

# MÉTODOS COMPUTACIONALES EN INGENIERÍA

Curso 2014/2015

(Código:28801250)

## 1. PRESENTACIÓN

La asignatura Métodos Computacionales en Ingeniería es una introducción al estudio mediante modelos matemáticos de problemas típicos que aparecen en ingeniería y de los métodos numéricos utilizados para la resolución de las ecuaciones en las que se basan dichos modelos.

La modelización de un problema típico en ingeniería requiere obviamente un conocimiento previo de lo que realmente ocurre en el proceso que se quiere describir. En general, las magnitudes que intervienen en el problema son variables que cambian en el tiempo y en el espacio, y su evolución puede describirse mediante una o varias ecuaciones en derivadas parciales. La mayoría de los procesos físicos que aparecen en la naturaleza y en multitud de aplicaciones en ciencia e ingeniería se describen mediante sistemas de ecuaciones en derivadas parciales. Es precisamente en este tipo de ecuaciones en las que se centra el estudio de esta asignatura. En ocasiones se dispone de ecuaciones que describen directamente el problema objeto de estudio, mientras que en otras es necesario recurrir a modelos aproximados para describir los fenómenos que intervienen. En cualquier caso, y aun cuando se disponga de ecuaciones que describan con un elevado grado de aproximación dichos fenómenos, su resolución detallada puede llegar a ser extraordinariamente complicada, y en estos casos resulta necesario introducir modelos aproximados que permiten resolver numéricamente el problema.

Además de modelizar el problema es obviamente necesario resolverlo. En muchos casos, es posible aplicar aproximaciones que permiten simplificar el modelo reduciendo las ecuaciones en derivadas parciales a ecuaciones diferenciales ordinarias o ecuaciones algebraicas. Sin embargo, la demanda creciente de obtener resultados con una mayor precisión impone cada vez más la necesidad de resolver las propias ecuaciones en derivadas parciales que determinan el proceso físico considerado. En muchos de estos casos no es posible obtener una solución analítica de la ecuación en derivadas parciales, por lo que se requiere la utilización de métodos numéricos. La introducción al estudio de los métodos numéricos utilizados para resolución de dichas ecuaciones será uno de los objetivos principales de esta asignatura.

## 2. CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura *Métodos computacionales en Ingeniería* pertenece al módulo I que incluye contenidos transversales comunes a la mayor parte de las Áreas de Conocimiento de la Ingeniería Industrial.

Esta asignatura, sirve de base a las asignaturas relacionadas con la simulación numérica que el alumno tendrá que cursar en los módulos posteriores en distintos itinerarios, tales como, por ejemplo, Simulación numérica de flujos de fluidos en ingeniería y Análisis actual de problemas de mecánica de medios continuos: método de los elementos finitos, método de los elementos de contorno y métodos sin malla. Cabe resaltar el hecho de que la simulación numérica es una herramienta especialmente importante en la investigación en Ingeniería.

Las competencias que se habrá de adquirir en esta asignatura, son las siguientes:

- Comprender la potencialidad de la simulación computacional en la Investigación en Ingeniería.
- Conocer y aplicar las técnicas matemáticas fundamentales para modelizar de forma eficiente fenómenos físicos de interés en Ingeniería.
- Conocer y aplicar las técnicas de simulación computacional de más utilización en la investigación en Ingeniería.



### 3. REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para iniciar el estudio del curso son necesarios conocimientos previos de álgebra, cálculo integral y diferencial, así como el conocimiento de un lenguaje de programación como C o Fortran. También es posible cursar la asignatura aun cuando los conocimientos previos sobre las materias citadas no sean muy amplios, pero en tal caso será necesario repasar durante el curso los fundamentos de dichas materias.

Se precisa también conocimiento de inglés escrito puesto que la mayor parte de la bibliografía relevante para esta asignatura está publicada en este idioma.

### 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo principal del curso es el estudio de métodos numéricos utilizados en ingeniería, y en particular en la resolución numérica de las ecuaciones en derivadas parciales que describen la mayor parte de sistemas encontrados en ingeniería. El campo de aplicación de la simulación computacional es extraordinariamente amplio, y las técnicas numéricas utilizadas en la resolución de ecuaciones diferenciales son muy diversas, por lo que obviamente sólo es posible adoptar en este curso un enfoque de tipo introductorio, abordando contenidos de carácter general, dejando las aplicaciones más específicas para las asignaturas que el estudiante cursará más adelante.

Los objetivos de aprendizaje que deben desarrollarse son los siguientes:

- Capacidad de elección del método numérico más adecuado para cada problema concreto.
- Conocimiento de los fundamentos y el ámbito de aplicación de los métodos numéricos más relevantes.
- Capacidad para el análisis lógico de algoritmos numéricos en problemas propios del ingeniero.
- Conocimiento de las distintas técnicas utilizadas en la discretización y resolución de los distintos tipos de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
- Capacidad para resolver numéricamente ecuaciones diferenciales.
- Capacidad para seleccionar y aplicar algoritmos de métodos numéricos.

### 5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Los contenidos de la asignatura *Métodos computacionales en Ingeniería* son divididos en los siguientes 6 temas:

1. Introducción a las ecuaciones en derivadas parciales.
  - Propiedades matemáticas de las ecuaciones.
  - Clasificación de las ecuaciones en derivadas parciales.
  - Condiciones iniciales y condiciones de contorno.
  - Método de resolución analítica de PED
2. Métodos de discretización de ecuaciones a derivadas parciales.
  - Diferenciación numérica. Método de las diferencias finitas.
  - Error de estimación. Desarrollo en serie de Taylor.
  - Aproximación de derivadas
  - Polinomios de interpolación.
  - Consistencia, convergencia y estabilidad
3. Ecuaciones elípticas.
  - Introducción
  - Características generales de las EDP elípticas
  - Ecuación de Laplace y de Poisson
  - Consistencia, orden y convergencia
  - Métodos iterativos de resolución de ecuaciones
  - Problemas no lineales y multidimensionales
4. Ecuaciones parabólicas.
  - Introducción
  - Características generales de las EDP parabólicas
  - Esquemas explícito e implícito.
  - Consistencia, orden y convergencia
  - Problemas no lineales y multidimensionales



- Ecuación de convección-difusión
- 5. Ecuaciones hiperbólicas.
  - Introducción
  - Características generales de las EDP hiperbólicas
  - Esquemas upwind y Lax-Wendroff
  - Consistencia, orden y convergencia
  - Ecuación de ondas.
  - Problemas no lineales y multidimensionales
  - Condición de convergencia. Parámetro CFL.
- 6. Sistemas de ecuaciones algebraicas lineales.
  - Métodos directos para resolución de sistemas de ecuaciones lineales.
  - Matrices especiales. Métodos iterativos para resolución de sistemas de ecuaciones lineales.
  - Método del gradiente conjugado.
  - Método multigrid.

## 6.EQUIPO DOCENTE

- [JULIO HERNANDEZ RODRIGUEZ](#)
- [PABLO JOAQUIN GOMEZ DEL PINO](#)
- [JUAN J. BENITO MUÑOZ](#)
- [FRANCISCO M. OGANDO SERRANO](#)

## 7.METODOLOGÍA

En una primera etapa el estudiante debe estudiar los contenidos teóricos de la asignatura siguiendo la guía de estudio. Esta guía, que recoge recomendaciones para el estudio de los distintos temas de la asignatura, será proporcionada por el equipo docente al principio de curso. Al final de cada tema, el alumno deberá realizar una prueba de autoevaluación que le permitirá valorar el grado de asimilación de los contenidos. Con objeto de conseguir que esta evaluación resulte eficaz, el equipo docente elaborará un conjunto de cuestiones breves suficientemente extenso.

Una vez realizada la autoevaluación, el alumno realizará una prueba de evaluación a distancia que consistirá en un ejercicio sencillo de aplicación relacionado con los aspectos tratados en el tema.

En una segunda etapa, una vez estudiados los distintos temas del programa, el alumno realizará una prueba de evaluación a distancia que consistirá en un trabajo práctico que le permitirá aplicar los conocimientos adquiridos, y cuyo contenido se describirá en el curso virtual.

El marco en el que se desarrollará el curso será el curso virtual. La plataforma utilizada actualmente en la UNED es aLF. El curso virtual será la herramienta principal de comunicación entre los alumnos y el equipo docente y de los alumnos entre sí. A través de esta plataforma virtual el alumno tendrá acceso elementos de apoyo que se describen en el apartado recursos de apoyo.

Se llevarán a cabo dos seminarios presenciales con el equipo docente. En el primero se tratarán aspectos relacionados con los contenidos teóricos y podrán servir asimismo para concretar los trabajos prácticos que deberán realizarse, y en el segundo se presentarán y discutirán los trabajos una vez realizados. La participación en los seminarios será voluntaria.

## 8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

El texto base para estudiar los contenidos de la asignatura es Joe D. Hoffman. *Numerical Methods for Engineers and*



## 9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780471624899

Título: AN INTRODUCTION TO NUMERICAL ANALYSIS (2ª)

Autor/es: Atkinson K. ;

Editorial: John Wiley & Sons

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780521607933

Título: NUMERICAL SOLUTION OF PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

Autor/es: Morton K.W., Mayers D.F. ;

Editorial: Cambridge University Press 2005

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780898713527

Título: ITERATIVE METHODS FOR LINEAR AND NONLINEAR EQUATIONS

Autor/es: Kelley C.T. ;

Editorial: SIAM 1995

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

### Comentarios y anexos:

- Randall J. LeVeque, *Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, Steady State and Time Dependent Problems*, SIAM, 2007. ( ISBN 978-0-898716-29-0)
- Farlow S.J., *Partial differential equation for scientists and engineers*, Courier Dover Publications, 1993.



## 10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

El principal medio de apoyo lo constituye el curso virtual, cuyo acceso se realiza desde la página principal de la UNED y está basado en la plataforma aLF.

En el curso virtual están a disposición de los alumnos los siguientes elementos:

- Módulos de comunicación con el equipo docente y entre alumnos, que incluyen foros de debate, gestor de correo, secciones de preguntas frecuentes y anuncios del equipo docente.
- Módulo de información: en el que se incluirá información actualizada, las guías de la asignatura y la guía de estudio, orientaciones sobre el trabajo, etc.
- Módulo de contenidos: donde se pondrá a disposición de los alumnos, entre otros, apuntes elaborados por el equipo docente complementarios a la bibliografía, programas de ejemplo y pruebas de autoevaluación con las soluciones.
- Módulo de actividades: en el que estarán expuestas los enunciados de las pruebas de evaluación a distancia y en el que los alumnos deben depositar sus respuestas.
- Calendario con la planificación del curso, con alertas en las fechas de entrega.
- Taller de programación: en este módulo los alumnos encontrarán compiladores, depuradores de códigos, ejemplos y tutoriales.

## 11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. También se pueden realizar consultas presenciales a los profesores del equipo docente en el siguiente horario:

D. Pablo Gómez del Pino

Miércoles, de 16,00 a 20,00 h.

Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.39

Tel.: 91398 79 87

Correo electrónico: [pgomez@ind.uned.es](mailto:pgomez@ind.uned.es)

D. Francisco Ogando Serrano

Jueves, de 16,00 a 20,00 h.

Dpto. de Ing. Energética, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 0.16

Tel.: 91398 82 23

Correo electrónico: [fogando@ind.uned.es](mailto:fogando@ind.uned.es)

D. Julio Hernández Rodríguez

Lunes, de 16,00 a 20,00 h.

Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.45

Tel.: 91 398 64 24

Correo electrónico: [jhernandez@ind.uned.es](mailto:jhernandez@ind.uned.es)

D. Juan José Benito Muñoz

Lunes de 10 a 14h y 16,30 a 20,30 h.

Dpto. de Ing. de Construcción y Fabricación, ETS de Ingenieros Industriales  
despacho 4.23 (Edificio de la Escuela de Informática)

Tel.: 91 398 64 57

Correo electrónico: [jbenito@ind.uned.es](mailto:jbenito@ind.uned.es)



## 12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La calificación final de la asignatura dependerá de las calificaciones obtenidas en las pruebas de evaluación a distancia (prueba de evaluación continua y trabajo final) y en la prueba presencial.

Al final de cada uno de los temas el alumno realizará un test de autoevaluación que le permitirá valorar la asimilación de los contenidos del tema. Éste consistirá en preguntas o cuestiones relativamente sencillas sobre aspectos relacionados con dichos contenidos.

A lo largo del curso el alumno podrá realizar dos pruebas de evaluación continua. Estas pruebas no son obligatorias e incluirán ejercicios similares a los de las pruebas de autoevaluación.

El trabajo final consistirá en principio en la programación de un código que permita la resolución de una ecuación diferencial que represente un sistema físico sencillo. Para realizarlo será necesario que el alumno disponga de un compilador de Fortran o C. En caso de no se disponga de esta herramienta, se necesitará una conexión a Internet para conectarse con las estaciones de trabajo del Departamento.

Dado que el periodo lectivo de la asignatura se desarrollará durante el primer cuatrimestre, la prueba presencial se realizará en la convocatoria de febrero o en la de septiembre. Dicha prueba podrá consistir en cuestiones teóricas y ejercicios teórico-prácticos. En su realización podrá utilizarse cualquier tipo de material de consulta.

El peso de cada una de las partes en la calificación final será el siguiente:

- Prueba de evaluación continua 30%
- Trabajo final 30%
- Prueba presencial 40%

Para aprobar la asignatura el alumno deberá realizar el trabajo final y la prueba presencial, y será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en la prueba presencial y 5 puntos sobre 10 en la calificación global.

Si el alumno no realiza las pruebas de evaluación continua, la nota final se repartirá de la siguiente manera:

- Trabajo final 40%
- Prueba presencial 60%

## 13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

