



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

VISTO:

El Expte. de la Universidad Nacional de Córdoba N° 0042002/2012, por el cual la Secretaría Académica Investigación y Posgrado Área Ingeniería solicita la aprobación de la Materia de Posgrado "ANÁLISIS DE MATERIALES COMPUESTOS POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS"; y

CONSIDERANDO:

Lo aconsejado por la Comisión de Admisión y Tesis de la Carrera del DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA a fs. 10;

Que cuenta con el aval de la Escuela de CUARTO NIVEL a fs. 16 vta. y con el Visto Bueno de la Secretaría Académica Investigación y Posgrado Área Ingeniería a fs. 22 vta.;

Lo aconsejado por la Comisión de ENSEÑANZA;

EL H. CONSEJO DIRECTIVO DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES  
RESUELVE:

Art. 1º).- Aprobar la Materia de Posgrado "ANÁLISIS DE MATERIALES COMPUESTOS POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS", en el marco de la MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA – MENCIÓN AEROSPAZIAL de esta Facultad, Universidad Nacional de Córdoba, como válido para la Carrera del DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, asignando un valor de 3 (tres) créditos (60 horas reloj de duración), que como ANEXO I forma parte de la presente Resolución.

Art. 2º).- Dese al Registro de Resoluciones y gírense las presentes actuaciones a la Secretaría Académica Investigación y Posgrado Área Ingeniería a fin de notificar a los interesados.

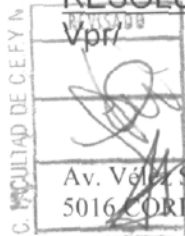
DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL H. CONSEJO DIRECTIVO EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA, A LOS SEIS DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE DEL AÑO DOS MIL TRECE.

  
Prof. Ing. DANIEL LAGO  
SECRETARIO GENERAL  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



  
Dra. SONIA E. COLANTONIO  
VICEDECANA  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Universidad Nacional de Córdoba

RESOLUCION N° 698 -H.C.D- 2013.-



Av. Vélez Sarsfield 1600  
5016 CORDOBA – República Argentina

|                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA<br/>FAC. DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y NATURALES<br/>REPUBLICA ARGENTINA</p>                                        | <p style="text-align: right;">Hoja 1 de 5</p> <p>Programa de:</p> <p style="text-align: center;"><b>Análisis de Materiales Compuestos por el<br/>Método de Elementos Finitos</b></p> <p>Código:</p> |
| <p>Carrera: <b>Doctorado en Ciencias de la Ingeniería</b> Plan: 2009 Puntos: 3</p> <p>Menciones:</p> <p>Escuela: <b>Cuarto Nivel</b> Carga horaria: 60 hs Hs. Sem.: 4,5 hs</p> <p>Departamento: <b>Estructuras</b> Cuatrimestre: 2do</p> |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Objetivos:</p> <p style="text-align: center;">ver foja 2 a foja 2:</p>                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Programa Sintético (títulos del analítico):</p> <p style="text-align: center;">ver foja 3 a foja 3:</p>                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Programa analítico: de foja 4 a foja 4</p>                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Programa combinado de examen (si corresponde) de foja a foja</p>                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Bibliografía de foja 5 a foja 5</p>                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Correlativas obligatorias:</p> <p>Correlativas aconsejadas:</p> <p style="text-align: center;">El método de elementos finitos. Curso Introductorio.</p>                                                                               |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Rige:</p>                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Aprobado por Res.HCD: Modificado/Anulado/Sust. Res.HCD:</p> <p>Fecha: Fecha:</p>                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     |
| <p>El Secretario Académico de la Fac. de C.E.F. y N. (U. N. C.)<br/>certifica que el programa está aprobado por el (los) número(s) y<br/>fecha(s) que anteceden. Córdoba,</p>                                                            |                                                                                                                                                                                                     |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
 FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES  
 ESCUELA: CUARTO NIVEL, DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
 ASIGNATURA: ANALISIS DE MATERIALES COMPUESTOS POR EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS  
 CÓDIGO:

## I – OBJETIVOS

- Incorporar los conocimientos básicos de los distintos materiales compuestos y definir 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.
- Mostrar los conceptos básicos de la modelación constitutiva de estos materiales, con énfasis en los materiales compuestos laminados.
- Presentar los modelos constitutivos generales para materiales compuestos que se han desarrollado en los últimos años y las tendencias futuras en esta área.
- Introducir las teorías básicas de análisis de compuestos laminados y su aplicación a través de técnicas computacionales basadas en el método de elementos finitos.
- Mostrar 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.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES  
ESCUELA: CUARTO NIVEL, DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
ASIGNATURA: ANALISIS DE MATERIALES COMPUESTOS POR EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS  
CÓDIGO:

## II – PROGRAMA SINTÉTICO

- 1.- Introducción y Preliminares
- 2.- Materiales Compuestos
- 3.- Procesos de Fabricación de Materiales Compuestos
- 4.- Formulación de las Ecuaciones de Gobierno (PTV)
- 5.- Modelación Constitutiva de los Materiales Compuestos
- 6.- Teoría Clásica y Teoría de Primer Orden de las Placas Laminadas
- 7.- Aplicación del Método de Elementos Finitos al Análisis de Placas Laminadas
- 8.- Aspectos Avanzados de la Modelación de Materiales Compuestos Laminados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
ESCUELA: CUARTO NIVEL, DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
ASIGNATURA: ANALISIS DE MATERIALES COMPUESTOS POR EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS  
CÓDIGO:

### III – PROGRAMA ANALÍTICO

#### Cap.1 – Introducción y Preliminares

Introducción al álgebra vectorial y tensorial. Representación matricial de vectores y tensores. Transformaciones de vectores y tensores. Relaciones integrales.

#### Cap.2 – Materiales Compuestos

Definición de Materiales Compuestos. Materiales involucrados en compuestos con fibras: fibras de refuerzo y matrices. Materiales compuestos laminados. Materiales compuestos con partículas.

#### Cap.3 – Procesos de Fabricación de Materiales Compuestos

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

#### Cap.4 – Formulación de las Ecuaciones de Gobierno (PTV)

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

#### Cap.5 – Modelación Constitutiva de los Materiales Compuestos

Modelación constitutiva de materiales, elasticidad: relaciones isotrópicas y ortótropas. Plasticidad infinitesimal y viscoplasticidad. Conceptos de daño y degradación. Caracterización del material a través de la ley de mezclas. Nuevo modelo constitutivo generalizado para el estudio de compuestos.

#### Cap.6 – Teoría Clásica y Teoría de Primer Orden de las Placas Laminadas

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

#### Cap.7 – Aplicación del Método de Elementos Finitos al Análisis de Placas Laminadas

Análisis de láminas por método de elementos finitos. 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 laminas de compuestos.

#### Cap.8 – Aspectos Avanzados de la Modelación de Materiales Compuestos Laminados

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

9



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
 FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES  
 ESCUELA: CUARTO NIVEL, DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 ASIGNATURA: ANALISIS DE MATERIALES COMPUESTOS POR EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS  
 CÓDIGO:

#### IV – BIBLIOGRAFÍA

- [1] Reddy, J.N., *Mechanics of Laminated Composite Plates: Theory and Analysis*, Second Edition, CRC Press, 2003.
- [2] Oller, S., *Análisis y Cálculo de Estructuras de Materiales Compuestos*, Centro de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), Barcelona, 2002.
- [3] Car E, Oller S, Oñate E., *Tratamiento numérico de los materiales compuestos*, Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2002.
- [4] Zalamea, F., *Modelización de compuestos mediante la teoría de homogeneización*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, 2001.
- [5] SIMO, J.C., Hughes, T.J.R., *Computational Inelasticity*, second edition, Springer-Verlag , 2000.
- [6] Bonet, J., Word, R.D., *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*, Cambridge University Press, 1997.
- [7] Dhondt, G., *The finite element method for three-dimensional thermomechanical applications*, John Wiley & Sons, 2004
- [8] ASM Internacional, *Composites*, Volume 21 Engineered Materials Handbook, 2001
- [9] George Lubin, *Handbook of Composites*, Van Nostrand Reinhold; 2 edition (September 1981)
- [10] R Jones, *Mechanics of composites Materials*, Taylor and Francis, 1999

  
 Prof. Ing. DANIEL LAGO  
 SECRETARIO GENERAL  
 Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



  
 Dra. SONIA E. COLANTONIO  
 VICEDECANA  
 Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
 Universidad Nacional de Córdoba