

## 250406 - ENGCAMP - Enginyeria Computacional

Unitat responsable:	250 - ETSECCPB - Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona
Unitat que imparteix:	751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental
Curs:	2015
Titulació:	MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS (Pla 2012). (Unitat docent Obligatòria) MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE CAMINS, CANALS I PORTS (Pla 2012). (Unitat docent Obligatòria) MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA CIVIL (Pla 2007). (Unitat docent Optativa) MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA CIVIL (Pla 2009). (Unitat docent Optativa)
Crèdits ECTS:	6
Idiomes docència:	Anglès

### Professorat

Responsable:	ANTONIO RODRIGUEZ FERRAN
Altres:	IRENE ARIAS VICENTE, ANTONIO RODRIGUEZ FERRAN, JOSE SARRATE RAMOS

### Horari d'atenció

Horari:	S'anunciarà a l'inici del curs.
---------	---------------------------------

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

#### Específiques:

8200. Aplicació dels coneixements de la mecànica de sòls i de les roques per al desenvolupament de l'estudi, projecte, construcció i explotació de fonamentacions, desmunts, terraplens, túnels i altres construccions realitzades sobre o a través del terreny, qualsevol que sigui la naturalesa i l'estat d'aquest, i qualsevol que sigui la finalitat de l'obra que es tracti.

8228. Coneixement i capacitat per a l'anàlisi estructural mitjançant l'aplicació dels mètodes i programes de disseny i càlcul avançat d'estructures, a partir del coneixement i comprensió de les sol·licitacions i la seva aplicació a les tipologies estructurals de l'enginyeria civil. Capacitat per realitzar avaluacions d'integritat estructural.

8230. Capacitat per projectar, dimensionar, construir i mantenir obres hidràuliques.

8231. Capacitat per realitzar el càlcul, l'avaluació, la planificació i la regulació dels recursos hídrics, tant de superfície com a subterranis.

8233. Coneixements i capacitats que permeten comprendre els fenòmens dinàmics del medi oceà-atmosfera-costa i ser capaç de donar respostes als problemes que plantegen el litoral, els ports i les costes, incloent l'impacte de les actuacions sobre el litoral. Capacitat de realització d'estudis i projectes d'obres marítimes.

8234. Coneixements de l'enginyeria i planificació del transport, funcions i maneres de transport, el transport urbà, la gestió dels serveis públics de transport, la demanda, els costos, la logística i el finançament de les infraestructures i serveis de transport.

### Metodologies docents

El curs consisteix en quinze setmanes de docència presencial, el treball de curs a realitzar i auto-aprenentatge. A més de les 4 hores per setmana a l'aula, s'han de dedicar 6 hores a la setmana, de mitjana, al treball personal (auto-aprenentatge).

## 250406 - ENGCAMP - Enginyeria Computacional

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Capacitat per desenvolupar models en el camp de l'enginyeria computacional tant en el camp de la mecànica del medi continu així com la seva aplicació a problemes de diagnòstic en situacions que poden plantejar-se en enginyeria.

Desenvolupar models computacionals basats en la mecànica del medi continu i aplicar-los a diferents àmbits de l'enginyeria civil: mecànica de sòls i de roques, anàlisi estructural, obres i recursos hídrics, ports i costes.

Desenvolupar models computacionals discrets i aplicar-los al disseny de xarxes en diferents àmbits de l'enginyeria civil, especialment el transport, la logística, la distribució d'energia i la ubicació d'instal·lacions.

Incorporar la noció d'incertesa en les dades (accions externes i propietats internes del sistema). Desenvolupar models computacionals estocàstics i tractar estadísticament els resultats.

Utilitzar els resultats dels models computacionals com a eina per al disseny, anàlisi, optimització i presa de decisions a l'enginyeria civil.

Tècniques d'enginyeria computacional per a la modelització i resolució de problemes continus d'equilibri i d'evolució. Aplicacions a l'enginyeria estructural, geotècnica, del transport, marítima i ambiental. Tècniques d'optimització contínua (programació lineal i programació no lineal): aplicacions al disseny òptim, la identificació de paràmetres i l'assignació dels recursos. Tècniques d'optimització discreta i optimització combinatòria: aplicacions al disseny de xarxes. Simulació de Monte Carlo: aplicacions a la presa de decisions en la gestió i la planificació.

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 150h	Grup gran/Teoria:	17h 24m	11.60%
	Grup mitjà/Pràctiques:	8h 24m	5.60%
	Grup petit/Laboratori:	26h 13,2m	17.48%
	Activitats dirigides:	1h 58,8m	1.32%
	Aprenentatge autònom:	96h	64.00%

## 250406 - ENGCAMP - Enginyeria Computacional

### Continguts

<p>1.- Modelització amb EDOs</p>	<p>Dedicació: 21h 36m</p> <p>Grup gran/Teoria: 5h Grup mitjà/Pràctiques: 2h Grup petit/Laboratori: 2h Aprentatge autònom: 12h 36m</p>
<p>Descripció:</p> <p>Problemes de valor inicial en enginyeria Mètodes numèrics de pas simple (Runge-Kutta) per a problemes de valor inicial Problemes de contorn en enginyeria El mètode del tret per problemes de contorn Resolució de dos problemes (àmbits: anàlisi estructural / geotècnia) Tècniques numèriques adaptatives Pas variable: adaptació del pas basada en el control del error Mètode Runge-Kutta-Fehlberg 45 (RKF45)</p> <p>Resolució d'un cas pràctic (àmbit: anàlisi estructural)</p> <p>Objectius específics:</p> <p>Ser capaç de modelitzar problemes d'enginyeria amb EDOs Conèixer i utilitzar, amb l'ajut de Matlab o Octave, tècniques numèriques per problemes de valor inicial Identificar si un problema d'enginyeria és de valor inicial o de contorn Conèixer l'estratègia de resolució de problemes de contorn, basada en iteracions (tretes) d'un problema de valor inicial associat Modelitzar dos casos pràctics com a problemes de contorn: EDOs i condicions de contorn Plantejar la resolució dels problemes de contorn amb el mètode del tret Ser capaç d'avaluar i controlar la qualitat de la solució numèrica Conèixer i saber aplicar el mètode RKF45 a problemes de valor inicial i a problemes de contorn</p> <p>Resoldre un problema de contorn amb el mètode RKF45 (comanda ode45 de Matlab) Ser capaç de triar la precisió necessària en un càlcul en funció de l'output d'interès</p>	

## 250406 - ENGCAMP - Enginyeria Computacional

<p>2.- Modelització amb EDPs</p>	<p>Dedicació: 43h 12m</p> <p>Grup gran/Teoria: 8h Grup mitjà/Pràctiques: 4h Grup petit/Laboratori: 6h Aprentatge autònom: 25h 12m</p>
<p>Descripció:</p> <p>Resolució de dos problemes (àmbits: hidràulica / mecànica de sòls)</p> <p>Resolució d'un cas pràctic (àmbit: anàlisi estructural) amb el MEF</p> <p>Problemes de valors propis en enginyeria Equació d'ones (vibracions, onades, acústica). Modes propis i freqüències pròpies Problema estàndard i problema generalitzat de valors propis Propietats del problema simètric de valors propis Mètodes d'iteració vectorial directa (IVD) i d'iteració vectorial inversa (IVI) Resolució de dos casos pràctics (àmbits: dinàmica estructural / enginyeria marítima) Problemes de difusió i de convecció-difusió en enginyeria Resolució amb el MEF de problemes d'evolució Resolució d'un cas pràctic (àmbit: enginyeria mediambiental) Problemes no lineals d'equilibri en enginyeria Estratègia incremental-iterativa: el mètode de Newton-Raphson Resolució d'un cas pràctic (àmbit: anàlisi estructural) amb el MEF</p> <p>Objectius específics:</p> <p>Modelitzar dos casos pràctics com a problemes d'equilibri: EDPs i condicions de contorn Plantejar la resolució dels problemes d'equilibri amb el mètode dels elements finits (MEF) Conèixer l'organització interna d'un codi d'elements finits Ser capaç de resoldre problemes d'equilibri amb un codi d'elements finits Interpretar els resultats; avaluar i controlar la qualitat dels outputs d'interès Conèixer els problemes de valors propis més rellevants en enginyeria Interpretar físicament els vectors propis (modes) i els valors propis (freqüències) Conèixer tècniques numèriques per determinar valors propis i vectors propis d'interès Ser capaç de determinar freqüències pròpies i modes propis d'interès Comprendre la idea bàsica de l'anàlisi modal Identificar si un problema és d'equilibri o bé d'evolució Conèixer tècniques numèriques per tractar la variació temporal i la convecció</p> <p>Modelitzar un cas pràctic com a problema de convecció-difusió Plantejar la seva resolució amb el MEF</p> <p>Identificar les diferents fonts de no-linealitat en enginyeria Conèixer tècniques numèriques d'elements finits per problemes no lineals</p> <p>Modelitzar la no-linealitat en un cas pràctic Ser capaç de resoldre problemes no lineals amb un codi d'elements finits Comprendre la gran diferència de complexitat entre els problemes lineals i els no lineals</p>	



## 250406 - ENGCAMP - Enginyeria Computacional

Avaluació #1	Dedicació: 4h 48m Grup petit/Laboratori: 2h Aprentatge autònom: 2h 48m
Avaluació #2	Dedicació: 4h 48m Grup petit/Laboratori: 2h Aprentatge autònom: 2h 48m

## 250406 - ENGCOMP - Enginyeria Computacional

<p>3.- Optimització i simulació</p>	<p>Dedicació: 40h 48m</p> <p>Grup gran/Teoria: 14h Grup mitjà/Pràctiques: 2h Grup petit/Laboratori: 1h Aprentatge autònom: 23h 48m</p>
<p>Descripció:</p> <p>Introducció a l'optimització. Tipus de problemes en enginyeria. Tècniques numèriques per problemes d'optimització continua sense restriccions Models en enginyeria amb paràmetres desconeguts Ajust no lineal per mínims quadrats a partir de mesures experimentals Tècniques numèriques: Newton, Levenberg-Marquardt Tècniques heurístiques: algoritmes genètics Resolució d'un cas pràctic (àmbit: mecànica de sòls / anàlisi estructural) Problemes d'optimització en enginyeria Restriccions d'igualtat i de desigualtat Optimització amb restriccions d'igualtat: multiplicadors de Lagrange Optimització amb restriccions de desigualtat: restriccions actives, funcions barrera, funcions de penalització Problemes de programació lineal en enginyeria Funció objectiu lineal i restriccions lineals El mètode del simplex Resolució d'un cas pràctic (àmbit: assignació de recursos) Problemes de xarxes en enginyeria Algoritmes exactes i heurístics en optimització discreta i combinatòria Simulació: mètode de Montecarlo</p> <p>Objectius específics:</p>	

## 250406 - ENGCAMP - Enginyeria Computacional

Identificar els diferents tipus de problemes en enginyeria: directes, de disseny òptim, d'identificació òptima i de control òptim.

Establir la relació entre la minimització sense restriccions i la resolució de sistemes no lineals d'equacions

Discutir si un model és lineal o bé no lineal en els seus paràmetres

Formular la identificació de paràmetres com un problema de minimització  
ectius

Saber aplicar el mètode de Levenberg-Marquardt per ajustar paràmetres

Conèixer la idea bàsica dels algoritmes genètics

Modelitzar un cas pràctic com un problema d'identificació de paràmetres

Resoldre'l amb el mètode de Levenberg-Marquardt

Conèixer els diferents tipus de problemes d'optimització en enginyeria

Entendre el paper que hi juguen les restriccions

Entendre el diferent tractament numèric de problemes amb i sense restriccions

Conèixer la idea bàsica de les tècniques numèriques per restriccions

Conèixer diferents tipus de problemes de programació lineal en enginyeria

Comprendre les bases del mètode del símplex

Modelitzar un cas d'assignació de recursos com a problema de programació lineal

Resoldre'l amb el mètode del símplex

Formular problemes de disseny de xarxes com d'optimització discreta / combinatòria

Conèixer la idea bàsica dels dos tipus de tècniques: exactes i aproximades

Preses de decisions

Avaluació #3

Dedicació: 4h 48m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprentatge autònom: 2h 48m

Treball de curs

Dedicació: 4h 48m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprentatge autònom: 2h 48m

## 250406 - ENGCAMP - Enginyeria Computacional

### Sistema de qualificació

- 1.- S'ha de lliurar el treball pràctic de curs en la data indicada per a poder ser avaluat.
- 2.- Els continguts de totes les avaluacions estaran d'acord amb tota la matèria impartida des de l'inici del curs.
- 3.- Els estudiants han d'assistir a les avaluacions proveïts d'una calculadora sense connexió a internet. No està permesa la utilització de telèfons mòbils, ordinadors, tauletes ni d'altres dispositius electrònics.
- 4.- A les avaluacions no està permesa la consulta d'apunts, llibres de text, problemes resolts ni cap altre tipus de documentació.
- 5.- La deshonestetat acadèmica serà severament castigada, d'acord amb la normativa acadèmica vigent.
- 6.- La qualificació final de l'assignatura s'obté a partir de les qualificacions de les diferents proves segons:

$$\text{Nota} = A^{(1/2)} * TC^{(1/4)} * (E + TD)^{(1/4)}$$

$$\text{Si Nota} < 5, \text{Nota} = \max(\text{Nota}, PC^{(3/4)} * TC^{(1/4)})$$

on:

A és la mitjana aritmètica de les avaluacions:  $A = (A1 + A2 + A3)/3$

TC és la mitjana aritmètica del treball de curs: 50% la realització i presentació del pòster, 50% l'informe final del treball.

Durant el curs es realitzaran un seguit d'exercicis (E) i treballs dirigits (TD). Alguns d'ells es recolliran al final de la sessió i s'avaluaran. D'aquests, els millor avaluats (tres de cada quatre) s'utilitzaran per a calcular la mitjana aritmètica dels exercicis i els treballs dirigits, E + TD.

PC és la prova de conjunt.

### Normes de realització de les activitats

Si no es realitza alguna de les activitats de laboratori o d'avaluació continuada en el període programat, es considerarà com a puntuació zero.

El lliurament del Treball de Curs és obligatori per poder ser avaluat.

### Bibliografia

Bàsica:

- Dennis, J.E.; Schnabel, R.B.. Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations. SIAM, 1996.
- Bathe, K.J.. Finite Element Procedures. Prentice Hall, 1996.
- Deuflhard, P.; Bornemann, F.. Scientific Computing with Ordinary Differential Equations. Springer, 2010.
- Donea, J.; Huerta, A.. Finite Element Methods for Flow Problems. Wiley, 2003.
- Nocedal, J.; Wright, S.J.. Numerical Optimization. 1999.

Complementària:

- Belytschko, T.; Liu, W.K.; Moran, B.. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures. Wiley, 2001.
- Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.. The Finite Element Method. Volume 3: Fluid Dynamics. Butterworth-Heinemann, 2000.