

DENOMINACIÓN

ANÁLISIS DE MATERIALES COMPUESTOS POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

FUNDAMENTACIÓN

Esta asignatura pertenece al campo de las tecnologías aplicadas, revisando conceptos matemáticos aplicados en la descripción del comportamiento de materiales y extendiendo su uso a materiales compuestos.

El enfoque de la asignatura busca complementar la formación del maestrando en el análisis de materiales compuestos usados en la actualidad en estructuras aeroespaciales. La asignatura se basa en conceptos adquiridos previamente relacionadas con el análisis de materiales homogéneos, y se enfoca posteriormente en las metodologías contemporáneas de modelación de componentes estructurales aplicados en el área aeroespacial. El importante avance observado en la industria aeroespacial y en la utilización de materiales compuestos, hace que los lineamientos propuestos en la materia tengan enorme relevancia para los profesionales del sector aeroespacial.

La complejidad del análisis de materiales compuestos hace necesario el uso de herramientas modernas de análisis, por este motivo se incluye también una introducción a la aplicación de la simulación computacional en el estudio de estos problemas.

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

- Incorporar los conocimientos básicos de los distintos materiales compuestos definiendo los procesos de obtención de materiales compuestos laminados, haciendo énfasis en la calidad de las piezas resultantes desde el punto de vista de reproducir la estructura modelada computacionalmente.
- Conocer los conceptos básicos de la modelación constitutiva de estos materiales, con énfasis en los materiales compuestos laminados. Incorporar los modelos constitutivos generales para materiales compuestos que se han desarrollado en los últimos años y las tendencias futuras en esta área.
- Aprender las teorías básicas de análisis de compuestos laminados y su aplicación a través de técnicas computacionales basadas en el método de elementos finitos. Conocer los aspectos de la modelación computacional de materiales compuestos asociadas a la no linealidad de los modelos numéricos frente a fenómenos complejos (delaminación, pandeo, etc.)
- Desarrollar aptitudes para modelar problemas de mecánica de sólidos y estructuras construidas con materiales compuestos.

CONTENIDOS

Unidad 1: Introducción y Preliminares

I.1 – Introducción al álgebra vectorial y tensorial. I.2 – Representación matricial de vectores y tensores. I.4 – Transformaciones de vectores y tensores. I.5 – Relaciones integrales.

Unidad 2: Materiales Compuestos

II.1 – Definición de Materiales Compuestos. II.2 – Materiales involucrados en compuestos con fibras: fibras de refuerzo y matrices. II.3 – Materiales compuestos laminados. II.4 – Materiales compuestos con partículas.

Unidad 3: Procesos de Fabricación de Materiales Compuestos

III.3 – Generalidades de la fabricación de materiales compuestos. III.2 – Influencia de las variables de los procesos en la calidad del compuesto laminado final. III.3 – Procesos de laminación: manual húmedo, saco de vacío, autoclave, membrana deformable, y molde y contra molde. III.4 – Métodos de difusión de resina (RTM, LRTM.). III.5 – Obtención de compuestos laminados por bobinado.

Unidad 4: Formulación de las Ecuaciones de Gobierno (PTV)

IV.1 – Aplicación de la mecánica del continuo: leyes de conservación y equilibrio. IV.2 – Forma débil de las ecuaciones de gobierno empleando el Principio de Trabajos Virtuales “PTV” (desplazamientos y velocidades virtuales). IV.3 – Métodos variacionales.

Unidad 5: Modelación Constitutiva de los Materiales Compuestos

V.1 – Modelación constitutiva de materiales, elasticidad: relaciones isótropas y ortótropas. V.2 – Plasticidad infinitesimal y viscoplasticidad. V.3 – Conceptos de daño y degradación. V.4 – Caracterización del material a través de la ley de mezclas. V.5 – Nuevo modelo constitutivo generalizado para el estudio de compuestos.

Unidad 6: Teoría Clásica y Teoría de Primer Orden de las Placas Laminadas

VI.1 – Teoría Clásica de Laminados (CLPT): hipótesis, relaciones cinemáticas, ecuaciones constitutivas y de gobierno del laminado. VI.2 – Teoría de Primer Orden de Laminados (FSDT): relaciones cinemáticas, ecuaciones constitutivas y de gobierno del laminado. VI.3 – Implementación del modelo generalizado de compuestos en la FSDT.

Unidad 7: Aplicación del Método de Elementos Finitos al Análisis de Placas Laminadas

VII.1 – Análisis de láminas por método de elementos finitos. VII.2 – Aplicación del MEF a la teoría clásica (CLPT) y a la teoría de primer orden: forma débil del problema, aproximación numérica (triángulos y cuadriláteros) y modelación de las láminas de compuestos.

Unidad 8: Aspectos Avanzados de la Modelación de Materiales Compuestos Laminados

VIII.1 – Mejoras a la teoría de compuestos laminados: teoría de tercer orden y modelo de desplazamientos finitos. VIII.2 – Análisis no lineal de compuestos laminados: métodos de solución no lineal. VIII.3 – Aspectos complejos: bloqueo membranal, delaminación, y pandeo de fibras en laminados en compresión.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Se entregarán trabajos prácticos que deberán ser resueltos, por los maestrandos, fuera del horario de clase y serán revisados juntamente con el profesor y bajo su supervisión en clases de consulta.

1. Selección de materiales: partiendo de la combinación de componentes y los métodos de fabricación disponibles actualmente.
2. Modelación constitutiva de compuestos: aplicando modelos de orden reducido para establecer su comportamiento mecánico.
3. Análisis del compuesto con modelos típicos de lámina: desarrollo de esquemas de análisis basados en modelos estructurales aplicados geometrías laminares.
4. Modelación computacional de componentes estructurales fabricados es compuestos: aplicación de herramientas numéricas para el estudio de compuestos.

METODOLOGÍA

La enseñanza de la asignatura se enmarca en el dictado de clases teórico/prácticas, con énfasis en el desarrollo de conocimientos generales de la mecánica de sólidos homogéneos y como los mismos se particularizan en las aplicaciones en materiales compuestos.

La parte teórica de las clases tiene carácter de exposición, donde se presentan las definiciones y conceptos teóricos, como también la formulación matemática aplicada a compuestos. Las clases incorporan las aplicaciones prácticas, empleando herramientas simples de análisis (ej. scripts desarrollados Python, planillas de Excel, etc.), a fin de que el maestrando pueda visualizar naturalmente el impacto las variables a estudiar en la respuesta de los materiales compuestos. Estas herramientas permiten complementar la enseñanza teórica y complementar adecuadamente los contenidos teóricos que se imparten en la asignatura.

Esta asignatura se dicta una vez por semana, y existen horarios de consulta fuera del horario normal de clases. La extensión y los días de consulta se establecen de común acuerdo con los maestrandos para facilitar el acceso a las mismas.

Se espera que, al finalizar la asignatura, el maestrando adquiera las siguientes competencias:

- Conocer los distintos materiales compuestos y definir los procesos de obtención de materiales compuestos laminados, comprendiendo particularmente:
 - El concepto de calidad de las piezas resultantes a fin de reproducir la estructura estudiada en forma teórica.
 - Las ideas básicas de la modelación constitutiva de estos materiales, entendiendo los modelos constitutivos generales para materiales compuestos que se han desarrollado en los últimos años y las tendencias a futuro.
- Comprender acabadamente las teorías básicas de análisis de materiales compuestos laminados, y su formulación constitutiva en la mecánica de sólidos considerando:
 - Su aplicación a través de técnicas computacionales.
 - Aspectos asociados a la no linealidad de los modelos numéricos frente a fenómenos complejos (delaminación, pandeo, etc.)
- Desarrollar las aptitudes para modelar computacionalmente problemas vinculados al análisis de estructuras fabricadas en materiales compuestos y como correlacionar los resultados frente a lo descrito en las formulaciones teóricas.

Además, su busca que el maestrando adquiera competencias actitudinales, como el cumplimiento de responsabilidades y obligaciones, y tener participación en las actividades prácticas. Y también aptitudinales, como la identificación de problemas y la organización del tiempo y tareas.

EVALUACIÓN

La evaluación del curso se basa en instancias teórico-prácticas divididas según el esquema siguiente: (a) la elaboración de una carpeta de trabajos prácticos que se dan en el transcurso del dictado de la asignatura, y (b) un examen teórico final integrador (escrito) de los contenidos de la materia. Para realizar la evaluación de la parte práctica, los maestrandos pueden usar libros, manuales, apuntes y material didáctico relacionado con la asignatura. Puede recuperarse en una oportunidad el examen final.

Las condiciones para la promoción de la asignatura son:

- Entregar en tiempo y forma, y aprobar, la carpeta de trabajos prácticos con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10).
- Aprobar el examen final integrador con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10).

Los maestrandos que cumplan con el 50% de las exigencias referidas a las actividades evaluativas serán considerados regulares. Los demás estarán libres.

La nota final corresponderá al promedio ponderado de todas las instancias evaluativas.

CARGA HORARIA

Modalidad	Carga Teórica	Carga Práctica	TOTAL
Presencial	40	20	60
A distancia	-	-	-
TOTAL	40	20	60

BIBLIOGRAFÍA

ASM International, Composites, Volume 21 Engineered Materials Handbook, 2001.

Bonet, J., Word, R.D., Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis, Cambridge University Press, 1997.

- Car E, Oller S, Oñate E., Tratamiento numérico de los materiales compuestos, Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2002.
- Dhondt, G., The finite element method for three-dimensional thermomechanical applications, John Wiley & Sons, 2004.
- Oller, S., Análisis y Cálculo de Estructuras de Materiales Compuestos, Centro de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), Barcelona, 2002.
- Reddy, J.N., Mechanics of Laminated Composite Plates: Theory and Analysis, Second Edition, CRC Press, 2003.
- Simo, J.C., Hughes, T.J.R., Computational Inelasticity, second edition, Springer-Verlag, 2000.
- Zalamea, F., Modelización de compuestos mediante la teoría de homogeneización, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, 2001.