



Guía docente 250406 - ENGCAMP - Ingeniería Computacional

Última modificación: 03/10/2023

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona
Unidad que imparte: 751 - DECA - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS (Plan 2012). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2023 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: ANTONIO RODRIGUEZ FERRAN

Otros: ANTONIO RODRIGUEZ FERRAN, PABLO SAEZ VIÑAS

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

8200. Aplicación de los conocimientos de la mecánica de suelos y de las rocas para el desarrollo del estudio, proyecto, construcción y explotación de cimentaciones, desmontes, terraplenes, túneles y demás construcciones realizadas sobre o a través del terreno, cualquiera que sea la naturaleza y el estado de éste, y cualquiera que sea la finalidad de la obra de que se trate.

8228. Conocimiento y capacidad para el análisis estructural mediante la aplicación de los métodos y programas de diseño y cálculo avanzado de estructuras, a partir del conocimiento y comprensión de las solicitaciones y su aplicación a las tipologías estructurales de la ingeniería civil. Capacidad para realizar evaluaciones de integridad estructural.

8230. Capacidad para proyectar, dimensionar, construir y mantener obras hidráulicas.

8231. Capacidad para realizar el cálculo, la evaluación, la planificación y la regulación de los recursos hídricos, tanto de superficie como subterráneos.

8233. Conocimientos y capacidades que permiten comprender los fenómenos dinámicos del medio océano-atmósfera-costa y ser capaz de dar respuestas a los problemas que plantean el litoral, los puertos y las costas, incluyendo el impacto de las actuaciones sobre el litoral. Capacidad de realización de estudios y proyectos de obras marítimas.

8234. Conocimientos de la ingeniería y planificación del transporte, funciones y modos de transporte, el transporte urbano, la gestión de los servicios públicos de transporte, la demanda, los costes, la logística y la financiación de las infraestructuras y servicios de transporte.

Transversales:

8559. EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN: Conocer y entender los mecanismos en que se basa la investigación científica así como los mecanismos e instrumentos de transferencia de resultados entre los diferentes agentes socioeconómicos implicados en los procesos de I+D+i.

8562. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.

8563. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso consiste en quince semanas de docencia presencial, el trabajo de curso a realizar y auto-aprendizaje. Además de las 4 horas por semana en el aula, se deben dedicar 6 horas a la semana, en media, al trabajo personal (auto-aprendizaje).

Aunque la mayoría de las sesiones se impartirán en el idioma indicado en la guía, puede que las sesiones en las que se cuente con el apoyo de otros expertos invitados puntualmente se lleven a cabo en otro idioma.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Capacidad para desarrollar modelos en el campo de la ingeniería computacional tanto en el campo de la mecánica del medio continuo así como su aplicación a problemas de diagnóstico en situaciones que pueden plantearse en la ingeniería.

Desarrollar modelos computacionales basados en la mecánica del medio continuo, y aplicarlos a distintos ámbitos de la ingeniería civil: mecánica de suelos y de rocas, análisis estructural, obras y recursos hídricos, puertos y costas.

Desarrollar modelos computacionales discretos, y aplicarlos al diseño de redes en distintos ámbitos de la ingeniería civil, especialmente el transporte, la logística, la distribución de energía y la ubicación de instalaciones.

Incorporar la noción de incertidumbre en los datos (acciones externas y propiedades internas del sistema). Desarrollar modelos computacionales estocásticos y tratar estadísticamente los resultados.

Utilizar los resultados de los modelos computacionales como herramienta para el diseño, análisis, optimización y toma de decisiones en ingeniería civil.

Técnicas de ingeniería computacional para modelizar y resolver problemas continuos de equilibrio y de evolución. Aplicaciones a la ingeniería estructural, geotécnica, del transporte, marítima y ambiental. Técnicas de optimización continua (programación lineal y programación no lineal): aplicaciones al diseño óptimo, la identificación de parámetros y la asignación de recursos. Técnicas de optimización discreta y optimización combinatoria: aplicaciones al diseño de redes. Simulación de Monte Carlo: aplicaciones a la toma de decisiones en gestión y planificación. (INGENIERÍA COMPUTACIONAL)

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo mediano	13,0	8.67
Horas grupo pequeño	13,0	8.67
Horas grupo grande	28,0	18.67
Horas aprendizaje autónomo	96,0	64.00

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

1.- Modelización con EDOs

Descripción:

Problemas de contorno en ingeniería
El método del disparo para problemas de contorno
Resolución de dos problemas (ámbitos: análisis estructural / geotecnia)
Resolución de un caso práctico (ámbito: análisis estructural)

Objetivos específicos:

Identificar si un problema de ingeniería es de valor inicial o de contorno
Conocer la estrategia de resolución de problemas de contorno, basada en iteraciones (disparos) de un problema de valor inicial asociado
Modelizar dos casos prácticos como problemas de contorno: EDOs y condiciones de contorno
Plantear la resolución de los problemas de contorno con el método del disparo
Resolver un problema de contorno con el método RKF45 (comando ode45 de Matlab)
Ser capaz de elegir la precisión necesaria en un cálculo en función del output de interés

Dedicación: 14h 23m

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 8h 23m

2.- Modelización con EDPs

Descripción:

Resolución de dos problemas (ámbitos: hidráulica / mecánica de suelos)
Resolución de un caso práctico (ámbito: análisis estructural) con el MEF

Problemas de valores propios en ingeniería
Ecuación de ondas (vibraciones, olas, acústica). Modos propios y frecuencias propias
Problema estándar y problema generalizado de valores propios
Propiedades del problema simétrico de valores propios
Métodos de iteración vectorial directa (IVD) y de iteración vectorial inversa (IVI)
Problemas de difusión y de convección-difusión en ingeniería Resolución con el MEF de problemas de evolución
Resolución de dos casos prácticos (ámbitos: dinámica estructural / ingeniería marítima)
Problemas transitorios
Problemas transitorios
Resolución de un caso práctico (ámbito: ingeniería medioambiental)

Problemas no lineales de equilibrio en ingeniería
Estrategia incremental-iterativa: el método de Newton-Raphson
Resolución de un caso práctico (ámbito: análisis estructural) con el MEF

Objetivos específicos:

Modelizar dos casos prácticos como problemas de equilibrio: EDPs y condiciones de contorno
Plantear la resolución de los problemas de equilibrio con el método de los elementos finitos (MEF)
Conocer la organización interna de un código de elementos finitos
Ser capaz de resolver problemas de equilibrio con un código de elementos finitos
Interpretar los resultados, evaluar y controlar la calidad de los outputs de interés
Conocer los problemas de valores propios más relevantes en ingeniería
Interpretar físicamente los vectores propios (modos) y los valores propios (frecuencias)
Conocer técnicas numéricas para determinar valores propios y vectores propios de interés
Identificar si un problema es de equilibrio o de evolución
Conocer técnicas numéricas para tratar la variación temporal y la convección
Ser capaz de determinar frecuencias propias y modos propios de interés
Comprender la idea básica del análisis modal
Modelizar un caso práctico como problema de convección-difusión Plantear su resolución con el MEF
Identificar las diferentes fuentes de no-linealidad en ingeniería Conocer técnicas numéricas de elementos finitos para problemas no lineales
Modelizar la no linealidad en un caso práctico
Ser capaz de resolver problemas no lineales con un código de elementos finitos
Comprender la gran diferencia de complejidad entre los problemas lineales y no lineales

Dedicación: 52h 48m

Grupo grande/Teoría: 10h
Grupo mediano/Prácticas: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 6h
Aprendizaje autónomo: 30h 48m

Evaluación #1

Dedicación: 4h 48m

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 2h 48m

3.- Optimización y simulación

Descripción:

Introducción a la optimización.
Tipos de problemas en ingeniería.
Técnicas numéricas para problemas de optimización continua sin restricciones
Modelos en ingeniería con parámetros desconocidos
Ajuste no lineal por mínimos cuadrados a partir de medidas experimentales
Técnicas numéricas: Newton, Levenberg-Marquardt
Técnicas heurísticas: algoritmos genéticos
Resolución de un caso práctico (ámbito: mecánica de suelos / análisis estructural)
Problemas de optimización en ingeniería
Restricciones de igualdad y desigualdad
Optimización con restricciones de igualdad: multiplicadores de Lagrange
Optimización con restricciones de desigualdad: restricciones activas, funciones barrera, funciones de penalización
Resolución de un caso práctico
Problemas de programación lineal en ingeniería
Función objetivo lineal y restricciones lineales
El método del simplex
Resolución de un caso práctico (ámbito: asignación de recursos)
Problemas de redes en ingeniería
Algoritmos exactos y heurísticos en optimización discreta y combinatoria
Simulación: método de Montecarlo
Resolución de ejercicios propuestos

Objetivos específicos:

Identificar los diferentes tipos de problemas en ingeniería: directos, de diseño óptimo, de identificación óptima y de control óptimo.
Establecer la relación entre la minimización sin restricciones y la resolución de sistemas no lineales de ecuaciones
Discutir si un modelo es lineal o no lineal en sus parámetros
Formular la identificación de parámetros como un problema de minimización
Saber aplicar el método de Levenberg-Marquardt para ajustar parámetros
Conocer la idea básica de los algoritmos genéticos
Modelizar un caso práctico como un problema de identificación de parámetros
Resolverlo con el método de Levenberg-Marquardt
Conocer los diferentes tipos de problemas de optimización en ingeniería
Entender el papel que juegan las restricciones
Entender el diferente tratamiento numérico de problemas con y sin restricciones
Conocer la idea básica de las técnicas numéricas para restricciones
Modelizar un caso práctico como un problema de optimización con restricciones
Conocer diferentes tipos de problemas de programación lineal en ingeniería
Comprender las bases del método del simplex
Modelizar un caso de asignación de recursos como problema de programación lineal
Resolverlo con el método del simplex
Formular problemas de diseño de redes como de optimización discreta / combinatoria
Conocer la idea básica de los dos tipos de técnicas: exactas y aproximadas
Toma de decisiones

Dedicación: 52h 48m

Grupo grande/Teoría: 14h

Grupo mediano/Prácticas: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 30h 48m



Evaluación #2

Dedicación: 4h 48m
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 2h 48m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

1. La asignatura se evalúa a partir de los siguientes elementos:
 - Dos tests (T1 y T2), que son estrictamente individuales.
 - El trabajo en clase (classwork, CW), a realizar individualmente o en equipo.
 - El trabajo en casa (homework, HW), a realizar individualmente.
2. El trabajo en clase (CW) se refiere, entre otros, a:
 - La participación en las discusiones de clase.
 - La resolución de los tutoriales en el aula informática.
3. El trabajo en casa (HW) se refiere, entre otros, a:
 - La resolución de ejercicios.
 - Los reportes.
4. Los contenidos de los tests T1 y T2 estarán de acuerdo con toda la materia impartida desde el inicio de curso.
5. La deshonestidad académica (incluyendo, entre otros, la comunicación durante los tests, el plagio y la falsificación de resultados) será severamente castigada, de acuerdo con la normativa académica vigente: cualquier acto de esta naturaleza implica una calificación final de 0 en la asignatura.
6. La calificación final de la asignatura se obtiene según

$$\text{Nota} = 0,70 * T + 0,10 * CW + 0,20 * HW$$

$$\text{amb } T = (T1 + T2) / 2$$

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Se comentarán en clase.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Dennis, J.E.; Schnabel, R.B. Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations. Philadelphia: SIAM, 1996. ISBN 0898713641.
- Bathe, K.J. Finite element procedures. [S. l.]: Prentice Hall, 2006. ISBN 9780979004902.
- Deuffhard, P.; Bornemann, F. Scientific computing with ordinary differential equations. New York: Springer, 2002. ISBN 0387954627.
- Donea, J.; Huerta, A. Finite element methods for flow problems [en línea]. Chichester: John Wiley & Sons, 2003 [Consulta: 19/02/2021]. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0470013826>. ISBN 0471496669.
- Nocedal, J.; Wright, S.J. Numerical optimization [en línea]. 2nd ed. Berlin: Springer, 2006 [Consulta: 15/01/2020]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 0387303030.

Complementaria:

- Belytschko, T.; Liu, W.K.; Moran, B.; Elkhodary, K.I. Nonlinear finite elements for continua and structures [en línea]. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2014 [Consulta: 05/02/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=1501634>. ISBN 9781118632703.
- Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.; Nithiarasu, P. The finite element method: vol. 3 for fluid dynamics. 7th ed. Amsterdam: Elsevier

Butterworth-Heinemann, 2014. ISBN 9781856176354.