



| Guía Docente | | | | |
|-----------------------|--|--------------------|---|----------|
| Datos Identificativos | | | | 2020/21 |
| Asignatura (*) | Cálculo dinámico de estruturas | Código | 632514024 | |
| Titulación | Mestrado Universitario en Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos | | | |
| Descritores | | | | |
| Ciclo | Período | Curso | Tipo | Créditos |
| Mestrado Oficial | 1º cuatrimestre | Primeiro | Optativa | 4.5 |
| Idioma | CastelánGalegoInglés | | | |
| Modalidade docente | Presencial | | | |
| Prerrequisitos | | | | |
| Departamento | Construcións e Estruturas Arquitectónicas, Cívís e Aeronáuticas | | | |
| Coordinación | Romera Rodriguez, Luis Esteban | Correo electrónico | l.romera@udc.es | |
| Profesorado | Fontan Perez, Arturo Norberto Romera Rodriguez, Luis Esteban | Correo electrónico | arturo.fontan@udc.es l.romera@udc.es | |
| Web | moodle.udc.es (4514024-Cálculo dinámico de estruturas- MICCP) | | | |
| Descrición xeral | <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> | | | |
| Plan de continxencia | <p>1. Modificacións nos contidos</p> <p>Non se realizan cambios.</p> <p>2. Metodoloxías</p> <p>*Metodoloxías docentes que se modifican</p> <p>- Sesión maxistral e solución de problemas: No caso de non poder facerse presencialmente, impartiranse a través da plataforma Teams.</p> <p>- Prácticas de laboratorio e traballos titorizados: No caso de non poder facerse presencialmente, realizarase utilizando Teams e a plataforma VDI co software SAP2000.</p> <p>3. Mecanismos de atención personalizada ao alumnado</p> <p>No caso de non poder levarse a cabo presencialmente, a atención personalizada realizarase a través do correo electrónico, Moodle ou Teams.</p> <p>4. Modificacións na avaliación</p> <p>Non se producen cambios.</p> <p>*Observacións de avaliación:</p> <p>No caso de non poder facerse presencialmente as presentacións dos traballos, estas realizaranse por Teams.</p> <p>5. Modificacións da bibliografía ou webgrafía</p> <p>Non se producen modificacións.</p> | | | |

| Competencias / Resultados do título | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Código | Competencias / Resultados do título |



| | |
|-----|--|
| 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, 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 plasmarla 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 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 |
| 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 |

| Resultados da aprendizaxe | | | |
|---|-------------------------------------|------|------|
| Resultados de aprendizaxe | Competencias / Resultados do título | | |
| Capacidad de para analizar y comprender el comportamiento dinámico de las estructuras | AM1 | BM1 | CM1 |
| | AM2 | BM2 | CM2 |
| | AM3 | BM3 | CM5 |
| | AM4 | BM4 | CM9 |
| | AM5 | BM5 | CM12 |
| | AM6 | BM6 | CM13 |
| | AM8 | BM7 | CM15 |
| | AM9 | BM8 | CM21 |
| | AM11 | BM9 | |
| | AM17 | BM11 | |
| | AM18 | BM12 | |
| | AM20 | BM16 | |
| | AM21 | BM18 | |



| | | | |
|---|------|------|------|
| Capacidade de realizar modelos numéricos para obtener las respuestas estructurales frente a acciones dinámicas | AM1 | BM1 | CM1 |
| | AM2 | BM2 | CM2 |
| | AM3 | BM3 | CM5 |
| | AM8 | BM4 | CM9 |
| | AM9 | BM6 | CM13 |
| | AM11 | BM7 | CM15 |
| | AM17 | BM8 | CM21 |
| | AM18 | BM9 | |
| | AM20 | BM16 | |
| | AM21 | BM18 | |
| Capacidade para aplicar la normativa sismoresistente vigente en la legislación española y europea en el diseño de estructuras | AM1 | BM5 | CM14 |
| | AM2 | BM6 | CM16 |
| | AM3 | BM7 | CM17 |
| | AM5 | BM8 | CM20 |
| | AM18 | BM16 | |
| | AM19 | BM18 | |
| | AM52 | BM19 | |

| Contidos | |
|--|--|
| Temas | Subtemas |
| 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 frente 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 diferencias 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. |

| Planificación | | | | |
|--|---|---|-------------------------|--------------|
| Metodoloxías / probas | Competencias / Resultados | Horas lectivas (presenciais e virtuais) | Horas traballo autónomo | Horas totais |
| Sesión maxistral | 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 |
| Solución de problemas | A8 A9 B8 B9 B11 B12 B19 B16 C9 C13 C21 | 13 | 19.5 | 32.5 |
| Prácticas de laboratorio | A6 A8 A9 B6 B7 B8 B9 B19 B16 B18 C5 C9 | 11.5 | 11.5 | 23 |
| Traballos tutelados | 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 |
| Atención personalizada | | 2 | 0 | 2 |
| *Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientativo, considerando a heteroxeneidade do alumnado | | | | |

| Metodoloxías | |
|-----------------------|---|
| Metodoloxías | Descrición |
| Sesión maxistral | As clases maxistras consistirán na exposición do contido teórico, involucrando ao alumno en debate e discusión sobre o contido exposto. |
| Solución de problemas | Sesións de solución analítica de problemas plantexados previamente polo profesor. |



| | |
|--------------------------|--|
| Prácticas de laboratorio | <p>A medida que se van desenvolvendo os temas teóricos realizaranse prácticas de ordenador no laboratorio de estruturas da Escola.</p> <p>Cada una das prácticas consistirán na modelización mediante elementos finitos dunha estrutura definida polo profesor, onde se aplicarán os coñecementos teóricos adquiridos previamente.</p> <p>Tamén se realizarán prácticas de análise modal experimental.</p> |
| Traballos tutelados | <p>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.</p> |

Atención personalizada

| Metodoloxías | Descrición |
|---|---|
| <p>Solución de problemas</p> <p>Prácticas de laboratorio</p> <p>Sesión maxistral</p> <p>Traballos tutelados</p> | <p>Traballos titorizados:</p> <p>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.</p> <p>Prácticas de laboratorio:</p> <p>O profesor atenderá na clase todas as dúbidas que lle xurdan ao alumno de forma individualizada.</p> <p>Sesión maxistral:</p> <p>Os alumnos deberán preguntar en titoría individual aqueles aspectos desenvolto nas sesións maxistrais que non foron suficientemente comprendidos e interiorizados.</p> |

Avaliación

| Metodoloxías | Competencias / Resultados | Descrición | Cualificación |
|---------------------|--|---|---------------|
| Traballos tutelados | <p>A1 A2 A3 A8 A9 A11</p> <p>A17 A18 A19 A20</p> <p>A21 A52 B1 B2 B3 B4</p> <p>B5 B6 B7 B8 B9 B16</p> <p>B18 C1 C2 C5 C9</p> <p>C12 C13 C14 C15</p> <p>C16 C17 C20 C21</p> | <p>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.</p> | 100 |
| Outros | | | |

Observacións avaliación

| |
|--|
| |
|--|

Fontes de información

| |
|--|
| |
|--|



| | |
|------------------------------------|--|
| Bibliografía básica | <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/ NIED 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> |
| Bibliografía complementaria | |

Recomendacións

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Estruturas III/632514003

Materias que se recomenda cursar simultaneamente

Materias que continúan o temario

Cálculo sísmico e aeroelástico de estruturas/632514026

Análise avanzado de estruturas/632514028

Observacións

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.

(*A Guía docente é o documento onde se visualiza a proposta académica da UDC. Este documento é público e non se pode modificar, salvo casos excepcionais baixo a revisión do órgano competente dacordo coa normativa vixente que establece o proceso de elaboración de guías