3 A5 A6 A11 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B6 B7 B8 B9 B19 B18 C15 C21	10	10	20
Supervised projects	A1 A2 A3 A6 A8 A9 A11 A17 A18 A19 A20 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B18 C1 C2 C8 C9 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C20 C21	5	20	25
Guest lecture / keynote speech	A1 A2 A3 A4 A5 A6 A8 A9 A17 A18 A52 B1 B2 B3 B4 B7 B8 B19 B16 C2 C5	16	24	40
Personalized attention		2.5	0	2.5

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

Methodologies	
Methodologies	Description
Problem solving	Resolución guiada das prácticas analíticas e numéricas dos temas plantexados na materia.
Laboratory practice	Prácticas da análise sísmica e aeroelástica realizadas polos estudantes en colaboración cos profesores da materia no CITEEC.
Supervised projects	Prácticas analíticas e numéricas, plantexadas polos profesores ao longo do curso e que os estudantes deben resolver de forma autónoma titorizada.
Guest lecture / keynote speech	Exposición dos contidos conceptuais dos temas da materia.

Personalized attention	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	Os estudantes deberán resolver as dúbidas que lles xurdan antes ou despois de que as prácticas de cada tema sexan resoltas na aula polos profesores da materia.
Problem solving	Do mesmo xeito, os estudantes poden resolver as dúbidas asociadas ás sesións maxistras, aos traballos tutelados, ou ás prácticas de laboratorio con calquera dos profesores da materia.
Laboratory practice	
Supervised projects	Os estudantes poden acudir a titoría individualmente ou en grupo.

Assessment			
Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification
Supervised projects	A1 A2 A3 A6 A8 A9 A11 A17 A18 A19 A20 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B18 C1 C2 C8 C9 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C20 C21	The supervised works consist of various activities such as study of papers, calculation exercises, laboratory practices, etc. Some of these works will be given to professors and others will be presented orally in class. Each activity has a value proportional to the time it takes to complete it.	100

Assessment comments
---------------------



The activities described in the supervised projects, as well as the attendance and participation in the classes will be evaluated during the course. To pass it is necessary to obtain a minimum mark of 4 over 10 in each of the two parts into which the subject is divided: seismic analysis and aeroelastic analysis.

### Sources of information

<b>Basic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (2002). NCSR-02. Norma de construcción sismorresistente. Ministerio de fomento</li> <li>- (2007). NCSP-07. Norma de construcción sismorresistente: Puentes. Ministerio de fomento</li> <li>- (2005). Eurocódigo 8: Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes. Reglas generales. Acciones sísmicas y requisitos generales de las estructuras. Parte 1.1. Aenor</li> <li>- Chopra, Anil K. (1995). Dynamic of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering. Prentice Hall</li> <li>- Inman J. (2001). Engineering Vibration. Prentice Hall</li> <li>- Ewins D.J. (2000). Modal Testing: Theory, Practice and Application. Research Studies</li> <li>- (2002). SAP2000: Integrated software for structural analysis and design. Analysis Reference Manual. CSI, Berkeley, USA</li> <li>- (2012). ABAQUS: Analysis manual. Simulia</li> <li>- Simiu E.; Scanlan R. H. (1996). Wind effects on structures. Jhon Weley &amp; sons INC.</li> <li>- Jurado J. A.; Hernandez S.; Nieto F.; Mosquera A. (2011). Bridge Aeroelasticity, Sensitivity Analysis and Optimum Design. Wit press</li> <li>- John D. Anderson (2001). Fundamentals of Aerodynamics. McGraw-Hill</li> <li>- John D. Anderson (1995). Computational FLuid Dynamics. McGraw-Hill</li> </ul>
<b>Complementary</b>	

### Recommendations

#### Subjects that it is recommended to have taken before

Bridges II/632514023  
 Typology of Structures/632514027  
 Structural Optimization/632514025  
 Continuum Mechanics/632514002  
 Structural Dynamics/632514024  
 Bridges I/632514008

#### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

#### Subjects that continue the syllabus

#### Other comments

(\*)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.