

## Análisis Numérico en Ecuaciones en Derivadas Parciales

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Comp. de Matemática Aplicada	Análisis Numérico de Ecuaciones en Derivadas Parciales	4º	2º	6	Optativa
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>José Luis López Fernández</li> <li>Óscar Sánchez Romero</li> </ul>			Dpto. Matemática Aplicada, Facultad de Ciencias. <a href="mailto:jllopez@ugr.es">jllopez@ugr.es</a> y <a href="mailto:ossanche@ugr.es">ossanche@ugr.es</a>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>		
			Consulte la página web del departamento <a href="http://www.ugr.es/local/mateapli">http://www.ugr.es/local/mateapli</a>		
<b>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Grado en Matemáticas					
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES</b>					
Para un correcto seguimiento de la materia se recomienda haber cursado (o estar cursando) las asignaturas de los módulos de “Ecuaciones Diferenciales”, “Métodos Numéricos” y “Optimización y Modelización”.					
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS</b>					
Esta asignatura pretende mostrar a los alumnos algunas de las técnicas más usuales del Análisis Numérico para la resolución aproximada de Ecuaciones en Derivadas Parciales. La base y objetivo será el estudio e implementación de algoritmos numéricos en diferencias finitas y elementos finitos para la resolución de diversos problemas.					
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS (Según la guía del grado en Matemáticas)</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>CB1. Poseer los conocimientos básicos y matemáticos de las distintas materias que, partiendo de la base de la educación secundaria general, y apoyándose en libros de texto avanzados, se desarrollan en esta propuesta de título de Grado en Matemáticas.</li> </ul>					



- CB2. Saber aplicar esos conocimientos básicos y matemáticos a su trabajo o vocación de una forma profesional y poseer las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de las Matemáticas y de los ámbitos en que se aplican directamente.
- CB3. Saber reunir e interpretar datos relevantes (normalmente de carácter matemático) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CB4. Poder transmitir información, ideas, problemas y sus soluciones, de forma escrita u oral, a un público tanto especializado como no especializado.
- CB5. Haber desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- CB6. Utilizar herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos.
- CE1. Comprender y utilizar el lenguaje matemático. Adquirir la capacidad de enunciar proposiciones en distintos campos de las matemáticas, para construir demostraciones y para transmitir los conocimientos matemáticos adquiridos.
- CE2. Conocer demostraciones rigurosas de algunos teoremas clásicos en distintas áreas de las Matemáticas.
- CE3. Asimilar la definición de un nuevo objeto matemático, en términos de otros ya conocidos, y ser capaz de utilizar este objeto en diferentes contextos.
- CE4. Saber abstraer las propiedades estructurales (de objetos matemáticos, de la realidad observada, y de otros ámbitos) y distinguirlas de aquellas puramente accidentales, y poder comprobarlas con demostraciones o refutarlas con contraejemplos, así como identificar errores en razonamientos incorrectos.
- CE5. Resolver problemas matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas disponibles y de las restricciones de tiempo y recursos.
- CE6. Proponer, analizar, validar e interpretar modelos de situaciones reales sencillas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan.
- CE7. Utilizar aplicaciones informáticas de análisis estadístico, cálculo numérico y simbólico, visualización gráfica, optimización u otras para experimentar en matemáticas y resolver problemas.
- CE8. Desarrollar programas que resuelvan problemas matemáticos utilizando para cada caso el entorno computacional adecuado.

#### **OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)**

- Comprender, analizar e implementar métodos de resolución aproximada de EDPs
- Capacidad de crítica con los resultados de un problema
- Conocer los métodos numéricos básicos del programa



## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

1. Introducción a los métodos en diferencias finitas para EDPs.
  - 1.1. Recordatorio: fórmulas de aproximación de derivadas y de cuadratura.
  - 1.2. Problemas de valores en la frontera, consistencia, estabilidad y convergencia.
  - 1.3. Problemas elípticos de contorno.
  - 1.4. Problemas de evolución: ecuaciones de difusión e hiperbólicas.
    - 1.4.1. Esquemas en diferencias finitas para la ecuación del calor.
    - 1.4.2. Esquemas para la ecuación de advección.
    - 1.4.3. Esquemas en diferencias para la ecuación de ondas.
2. Resolución de EDPs mediante técnicas variacionales.
  - 2.1. Derivada débil y espacios de Sobolev. Teorema de trazas.
  - 2.2. Formulación débil y teorema de Lax-Milgram. Resolución de la ecuación de Laplace.
  - 2.3. Lemas de Cea.
3. El método de elementos finitos.
  - 3.1. Recordatorio: interpolación mediante funciones spline. Presentación del método de elementos finitos en dimensión 1.
  - 3.2. Espacios de elementos finitos. El operador de interpolación.
  - 3.3. Problemas de evolución temporal.
  - 3.4. Apéndice: El método del gradiente conjugado.

### TEMARIO PRÁCTICO:

- P1. Resolución numérica de EDPs mediante métodos en diferencias.
- P2. Resolución numérica de EDPs mediante elementos finitos con FreeFem++.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL (Ordenados según temática):

- [1] R. J. Leveque, *Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations*, SIAM, Philadelphia, 2007.
- [2] J. C. Strikwerda, *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations*, SIAM Philadelphia, 2004.
- [3] H. Brezis, *Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations*, Springer, 2011.
- [4] P. A. Raviart, J. M. Thomas, *Introduction a l'Analyse Numerique des Equations aux Derivees Partielles*, Masson, París, 1988.
- [5] C. Johnson, *Numerical solutions of partial differential equations by the finite element method*, Cambridge University Press, 1987.
- [6] A. Quarteroni, *Numerical Models for Differential Problems*, Series: MSA, Vol 2, 2009, accesible como libro electrónico desde la UGR <http://dx.doi.org/10.1007/978-88-470-1071-0>



- [7] Eaton, J.W., Bateman, D. Hauberg, S., GNU Octave, A high-level interactive language for numerical computations, La edición 3 para la versión 3.2.3. de Octave de Julio 2007, está disponible en la documentación que Octave proporciona tras su instalación.
- [8] F. Hecht, FreeFem++, version 3.22, <http://www.freefem.org/ff++/ftp/freefem++doc.pdf>, junio 2013.

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- [9] G. D. Smith. Numerical solution of partial differential equations: finite difference methods, Clarendon Press, Oxford, 1985.
- [10] A. Ern, J. L. Guermond, Theory and Practice of Finite Elements, Springer-Verlag, New York, 2004.
- [11] B. Lucquin, O. Pironneau, Introduction au calcul scientifique, Masson, París, 1996.

#### ENLACES RECOMENDADOS

Toda la información sobre la asignatura, así como el material docente y las calificaciones, podrán verse en la plataforma SWAD: <https://swad.ugr.es>

Página personal del profesor J. L. López Fernández <http://www.ugr.es/local/jllopez>

Páginas web de paquetes de software empleados en el curso:

GNU Octave: [www.gnu.org/software/octave/](http://www.gnu.org/software/octave/)

FreeFem++: [www.freefem.org/ff++/](http://www.freefem.org/ff++/)

Página web de la actividad de formación docente en centros, titulaciones y departamentos, de la Universidad de Granada: Introducción al cálculo científico con Octave: [www.ugr.es/~jjmnieto/octave/](http://www.ugr.es/~jjmnieto/octave/)

Páginas web de algunos líderes científicos del campo:

Randall Leveque: <http://faculty.washington.edu/rjl/>

Alfio Quarteroni: <http://cmcs.epfl.ch/people/quarteroni>

#### METODOLOGÍA DOCENTE

El desarrollo de la asignatura se estructura en torno a varios ejes: las sesiones de teoría, las sesiones de problemas (con y sin ordenador), los seminarios y las tutorías

- Sesiones teóricas: Sesiones para todo el grupo de alumnos en las que el profesor explicará los contenidos teóricos fundamentales de cada tema y su importancia en el contexto de la materia.
- Sesiones prácticas de laboratorio y ordenador que permitan aplicar los conceptos teóricos impartidos.
- Tutorías: los alumnos disponen de las tutorías para realizar cualquier consulta o plantear cualquier cuestión al profesor.
- Exposición y defensa de trabajos realizados por los alumnos de forma individual.



## REGIMEN DE ASISTENCIA

La asistencia a las clases teóricas es voluntaria.

La asistencia a las clases prácticas con ordenador será obligatoria (en caso de optar por la evaluación continua).

## EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará preferentemente un sistema de evaluación continua diversificado, seleccionando las técnicas de evaluación más adecuadas para la asignatura en cada momento, que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el alumnado al cursarla. Se utilizarán pruebas objetivas, resolución de problemas, pruebas de respuesta breve, informes y/o exposiciones de trabajos orales en clase, individuales o en grupo, sobre contenidos de la asignatura (seminario). Las pruebas anteriores tendrán un peso en la calificación del 80 por ciento del total.

La asistencia y participación activa del alumno en clase, seminarios y tutorías representarán un peso del 20 por ciento de la calificación total, a partes iguales.

Todos los aspectos relativos a la evaluación se regirán por las normativas vigentes de la Universidad de Granada: "Normativa de evaluación y calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/bougr/pages/bougr71/ncg712/>).

Los alumnos que no puedan seguir el sistema de evaluación continua, deberán **solicitar al Director del Departamento la evaluación única final en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura**, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua. La evaluación única constará de una prueba escrita de carácter teórico que supondrá el 70% de la calificación final y una prueba práctica en ordenador que representará el 30% restante de la evaluación final. La convocatoria extraordinaria de Septiembre seguirá las mismas directrices que la evaluación única final.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

