

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Comp. de Matemática Aplicada	Análisis Numérico de Ecuaciones en Derivadas Parciales	4º	2º	6	Optativa
PROFESORES ⁽¹⁾			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
TEORÍA: <ul style="list-style-type: none"> Juan Calvo Yagüe (coordinador de la asignatura): Parte I “Diferencias Finitas” Pedro González Rodelas: Parte II “Elementos Finitos” PRACTICAS: <ul style="list-style-type: none"> Juan Calvo Yagüe (A1, A2) Pedro González Rodelas (A1, A2) 			Dpto. Matemática Aplicada, planta baja, Facultad de Ciencias, Despacho nº 10 y Dpto. Matemática Aplicada, Escuela de Ingeniería Civil, Despacho nº 46. Correo electrónico: juancalvo@ugr.es y prodelas@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS ⁽¹⁾		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Matemáticas			Grados en Física, Química, Geología e Ingeniería Informática.		
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					

¹ Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la “Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada” (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/>)



Se recomienda tener cursadas (o estar cursando) las asignaturas de los módulos de “Ecuaciones Diferenciales”, “Métodos Numéricos” y “Optimización y Modelización”.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

Diferencias finitas, elementos finitos, métodos variacionales y soluciones numéricas.

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

- CG1. 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.
- CG2. 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.
- CG3. 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.
- CG4. Poder transmitir información, ideas, problemas y sus soluciones, de forma escrita u oral, a un público tanto especializado como no especializado.
- CG5. Haber desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- CG6. Utilizar herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos.
- CB1. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro su área de estudio.
- CB3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CB4. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y sus soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- CB5. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- CT1. Desarrollar cierta habilidad inicial de “emprendimiento” que facilite a los titulados, en el futuro, el autoempleo mediante la creación de empresas.
- CT2. Fomentar y garantizar el respeto a los Derechos Humanos y a los principios de accesibilidad universal, igualdad ante la ley, no discriminación y a los valores democráticos y de la cultura de la paz.
- 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:

- Tema 1. Introducción a los métodos en diferencias finitas para EDPs.
 - 1.1. Recordatorio: fórmulas de aproximación de derivadas. Normas matriciales.
 - 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.
- Tema 2. El método de elementos finitos.
 - 2.1. Resolución de EDPs mediante técnicas variacionales: formulación débil y teorema de Lax-Milgram.
 - 2.2. Recordatorio: interpolación mediante funciones spline. Presentación del método de elementos finitos en dimensión 1.
 - 2.3. Espacios de elementos finitos. Lemas de Cea. El operador de interpolación.
 - 2.4. Problemas de evolución temporal.
 - 2.5. Apéndice: El método del gradiente conjugado.

TEMARIO PRÁCTICO:

Seminarios/Talleres

- P1. Resolución numérica de EDPs mediante métodos en diferencias finitas.
- P2. Resolución numérica de EDPs mediante elementos finitos.

Se utilizarán programas específicos de cálculo numérico a elección de los profesores.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- [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 cómo libro electrónico desde la UGR <http://dx.doi.org/10.1007/978-88-470-1071-0>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- [7] Eaton, J.W., Bateman, D. Hauberg, S., GNU Octave, A high-level interactive language for numerical computations, La edición 4 para la versión 4.0.1. de Octave de Marzo 2015. <https://www.gnu.org/software/octave/octave.pdf>
- [8] A. Delgado, J.J. Nieto, A. M. Robles, O. Sánchez, Métodos Numéricos básicos con Octave, Ed. Técnica AVICAM (Fleming), Granada 2016.
- [9] F. Hecht, FreeFem++, version 3.40, <http://www.freefem.org/ff++/ftp/freefem++doc.pdf>, julio 2016.
- [10] G. D. Smith. Numerical solution of partial differential equations: finite difference methods, Clarendon Press, Oxford, 1985.
- [11] A. Ern, J. L. Guermond, Theory and Practice of Finite Elements, Springer-Verlag, New York, 2004.
- [12] B. Lucquin, O. Pironneau, Introduction au calcul scientifique, Masson, París, 1996.
- [13] A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Numerical Mathematics, Text in Applied Mathematics, V. 37, Springer-Verlag, New-York, 2007. Accesible version electronica desde UGR <http://link.springer.com/book/10.1007%2Fb98885>
- [14] W. Gautschi, Numerical Analysis, Birkhäuser-Boston, 2012, Accesible version electronica desde UGR <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-8176-8259-0>

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> y/o en la plataforma PRADO: <https://prado.ugr.es>

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.

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

De acuerdo a la normativa de evaluación y calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada (BOUGr 112, 9 de Noviembre de 2016), existen dos tipos de evaluación: Evaluación Continua y Evaluación Única Final, a las que el alumno tiene derecho a acogerse siguiendo el procedimiento indicado en dicha normativa.

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 resolución de problemas personalizados, informes y/o exposiciones de trabajos orales en clase, individuales o en grupo, sobre contenidos de la asignatura (seminario).

Los problemas personalizados versarán sobre los contenidos teóricos de la asignatura, se realizarán por escrito y cubrirán cada tema del temario de la asignatura. El conjunto de dichos problemas tendrá un peso en la calificación del 50 por ciento del total.

La evaluación se complementará con la entrega de ejercicios personalizados de programación, realización de informes y/o exposiciones de trabajos en clase, todo ello con un peso conjunto del 40 por ciento de la nota total. La asistencia y participación activa del alumno en clase, seminarios y tutorías representarán un peso del 10 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/>).

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA “NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA”

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 60% de la calificación final y



una prueba práctica en ordenador que representará el 40% restante de la evaluación final. La convocatoria extraordinaria seguirá las mismas directrices que la evaluación única final.

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Pulse el siguiente enlace para consultar lugar y horario de tutorías: <http://mateapli.ugr.es>

En escenario semipresencial, salvo excepciones, se atenderán las tutorías por videoconferencia (Google Meet) o correo electrónico oficial. Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera que impartir clases virtuales en modo asíncrono

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Siguiendo las directrices contempladas en el Plan de adaptación de la enseñanza en el curso académico 2020-2021 a las medidas sanitarias derivadas de la pandemia de la covid-19 (aprobado en Consejo de Gobierno UGR 25-06-20) la docencia en el Escenario A se define como un sistema multimodal o híbrido de enseñanza que combine la mayor presencialidad posible con clases online (sesiones síncronas) y actividades formativas no presenciales para el aprendizaje autónomo del estudiantado.
- La proporción entre clases virtuales y presenciales dependería del centro y circunstancias sanitarias. En las clases virtuales se concentraría la enseñanza de índole teórica, en las presenciales se primaría la resolución de problemas y las sesiones de evaluación.
- Las sesiones prácticas que se realizan con ordenador se impartirán online para evitar contagios debidos a uso de ordenadores comunes del centro.
- Las clases virtuales se impartirán utilizando las plataformas Google Meet o o cualquier otra autorizada. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias podrían imponer un escenario asíncrono, en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas,...)
- La entrega de tareas y ejercicios se realizará a través las plataformas autorizadas por la UGR (Prado, Google Meet, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional....).
- Como medida adicional, se prestaría especial atención en facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

La evaluación será preferentemente continua.

- Un 50% de la calificación se evaluará mediante la resolución de ejercicios personalizados que versarán sobre los contenidos teóricos de la asignatura.



- Un 40% de la calificación se evaluará mediante la resolución de ejercicios de programación personalizados.
- El 10% restante se evaluará mediante la participación activa en las clases y el desarrollo de tareas opcionales.

Convocatoria Extraordinaria

Prueba de carácter teórico que supondrá el 60% de la calificación final y una prueba práctica en ordenador que representará el 40% restante de la evaluación final, relativas a la materia impartida en clase. La prueba se realizará en modo presencial. Si no fuese posible, se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma PRADO, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

Evaluación Única Final

La evaluación única final seguirá las mismas directrices que la convocatoria extraordinaria.

ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Pulse el siguiente enlace para consultar lugar y horario de tutorías: <http://mateapli.ugr.es>

En escenario B, se atenderán las tutorías por videoconferencia (Google Meet) o correo electrónico oficial. Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera que impartir clases virtuales en modo asíncrono

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Todas las clases serían virtuales. Se impartirán utilizando las plataformas Google Meet o cualquier otra autorizada. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias podrían imponer un escenario asíncrono, en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google Drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas de ejercicios,...)
- La entrega de tareas y ejercicios se realizará a través de las plataformas autorizadas por la UGR (Prado, Google Meet, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional ...).
- Como medida adicional, se prestaría especial atención en facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

La distribución de tareas evaluables sería la misma que en escenario A, pero se llevarían a cabo como entregas de respuestas y soluciones de problemas que se realizarán a través de la plataforma Prado y Google Meet, siempre



siguiendo las instrucciones que dictase la UGR en su momento.

Convocatoria Extraordinaria

- Prueba de carácter teórico que supondrá el 60% de la calificación final y una prueba práctica que representará el 40% restante de la evaluación final, relativas a la materia impartida en clase.
- La prueba se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

Evaluación Única Final

La evaluación única final seguirá las mismas directrices que la convocatoria extraordinaria.

INFORMACIÓN ADICIONAL (Si procede)

Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado.

