Guía docente
220311 - 220311 - Ingeniería Computacional

Última modificación: 19/04/2023

Unidad responsable: Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa
Unidad que imparte: 220 - ETSEIAT - Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica de Terrassa.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA (Plan 2014). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2023 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: CARLOS DAVID PEREZ SEGARRA - JUAN CARLOS CANTE TERAN

Otros: Primer quadrimestre:
CARLOS DAVID PEREZ SEGARRA - Grup: 11, Grup: 12
FRANCESC XAVIER TRIAS MIQUEL - Grup: 11, Grup: 12
JUAN CARLOS CANTE TERAN - Grup: 11, Grup: 12
DAVID ROCA CAZORLA - Grup: 11, Grup: 12

CAPACIDADES PREVIAS

Para el seguimiento de la asignatura es importante disponer de conocimientos básicos de dinámica de fluidos y de mecánica de sólidos, así como de algún lenguaje de programación (e.g. C++, C, Fortran, Matlab, Python, etc.).
Conocimientos equivalentes a la realización del curso de nivelación del Máster.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:
CE02-MUEA. MUEA/MASE: Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en la Mecánica de Fluidos Computacional y en los fenómenos de Turbulencia.
CG09-MUEA. Competencia en todas aquellas áreas relacionadas con las tecnologías aeroportuarias, aeronáuticas o espaciales que, por su naturaleza, no sean exclusivas de otras ramas de la ingeniería.
CE04. MUEA/MASE: Aplicación de los conocimientos adquiridos en distintas disciplinas a la resolución de problemas complejos de Aeroelasticidad.
CE08. MUEA/MASE: Conocimientos y capacidades para el Análisis y el Diseño Estructural de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales, incluyendo la aplicación de programas de cálculo y diseño avanzado de estructuras.
CE14. MUEA/MASE: Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Interna. Aplicación de las mismas, junto con otras disciplinas, a la resolución de problemas complejos de Aeroelasticidad de Sistemas Propulsivos.

Transversales:
CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

CT5. 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.

Básicas:
CB06. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
CB07. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
CB08. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
CB09. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

METODOLOGÍAS DOCENTES

El curso se divide en dos bloques principales, ambos dedicados a las metodologías de ingeniería computacional en la mecánica de medios continuos. El primer bloque se centra en la ingeniería computacional en el campo de la dinámica de fluidos y la transferencia de calor y masa. El otro se centra en la mecánica computacional de sólidos. Los temas principales se presentan en clases de teoría y de laboratorio, con propuestas de diferentes ejercicios a realizar por los estudiantes.

El autoaprendizaje se dedica principalmente al desarrollo de trabajos prácticos, que se revisan individualmente a partir de informes y exposiciones realizadas por los estudiantes. Estos trabajos son tutorizados por los profesores de la asignatura.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo del curso es mostrar metodologías básicas y avanzadas en el campo de la Ingeniería Computacional en la mecánica de medios continuos. El curso está dedicado a dos áreas principales: la dinámica de fluidos computacional y la transferencia de calor (CFD) y el campo de la mecánica de sólidos computacional (CSM). Se utilizan dos metodologías principales: métodos de volumenes finitos y métodos de elementos finitos.

El curso presenta las herramientas básicas de análisis, considerando aspectos relacionados con la formulación matemática de estos problemas, técnicas de discretización, algoritmos para resolver las ecuaciones de gobierno completas (ecuaciones diferenciales en derivadas parciales y fuertemente acoplado).

Algunos aspectos importantes también se pueden considerar en trabajos opcionales, como técnicas de paralelización, interacción sólido-fluido, generación de mallas, métodos incrementales e iterativos para la solución de sistemas de ecuaciones no lineales, herramientas básicas de implementación informática vectorizada, etc.

Objetivos del proceso de aprendizaje:
- Consolidación de los conocimientos fundamentales sobre dinámica de fluidos y mecánica de sólidos: definición del problema, ecuaciones gobernantes, condiciones iniciales y de contorno, etc.
- Adquirir conocimientos sobre dinámica de fluidos computacional básica y transferencia de calor: FVM, esquemas de discretización, algoritmos para acoplar las ecuaciones, técnicas de paralelización, etc.
- Adquirir conocimientos sobre mecánica computacional básica de sólidos: FEM, ecuaciones de equilibrio no lineal, tensión inicial, rigidez tangente y secante, rigidez geométrica, técnicas de control incremental, métodos de Newton y cuasi-Newton (secante), aceleración y búsqueda de línea, etc.
- Adquirir una primera experiencia práctica en CFD y CSM, programando códigos propios en el lenguaje escogido (C++, C, Fortran, Matlab, Python, etc.).

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	30,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00
Horas grupo grande	15,0	12.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

MÓDULO 0: Introducció a la Ingeniería Computacional

Descripción:
Introducción a la Ingeniería Computacional en el campo de los medios continuos.

Objetivos específicos:
Introducción a la Ingeniería Computacional en el campo de la mecánica del medio conítnuo.

Formulación matemática de las ecuaciones gobernantes en dinámica de fluidos y mecánica de sólidos.

Breve repaso de las metodologías numéricas utilizadas para resolver estas ecuaciones.

Presentación y objetivos del curso.

Dedicación: 4h
Grupo grande/Teoría: 2h
Aprendizaje autónomo: 2h

MÓDULO 1: Dinámica de Fluidos Computacional. Métodos de Volumenes Finitos

Descripción:
Métodos computacionales aplicados a la dinámica de fluidos y la transferencia de calor y masa. La atención se centra especialmente en metodologías de volumenes finitos (FVM).

Objetivos específicos:
Revisión de la formulación matemática en dinámica de fluidos y transferencia de calor y masa. Flujos incompresibles y compresibles en régimen laminar o turbulento. (Clases: 1h)

Resolución numérica de flujos potenciales. Técnicas de discretización de los términos de difusión y términos fuente. Propuesta de ejercicios: flujo a través de cilindros fijos o giratorios, flujo a través de perfiles aerodinámicos. (Clases: 3 h)

Discretización de la ecuación genérica de convección-difusión. Esquemas numéricos para los términos transitorios y convectivos. Revisión de solvers directos e iterativos para la solución de grandes conjuntos de ecuaciones lineales (con coeficientes constantes o variables). Técnicas de verificación de código. Propuesta de problemas benchmarck. (Clases: 4 h)

Flujos turbulentos. Ecuación de Burger: análisis computacional y fenomenológico. Simulación numérica directa (DNS) de flujos turbulentos utilizando métodos explícitos. Esquemas de discretización que preservan la simetría de las ecuaciones diferenciales y control de los pasos de tiempo. Análisis estadístico de los resultados. Introducción a los modelos de Large Eddy Simulation (LES). Propuesta de ejercicios. (Clases: 8 h)

Resolución de las ecuaciones de Navier-Stokes (masa y momentum) para flujos incompresibles. Métodos explícitos e implícitos. Generalización considerando la ecuación de la energía. Propuesta de ejercicios considerando flujos confinados y abiertos. (Clases: 4 h)

Análisis de flujos compresibles. Esquemas de discretización de Godunov. Solver de Riemann para el análisis de discontinuidades de flujo. Resolución de las ecuaciones gobernantes (masa, momentum, energía, ecuación de estado). Propuesta de ejercicios. (Clases: 4 h)

Temas a presentar en seminarios optativos: a) Técnicas de paralelización: MPI vs. OpenMP; b) Generación de mallas (técnicas de bloqueo, técnicas de contorno sumergido, mallas adaptables a los contonos, mallas no estructuradas); c) Discretización de volúmenes finitos en mallas no ortogonales (estructuradas o no estructuradas) y solvers; d) Interacción sólido-fluido. (Conferencias: 2,5 h cada una)

Dedicación: 60h 30m
Grupo grande/Teoría: 6h 30m
Grupo pequeño/Laboratorio: 15h
Aprendizaje autónomo: 39h

MÓDULO 2: Mecànica del Sólido Computacional. Métodos de Elementos Finitos.

Descripción:
Métodos computacionales aplicados a la mecánica de sólidos. La atención se centra especialmente en las metodologías de elementos finitos.

Objetivos específicos:
Descripción general de los problemas lineales y no lineales. Fuentes de no linealidad en problemas estructurales: el material, la geometría, las fuerzas aplicadas y las condiciones de contorno. Características generales de la respuesta no lineal (clases teóricas: 3h).

Barras y vigas estructurales. Teorías de Euler-Bernoulli y Timoshenko. Fabricaciones de laminados compuestos. Vigas 3D bajo torsión y cortante. Formas débiles y discretización espacial. Modos de deformación (clases teóricas: 3h).

Componentes estructurales de placas. Modelos Kirchhoff y Reissner-Mindlin. Elementos Q4, discretización, algoritmos de integración numérica y análisis de convergencia. (Clases teóricas: 3h).

Descripción general del MEF aplicado a las estructuras de láminas. Selección de elementos para láminas planas delgadas, configuraciones axisimétricas, modelos de láminas doblemente curvadas (Clases teóricas: 3,5h)

Análisis de estructuras con no linealidad geométrica. Grandes deformaciones y desplazamientos. Configuración espacial y de referencia. Deformación de Green-Lagrange, primer y segundo tensor de Piola-Kirchhoff. Sistema no lineal de ecuaciones, método de NR. Cálculo de fuerzas residuales. (Clases teóricas: 3h)

Descripción general de la optimización topológica. Función objetivo, conceptos de rigidez y flexibilidad, restricciones de volumen, derivada topológica, minimización, problema dual, multiplicadores de Lagrange, aplicaciones estructurales 2D y 3D (Clases teóricas: 3h).

Análisis de estructuras con no linealidad material: introducción a la plasticidad y visco-plasticidad. Reglas de integración, proyección del punto más cercano (Clases teóricas: 3h)

Dedicación: 60h 30m
Grupo grande/Teoría: 6h 30m
Grupo pequeño/Laboratorio: 15h
Aprendizaje autónomo: 39h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación consiste en un mínimo de dos exámenes orales basados en la presentación y defensa de los diferentes trabajos realizados, individualmente o en grupo, a lo largo del curso en ambos módulos, CFD y CSM.

La parte CFD representa un 50% de la nota final, y la parte CSM representa el otro 50%.

La presentación y defensa de los trabajos son individuales. Se propondrán diferentes fechas y horarios a escoger por el estudiante al finalizar el primer bimestre y al finalizar el segundo bimestre.

En casos de evaluación inferior a 5, se dará la posibilidad de hacer un nuevo examen de presentación y defensa de los trabajos realizados.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:
- LeVeque, Randall, J. Finite volume methods for hyperbolic problems. New York: Cambridge University Press, 2002. ISBN 9780521009249.
- Belytschko, T.; Liu, W. K.; Moran, B. Nonlinear finite elements for continua and structures [en línea]. 2nd ed. Chichester [etc.]: John Wiley & Sons, 2014 [Consulta: 03/05/2022]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1501634. ISBN 9781118700051.
- Simo, J. C.; Hughes, T. J. R. Computational inelasticity [en línea]. New York: Springer, 1998 [Consulta: 03/05/2022]. Disponible a: https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b98904. ISBN 0387975209.
- Patankar, Suhas V. Numerical heat transfer and fluid flow [en línea]. New York: McGRaw-Hill, 1980 [Consulta: 16/11/2022]. Disponible a: https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/9781482234213/numerical-heat-transfer-fluid-flow-suhas-patankar. ISBN 0070487405.
- Bonet, J.; Wood, R. D. Nonlinear continuum mechanics for finite element analysis. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. ISBN 9780521838702.
- Pope, Stephen B. Turbulent flows. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521591252.
- Oñate, Eugenio. Structural analysis with the finite element method: linear statics [en línea]. Barcelona: [London]: CIMNE; Springer, 2009-2012 [Consulta: 14/11/2022]. Disponible a: https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-1-4020-8733-2.

Complementaria:
- Roache, Patrick J. Fundamentals of verification and validation. Hermosa Publishers, 2009. ISBN 9780913478127.
- Babinsky, H.; Harvey, J. Shock wave-boundary-layer interactions. New York: Cambridge University Press, 2014. ISBN 9781107646537.
- Garnier, E.; Adams, N.; Sagaut, P. Large eddy simulation for compressible flows. [s.l.]: Springer, 2009. ISBN 9789048128181.
- Ferziger, J. H.; Peric, M. Computational methods for fluid dynamics. 3rd rev. ed. Berlin [etc.]: Springer, 2002. ISBN 3540420746.

RECURSOS

Otros recursos:
Además de la bibliografía básica que se ofrece en esta guía, en Atenea se encuentra disponible material específico desarrollado por el profesorado.