



Teaching Guide

Teaching Guide				
Identifying Data				2015/16
Subject (*)	Estruturas III		Code	632514003
Study programme	Mestrado Universitario en Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos			
Descriptors				
Cycle	Period	Year	Type	Credits
Official Master's Degree	1st four-month period	First	Obligatoria	6
Language	Spanish			
Teaching method	Face-to-face			
Prerequisites				
Department	Tecnoloxía da Construción			
Coordinador	Díaz García, Jacobo Manuel	E-mail	jacobo.diaz@udc.es	
Lecturers	Baldomir García, Aitor	E-mail	aitor.baldomir@udc.es	
	Díaz García, Jacobo Manuel		jacobo.diaz@udc.es	
	Romera Rodríguez, Luis Esteban		l.romera@udc.es	
Web	moodle.udc.es (4514003-E3-MICCP)			
General description	O obxectivo global da materia é adquirir os fundamentos teóricos e prácticos da análise de estruturas mediante o Método de Elementos Finitos (MEF). Para iso expónse os seguintes obxectivos parciais: - Comprender as bases teóricas do MEF, tipos de elementos, características e tipoloxías de aplicación en enxeñaría civil. - Aplicar o MEF utilizando programas de deseño e cálculo de estruturas por computador. - Espertar unha visión crítica do alumno sobre os resultados obtidos. - Iniciar ao alumno na análise non lineal de estruturas.			

Study programme competences

Code	Study programme competences
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, xeotecnía, 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
A7	Capacidade para suscitar e resolver os problemas matemáticos que poidan suscitarse no exercicio da profesión. En particular, coñecer, entender e utilizar a notación matemática, así como os conceptos e técnicas de álgebra e de cálculo infinitesimal, os métodos analíticos que permiten a resolución de ecuacións diferenciais ordinarias e en derivadas parciais, a xeometría diferencial clásica e a teoría de campos, para a súa aplicación na resolución de problemas de 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.
A12	Comprensión e dominio dos conceptos básicos sobre as leis xerais do movemento mecánico e do equilibrio dos corpos materiais, e capacidade para a súa aplicación na resolución de problemas de Mecánica Racional en ámbitos propios da enxeñaría como son a Mecánica dos Medios Continuos, a Mecánica de Flúidos, a Teoría de estruturas, etc
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.
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
B13	Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida
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	Dominar a expresión e a comprensión de forma oral e escrita dun idioma estranxeiro
C1	Reciclaxe continua de coñecementos nunha perspectiva xeral no eido global de actuación da Enxeñaría Civil
C2	Comprender a importancia da innovación na profesión
C3	Aproveitamento e incorporación das novas tecnoloxías
C9	Capacidade para organizar e planificar
C13	Claridade na formulación de hipóteses
C15	Capacidade de traballo persoal, organizado e planificado
C21	Capacidade de realizar probas, ensaios e experimentos, analizando, sintetizando e interpretando os resultados



Learning outcomes	Study programme competences		
Capacidade de expor, executar e analizar modelos de elementos finitos adecuados ao problema que desexa resolver e capacidade de interpretar os resultados numéricos obtidos da análise lineal e non lineal de estruturas	AC1	BC1	CC1
	AC2	BC2	CC2
	AC7	BC3	CC3
	AC8	BC4	CC9
	AC9	BC5	CC13
	AC11	BC6	CC15
	AC12	BC7	CC21
	AC17	BC8	
	AC18	BC9	
		BC11	
		BC12	
		BC13	
		BC16	
		BC18	
		BC19	

Contents	
Topic	Sub-topic
Introdución ao método dos elementos finitos	Sistemas discretos e continuos: elementos, nós e graos de liberdade. Etapas do proceso de solución. Tipos de elementos. Obtención das ecuacións de equilibrio. Matriz de rigidez e vectores de carga. Exemplos de aplicación.
Elemento unidimensional barra a axil	Discretización. Elemento lineal: funcións de forma e formulación isoparamétrica. Principio de traballos virtuais (PTV). Matrices elementais. Elementos lagrangianos de orde superior. Exemplos.
Elementos finitos en elasticidade bidimensional	Teoría de elasticidade 2D. Elemento triangular lineal, PTV e discretización. Ecuacións de equilibrio. Movements e magnitudes derivadas. Elemento rectangular bilineal. Propiedades da solución e converxencia. Elementos lagrangianos e serendipitos de orde superior. Formulación isoparamétrica. Integración analítica e numérica. Estabilidade, converxencia e integración. Melloras do elemento C4. Estudo comparativo dos elementos. Exemplos.
Introdución ao programa comercial de EF Abaqus	Estrutura. Módulos. Tipos de mallas. Elementos. Cargas, casos de carga e condicións de contorno. Comprobacións, cálculo e visualización. Módulos de análises.
Elementos finitos tridimensionales	Elasticidade 3D. Ecuacións constitutivas. PTV. Elementos tetraédricos e hexaédricos. Formulación isoparamétrica e integración. Análise comparativa. Efecto da distorsión. Exemplos de aplicación.
Elementos viga	Teoría de Navier-Bernoulli. Elemento viga hermítico de clase C1. Cortante. Elemento viga de Timoshenko de clase C0. Análise comparativa. Estruturas 2D e 3D. Condiciones de contorno. Exemplos.
Elementos placa	Teoría de placas. Placa de Kirchhoff e placa de Reissner-Mindlin. Equilibrio e relaciones momento-curvatura. PTV. Elementos placa delgada: elementos de clase C1 MCZ e DKT. Elementos placa grossa. Integración e bloqueo da solución. Cálculo de esforzos e tensións. Efecto do esvía. Exemplos.
Elementos lámina	Formulacións e tipos de elementos. Elementos lámina plana: Teorías de Reissner-Mindlin e Kirchhoff. PTV. Matrices elementais. Problemas de coplanariedad. Elementos lámina espacial curva. Exemplos.



Introdución á análise non lineal de estruturas mediante o MEF	Tipos de non linealidades. Esquemas de control, métodos iterativos e converxencia. Tensores de deformacións e tensións. Non linealidad xeométrica, do material e contacto. Exemplos.
Temas complementarios	Estimación do erro. Aspectos computacionais. Mallas adaptativas. Subestructuración. Problemas térmicos. Elementos axisimétricos e de revolución. Análise dinámica mediante o MEF.

Planning				
Methodologies / tests	Competencies	Ordinary class hours	Student's personal work hours	Total hours
Guest lecture / keynote speech	A1 A2 A7 A11 A12 A17 A18 B1 B2 B7 B19 B16 C13	24	48	72
Problem solving	A1 A2 A7 A8 A9 A11 A12 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B13 B16 B18 B19 C1 C2 C3 C9 C13 C15 C21	25	37.5	62.5
Objective test	A1 A2 A7 A8 A9 A11 A12 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B16 B18 C1 C2 C3 C9 C13 C15 C21	2.5	0	2.5
Supervised projects	A1 A2 A7 A8 A9 A11 A12 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B13 B16 B18 B19 C1 C2 C3 C9 C13 C15 C21	3	9	12
Personalized attention		1	0	1
(*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.				

Methodologies	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	Exposición de contidos conceptuais dos diversos temas.
Problem solving	Resolución das prácticas analíticas e numéricas dos diferentes temas expostas polos profesores.
Objective test	Exame escrito e mediante computador dos contidos da materia.
Supervised projects	Os alumnos poden realizar de forma voluntaria as prácticas analíticas e de computador expostas polos profesores durante o curso.

Personalized attention	
Methodologies	Description



Objective test	Os alumnos deberán resolver as dúbidas que se lles expoñan antes ou despois de que as prácticas de cada tema fosen resoltas na aula polos profesores da materia.
Guest lecture / keynote speech	Da mesma forma, os alumnos poden resolver as dúbidas asociadas ás sesións maxistras ou aos traballos tutelados con calquera dos profesores da materia.
Supervised projects	
Problem solving	Os alumnos poden acudir a tutoría individualmente ou en grupo.

Assessment			
Methodologies	Competencies	Description	Qualification
Objective test	A1 A2 A7 A8 A9 A11 A12 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B19 B13 B16 B18 C1 C2 C3 C9 C13 C15 C21	Examen de la asignatura con contenidos teóricos, de resolución de problemas analíticos y de resolución de un problema numérico por ordenador con el programa Abaqus.	100
Supervised projects	A1 A2 A7 A8 A9 A11 A12 A17 A18 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B11 B12 B13 B16 B18 B19 C1 C2 C3 C9 C13 C15 C21	Los trabajos voluntarios realizados por los alumnos se entregarán en los plazos establecidos durante el cuatrimestre y serán valorados por los profesores de la asignatura.	20
Others			

Assessment comments
A nota final obtense sumando a nota obtida no exame, e a nota obtida nos traballos voluntarios. Para aprobar a materia é necesario obter un mínimo de 4 sobre 10 na parte teórica do exame, e un mínimo de 4 sobre 10 na parte práctica do exame de uso do programa Abaqus. A nota final calcúlase sumando á nota do exame a nota das prácticas voluntarias cun valor máximo destas de 2 sobre 10. Para aprobar a materia é necesario obter unha nota final igual ou superior a 5 e cumprir a condición de nota mínima establecida para as dúas partes do exame.

Sources of information	
Basic	- Cook R., Malkus D., Plesha. M. (1989). Concepts and applications of finite element analysis. John Wiley - E. Oñate (1992). Cálculo de estructuras por el método de elementos finitos. CIMNE - Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L (2000). The finite element method (fifth ed.). Vol 1: The Basis, Vol2: Solid mechanics. Thomas Telford - T.J. Hughes (1987). The Finite Element Method. Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Prentice-Hall - K.J. Bathe (1996). Finite Element Procedures. Prentice-Hall - Hinton, E., Owen, D.R.J (1980). Introduction to finite element computations. Pineridge Press - Chandrupatla T.R., Belegundu A. (1997). Introduction to finite elements in engineering. Prentice Hall - Anderson W.J. (1994). Linear static finite element analysis. Online training.. Automated Analysis Corporation
Complementary	Mechanics of materials, Hibbeler, R. C., 6ª ed., Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2005. Análisis Estructural, Hibbeler, R. C., 3ª ed., Prentice Hall Hispanoamericana S.A., Naucalpan de Juárez, Méjico, 1997. Fundamentos de Análisis Estructural, Leet, R. C. and C.M. Uang, 2ª ed., McGraw-Hill Interamericana S.A., México D.F., Méjico, 2006. Structures, Schodek, D. L., 5ª ed., Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2004. Resistencia de materiales, Gere, J. M. y Timoshenko, S., 5ª ed., Thomson-Paraninfo, Madrid, 2002. Mecánica de sólidos, Popov, E. P.2, 5ª ed., Pearson Educación, México, 2000. Elasticidad, Ortiz Berrocal, L., 3ª ed., McGraw-Hill, Madrid, 1998. Razón y ser de los tipos estructurales, Torroja Miret, E., 9ª ed., CSIC, Madrid, 1998. Estructuras o por qué las cosas no se caen, Gordon, J. E., Celeste Ediciones, Madrid, 1999.



Recommendations
Subjects that it is recommended to have taken before
Subjects that are recommended to be taken simultaneously
Subjects that continue the syllabus
Pontes II/632514023 Cálculo sísmico e aeroelástico de estruturas/632514026 Análise avanzado de estruturas/632514028 Deseño óptimo de estruturas/632514025 Cálculo dinámico de estruturas/632514024
Other comments
Requírese coñecemento dos aspectos básicos do cálculo de estruturas. É aconsellable o coñecemento de programas de cálculo de estruturas.

(*)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.