



Teaching Guide

| Identifying Data | | | | | 2020/21 |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|----------------|---------|
| Subject (*) | Seismic and Aeroelastic Analysis of Structures | | Code | 632514026 | |
| Study programme | Mestrado Universitario en Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos | | | | |
| Descriptors | | | | | |
| Cycle | Period | Year | Type | Credits | |
| Official Master's Degree | 2nd four-month period | First | Optional | 4.5 | |
| Language | SpanishGalician | | | | |
| Teaching method | Face-to-face | | | | |
| Prerequisites | | | | | |
| Department | Construcións e Estruturas Arquitectónicas, Cívís e AeronáuticasEnxeñaría Civil | | | | |
| Coordinador | Romera Rodriguez, Luis Esteban | E-mail | l.romera@udc.es | | |
| Lecturers | Jurado Albarracin-Martinon, Jose Angel | E-mail | jose.angel.jurado@udc.es | | |
| | Romera Rodriguez, Luis Esteban | | l.romera@udc.es | | |
| Web | moodle.udc.es (632514026-Cálculo sísmico y aeroelástico de estructuras- MICCP) | | | | |
| General description | <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> | | | | |
| Contingency plan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Modifications to the contents 2. Methodologies <ul style="list-style-type: none"> *Teaching methodologies that are maintained *Teaching methodologies that are modified 3. Mechanisms for personalized attention to students 4. Modifications in the evaluation <ul style="list-style-type: none"> *Evaluation observations: 5. Modifications to the bibliography or webgraphy | | | | |

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 | Reciclaxe continua de coñecementos nunha perspectiva xeral no eido global de actuación da Enxeñería 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 afrontar 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 | | |
| | | | |
| | AC1 | BC1 | CC9 |
| | AC2 | BC2 | CC13 |
| | AC3 | BC3 | CC15 |
| | AC4 | BC4 | CC21 |
| | AC5 | BC6 | |
| | AC6 | BC7 | |
| | AC11 | BC8 | |
| | AC17 | BC9 | |
| | AC18 | BC16 | |
| | AC52 | BC19 | |
| | AC1 | BC1 | CC1 |
| | AC2 | BC2 | CC2 |
| | AC3 | BC3 | CC5 |
| | AC6 | BC4 | CC9 |
| | AC8 | BC5 | CC13 |
| | AC9 | BC6 | CC15 |
| | AC11 | BC7 | CC21 |
| | AC17 | BC8 | |
| | AC18 | BC9 | |
| | | BC18 | |
| | | BC19 | |



| | | | |
|--|------|------|------|
| | AC1 | BC1 | CC1 |
| | AC2 | BC2 | CC2 |
| | AC3 | BC3 | CC5 |
| | AC5 | BC4 | CC9 |
| | AC6 | BC5 | CC13 |
| | AC8 | BC6 | CC15 |
| | AC9 | BC7 | CC21 |
| | AC11 | BC8 | |
| | AC17 | BC9 | |
| | AC18 | BC19 | |
| | AC19 | | |
| | AC20 | | |
| | AC11 | BC1 | CC8 |
| | | BC2 | CC9 |
| | | BC3 | CC12 |
| | | BC4 | CC14 |
| | | BC5 | CC16 |
| | | BC6 | CC17 |
| | | BC8 | CC20 |
| | | BC9 | |
| | | BC11 | |
| | | BC12 | |

| Contents | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Topic | Sub-topic |
| Tema 1. Acción sísmica y respuesta sísmica de las estructuras | Nociones de sismología. Ondas sísmicas. Respuesta lineal de sistemas con 1 GDL. Espectros de respuesta sísmica y espectros de diseño. Sistemas de NGDL. Análisis modal. Respuesta espectral y temporal. Introducción a las normas NCSR-02, EC-8. |
| Tema 2. Ductilidad y respuesta sísmica no lineal | Respuesta no lineal de sistemas con NGDL. Ductilidad y daño. Espectros inelásticos de diseño. Análisis temporal no lineal. Pushover. Normas NCSR-02, EC-8 y NCSP-07. |
| Tema 3. Análisis sísmico con los programas Sap2000 y Abaqus | Aplicación en el análisis sísmico lineal y no lineal de estructuras de edificación, pasarelas, puentes y presas. |
| Tema 4. Diseño estructural antisísmico | Vulnerabilidad y diseño antisísmico en edificios históricos. Sistemas de control activo y pasivo. Sistemas de aislamiento de la base y sistemas de amortiguación. Aplicación en edificios y puentes. |
| Tema 5. Interacción suelo-estructura y fluido-estructura | Modelos simples de interacción y modelos mediante el MEF. Ecuaciones acopladas del movimiento. Aplicación en edificación, puentes y presas. |
| Tema 6. Modelos de viento y fenómenos aeroelásticos en estructuras. | Perfil de viento en altura. Modelos de turbulencia. Flameo y bataneo de puentes de gran vano. Excitación por torbellinos, Galope de cables. Divergencia torsional. |
| Tema 7. Ensayos experimentales en túnel de viento para estudios aeroelásticos de puentes. | Tipos de túneles de viento. PCTUVI software de control del túnel de viento. Ensayos aerodinámicos. Ensayos aeroelásticos. |
| Tema 8. Mecánica de fluidos computacional aplicada al análisis aeroelástico de puentes. | Ecuaciones del flujo. Mallado de modelos de flujo alrededor de secciones de tableros. Modelos de análisis. Coeficientes aerodinámicos. Excitación por torbellinos. Funciones 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 de las prácticas analíticas y numéricas de los temas planteados en la asignatura. |
| Laboratory practice | Prácticas de análisis sísmico y aeroelástico realizadas por los alumnos en colaboración con los profesores de la asignatura en el CITEEC. |
| Supervised projects | Prácticas analíticas y numéricas, planteadas por los profesores a lo largo del curso y que los alumnos deben resolver de forma autónoma tutorizada. |
| Guest lecture / keynote speech | Exposición de los contenidos conceptuales de los temas de la asignatura. |

Personalized attention

| Methodologies | Description |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Guest lecture / keynote speech | Los alumnos deberán resolver las dudas que se les planteen antes o después de que las prácticas de cada tema hayan sido resueltas en el aula por los profesores de la asignatura. |
| Problem solving | De la misma forma, los alumnos pueden resolver las dudas asociadas a las sesiones magistrales, a los trabajos tutelados, o a las prácticas de laboratorio con cualquiera de los profesores de la asignatura. |
| Laboratory practice | |
| Supervised projects | Los alumnos pueden acudir a tutoría individualmente o 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 | Los trabajos tutelados se plantearán a lo largo del cuatrimestre de desarrollo de la asignatura, y se realizarán y entregarán por escrito por parte de los alumnos, procediendo los profesores a su corrección y publicación de la calificación de cada uno de los trabajos por separado. | 100 |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Assessment comments

Sources of information

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

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.