



## 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"> <li>Modifications to the contents</li> <li>Methodologies <ul style="list-style-type: none"> <li>*Teaching methodologies that are maintained</li> <li>*Teaching methodologies that are modified</li> </ul> </li> <li>Mechanisms for personalized attention to students</li> <li>Modifications in the evaluation <ul style="list-style-type: none"> <li>*Evaluation observations:</li> </ul> </li> <li>Modifications to the bibliography or webgraphy</li> </ol>				

## 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

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

### 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.