



| Teaching Guide | | | | |
|--------------------------|---|--------|--|---------|
| Identifying Data | | | | 2021/22 |
| Subject (*) | Structural Optimization | Code | 632514025 | |
| 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 | Spanish | | | |
| Teaching method | Face-to-face | | | |
| Prerequisites | | | | |
| Department | Construcións e Estruturas Arquitectónicas, Cívís e Aeronáuticas | | | |
| Coordinador | Díaz García, Jacobo Manuel | E-mail | jacobodiaz@udc.es | |
| Lecturers | Baldomir García, Aitor Díaz García, Jacobo Manuel | E-mail | aitor.baldomir@udc.es jacobodiaz@udc.es | |
| Web | campusvirtual.udc.gal/course/view.php?id=8213 | | | |
| General description | This course introduces the student in the field of structural optimization. The main objectives are: to define the approach to the problem of the optimal design of structures; describe the most performant linear and non-linear optimization methods; explain the concept of sensitivity analysis and the methods for carrying it out; demonstrate applications of optimal design in diverse structural types and introduce computer codes of structural optimization. | | | |
| Contingency plan | <ol style="list-style-type: none"> Modifications to the contents Methodologies <ul style="list-style-type: none"> *Teaching methodologies that are maintained *Teaching methodologies that are modified Mechanisms for personalized attention to students Modifications in the evaluation <ul style="list-style-type: none"> *Evaluation observations: 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 |
| 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 enfrontarse a novas situacións |
| C18 | Habilidades comunicativas e claridade na exposición oral e escrita |
| C21 | Capacidade de realizar probas, ensaios e experimentos, analizando, sintetizando e interpretando os resultados |

| Learning outcomes | | | |
|---|---------------------------------------|------|------|
| Learning outcomes | Study programme competences / results | | |
| Ability to define and solve the problem of optimal design of structures, by applying methods of linear and nonlinear programming to different structural types, including also sensitivity analyses and implementation in computer codes. | AC1 | BC1 | CC1 |
| | AC2 | BC2 | CC2 |
| | AC3 | BC3 | CC5 |
| | AC4 | BC4 | CC8 |
| | AC5 | BC5 | CC9 |
| | AC6 | BC6 | CC12 |
| | AC8 | BC7 | CC13 |
| | AC9 | BC8 | CC14 |
| | AC11 | BC9 | CC15 |
| | AC17 | BC11 | CC16 |
| | AC18 | BC12 | CC17 |
| | AC19 | BC16 | CC18 |
| | AC20 | BC18 | CC21 |
| | AC52 | | |

| Contents | |
|--------------------------------|--|
| Topic | Sub-topic |
| Introduction to optimum design | <p>Conventional design methods.</p> <p>Concepts associated with design: Fixed and variable factors. The quality of design.</p> <p>Formulation of the optimum design: Design variables. Design constraints. Objective functions.</p> <p>Historical evolution of optimal design.</p> <p>Application of Kuhn-Tucker conditions.</p> <p>Optimization of simple elements.</p> |
| Linear programming | <p>Simplex method: Primal and dual formulation</p> <p>Limit analysis of structures formulated as linear programming problems</p> <p>Prestressed concrete design by linear programming</p> |



| | |
|--|---|
| Unconstrained optimization | <p>Extrema of single variable functions.</p> <p>Extrema of n-variable functions.</p> <p>Zero order methods: Conjugate directions method</p> <p>First order methods: Gradient-based methods</p> <p>Second order methods: Newton method</p> |
| Constrained optimization | <p>Penalty methods</p> <p>Method of feasible directions</p> <p>Sequence of linear problems</p> <p>Sequence of quadratic problems</p> |
| Sensitivity analysis | <p>Sensitivity analysis: Order and types</p> <p>Direct methods</p> <p>Adjoint variable methods</p> <p>Sensitivity analyses of stresses</p> <p>Sensitivity analyses of displacements</p> <p>Sensitivity analyses of truss structures</p> <p>Sensitivity analyses of frames</p> |
| Computer codes of structural optimization. Structural applications | <p>Introduction to MSC/Nastran Sol 200</p> <p>Applications of structural optimization</p> |

| Planning | | | | |
|--------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests | Competencies / Results | Teaching hours (in-person & virtual) | Student?s personal work hours | Total hours |
| ICT practicals | A1 A7 A8 A9 A19 B1 B2 B3 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B18 C1 C2 C3 C6 C8 C9 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | 10 | 7.5 | 17.5 |
| Guest lecture / keynote speech | A1 A2 A3 A4 A5 A6 A8 A9 A11 A17 A18 A19 A20 A52 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B16 B18 C1 C2 C5 C8 C9 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | 15 | 30 | 45 |
| Supervised projects | A1 A7 A8 A9 A19 B1 B2 B3 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B18 C1 C2 C3 C6 C8 C9 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | 0 | 15 | 15 |



| | | | | |
|------------------------|---|----|----|----|
| Objective test | A1 A7 A8 A9 A19 B1 B2 B3 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B18 C1 C2 C3 C6 C8 C9 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | 2 | 0 | 2 |
| Problem solving | A1 A7 A8 A9 A19 B1 B2 B3 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B18 C1 C2 C3 C6 C8 C9 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | 15 | 15 | 30 |
| Personalized attention | | 3 | 0 | 3 |

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

| Methodologies | |
|--------------------------------|--|
| Methodologies | Description |
| ICT practicals | Students solve problems of structural optimization using computer codes in the Laboratory of Structural Analysis. |
| Guest lecture / keynote speech | The lecturer explains the theoretical concepts of each of the topics of the subject through lectures supported by lecture notes |
| Supervised projects | Students prepare projects that apply and demonstrate knowledge of computer codes for structural optimization. |
| Objective test | Written exam where students must demonstrate that they have successfully acquired knowledge of the subject. The exam consists of theoretical and practical exercises. |
| Problem solving | The lecturer solves practical problems that develop the theoretical concepts of each topic. Students must deliver solutions to additional exercises proposed by the teacher. |

| Personalized attention | |
|------------------------|--|
| Methodologies | Description |
| ICT practicals | Students receive individual attention to solve the issues raised during the practical sessions in the Laboratory of Structural Analysis. |

| Assessment | | | |
|---------------------|---|--|---------------|
| Methodologies | Competencies / Results | Description | Qualification |
| Supervised projects | A1 A7 A8 A9 A19 B1 B2 B3 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B18 C1 C2 C3 C6 C8 C9 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | Students submit course work proposed by the teacher, where they apply and demonstrate knowledge of computer codes for structural optimization. The delivery of this work is indispensable for passing the subject, both through continuous assessment and by passing the final exam. | 50 |



| | | | |
|-----------------|---|---|-----|
| Problem solving | A1 A7 A8 A9 A19 B1 B2 B3 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B18 C1 C2 C3 C6 C8 C9 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | Students must deliver the solutions of the exercises proposed by the teachers to overcome the continuous assessment. | 50 |
| Objective test | A1 A7 A8 A9 A19 B1 B2 B3 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B18 C1 C2 C3 C6 C8 C9 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C21 | Written exam where students must demonstrate that they have successfully acquired knowledge of the subject. The exam consists of theoretical and practical exercises. Students who pass the continuous assessment should not do it. | 100 |

Assessment comments

The subject can be passed in two ways: by continuous assessment or passing an objective test.

Continuous assessment Students who choose continuous assessment must attend class regularly and deliver the solution of practical problems and course work within the deadlines set by the instructors. The final grade will be the 50% average between exercises and the supervised project.

Objective test Students who fail the continuous assessment should make an objective test and also deliver the supervised project before the official date for the realization of the objective test. The final grade is the weighted average of 80% to the rating of the objective test and 20% to the rating of the supervised project.

Sources of information

| | |
|----------------------|--|
| Basic | <ul style="list-style-type: none"> - Hernández Ibáñez, S. (1990). Métodos de diseño óptimo de estructuras. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Hernández Ibáñez, S. y Fontán Pérez, A. (2002). Aplicaciones industriales del diseño óptimo. ETSICCP. Universidade da Coruña - Arora, J. S. (2011). Introduction to optimum design. Oxford: Academic Press - Belegundu, A. y Chandrupatla, T. R. (2011). Optimization concepts and applications in engineering. New York: Cambridge University Press - Vanderplaats, G. N. (2007). Multidiscipline design optimization. Monterey: Vanderplaats Research & Development - Haftka, R. T. y Gürdal, Z. (1991). Elements of structural optimization. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers |
| Complementary | |

Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

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.